



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FONTE ALTERNATIVA DE POTÁSSIO PARA ADUBAÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

IVANIELE NAHAS DUARTE

UBERLÂNDIA-MG
2015

IVANIELE NAHAS DUARTE

**FONTE ALTERNATIVA DE POTÁSSIO PARA ADUBAÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação
em Agronomia – Doutorado, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer

UBERLÂNDIA-MG
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

D812f Duarte, Ivaniele Nahas, 1987-
2015 Fonte alternativa de potássio para adubação da cana-de-açúcar /
Ivaniele Nahas Duarte. - 2015.
177 f. : il.

Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Cana-de-açúcar - Adubação - Teses. 3.
Cana-de-açúcar - Nutrição - Teses. 4. Potássio na agricultura - Teses. I.
Korndörfer, Gaspar Henrique, 1953-. II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

IVANIELE NAHAS DUARTE

**FONTE ALTERNATIVA DE POTÁSSIO PARA ADUBAÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação
em Agronomia – Doutorado, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 14 de Setembro de 2015.

Prof. Dr. Hamilton Seron PereiraUFU

Dr. Eduardo Scarpari Spolidorio.....ESALQ

Dr Robson Thiago Xavier de Sousa.....CMAA

Profª Drª Dalcimar Regina Batista Wangen.....IFGoiano/Urutaí

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA-MG
2015

A minha mãe, Ivana Maria Nahas Duarte,
a minha avó Lidia de Oliveira,
ao meu marido Luciano Ferreira da Fonseca,
ao meu padrinho André Alan Nahas,
aos meus irmãos, Ivamário e Ilana,
e a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, fazem parte da minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter-me dado saúde e força para concluir mais uma etapa tão importante em minha vida, e a todas as pessoas que, de alguma forma, ajudaram-me na realização deste trabalho, em especial:

Ao meu orientador, Gaspar Henrique Korndörfer, pela oportunidade de realizar este trabalho, pelos ensinamentos e pelo exemplo profissional.

Ao professor Prof. Dr Hamilton Seron Pereira, ao Dr Robson Thiago Xavier de Sousa, ao Dr. Eduardo Scarpari Spolidorio e à Prof^a Dr^a Dalcimar Regina Batista Wangen, membros da Banca Examinadora, pela ajuda durante a confecção da tese bem como pela leitura e considerações.

À Dr^a. Lilian Aparecida de Oliveira, pela leitura e sugestões, durante a confecção da tese que foram fundamentais para o aprimoramento deste trabalho.

Aos meus amigos, Heliomar, Joaquim, Reinaldo, Adílio, Marco Aurélio, às amigas Letícia, Adriane e aos professores Lísias, Gilberto, pelo apoio moral e pela ajuda no decorrer deste trabalho.

À todos funcionários e estagiários do LAFER, Valéria, Adriano, Laerte, Daniel, Everton, Artur, Marcelo Saleme, Maycon, Igor, Bruno, Lucélia e Gustavo, pela colaboração na realização dessa pesquisa e pela amizade proporcionada.

A todos funcionários e técnicos do LABAS, Manuel, Eduardo, Marinho e Gilda, bem como à professora Regina pela paciência e pelos conhecimentos transmitidos .

À empresa Verde Fertilizante, pela parceria durante a pesquisa.

A todos os proprietários, responsáveis técnicos e colaboradores das usinas Vale do São Simão, Bioenergética Aroeira e Açucareira Guaíra, que cederam toda a infraestrutura disponível para a instalação e para a condução dos experimentos.

À todos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Catalão/GO (SEMMAC).

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, pelo conhecimento compartilhado, principalmente à professora de estatística, Denise Santana.

Ao pessoal da Secretaria da Pós-Graduação, pelo bom atendimento.

Muito obrigada!

“O que torna nossos sonhos tão atrevidos é que eles podem ser realizados” (LE CORBUSIER)

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

ATR	Açúcar Total Recuperável
Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
DBC	Delineamento de blocos casualizados
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EAR	Eficiência Agronômica Relativa
K ₂ O	Óxido de Potássio
K ₂ SO ₄	Sulfato de Potássio
K ₂ SO ₄ .MgSO ₄	Sulfato duplo de Potássio e Magnésio
KCl	Cloreto de potássio
K-sulco	Potássio no sulco de plantio
LVD	Latossolo Vermelho distrófico (LVD)
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
PCC	Pol da cana
pH	Potencial Hidrogeniônico
Si	Silício
TAH	Total de açúcar produzido por hectare
TK	Termopotássio
Zn	Zinco

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Locais em que foram instalados os experimentos.....	23
Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na área experimental da Usina Vale do São Simão (06/ 2011 a 06/ 2013).....	25
Figura 3. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Aroeira (05/2012 a 05/2014).	27
Figura 4. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Guaíra (10/ 2011 a 10/2013).....	29
Figura 5. Abertura do sulco de plantio Figura 6. Aplicação do Termopotássio.	32
Figura 7. Coleta das amostras de folha Figura 8. Coleta das amostras de solo	32
Figura 9. Medição da altura dos colmos Figura 10. Pesagem da Cana	32
Figura 11. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio foliar.....	34
Figura 12. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o potássio foliar.....	35
Figura 13. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio foliar na Usina Vale do São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl	37
Figura 14. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o cálcio foliar.	37
Figura 15. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o magnésio foliar.	39
Figura 16. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o silício foliar.	41
Figura 17. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Silício foliar.	42
Figura 18. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Mehlich na camada de 0-20 cm.....	45
Figura 19. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo, extraído por Mehlich, na camada de 20-40 cm.	46
Figura 20. Aplicação 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Potássio Mehlich na camada 0-20 cm.	47

Figura 21. Aplicação 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca sobre o Potássio Mehlich na camada 20-40 cm.	47
Figura 22. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina na camada de 0-20 cm.....	51
Figura 23. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina na camada de 20-40 cm.....	51
Figura 24. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o potássio Resina na camada 0-20 cm	52
Figura 25. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o potássio Resina na camada 20-40 cm.	53
Figura 26. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de cálcio no solo na Usina Vale do São Simão na camada de 0-20 cm.	56
Figura 27. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de cálcio no solo na camada de 20-40 cm.	57
Figura 28. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Cálcio no solo na camada 0-20 cm.	58
Figura 29. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Cálcio no solo na camada 20-40 cm.	58
Figura 30. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de magnésio no solo na camada de 0-20 cm da Usina Vale do São Simão.	61
Figura 32. Aplicação 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Magnésio no solo camada de 0-20 cm.....	62
Figura 33. Aplicação 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Magnésio no solo camada 20-40 cm.	63
Figura 34. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de Silício no solo na camada de 0-20 cm.....	66
Figura 35. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de silício no solo na camada de 20-40 cm.	67
Figura 36. Aplicação 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Silício no solo na camada de 0-20 cm.....	68
Figura 37. Aplicação 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Silício no solo na camada de 20-40 cm.....	68

Figura 38. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta sobre o pH do solo na camada de 20-40 cm.....	71
Figura 39. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o pH do solo na camada de 0-20 cm.....	72
Figura 40. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o pH do solo na camada de 20-40 cm.....	72
Figura 41. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre a altura dos colmos da cana.	74
Figura 42. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a TAH.....	79
Figura 43. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o pol da cana e o ATR na Usina Vale do São Simão.....	79
Figura 44. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o Brix do caldo.....	80
Figura 45. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o POL da cana.	81
Figura 46. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre o ATR.	81
Figura 47. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre a produção de açúcar.	82
Figura 48. Somatório da Produtividade (1º + 2º corte) na Usina Vale do São Simão.....	84
Figura 49. Somatório da Produtividade (1º + 2º corte) na Usina Aroeira	85
Figura 50. Somatório da Produtividade (1º + 2º corte) na Usina Guaíra	85
Figura 51. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Vale do São Simão.....	87
Figura 52. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Aroeira.	88
Figura 53. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina São Simão sobre a produtividade dos colmos.	89
Figura 54. Eficiência agrônômica relativa (EAR) do termopotássio em relação ao Cloreto de potássio (KCl), ambos aplicados no sulco de plantio da cana, com base na produtividade média das doses K ₂ O para cada usina em que foram instalados os experimentos.....	91
Figura 55. Locais em que foram instalados os experimentos.....	102

Figura 56. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Aroeira (05/2012 a 05/2014).	104
Figura 57. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Guaíra (10/ 2011 a 10/2013).	106
Figura 59. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Potássio na parte aérea.	110
Figura 61. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Cálcio na parte aérea.	112
Figura 62. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre a concentração de cálcio na parte aérea.....	112
Figura 63. Doses e fontes de potássio, aplicadas cana na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio foliar na Usina Aroeira. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl	114
Figura 64. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Magnésio na parte aérea.	115
Figura 65. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre a concentração de Magnésio na parte aérea.	115
Figura 68. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Mehlich na camada de 0-20 cm.	121
Figura 70. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de Potássio no solo extraído por Mehlich.	123
Figura 71. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Potássio no solo extraído por Mehlich.	124
Figura 72 .Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de Potássio no solo extraído por Resina na camada de 0-20 cm.	127
Figura 73. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina na camada de 20-40 cm.	128
Figura 74. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina.	129
Figura 76. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de cálcio no solo na camada de 0-20 cm.....	133

Figura 77. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de Cálcio no solo.	134
Figura 81. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Magnésio no solo.	140
Figura 82. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de Silício no solo na camada de 0-20 cm.	143
Figura 84. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de Silício no solo.	145
Figura 85. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Silício no solo.	146
Figura 87. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o pH do solo.	150
Figura 88. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Silício no solo.	151
Figura 89. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre a altura dos colmos.	153
Figura 91. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o brix do caldo.	156
Figura 92. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o brix do caldo.	156
Figura 93. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre o pol da cana.	157
Figura 94. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o pol da cana.	158
Figura 96. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre o ATR.	159
Figura 97. Aplicação de 120 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Aroeira sobre a produção de açúcar.	160
Figura 98. Aplicação de 80 kg ha ⁻¹ K ₂ O na cana soca da Usina Guaíra sobre a produção de açúcar.	161
Figura 99. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a produção de açúcar.	162
Figura 101. Somatório da Produtividade (1+2º. corte) na Usina Aroeira	165
Figura 102. Somatório da Produtividade (1+2º. corte) na Usina Guaíra.	166

Figura 103. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Aroeira.	167
Figura 104. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Guaíra.....	168
Figura 107. Eficiência Agronômica Relativa do termopotássio alpha, aplicado na superfície do solo antes do plantio da cana planta, na Usina Aroeira.	171
Figura 108. Eficiência Agronômica Relativa do termopotássio Beta, aplicado na superfície do solo antes do plantio da cana planta, Usina Guaíra.	173
Termopotássio = Beta; Cloreto de potássio=KCl.....	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do Verdete oriunda da região de São Gotardo/Matutina-MG.....	21
Tabela 4. Classificação e caracterização química e física das amostras de solo, coletadas à profundidade de 0-20 cm, nos locais dos experimentos.	24
Tabela 5. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre potássio foliar.....	33
Tabela 6. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio foliar	36
Tabela 7. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o magnésio foliar.	38
Tabela 8. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o silício foliar.....	40
Tabela 9. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Mehlich camada de 0-20 cm.....	43
Tabela 10. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Mehlich camada de 20-40 cm.....	44
Tabela 11. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Resina camada de 0-20 cm	49
Tabela 12. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Resina camada de 20-40 cm.	50
Tabela 13. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo na camada de 0-20 cm.	54
Tabela 14. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo na camada de 20-40 cm.	55
Tabela 15. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o magnésio no solo na camada de 0-20 cm.....	59
Tabela 16. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre magnésio no solo na camada de 20-40 cm.....	60
Tabela 17. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o silício no solo na camada de 0-20 cm.	64
Tabela 18. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a concentração de silício no solo na camada de 20-40 cm.....	65

Tabela 19. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o pH do solo na camada de 0-20 cm.	69
Tabela 20. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o pH do solo na camada de 20-40 cm.	70
Tabela 21. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a altura dos colmos.....	73
Tabela 22. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o Brix do caldo.....	75
Tabela 23. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o Pol da cana.	76
Tabela 24. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o açúcar total recuperável (ATR).....	77
Tabela 25. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o total de açúcar produzido por hectare (TAH).	78
Tabela 26. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a produtividade dos colmos.....	83
Tabela 27. Eficiência agrônômica relativa do Termopotássio nas diferentes usinas	90
Tabela 28. Caracterização química do Verdete, rocha sedimentar, oriunda da região de São Gotardo/Matutina-MG.....	100
Tabela 31. Classificação e caracterização química/ física das amostras de solo, coletadas na profundidade de 0-20 cm nos locais dos experimentos.	103
Tabela 32. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre potássio foliar.....	108
Tabela 33. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o cálcio foliar.....	111
Tabela 34. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio foliar.....	113
Tabela 35. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício foliar.	116
Tabela 36. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Mehlich no solo camada de 0-20 cm.	119
Tabela 37. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Mehlich no solo camada de 20-40 cm.	120

Tabela 38. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Resina no solo camada de 0-20 cm.....	125
Tabela 39. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Resina no solo camada de 20-40 cm.....	126
Tabela 40. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo camada de 0-20 cm.	131
Tabela 41. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo camada de 20-40 cm.	132
Tabela 42. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio no solo camada de 0-20 cm.....	136
Tabela 43. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio no solo camada de 20-40 cm.....	137
Tabela 44. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício no solo camada de 0-20 cm.	141
Tabela 45. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício no solo camada de 20-40 cm.	142
Tabela 46. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o sobre o pH do solo camada de 0-20 cm.	147
Tabela 47. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o pH do solo camada de 20-40 cm.	148
Tabela 48. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a altura dos colmos.....	152
Tabela 50. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o pol da cana.....	157
Tabela 51. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o ATR.....	158
Tabela 52. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a TAH.....	160
Tabela 53. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o a produtividade dos colmos.....	164
Tabela 54. Eficiência agronômica relativa do Termopotássio Alpha na Usina Aroeira	170
Tabela 55. Eficiência agronômica relativa do Termopotássio Beta na Usina Guaíra	172

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	2
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
1. Fontes de Potássio para a Agricultura	3
1.2 Uso de Rochas como fonte de nutrientes	4
1.3 Verdete	4
1.4 Termopotássio	5
1.5 Cultivo da cana-de-açúcar	5
1.6 Potássio no solo.....	6
1.7 Cálcio, Magnésio e pH do solo	8
1.8 Silício no solo.....	9
1.9 Potássio na cana-de-açúcar	9
1.10 Cálcio e Magnésio na cana-de-açúcar.....	10
1.11 Silício na cana-de-açúcar	11
REFERÊNCIAS.....	12
CAPÍTULO 1 APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NO SULCO DE PLANTIO DA	
 CANA-DE-AÇÚCAR	18
Resumo	18
Abstract.....	19
Introdução	20
2. Material e métodos.....	21
2.1 Caracterização das fontes de potássio utilizadas nos experimentos	21
2.1.1 Obtenção do Termopotássio	21
2.1.2 Caracterização química e física das fontes de potássio	22
2.2 Localização dos experimentos	23
2.3 Experimento da Usina Vale do São Simão	24
2.3.1 Histórico da área.....	24
2.3.2 Cana Planta	25
2.3.3 Cana Soca	26
2.3.5 Análise estatística	26

2.4 Experimento da Usina Aroeira.....	27
2.4.1 Histórico da área.....	27
2.4.2 Cana Planta.....	27
2.4.3 Cana Soca.....	28
2.4.4 Análise estatística.....	28
2.5 Experimento da Usina Guaíra.....	29
2.5.1 Histórico da área.....	29
2.5.2 Cana Planta.....	29
2.5.3 Cana Soca.....	30
2.5.5 Análise estatística.....	30
2.6 Avaliações realizadas nos experimentos.....	31
3 Resultados e discussão.....	32
3.1 Potássio foliar.....	32
3.2 Cálcio foliar.....	35
3.3 Magnésio foliar.....	38
3.4 Silício foliar.....	40
3.5 Potássio no solo (extrator Mehlich).....	42
3.6 Potássio no solo (extrator Resina).....	48
3.7 Cálcio no solo.....	53
3.8 Magnésio no solo.....	59
3.9 Silício no solo.....	63
3.10 pH do solo.....	69
3.11 Altura de plantas.....	73
3.12 Análise tecnológica.....	74
3.13 Produtividade dos colmos da cana-de-açúcar.....	82
3.14 Eficiência Agronômica Relativa (EAR) do Termopotássio.....	89
Conclusões.....	92
Referências.....	93
CAPÍTULO 2 APLICAÇÃO DE POTÁSSIO EM ÁREA TOTAL ANTES DO	
PLANTIO DA CANA-DE -AÇÚCAR (POTASSAGEM).....	97
Resumo.....	97
Abstract.....	98
1.Introdução.....	99
2 Material e métodos.....	100

2.1 Caracterização química e física das fontes de Potássio testadas.....	100
2.2 Localização dos experimentos	102
2.3 Delineamento experimental dos experimentos	103
2.4 Instalação dos experimentos	103
2.5 Experimento na Usina Aroeira.....	104
2.5.1 Histórico da área.....	104
2.5.2 Condução da Cana planta	104
2.5.3 Condução da Cana soca.....	105
2.6 Experimento na Usina Guaíra	105
2.6.1 Histórico da área.....	105
2.6.2 Condução da Cana planta	106
2.6.3 Condução da Cana soca.....	106
2.7 Avaliações dos os experimentos	107
2.8 Análise estatística dos os experimentos	107
3. Resultados.....	107
3.1 Potássio foliar.....	107
3.2 Cálcio foliar.....	111
3.3 Magnésio foliar	113
3.4 Silício foliar.....	116
3.5 Potássio Mehlich no solo	118
3.6 Potássio Resina no solo.....	125
3.7 Cálcio no solo.....	131
3.8 Magnésio no solo	136
3.9 Silício no solo.....	141
3.10 pH do solo	147
3.11 Altura	152
3.12 Análise tecnológica	154
3.13 Produtividade dos colmos	164
3.14 Eficiência Agronômica relativa (EAR)	169
Conclusões	174
Referências.....	175

RESUMO

DUARTE, IVANIELE NAHAS. Fonte alternativa de potássio para adubação da cana de açúcar. 2015. 177 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

Com o objetivo avaliar a produtividade, parâmetros tecnológicos, atributos químicos do solo e absorção foliar de nutrientes da cana-planta e cana-soca, pela aplicação de três amostras de Termopotássio com granulometrias diferentes. Para isso foram montados cinco experimentos sendo conduzidos três experimentos nas usinas Vale do São Simão, Aroeira e Guaíra com aplicação do potássio no sulco de plantio da cana (K-sulco) bem como foram montados dois experimentos com aplicação do potássio em área total (Potassagem) antes do plantio da cana, sendo um na Usina Aroeira e outro na Usina Guaíra. Todos os experimentos foram avaliados durante dois anos agrícolas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial. Para o K-sulco na Usina São Simão, o esquema fatorial foi de 2 x 5, sendo duas fontes de potássio (Termopotássio-TK47 e Cloreto de potássio-KCl) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O). Nas usinas Aroeira, e Guaíra foi utilizado o esquema fatorial 2 x 3+1, sendo duas fontes de Potássio (Termopotássio-Alpha e KCl na Usina Aroeira / Termopotássio-Beta e KCl na Usina Guaíra) e 3 doses de Potássio (50, 100, e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), e um tratamento adicional no qual o solo não recebeu adubação potássica. Na cana soca da Usina São Simão, a parcela foi dividida ao meio e uma parte recebeu 120 kg ha⁻¹ de K₂O (fontes TK47 e KCl) e a outra parte não recebeu potássio. Para a Potassagem, tanto na Usina Aroeira como na Usina Guaíra, o esquema fatorial foi de 2 x 4 +1, sendo duas fontes de potássio (Alpha e KCl na Usina Aroeira / Beta e KCl na usina Guaíra) e quatro doses de potássio (100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O) e um tratamento adicional no qual o solo não recebeu adubação potássica. Na cana soca, tanto na Usina Aroeira como na Usina Guaíra, a parcela foi dividida ao meio: uma parte recebeu potássio sendo a fonte o KCl e a outra não recebeu. Tanto no primeiro como no segundo corte da cana, as variáveis analisadas foram: K, Ca, Mg e Si na folha e no solo (0-20 e 20-40 cm); pH do solo em ambas as profundidades, altura da cana, Brix, Pol, ATR e TAH, produtividade dos colmos da cana e eficiência agrônômica relativa (EAR) do Termopotássio. Os tratamentos quantitativos foram submetidos à análise de regressão e os qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Concluiu-se, nos cinco experimentos, que, o TK47, Alpha e Beta disponibilizou para o solo e para a cana, potássio, cálcio, magnésio e silício e o TK47 aumentou o pH do solo. Em relação à EAR, o TK47 se mostrou mais eficiente que o KCl, tanto na cana planta como na cana soca. A EAR do Alpha foi maior que a do KCl na cana soca quando o mesmo foi aplicado no sulco de plantio ou na superfície do solo. A EAR do Beta foi maior que o KCl após o primeiro corte da cana quando Beta foi aplicado na superfície do solo na dose de 200 kg ha⁻¹ K₂O, porém, quando aplicado no fundo do sulco de plantio da cana a EAR Beta foi maior que a KCl apenas após o segundo corte da cana. O TK 47, Alpha e Beta traz benefícios à produção da cana planta e demonstrou efeito residual na cana soca. A aplicação das fontes de potássio, no fundo do sulco de plantio da cana, em altas doses de podem diminuir a produtividade da cana planta. Todavia, nos experimentos em que os tratamentos foram aplicados em área total na superfície do solo, a produtividade da cana aumentou a medida que houve aumento das doses de potássio.

Palavras-chaves: *Saccharum* spp. Dinâmica. Nutrientes.

¹ Professor orientador: Gaspar Henrique Korndörfer – UFU

ABSTRACT

DUARTE, IVANIELE NAHAS. Alternative potassium source for sugarcane fertilization. 2015. 177 f. Thesis (Doctorate in Agronomy / Crop Science) - Federal University of Uberlândia.²

Sugarcane yield, technological parameters, soil chemical properties and leaf absorption of nutrients in plant and ratoon cane were analyzed to compare three applications of thermopotash with three different granule sizes. Five experiments were done: three at sugar mills Vale do São Simão, Aroeira and Guaíra, applying potash in the cane planting furrows (K-furrow), and two were broadcast potash application in sugarcane at the mills Aroeira and Usina Guaíra. All experiments were evaluated in two agricultural years. The experimental design was randomized blocks (RBD) as factorials. The K-furrow at São Simão Mill was a 2 x 5 factorial, with two potassium sources (Thermopotash-TK47 and Potassium chloride-KCl) and 5 potassium doses (0, 50, 100, 150 or 200 kg ha⁻¹ K₂O). At the mills Aroeira and Guaíra, a 2 x 3+1 factorial was used, with two potassium sources (Thermopotash-Alpha and KCl at Aroeira, and Thermopotash-Beta and KCl at Guaíra) and 3 doses (50, 100, or 200 kg ha⁻¹ K₂O), and an additional treatment that did not receive any potassium fertilization. The experiment with ratoon cane, at the São Simão mill, had the plot divided into two, and one half received 120 kg ha⁻¹ K₂O (sources TK47 and KCl) while the other received none. Broadcast potassium application, both at Aroeira and Guaíra mills, was done as a 2 x 4 +1 factorial, with two potassium sources (Alpha and KCl at Aroeira and Beta and KCl at Guaíra) and 4 potassium doses (100, 200, 400 or 800 kg ha⁻¹ K₂O) and an additional treatment with no potassium fertilization. Ratoon cane experiment, both at Aroeira and Guaíra mills, was done in split plots, in which one half received potassium as KCl and the other received none. The variables analyzed in both harvests were: leaf and soil K, Ca, Mg and Si (0-20 and 20-40 cm depths); soil pH at both depths, cane height, Brix, Pol, ATR and TAH, cane stalk yield, and relative agricultural efficacy (RAE) of Thermopotash. Quantitative treatments were submitted to regression analyses and qualitative ones were compared by the Tukey test at 5% significance. It was concluded in the five experiments that thermopotash TK47, Alpha and Beta supplied the soil and plant with calcium, magnesium and silicon, and that TK47 increased soil pH. As for thermopotash RAE, TK47 was more effective than KCl for both plant cane and ratoon; RAE of Alpha was greater than KCl for ratoon cane applied both in the furrow and broadcast. In contrast, RAE of Beta was greater than KCl only after the first harvest, when Beta was broadcast at 200 kg ha⁻¹ K₂O; however, after it was applied in the planting furrow, Beta RAE was greater than KCl only after the harvest of ratoon cane. Thermopotash TK47, Alpha and Beta brought benefits for cane production and demonstrated residual effects for ratoon cane. Localized application of potassium sources, in the cane planting furrow, at high potassium doses, can decrease plant cane yield; however, after broadcast application of treatments, cane yield increased as potassium doses increased.

Keywords: *Saccharum* spp., Dynamics. Nutrients

²Adviser: Gaspar Henrique Korndörfer – UFU

INTRODUÇÃO

Em virtude das suas condições climáticas o Brasil possui um grande potencial agrícola, entretanto tem extensas áreas com solos com baixo teor de nutrientes e elevada acidez (RAIJ, 2011). Assim, é necessário a aplicação de fertilizantes, para suprir as exigências nutricionais das culturas. A agricultura tem priorizado o uso de fertilizantes com alta concentração de nutrientes e alta solubilidade, que permitem o fornecimento imediato do nutriente para as plantas.

Como a quantidade desses fertilizantes produzidas no território brasileiro não é suficiente para suprir a demanda da agricultura brasileira por insumos, é necessário a importação o que ocasiona a dependência do Brasil por fertilizantes. Atualmente, a importação de adubos nitrogenados é de 78 %, a dos adubos fosfatados é de 53% e a dos adubos potássicos é de 92 % (IBRAM, 2015).

O uso de fertilizantes altamente solúvel em água é ideal para os países temperados, que têm um intervalo grande entre os plantios. Entretanto, nos solos tropicais, cujo potencial de plantio é o ano todo, fazem-se necessárias novas tecnologias no ramo dos fertilizantes. Além da dependência na importação para obtenção desses fertilizantes segundo Raij, 2011 eles apresentam algumas desvantagens, como a perda de nutrientes por lixiviação, por volatilização bem como o alto índice salino, quando aplicados aos solos.

Nas rochas predominantes no Brasil, a presença de alguns minerais de baixa solubilidade inviabiliza as respostas tão eficientes do pó de rocha quanto às esperadas com o uso dos adubos convencionais solúveis. Isso torna necessário o processamento da rocha, que pode ser físico, térmico, ou biológico (MARTINS *et al.*, 2010). Isso acontece com o Verdete, uma rocha silicatada rica em potássio, que, quando misturada ao calcário e tratada termicamente, origina o Termopotássio. As jazidas de Verdete estão próximas aos grandes polos de desenvolvimento agropecuários no Triângulo Mineiro e demais regiões de cerrado no Centro-Oeste do país, o que sobre o ponto de vista logístico justifica pesquisas que visem à sua utilização na agricultura.

Quando comparado às fontes minerais altamente solúveis em água, o Termopotássio apresenta um potencial químico reativo menor, mas com uma velocidade de liberação que pode ser compatível com a demanda das plantas, e com possível efeito residual. De acordo com Borges *et al.*, (2006); Melamed *et al.* (2009) e Theodoro *et al.* (2012), a liberação gradual dos nutrientes presentes no fertilizante diminui as perdas por lixiviação, por volatilização, evita a salinização do solo e os custos são diluídos ao longo do tempo de eficácia desse insumo.

Ao contrário do Cloreto de potássio, principal fonte de potássio solúvel utilizada na agricultura, o Termopotássio não apresenta o elemento cloro na sua composição química. Além disso, pode disponibilizar cálcio, magnésio e silício, bem como aumentar o pH do solo conforme verificado por Duarte (2012), no cultivo de milho em vasos.

No entanto, para avaliar a dinâmica de liberação dos nutrientes oriundos do Termopotássio, são necessários experimentos em campo, de longa duração e com culturas semiperenes ou perenes que permitam avaliar com maior precisão a eficiência agrônômica dessa fonte alternativa de potássio para a agricultura.

Nesse sentido, a cana-de-açúcar pode ser eficiente para estudos com essa fonte de potássio, visto que essa cultura é extremamente exigente nesse nutriente tem uma área plantada de, aproximadamente, nove milhões de hectares, alcançando, na safra de 2014/2015, 642.1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2015), com grande importância econômica nacional. Além disso é uma cultura de ciclo longo, o que possibilita a avaliação do fornecimento de nutrientes exigida na safra atual (cana planta) bem como nos anos consecutivos (cana soca) e de ser uma cultura que pode ser plantada em diferentes condições edafoclimáticas. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade, parâmetros tecnológicos, atributos químicos do solo e absorção foliar de nutrientes da cana-planta e cana-soca, pela aplicação do Termopotássio na cana planta.

OBJETIVOS

- Avaliar o comportamento de diferentes amostras de Termopotássio (TK47, Alpha, Beta), quando a sua capacidade em fornecer para o solo e para a planta o potássio, cálcio, magnésio e silício bem como a sua capacidade em alterar o pH do solo.
- Avaliar o comportamento de diferentes amostras de Termopotássio (TK47, Alpha, Beta), quando a sua capacidade em alterar a produtividade da cana bem como os seus atributos tecnológicos como BRIX, POL, ATR, TAH.
- Avaliar a eficiência agrônômica relativa (EAR) das diferentes amostras de Termopotássio (TK47, Alpha, Beta) em relação ao cloreto de potássio (KCl).
- Avaliar o efeito residual das fontes de potássio ao longo de dois ciclos produtivos da cana-de-açúcar.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Fontes de Potássio para a Agricultura

As principais fontes potássicas minerais utilizadas na agricultura são o cloreto de potássio (KCl), o sulfato de potássio (K_2SO_4), o sulfato duplo de potássio e magnésio ($K_2SO_4.MgSO_4$) e o nitrato de potássio (RAIJ, 2011).

Dos fertilizantes potássicos produzidos no mundo, 90% são na forma de cloreto de potássio (KCl), que é o fertilizante mais utilizado na agricultura (DNPM, 2012), por causa da alta concentração de K_2O , 58 a 62 % de K_2O e devido ao menor custo por unidade de potássio (YAMADA; ROBERTS, 2005). No entanto, 92% dos fertilizantes potássicos são importados (IBRAM, 2015). Isso, além de desfavorecer a balança comercial brasileira, implica questões estratégicas como a necessidade de negociações com um grupo restrito de países fornecedores de um insumo essenciais à produção agrícola (RESENDE *et al.*, 2006).

Outra desvantagem do cloreto de potássio é que ele apresenta alto índice salino, logo, o risco de causar danos às plantas ou à semente é maior em períodos de seca ou com aplicação localizada. O índice salino é uma medida da tendência do adubo em aumentar a pressão osmótica da solução do solo comparada à de igual peso de nitrato de sódio, cujo valor é igual a 100 e o do cloreto de potássio é de 116,3 (KORNDORFER, 2006).

Além disso, o cloreto de potássio, por ser fonte de cloro, deve ser evitado no cultivo de algumas culturas, sensíveis ao excesso desse elemento, pois pode ocasionar clorose e necrose das folhas, além de queda na produção (SILVA *et al.*, 2001). Nutrientes que levam cloreto em sua composição afetam a vida no solo, já que é um poderoso bactericida, assim, a utilização do cloreto de potássio foi proibida na agricultura orgânica, por conter 45 % de Cloro na sua composição (SANTOS *et al.*, 2006).

O sulfato de potássio é composto de 50 a 52 % de K_2O e cerca de 20 % de enxofre, que são solúveis em água. O sulfato duplo de potássio e magnésio é composto de 22 % de K_2O , 11 % de magnésio, cerca de 22 a 23 % de enxofre, solúveis em água. O nitrato de potássio apresenta 44 % de K_2O e 13 % de nitrogênio e é ideal para ser usado em sistemas de fertirrigação. As fontes de potássio, como o nitrato e o sulfato, além de potássio, contêm outros nutrientes como o enxofre, magnésio ou o nitrogênio e apresentam menores índices salinos, assim, seu efeito deletério é menor nas culturas, mas, mesmo assim, são pouco usadas por serem mais caras que o cloreto de potássio (YAMADA; ROBERTS, 2005).

1.2 Uso de Rochas como fonte de nutrientes

A utilização de rochas como fonte de nutrientes é prática agrícola que já é utilizada há muito tempo; exemplo disso, é a utilização do calcário que, além de corrigir o pH do solo, fornece cálcio e magnésio; bem como a utilização das rochas fosfáticas, que fornecem fósforo para o solo e a utilização do gesso agrícola como fonte de enxofre e de cálcio (LUZ *et al.*, 2010). O estímulo para o uso de pó de rochas na agricultura como fonte de outros nutrientes ocorreu devido à crise de 2008 que promoveu aumento do preço dos fertilizantes minerais (DNPM, 2012), principalmente devido à elevação de demanda da agricultura por adubos.

Uma opção aos fertilizantes solúveis e importados é o uso das rochas como fonte de nutrientes (THEODORO *et al.*, 2006), já que 70 % do fertilizante total utilizado pela agricultura brasileira são derivados de fontes convencionais importadas, com alta concentração de nutrientes e alta solubilidade (RODRIGUES, 2009). Os insumos são, em grande parte ou totalmente, importados de poucos países (Estados Unidos, Rússia, Canadá e Marrocos), que são formadores de preços, já que detêm as principais jazidas dos minerais utilizados para as formulações NPK (THEODORO *et al.*, 2012).

O pó de rocha, quando em contato com o solo, apresenta baixa velocidade de liberação de nutrientes, se comparado aos fertilizantes solúveis, contribui com o efeito residual por um longo período (HARLEY; GILKES, 2000). Entretanto, inviabiliza respostas tão eficientes quanto as esperadas com o uso dos adubos convencionais solúveis. Esse problema pode ser resolvido com o processamento da rocha seja, por processo físico, térmico ou biológico (MARTINS *et al.*, 2010).

Em ambientes tropicais, devido à elevada temperatura e a umidade, essa liberação gradual dos nutrientes, em uma velocidade compatível com a demanda das plantas, diminui as perdas por lixiviação, por volatilização, evita a salinização do solo e favorece uma ação de longo prazo do fertilizante aplicado (BORGES *et al.*, 2006; MELAMED *et al.*, 2009). Além do ponto de vista ambiental, essa característica é importante do ponto de vista econômico, pois os custos são diluídos ao longo do tempo de eficácia desse insumo (THEODORO *et al.*, 2012).

1.3 Verdete

Os verdetes são rochas sedimentares de cor verde, pertencentes à Formação Serra da Saudade, Grupo Bambuí. De modo geral, são descritos como ritmitos pelito-arenosos, formados pela sucessão de camadas de 0,5 a 15 cm, com ciclos de granodecrescência ascendente, iniciados na base pela granulometria silto-arenosa e no topo por lâminas argilosas de cor verde escura (Lima *et*

al. 2007). São compostos formados por glauconita, feldspato potássico, muscovita, quartzo, biotita, goethita, óxidos de titânio e manganês e fosfatos de bário e terras-raras (Lima *et al.* 2007, Silva *et al.* 2012).

De acordo com a KAHN *et al.* (2011), essa rocha contém na sua composição química principalmente potássio e silício e ainda apresenta pouco óxido de ferro, manganês e elementos traços. No entanto, os ensaios de liberação de K₂O em solução ácida dessa rocha mostraram que somente uma parcela desse nutriente encontra-se na forma solúvel (SILVA *et al.*, 2012).

1.4 Termopotássio

Em estudo desenvolvido por Duarte (2012), foi verificado que o Termopotássio, além de fornecer potássio (K), foi capaz de fornecer, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e silício (Si) para o solo, bem como foi capaz de aumentar o pH dos solos. Além disso, o Termopotássio apresenta baixo índice salino. O uso de altas doses de potássio com fertilizante, que apresenta alto índice salino, ocasiona o aumento da salinidade no sulco de semeadura ou na região da rizosfera, dificultando a absorção de água e de nutrientes pelas plantas (ECHER *et al.*, 2009).

Ao contrário do cloreto de potássio, o Termopotássio não apresenta o elemento cloro na sua composição química. Lavouras adubadas com altas doses de potássio, na forma de KCl, levam a forte acúmulo de cloro nas folhas das plantas, afetando processos fisiológicos importantes (ECHER *et al.*, 2009).

Duarte (2012), avaliando o aproveitamento de potássio proveniente de fontes alternativas desse nutriente por plantas de milheto, concluiu que nos dois solos estudados, Latossolo e Neossolo, o Termopotássio comportou-se como uma fonte que disponibiliza parte do potássio imediatamente e a outra parte gradualmente. A característica do Termopotássio de liberar gradativamente o potássio para o solo gera maior efeito residual desse nutriente no solo e o potássio fica menos sujeito às perdas por lixiviação ou escoamento superficial, como é o caso do cloreto de potássio (DUARTE *et al.*, 2013).

1.5 Cultivo da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma cultura semiperene e típica de climas tropicais e semitropicais. Espécie originária da Ásia, que se adaptou às condições brasileiras, é a principal matéria-prima para a fabricação de açúcar e de álcool. Atualmente, a área plantada com

cana no Brasil é de, aproximadamente, nove milhões de hectares, alcançando na safra de 2014/2015 642,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2015).

Em função da extensão territorial, o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil ocorre em épocas alternadas e nas mais variadas condições climáticas. O melhoramento genético da cana-de-açúcar tem contribuído para o bom desempenho dessa cultura (BARBOSA, 2013). As cultivares de cana-de-açúcar, devido aos diferentes comportamentos de maturação, são agrupadas em precoces, médias e tardias. De acordo com Margarido e Santos (2013), as cultivares precoces são colhidas de abril a junho, as de ciclo médio de julho a setembro e as de ciclo tardio, de outubro a novembro.

Os ambientes de produção de cana-de-açúcar são classificados em A, B, C, D e E, sendo o ambiente E o de menor potencial produtivo (MARGARIDO; SANTOS, 2013). Os componentes dos ambientes de produção são representados pelas condições hídricas, biológica, física, químicas, e minerológica do solo bem como condições do clima como precipitação, temperatura, radiação, evaporação (PRADO, 2008).

As quantidades de nutrientes extraídos do solo pela cana-de-açúcar variam de acordo com os métodos de cultivo, variedade, tipo de solo e disponibilidade de nutrientes no solo, procurando encontrar faixas de teores de nutrientes adequados para a cultura da cana-de-açúcar. Na maioria das pesquisas as extrações dos nutrientes encontraram-se na ordem decrescente para macronutrientes de $K > N > Ca > Mg > S > P$ (MAEDA, 2009).

1.6 Potássio no solo

O potássio no solo encontra-se nas seguintes formas: potássio não trocável, potássio trocável e Potássio na solução do solo.

O potássio não trocável compreende o K-estrutural e o K- fixado. Este ultimo trata-se daquele potássio lentamente disponível para as plantas, pois se encontra neutralizando as cargas negativas no interior das entrecamadas dos argilominerais do tipo 2:1 (NOVAIS *et al.*, 2007) como, por exemplo, a vermiculita e a illita (RAIJ, 2011). Esses filossilicatos são formados por duas lâminas tetraédricas de silício (SiO_4^{-4}) e uma lâmina octaédrica de alumínio (AlO_4^{-5}) e são expansivos, o que confere alta capacidade de troca catiônica. O predomínio desses minerais no solo evidencia que ele foi pouco intemperizado (RESENDE, 2007). O potássio estrutural é aquele integrante da estrutura de minerais primários (NOVAIS *et al.*, 2007) e é liberado à medida que eles são intemperizados. Os minerais primários portadores de potássio mais encontrados em rochas ígneas são os feldspatos e as micas (Biotita e Muscovita) (RAIJ, 2011) e, estando em processo

inicial de alteração ou não, são encontrados principalmente nos solos pouco desenvolvidos, ou seja, solos mais novos (INDA JR. *et al.*, 2010).

Outra importante forma de potássio no solo é o trocável, que se refere ao elemento prontamente disponível para as plantas, pois está fracamente ligado às cargas negativas nas superfícies dos coloides do solo que são partículas menores que 0,002 mm, podendo ser de natureza orgânica ou mineral (YAMADA; ROBERTS, 2005).

A matéria orgânica, além de aumentar a adsorção de cátions no solo, é fonte de nutrientes para ele. A maior parte do potássio é liberada logo após o manejo das espécies vegetais, pois esse nutriente não precisa sofrer a ação dos micro-organismos em processos bioquímicos de natureza complexa para que seja liberado para as plantas (GIACOMINI *et al.*, 2003). O potássio trocável, além de estar retido nos coloides orgânicos, também pode estar ligado às cargas inorgânicas do solo, ou seja, nos argilominerais e sesquióxidos de ferro e alumínio (INDA JR. *et al.*, 2010).

A somatório das formas K trocável, K não trocável e K na solução do solo é representada pelo K total do solo. Com base na solução do solo, essas formas estão em equilíbrio entre si e afetam a disponibilidade de potássio para as plantas.

Segundo MEURER *et al.* (2010), o processo de adsorção iônica é reversível. Portanto, se a concentração da fase líquida diminui, a fase sólida desorve mais íons para manter o equilíbrio químico entre a fase sólida e a líquida.

O potássio, quando presente na solução do solo, pode ser absorvido pelas plantas na forma de íon hidratado positivo monovalente (K^+) ou se movimentar verticalmente no perfil do solo, principalmente pela água de drenagem (MIELNICZUK, 1982). Como o potássio é um nutriente bastante móvel no solo, quantidades significativas desse nutriente podem ser perdidas por lixiviação (OLIVEIRA; VILLAS BOAS 2008).

Essa perda pode ser influenciada pela capacidade de troca catiônica (CTC) do solo. Assim, em solos bem drenados e com menor CTC, a lixiviação é maior (RAIJ, 2011). A textura do solo também afeta a lixiviação, pois, quanto menor a partícula do solo, maior a superfície específica, maior a retenção de cátions e menor a perda do potássio no solo. Donagemma *et al.* (2008) relatam que Latossolos de textura média apresentam risco maior de lixiviação de potássio do que Latossolos argilosos, em razão de terem menor proporção de cargas negativas para reterem o potássio.

Outro fator é a aplicação excessiva de fertilizante, que, a partir de 150 kg ha⁻¹ de K₂O (ROSOLEM *et al.*, 2006) ou 180 kg ha⁻¹ de K₂O (ROSOLEM *et al.*, 2010), pode intensificar as perdas por lixiviação, mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (WERLE *et al.*, 2008).

A fonte de potássio também influencia a lixiviação. BERTOL *et al.* (2011), verificaram maior lixiviação de potássio, em colunas indeformadas de solo, com o uso do adubo mineral (KCl) do que com o adubo orgânico. ROSOLEM *et al.* (2006) por sua vez verificaram que a lixiviação de potássio, em profundidade no solo, é proporcional à quantidade de chuva. Entretanto, uma chuva de 50 mm não carrega o nutriente para profundidades superiores a 8 cm. A compactação do solo aumenta sua densidade, eleva a resistência à penetração radicular, reduz a aeração, além de afetar diversos atributos do solo, como a condutividade hidráulica, permeabilidade, infiltração da água (HAKANSSON; VOORHEES, 1998). Assim, a compactação do solo pode diminuir a lixiviação do Potássio, mesmo em solos com boa drenagem interna, como os Latossolos.

Orlando Filho *et al.* (1981), avaliando a calibração de K trocável no solo para cana-de-açúcar, determinaram o nível crítico de K^+ de $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ($0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), posteriormente, Rodella *et al.* (1983), utilizando maior número de dados experimentais, sugeriram o nível crítico de $2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ($0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo para produção relativa de 90% para cana. De acordo com Schlindwein *et al.* (2011), os teores de potássio no solo são classificados como muito baixo (0 - $0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) baixo ($0,07 - 0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) adequado ($0,15 - 0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); alto ($0,24 - 0,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

1.7 Cálcio, Magnésio e pH do solo

No solo, quantidades de cálcio (0 - $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), ($0,4 - 0,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), (maior que $0,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) são consideradas, respectivamente, baixa, média e alta. Para o magnésio, valores de 0 a $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados baixos, entre $0,50$ a $0,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg são considerados médios e valores maiores que $0,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg considerados altos (RAIJ, 2011).

Altos teores de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) no solo dificultam a absorção do potássio (K) bem como diminuem a disponibilidade de alguns micronutrientes como Zn, Cu, Mn (RIBEIRO *et al.*, 1999). Íons cujas propriedades químicas são similares competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

A disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou adicionados por meio das adubações é bastante variável em função do pH do solo. A disponibilidade dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e do boro tende a aumentar com aumento do pH do solo. Entretanto, a disponibilidade de ferro, cobre, manganês e zinco é maior sob condições ácidas, diminuindo com a elevação do pH. Portanto, o pH ideal para a maioria das culturas se situa ao redor de 5,5 a 6,5 (RAIJ, 2011).

1.8 Silício no solo

A maioria dos solos contém quantidades significativas de silício. Entretanto os cultivos sucessivos podem diminuir consideravelmente a quantidade desse elemento no solo, havendo necessidade de adubação (ARANTES, 1997). Todavia, na região central do Brasil, principalmente nos cerrados, os solos apresentam baixos teores de silício disponíveis, devido ao alto grau de intemperismo dos solos e à grande ocorrência de solos de textura arenosa que apresentam baixos teores de silício disponíveis (LIMA FILHO, 2009).

A fração areia, apesar de ser constituída fundamentalmente por silício (SiO_2 Quartzo), apresenta baixo potencial de liberação desse elemento para as plantas. Além disso, a maior drenagem no solo arenoso favorece as perdas de silício por lixiviação (KORNDÖRFER *et al.*, 2004). Teores de silício no solo menor que 6 mg dm^{-3} , quando se utiliza como extrator, nível de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, é classificado como baixo, entre 6 a 10 mg dm^{-3} como médio, acima de 10 mg dm^{-3} como alto (KORNDÖRFER *et al.* 1999).

Solos com teores de silício menores que 10 mg dm^{-3} devem receber adubação silicatada (KORNDÖRFER *et al.*, 2004). Em tais condições, é de se esperar resposta quanto à aplicação de silício na forma de fertilizantes e também como corretivos silicatados principalmente em plantas acumuladoras de silício, como a maioria das gramíneas (QUEIROZ, 2003).

1.9 Potássio na cana-de-açúcar

O potássio se destaca entre os nutrientes usados na adubação da cana-de-açúcar, pois é exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade (REIS JÚNIOR, 2001). A quantidade de potássio foliar adequada para o desenvolvimento da cana é entre $10\text{-}16 \text{ g kg}^{-1}$ (RAIJ, 2011). Moura Filho *et al.* (2014), ao avaliarem o estado nutricional de variedades de cana-de-açúcar por meio da análise foliar da cana planta cultivada em dois tipos de solo verificaram que o valor de potássio foliar da cultivar RB 867515 foi $10,3$ e $7,2 \text{ g kg}^{-1}$, da cultivar RB 92579 foi $11,7$ e $9,8 \text{ g kg}^{-1}$ SP83 2847 foi $12,3$ e $8,6 \text{ g kg}^{-1}$, demonstrando que a extração de potássio varia de acordo com a cultivar de cana, bem como de acordo com o tipo de solo.

O potássio é absorvido pelas plantas da solução do solo na forma iônica K^+ e, no interior delas, possui muitas funções, entre as quais a de ser responsável pela ativação de cerca de 60 sistemas enzimáticos (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Além disso, proporciona a elongação celular, a resistência estomática, influencia na taxa fotossintética, melhora a qualidade do produto colhido. No

entanto, dentro da planta, o potássio não faz parte de compostos específicos, ou seja, sua função não é estrutural (RAJI, 2011).

A manutenção do turgor celular requer a presença do íon potássio, responsável pela abertura estomática, fundamental para a captação do CO₂ necessário à fotossíntese e ao acúmulo de sacarose e matéria seca nas plantas (RODRIGUES, 1995). De acordo com Otto *et al.* (2010), a adubação potássica favoreceu o crescimento da cana-de-açúcar. No entanto, não houve efeito sobre o brix (porcentagem dos sólidos solúveis contidos em uma solução pura de sacarose) bem como sobre a pol da cana (porcentagem de sacarose presente na cana). Feltrin *et al.*, (2010) também não verificaram efeito do potássio na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Uchôa *et al.* (2009) descrevem que o brix está associado às características genéticas das variedades.

Um aspecto importante na adubação potássica é o modo de aplicação do fertilizante. Em aplicações mais elevadas, normalmente feitas no sulco de plantio das culturas, podem ocorrer possíveis perdas por lixiviação ou danos salinos às plantas, causadas pelo cloreto de potássio (RAIJ, 2011).

Portanto, recomenda-se que as doses de potássio sejam parceladas entre as adubações de plantio e de cobertura da cana-de-açúcar (VITTI *et al.*, 2013). Otto *et al.* (2010), estudando o manejo da adubação potássica na cana, verificaram que a máxima produtividade estimada para cana planta foi obtida com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de K₂O na forma parcelada e 150 kg ha⁻¹ de K₂O de uma única vez no plantio.

1.10 Cálcio e Magnésio na cana-de-açúcar

O cálcio é absorvido pelas plantas na forma de Ca²⁺ e sua mobilidade no floema é baixa. Ele faz parte da parede celular das células vegetais, dando estrutura e facilitando a absorção de água. Além disso, é um elemento requerido na alongação e na divisão celular, o que reflete no desenvolvimento do sistema radicular (MARSCHNER, 1986).

O teor de cálcio considerado adequado para a cana é 2 - 8 g kg⁻¹ (RAIJ, 2011). Moura Filho *et al.* (2014), ao avaliarem o estado nutricional de variedades de cana-de-açúcar por meio da análise foliar da cana planta cultivada em dois tipos de solo, verificaram que o valor de cálcio foliar da cultivar RB 867515 foi 3,9 e 4,8 g kg⁻¹, da cultivar RB 92579 e foi 3,2 e 3,1 g kg⁻¹ e da SP83 2847 foi 3,1 e 3,8 g kg⁻¹.

Nas plantas, o magnésio faz parte da molécula da clorofila, envolvida na fotossíntese, ajudando no metabolismo do fosfato, na respiração da planta e na ativação de sistemas enzimáticos. (RAIJ, 2011). Orlando Filho (1983), estudando a cultura da cana-de-açúcar, observou que a

deficiência de magnésio se manifesta pela morte do ápice nas folhas mais velhas, colmos curtos e de diâmetro reduzido, mostrando dessa forma, que assim como o cálcio, esse elemento apresenta pouca mobilidade no floema.

Os valores de magnésio foliar adequados para cana-de-açúcar estão entre 1-3 g kg⁻¹ (RAIJ, 2011). Entretanto, a quantidade de magnésio absorvida depende da cultivar. Para a RB 867515, a absorção de magnésio vai 2,8 a 3,4 g kg⁻¹, para a cultivar RB 92579 de 1,7 a 1,8 g kg⁻¹ e para SP 83 2847 de 2,1 e 3,1 g kg⁻¹ (MOURA FILHO *et al.*, 2014).

1.11 Silício na cana-de-açúcar

Na cana-de-açúcar, vários estudos já demonstraram o efeito positivo da adubação com silício para a cultura. Datnoff *et al.* (2001), observaram-se aumentos de produtividade na cana-de-açúcar de até 17% na cana planta e de até 20% na soqueira com a adição de silicatos. Bittencourt *et al.* (2003), estudando os efeitos do silicato de cálcio em um Latossolo Vermelho escuro, mostraram aumentos de 7% na produção de colmos de cana-de-açúcar e de 11% na produção de açúcar por hectare. Silveira Jr. *et al.* (2003) também obtiveram aumentos de produção de colmos na cana-planta, com incrementos de 6,6% ou 11,0 toneladas de cana por hectare, e na cana soca, com aumentos de 11,4 % ou 12,0 toneladas de cana por hectare, pela aplicação de 4,0 toneladas de silicato por hectare.

Os efeitos positivos do silício em cana-de-açúcar devem-se à maior tolerância da cultura ao estresse hídrico, quando bem nutrida com silício, e à melhoria na arquitetura das folhas, permitindo maior eficiência fotossintética (SILVEIRA Jr. *et al.*, 2003). Além disso, a incidência da broca do colmo da cana-de-açúcar (*Eldana saccharina* e *Diatraea Saccharalis*) pode ser diminuída com o emprego do silício na adubação (MEYER; KEEPING, 2001).

O silício é absorvido pelas plantas como ácido monossilícico (H₄SiO₄). Entretanto, seu teor é variável entre as espécies (EPSTEIN, 1994). As variedades de cana-de-açúcar apresentam variabilidade genética quanto ao acúmulo de silício nos seus tecidos (DEREN *et al.*, 1993). No Brasil, os valores de si encontrados nas folhas de cana variaram de 2,0 a 8,1 g kg⁻¹ entre as sete variedades como a RB 835486, RB 867515, SP 841431, SP 801842, IAC 873396, SP 83 2847 e SP 860155 (SANTOS *et al.*, 2010).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D.L. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. **Fertilizer Research**. vol.30, n.1, p 9-18, 1991.
- ARANTES, V. A. **Aplicação de Silício para arroz de sequeiro cultivado em material de solos fase Cerrado**. 1997. 25f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.
- BARBOSA, V.F. A M. Sistema de Plantio .In: SANTOS, F; BORÉM, A (eds). **Cana-de-açúcar do plantio à colheita**.Viçosa-MG, 2013 p.27-48, 2013
- BERTOL, O. J.; LANA, M. C.; FEY, E.; RIZZI, N. E. Mobilidade de íons em solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.35, p.1311-1321, 2011.
- BITTENCOURT, M.F.; R.M. NOKAGHI; G.H. KORNDÖRFER; LR. VOSS; J.R. JARUSSI; M.S. CAMARGO; H.S. PEREIRA. Efeito do silicato de Cálcio sobre a produção e qualidade da cana-de-açúcar - Usina Equipav. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto - Solo: alicerce dos sistemas de produção.**Anais...** Ribeirão Preto UNESP, 2003. CD Rom.
- BORGES, W.L.; PASSOS, S.R.; ALMEIDA, A.M.; PEIXOTO, R.T.G.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Efeito da aplicação de rochas silicáticas sobre a comunidade microbiana durante o processo de compostagem . **Espaço & Geografia**, Barsília v.9, p. 195- 214,2006.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar – Segundo levantamento. CONAB, Brasília, agosto/13. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_09_39_02_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf Acesso em: 01 maio. 2015.
- DATNOFF, L.E; SNYDER, G.H; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam (Holanda do Norte),Elsevier, 2001. 403p.
- DEREN, C. W.; GLAZ, B.; SNYDER, G. H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane genotypes grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, NY, v. 16, n. 11, p. 2273-2280, 1993.
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral** 2012. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=2263>>. Acesso em 13 jan. 2015.
- DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ V., V. H.; FERREIRA, P. A.; CANTARUTTI, R. B.; SILVA, A. T.; FIGUEIREDO, G. C. Distribuição do amônio, Nitrato, Potássio e Fósforo em colunas de latossolos fertirrigadas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.32, p.2493-2504, 2008.
- DUARTE, I. N. Termopotássio: **Fertilizante alternativo para a Agricultura brasileira**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

DUARTE, I.N.; PEREIRA, H.S.; KORNDÖRFER, G.H. Lixiviação de Potássio proveniente do termopotássio. **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.2, p.195-200, 2013.

ECHER, F. R.; et al. Fontes de Potássio na adubação de cobertura do algodoeiro. I: atributos biométricos e componentes de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1938-1943.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proc. Nat. Acad. Sci.**, vol.91, p.11-17, 1994.

FELTRIN, M. S; LAVANHOLI, M. das G. D. P; SILVA, H. S; PRADO, R. de M.. Adubação potássica na produtividade da soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. **Nucleus**, Ituverava, v.7, n.1, abr. 2010

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. ; AMARAL, E.B. Liberação de Fósforo e Potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.38, p.1097-1104, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira, 5. ed., 2010. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=241625>. Acesso em: 21 fev. 2015.

HAKANSSON, I, VOORHEES, W.B.& RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop responses in different traffic regimes. **Soil & Tillage Research**, v.11, p.239-282, 1988.

HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, n. 1, p. 11-36, 2000.

INDA JUNIOR, A.V.; KLAMT, E. ; NASCIMENTO, P.C . Composição da fase sólida mineral do solo. In: MEUERV, E.J. **Fundamentos de química do solo**, Porto Alegre, 2010.266p.

KAHN, H; TASSINARI, M.N; ANTONIASSI, J. L. **Estudo de caracterização mineralógica em amostra de verdete**, Escola Politénica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Laboratório de Caracterização Tecnológica.. 11 de maio de 2011 (Relatório interno –Verde Fertilizantes Ltda, maio de 2011).

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do Potássio para o Brasil**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados. 2003, 27 p. (Documentos 100).

KORNDÖRFER, G. H. **Apostila Potássio**, 2006. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.%20POTASSIO%20-%20Apostila%2006.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2014.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H. ; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de Silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 23, v. 1, p. 101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSI/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).

LIMA FILHO, O. F. **História do uso do silicato de sódio na agricultura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009 112p.

LIMA, O.N.B; UHLEIN,A ; BRITTO, W. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol.37 (suplt.4), 2007

LUZ, A.B; LAPIDO-LOUREIRO, F.E; SAMPAIO, J.A; CASTILHOS, Z.C, E BEZERRA, M.S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos IN: FERNANDES,R.F.C; LUZ, A.B DA ;CASTILHOS, Z.C. **Argilominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro:CETEM/MCT, 2010 380p.

MAEDA, A. S. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado**. 2009. 110f. Tese de doutorado (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

MALAVOLTA, E. e VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997.319p.

MARGARIDO;F.B; SANTOS,F. Planejamento da lavoura.In: SANTOS, F; BORÉM, A eds. **Cana-de-açúcar do plantio a colheita**.Viçosa-MG, 2013 p.09-25, 2013

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press Inc., 1986. 674p.

MARTINS, E.S.; RESENDE,A.V.; OLIVEIRA,C.G; FURTINI,A.E. Agrominerais: rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: ADÃO B. LUZ ; FERNANDO FERNANDO LINS (eds.), **Rochas e minerais industriais**: usos e especificações, Rio de Janeiro: CETEM, p. 205-221,2010.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C., MIEKELEY, N. Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. IN: LAPIDO LOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.) **Fertilizantes**:agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 385-395.

MEURER, E.J; RHEINHEIMER,R.D ; BISSANI,C.A. Fenômenos de Sorção em solos. In: MEUERER, E.J. **Fundamentos de química do solo**, Porto Alegre, 2010.266 p.

MEYER, J.H. & KEEPING, M.G. Past, present and future research of the role of silicon for sugarcane in southern Africa. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. ; KORNDÖRFER, G.H., eds. **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science, 2001. p.257-276

MIELNICKZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao Potássio em ensaios de longa duração: Experiências brasileiras. In: YAMADA, T.; MUZZILLI, O. ; USHERWOOD, N.R., eds. **Potássio na Agricultura brasileira**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.289-303.

MOURA FILHO, G.. ALBUQUERQUE,A.W.; MOURA,A.B; SANTOS,A.C.I; SANTOS FILHO, M.; SILVA,L.C. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.11, p.1102–1109, 2014.

NOVAIS, R.F; et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007.101p.

OLIVEIRA, F. A. de; CARMELLO, Q. A. de C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de Potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.329-335, abr./jun. 2001.

OLIVEIRA, M. V. A. M. & VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do Potássio e do Nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba,, 1983. 369p.

ORLANDO FILHO; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; RODELLA, A. A. Calibração de Potássio no solo e recomendação de adubação para a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 97, n. 1, p. 18-24, 1981.

OTTO, R;VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1137-1145, 2010.

PIZA, P. A.T.; BERTOLINO, L. C.; SILVA, A.A.S.; SAMPAIO J. A.; LUZ, A. B. Verdete da região do Cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para Potássio. **Geociências**, São Paulo, 30:345-356, 2011.

PRADO, H, et al. **Solos e ambientes de produção: cana-de-açúcar**. Campinas: Intituto Agrônômico, 2008. p.179-204.

QUEIROZ, A.A. **Reação de fontes de Silício em quatro solos do cerrado**. 2003. 39f. Monografia (Graduação em Agronomia)- Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

RAIJ,B .van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicba-SP, International Plant Nutrition Institute, 2011,420 p.

REIS Jr, R. dos A. Probabilidade de resposta da cana-de-açúcar à adubação potássica em razão da relação $K^+ (Ca^{2++}Mg^{2+})^{-0,5}$ do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1175-1183, set. 2001.

RESENDE, A.V.; *et al.* O Suprimento de Potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na Agricultura Brasileira. **Espaço e Geografia**, Brasília, v. 9, n.1, p.19- 42, 2006

RESENDE, M., CURI, N.,REZENDE,S.B de : CORRÊA,G.F. **Pedologia** : Base para distinção de ambientes.Editora UFLA, 5 edição, 2007 . 322p.

RIBEIRO,A. C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ, V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (CFSEMG). Viçosa, 1999. p. 242-243.

RODELLA, A. A.; ZAMBELO Jr., E.; ORLANDO FILHO, J. Calibração das análises de Fósforo e Potássio do solo em cana-de-açúcar; 2ª aproximação. **Saccharum STAB**, São Paulo, v. 6, n. 28, p. 39-42, 1983.

RODRIGUES, A.F.S. Agronegócio mineral negócio: relações de dependência e sustentabilidade IN: INFORME MINERAL. **Desenvolvimento & economia mineral**, Brasília, DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), 2009. p.28-47.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu. Instituto de Biociências, 1995. 69p.

ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S. ; CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.41, p.1033-1040, 2006.

ROSOLEM, C.A.; SGARIBOLDI, T.; GARCIA, R.A. ; CALONEGO, J.C. Potassium leaching as affected by soil texture and residual fertilization in tropical soils. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, vol.41, p.1934-1943, 2010.

SANTOS, G.A.; PEREIRA, A.B.; KORNDÖRFER, G.H. Uso do sistema de análises por infravermelho próximo (nir) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares de Silício e Nitrogênio em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 100-108, Jan./Feb. 2010.

SANTOS, L. V.; *et al.* Adsorção de Cloreto e Potássio em Solos Tropicais. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 29, n.2, p.101-121, 2006.

SCHLINDWEIN, J. A, BORTOLON, L.; GIANELLO, C Calibração de métodos de extração de Potássio em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35 p.1669-1677, 2011.

SILVA, A.A.S.; MEDEIROS, M.E; SAMPAIO, J.A; GARRIDO, F.M.S. Caracterização do verdetes de cedro do abaeté para o desenvolvimento de um material com liberação controlada de Potássio. **HOLOS**, Natal, ano 28, vol 5, 2012.

SILVA, M. A. G.; *et al.* Efeito do Cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1085-1089, 2001.

SILVEIRA JR, E.G.; C. PENATTI; G.H. KORNDÖRFER; M.S. de CAMARGO. Silicato de Cálcio e calcário na produção e qualidade da cana-de-açúcar – Usina Catanduva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, **Anais...** Ribeirão Preto. Solo: alicerce dos sistemas de produção. Ribeirão Preto/SP: UNESP, 2003. CD Rom.

SOUZA, E.C.A., YASUDA, M. “Uso Agronômico do Termofosfato no Brasil”, In: Lápido Loureiro, F.E., Melamed, R., Figueiredo Neto, J. (eds), **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**, cap. 21, Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia 2009.

THEODORO, S.H; LEONARDOS, O; ROCHA, E.L.; REGO, K.G Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço & Geografia**, Brasília vol.9, nº. 2 , p.263-292, 2006.

THEODORO, S.H; TCHOUANKOUE, J.P; GONÇALVES, A.O; LEONARDOS, O.; JULIA HARPER, J. A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.6 p. 1390-1407, 2012.

UCHÔA, S. C. P.; ALVES JÚNIOR, H. O.; ALVES, J. M. A.; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de Potássio em ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 505-513, 2009.

VITTI, G.C; LUZ, P.H.C; ALTRAN, W.S. Nutrição e Adubação. In: SANTOS, F; BORÉM, A eds. **Cana-de-açúcar do plantio a colheita**. Viçosa-MG, 2013 p.49 - 74, 2013.

WERLE, R.; GARCIA, R.A. & ROSOLEM, C.A. Lixiviação de Potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, n. 5 p.2297-2305, 2008.

YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 2005.841p.

CAPÍTULO 1

APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NO SULCO DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

O potássio é um nutriente exigido em grande quantidade pela cultura da cana-de-açúcar. A aplicação de fertilizantes no solo é a principal forma dessa cultura obter o nutriente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica na cana-planta e cana soca da utilização de diferentes amostras de Termopotássio aplicadas no fundo do sulco de plantio da cana planta. Para isso, foram conduzidos experimentos em três usinas: São Simão, Aroeira e Guaíra, durante dois anos agrícolas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial. Na Usina São Simão, foi de 2 x 5, sendo duas fontes de potássio (Termopotássio-TK47 e Cloreto de potássio-KCl), cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), no total de dez tratamentos em cinco blocos. Na Usina Aroeira e na Guaíra, foi utilizado o esquema fatorial 2 x 3+1, com duas fontes de potássio (Alpha e KCl na Usina Aroeira /Beta e KCl na Usina Guaíra) e três doses de potássio (50, 100, e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), e ainda, um tratamento adicional sem adubação potássica em cinco blocos na Usina Aroeira e de quatro blocos na Usina Guaíra. Em todas as usinas, os tratamentos foram aplicados manualmente no fundo do sulco antes do plantio da cana e após o primeiro corte da cana, foi realizada adubação nitrogenada e fosfatada. Entretanto, na Usina São Simão, as parcelas foram dividida pela metade e uma parte recebeu 120 kg ha⁻¹ de K₂O (TK47 e KCl) e a outra parte da parcela não recebeu potássio apenas nitrogênio e fósforo. Tanto no primeiro como no segundo corte da cana, as variáveis analisadas foram: K, Ca, Mg e Si na folha e no solo (0-20 e 20-40 cm); pH do solo em ambas as profundidades, altura da cana, Brix, Pol, ATR, TAH, produtividade dos colmos da cana e eficiência agrônômica relativa (EAR). Os tratamentos quantitativos foram submetidos a análise de regressão e os qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância. Nas diferentes usinas e nos dois cortes da cana, o resultado do potássio foliar e do solo foram semelhantes, apresentando incremento pela aplicação do TK47, Alpha e Beta. Essas fontes ainda disponibilizaram cálcio, magnésio, silício para o solo e para a cana. O TK47 aumentou o pH do solo. O TK47 e o KCl na dose de 121,04 kg ha⁻¹ K₂O e o Alpha ou KCl na dose de 153,79 kg ha⁻¹ K₂O no fundo do sulco de plantio proporcionaram a produtividade máxima na cana planta. O TK 47, Alpha e Beta trazem benefícios à produção da cana planta e demonstrou efeito residual na cana soca. A eficiência agrônômica relativa do TK47 foi maior que o KCl, na cana planta e na cana soca, entretanto, para a fonte Alpha e o Beta isso ocorreu apenas na cana soca.

Palavras-chave: Termopotássio. Nutrientes. Solo. *Saccharum Spp.*

Abstract

Potassium application in sugarcane planting furrow

Potassium is a highly demanded nutrient by sugar cane. Soil fertilization is the main nutrient source for the crop. Thus, this study evaluated the agricultural efficacy, in plant and ratoon cane, of different thermopotash samples, applied in the cane planting furrow. Experiments were done in three mills: Vale do São Simão, Aroeira and Guaíra, in two agricultural years. The experimental design was randomized blocks (RBD), as a factorial. The factorial at Usina São Simão was 2 x 5, with two potassium sources (Thermopotash-TK47 and Potassium chloride-KCl), and five potassium doses (0, 50, 100, 150 or 200 kg ha⁻¹ K₂O), with five replications. The factorial adopted at Usina Aroeira and Guaíra was 2 x 3+1, with two potassium sources (Alpha and KCl at Aroeira, and Beta and KCl at Guaíra) and 3 doses (50, 100 or 200 kg ha⁻¹ K₂O), and the additional treatment with no potassium fertilization, with 5 replications at Usina Aroeira and four at Usina Guaíra. Fertilizer was applied manually at the bottom of the furrow before cane planting at all mills; after plant cane first harvest, all sites received nitrogen and phosphate fertilization. However, at Usina São Simão, the plots were split in half, with one half receiving 120 kg ha⁻¹ K₂O (TK47 or KCl) while the other half received no potassium, but only nitrogen and phosphorus. The variables analyzed in first and second harvests were: leaf and soil (0-20 and 20-40 cm depth) K, Ca, Mg and Si; soil pH at both depths, cane height, Brix, Pol, ATR and TAH, cane stalk yield and relative agronomic efficacy (RAE). Quantitative treatments were submitted to regression analyses and qualitative ones compared by the Tukey test at 5% significance. Results of leaf and soil potassium were similar at the different mills and at both cane harvests, increasing with TK47, Alpha or Beta application. These sources also supplied calcium, magnesium and silicon to the soil and plant. Thermopotash TK47 increased soil pH. Maximum plant cane yield was obtained with TK47 and KCl at 121,04 kg ha⁻¹ K₂O and with Alpha or KCl at 153,79 kg ha⁻¹ K₂O at the planting furrow. TK 47, Alpha and Beta bring benefits for plant cane production and demonstrated residual effect in ratoon cane. The relative agricultural efficiency of TK47 was greater than KCl for plant and ratoon cane; in contrast, this was observed only in ratoon cane for thermopotash Alpha and Beta.

Keywords: Thermopotash, nutrients, soil, *Saccharum* spp.

Introdução

A qualidade da cana-de-açúcar pode ser influenciada pelo potássio, que é o nutriente exportado em maior quantidade. Esse nutriente é fornecido, principalmente, por meio do cloreto de potássio, entretanto pode ser fornecido por outras fontes como termopotássio.

O Termopotássio contém, além de potássio, outros nutrientes. Em estudo desenvolvido por Duarte (2012), essa fonte foi capaz de fornecer para o solo potássio, cálcio, magnésio e silício. Além disso, concluiu que, para as plantas de milheto, cultivadas em Latossolo e Neossolo, esse fertilizante disponibilizou potássio após o primeiro e segundo corte a cultura. Isso pode ser especialmente interessante para cultura da cana, que apresenta ciclo longo e o aproveitamento dos nutrientes liberados gradualmente pode ser benéfico.

Além disso, outro benefício do uso de Termopotássio é o baixo índice salino, o que possibilita a aplicação de altas doses do fertilizante no fundo do sulco de plantio, não sendo necessário o parcelamento da adubação. Em adição, o Termopotássio fica menos sujeito às perdas por lixiviação do que com uma fonte altamente solúvel de potássio, pois é uma fonte pouco solúvel em água e pode proporcionar a liberação dos nutrientes em uma velocidade compatível com a demanda de plantas.

Porém, essa dinâmica de liberação dos nutrientes pode variar de acordo com o tipo de solo. A lixiviação dos nutrientes no perfil do solo é maior em solos de textura arenosa do que nos de textura argilosa (RAJI, 2011), pois, quanto menor a partícula do solo, maior a superfície específica, maior a retenção de cátions e menor a perda de potássio, cálcio, magnésio e silício no solo por lixiviação. Além disso, solos arenosos, apesar de apresentar em grande quantidade de silício total, evidenciam baixo potencial de liberação desse elemento para o solo e para as plantas, o que justifica o uso da fonte silicatada, como o Termopotássio que, além de potássio, contém em sua composição química cálcio, magnésio e silício.

Dessa forma, o Termopotássio pode ser um fertilizante eficiente em liberar potássio, cálcio; magnésio e silício em diferentes condições de solo e de clima, e seu efeito residual pode ser observado nessas diferentes condições, refletindo-se em um índice de eficiência agrônômica satisfatório e compatível com fertilizantes corriqueiramente utilizados. Assim, objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade, parâmetros tecnológicos, atributos químicos do solo e absorção foliar de nutrientes da cana-planta e cana-soca, pela aplicação do termopotássio no sulco de plantio da cana.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização das fontes de potássio utilizadas nos experimentos

2.1.1 Obtenção do Termopotássio

O Termopotássio é um fertilizante mineral desenvolvido pela Verde Fertilizantes, o qual é obtido através da mistura de Verdete, calcário e reagentes especiais. Os trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela Verde Fertilizantes LTDA desde 2009, com a realização de mais de 27 mil metros de sondagens e análises químicas ao longo das ocorrências de verdetes em uma região de cerca de 100 mil hectares permitiram definir áreas onde as rochas possuem características químicas e mineralógicas únicas, sendo adequadas para a produção de fertilizantes potássicos de alta performance (TABELA 01).

Tabela 1. Caracterização química do Verdete oriunda da região de São Gotardo/Matutina-MG.

Elemento	-- % --	Elemento	-- % --
K ₂ O	11,180	Na ₂ O	00,090
SiO ₂	57,940	TiO ₂	00,800
CaO	00,060	P ₂ O ₅	00,080
MgO	02,690	MnO	00,110
Fe ₂ O ₃	06,720	Cr ₂ O ₃	00,016

Fonte: KAHN *et al.* 2011. Relatório interno da Verde Fertilizantes Ltda, 2011. Análise por meio da Difractometria de raios x (DRX), realizada no Departamento de Ciência de solo da Esalq/USP.

A primeira etapa para a produção do Termopotássio é a extração de Verdete através do processo de lavra de mina a céu aberto. A seguir, o minério lavrado é enviado a um sistema de britagem, onde a granulometria é reduzida. Em seguida, o Verdete é dosado a calcário e reagentes, passando então por uma fina moagem, onde o material é seco, misturado e tem sua granulometria amplamente reduzida. A mistura em pó é então conduzida a um reator térmico de alta tecnologia, cuja temperatura, tempo de residência e demais parâmetros de processo são devidamente controlados. Após o processamento pirometalúrgico, o material passa por outro processo proprietário, antes de ser embalado para comercialização.

2.1.2 Caracterização química e física das fontes de potássio

Foi desenvolvido experimentos com diferentes amostras de Termopotássio dentre elas os produtos Alpha, Beta e o TK47 (TABELA 2). Como as fontes de potássio estudadas além de potássio, contém outros nutrientes foi determinada a partir da dose de K_2O a quantidade de nutrientes que cada fonte testada poderá liberar para o solo (TABELA 3).

Tabela 2. Caracterização física e química do Cloreto de potássio (KCl), Termopotássio (Alpha, Beta e TK47).

	Fontes			
	KCl	TK47 (São Simão)	Alpha (Aroeira)	Beta (Guaíra)
Caracterização Física				
(Porcentagem da fonte que ficou retida nas peneiras)				
Peneira	----- %-----			
2mm (ABNT nº 10)	96,7	28,4	22,4	30,1
0,84mm (ABNT nº 20)	3,0	36,3	26,6	31,2
0,30 mm (ABNT nº 50)	0,2	23,7	18,1	16,4
Fundo da peneira	0,1	11,6	32,9	22,3
Caracterização Química				
¹ Índice Salino	145	0.50	0.50	0.50
	----- %-----			
² K_2O Total	60	07	07	07
³ K_2O Solúvel em água	62	0,5	0,5	0,5
³ K_2O Solúvel em ácido cítrico a 2% 1:500	61	06	04	04
⁴ Si Total	-	28	28	28
⁵ Ca Total	-	22	22	22
⁵ Mg Total	-	01	01	01
⁶ Cloro	47	-	-	-

¹Determinado de acordo com o MAPA (2007); ² metodologia EPA (1996); ⁴Korndorfer *et al.* (2004); ^{3,5}Dados fornecidos pela empresa Verde Fertilizantes, Embrapa (1999). KCl= Cloreto de potássio, TK47= Termopotássio; Alpha = Termopotáso; Beta= Termopotassio.

Tabela 3. Quantidade em kg ha⁻¹ de cálcio, magnésio, silício e cloro adicionadas no solo com a aplicação das fontes de potássio.

K ₂ O	DOSES ¹				
	Fonte	Ca	Mg	Si	Cl
	TK 47/Alpha/Beta	----- kg ha ⁻¹ -----			
0	0	0	0	0	0
50	714	157	7	200	0
100	1429	314	14	400	0
150	2143	471	21	600	0
200	2857	629	29	800	0
K ₂ O	DOSES ¹				
	Fonte	Ca	Mg	Si	Cl
	(KCl)	----- kg ha ⁻¹ -----			
0	0	0	0	0	0
50	83	0	0	0	39
100	167	0	0	0	78
150	250	0	0	0	118
200	333	0	0	0	157

¹Doses calculadas com base nos teores totais de nutrientes encontrados nas fontes.

2.2 Localização dos experimentos

Foram desenvolvidos três experimentos, sendo um localizado na Usina Aroeira, em Tupaciguara-MG (18° 47' 41,1"S 48° 35' 17,3"O), outro na Usina Vale do São Simão em Chaveslândia-MG (19°04'07,4903"S 50°22'19,7087"O) e um na Usina Guaíra em Guaíra-SP (20° 20,0' 55,98"S 48° 10' 43,83"O) (FIGURA 01).

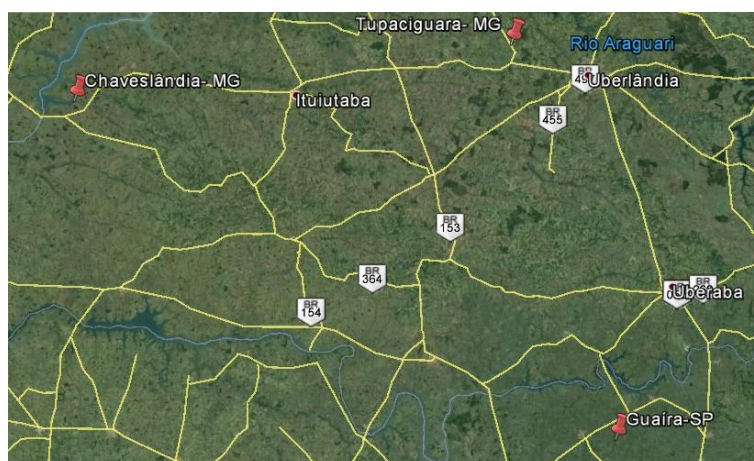


Figura 1. Locais em que foram instalados os experimentos.

A escolha das usinas para implantação dos experimentos foi baseada nas características dos solos em relação ao teor de potássio, devendo este ser baixo. Verificou-se que o potássio no solo nas diferentes usinas variou de muito baixo (0- 0,07 cmol_cdm⁻³) a baixo (0,07-0,15 cmol_cdm⁻³) (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011) e que as texturas foram arenosa, média e argilosa (TABELA 4).

Os ambientes de produção de cana-de-açúcar são classificados em A, B, C, D e E, sendo o ambiente E o de menor potencial produtivo (MARGARIDO; SANTOS, 2013). O Ambiente de produção na Usina São Simão foi o E2 na Usina Aroeira foi o D1 e na Usina Guaíra foi o C1.

Tabela 4. Classificação e caracterização química e física das amostras de solo, coletadas à profundidade de 0-20 cm, nos locais dos experimentos.

Usina	Tipo de solo	pH	K	Ca	Mg	Si	P	SB	H+A	CTC	V	Textura
		CaCl ₂	- cmol _c dm ⁻³	---	---	-mgdm ⁻³	---	---	cmol _c dm ⁻³	---	%	
São Simão	Neossolo Quartizarênico distrófico	4,40	0,0	0,6	0,3	3,0	2,0	0,9	2,40	3,34	2	Arenosa
Aroeira	Latossolo Vermelho Amarelo distrofico	4,90	0,0	0,9	0,3	5,5	4,2	1,2	2,00	3,24	3	Média
Guaíra	Latossolo Vermelho Acriférico	4,70	0,0	1,8	0,7	10,	14,	2,5	3,60	6,18	3	Argilosa

Classificação do solo conforme Embrapa, 2013. pH CaCl₂ ; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; P; K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); SB -Soma de bases; H +Al- acidez potencial bem como análise física (método da pipeta) conforme Embrapa (1999). O Si no solo (CaCl₂ 0,01mol L⁻¹) conforme metodologia Korndörfer *et al.* (2004).

2.3 Experimento da Usina Vale do São Simão

2.3.1 Histórico da área

O experimento foi instalado numa área de expansão da usina, cuja cultura que estava implantada antes do plantio da cana era o capim braquiária. O preparo de solo constituiu na dessecação da pastagem, aplicação de 1 t ha⁻¹ calcário dolomítico, seguida de revolvimento com grade aradora e, em seguida, grade nivelada. No dia do plantio da cana, fez a abertura dos sulcos de

plantio com o sulcador. Nessa usina, a precipitação pluviométrica acumulada antes do primeiro corte da cana foi de 1.323 mm e antes do segundo corte foi de 1.223 mm (FIGURA 2).

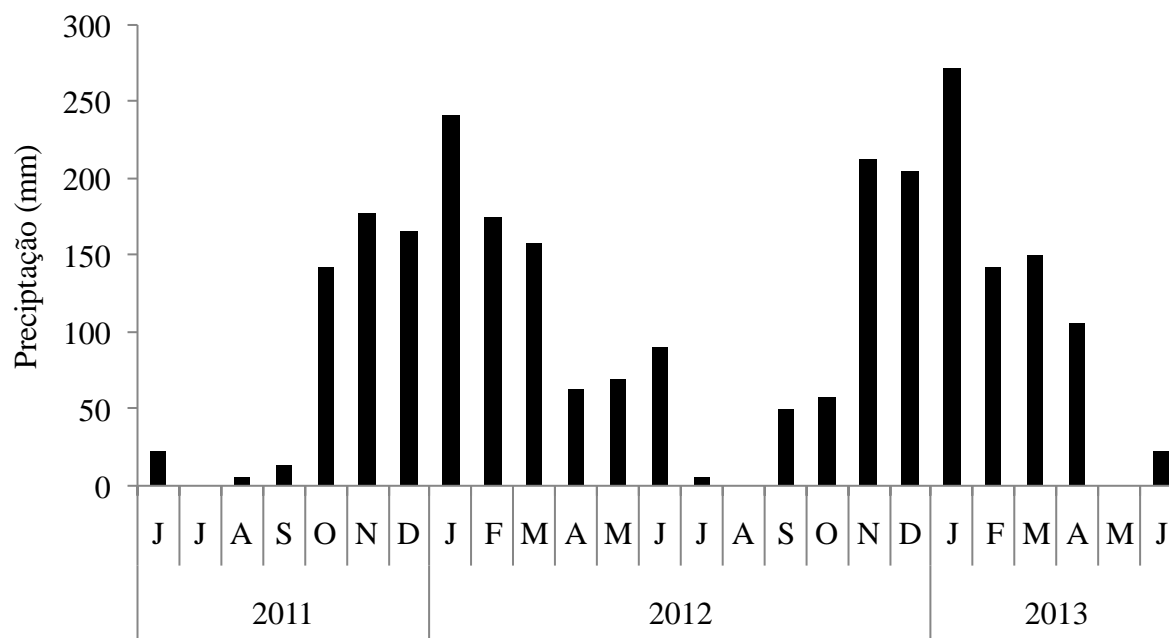


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na área experimental da Usina Vale do São Simão (06/ 2011 a 06/ 2013).

2.3.2 Cana Planta

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 2 x 5, sendo duas fontes de potássio (Termopotássio-TK47 e cloreto de potássio-KCl) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), sendo dez tratamentos, com cinco blocos, totalizando 50 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 20 m de comprimento, totalizando uma área de 150 m² (TABELA 6).

O experimento foi instalado no dia 14 de junho de 2011, na fazenda Cruz Macaúbas, da Usina Vale do São Simão. Os sulcos para o plantio da cana foram abertos com cerca de 0,3 m de profundidade e, no momento da abertura do sulco, foram aplicados 130 kg ha⁻¹ P₂O₅ (250 kg ha⁻¹ MAP com 52% P₂O₅) (FIGURA 5). Posteriormente, foram aplicadas as fontes de potássio, TK47 e KCl, distribuídas manualmente no fundo do sulco de plantio na sua respectiva dose (FIGURA 6).

O plantio da cana, cultivar SP832847, foi realizado de forma manual com a distribuição de aproximadamente dezessete gemas por metro linear dentro do sulco de plantio da cana. Em setembro de 2011, 90 dias após plantio da cana, foi realizado o quebra-lombo e, durante essa

operação, foram aplicados, em todas as parcelas do experimento, 26,4 kg ha⁻¹ de nitrogênio (80 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio com 33 % de nitrogênio). A colheita da cana planta, primeiro corte da cana, foi realizada manualmente, em julho de 2012, doze meses após o plantio, no sistema de colheita sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.3.3 Cana Soca

Com o objetivo de avaliar o efeito residual da aplicação das fontes de potássio na adubação da cana soca todas as parcelas receberam apenas o nitrogênio e fósforo. Foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio (454 kg ha⁻¹ de nitrato de amônia, com 33 % de nitrogênio) e 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (152 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, com 46% P₂O₅). Após o primeiro corte da cana, foi aplicada 1 t ha⁻¹ de gesso e 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, superficialmente em todas as parcelas.

Na Usina Vale do São Simão, após o primeiro corte da cana, as parcelas com 20 m de comprimento foram subdivididas em duas parcelas com 9 m de comprimento e 1m ficou de carreador para as duas subparcelas. Em uma subparcela não realizou a adubação potássio e a outra subparcela recebeu 120 kg ha⁻¹ de K₂O (fonte TK47 nas parcelas adubas na cana planta com essa fonte e KCl nas parcelas adubas na cana planta com essa fonte). Cada parcela passou a ser representada por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 9 m de comprimento, totalizando uma área útil de 67,5 m².

A colheita da cana soca, segundo corte da cana, foi realizada manualmente em julho de 2013 completando um ciclo de doze meses. Foi conduzida no sistema de colheita sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.3.5 Análise estatística

Na Usina São Simão, os resultados obtidos foram submetidos a análises de variâncias, empregando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). e quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas a 5% de significância. Os tratamentos quantitativos foram submetidos à análise de regressão e os qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey.

2.4 Experimento da Usina Aroeira

2.4.1 Histórico da área

Na área experimental da Usina Aroeira, antes do plantio da cana, encontrava-se o capim braquiária e posteriormente a cultura da soja. A área de pastagem recebeu duas toneladas de calcário e uma tonelada de gesso, foi gradeada e posteriormente foi realizada a semeadura da soja. Após a colheita da soja, a área foi sulcada para efetuar o plantio da cana. A precipitação pluviométrica acumulada dessa usina antes do primeiro corte da cana foi de 1316 mm e antes do segundo corte foi de 1248 mm (FIGURA 3).

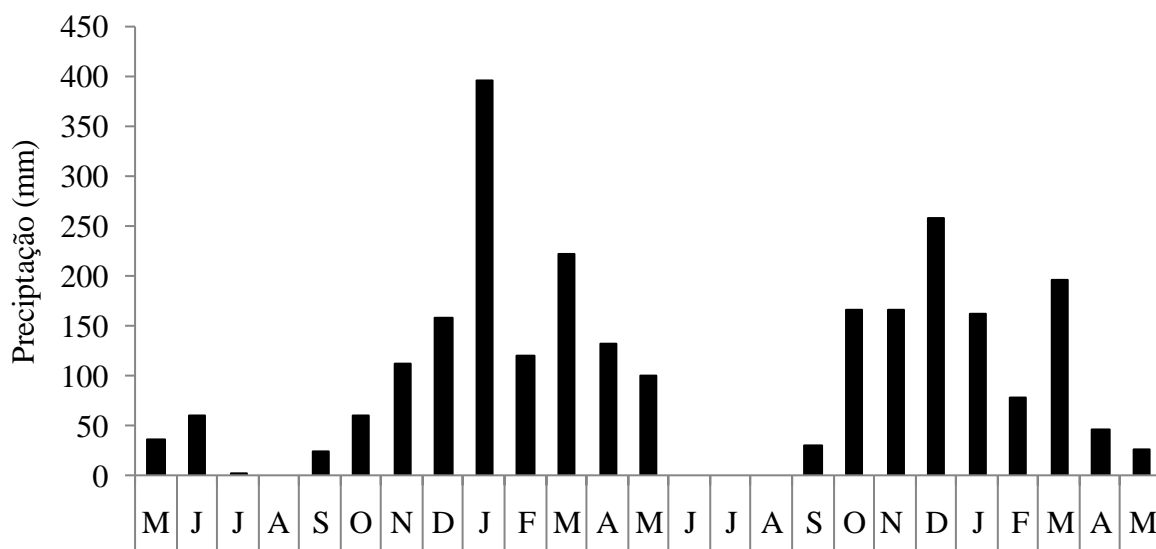


Figura 3. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na área experimental da Usina Aroeira (05/2012 a 05/2014).

2.4.2 Cana Planta

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 3+1 sendo duas fontes de potássio (Alpha e KCl) e três doses de Potássio (50, 100, e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), e um tratamento adicional em que não recebeu adubação potássica. Foram instalados cinco blocos totalizando 35 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 15 m de comprimento, totalizando uma área de 112,50 m².

Em maio de 2012, os sulcos para o plantio da cana foram abertos com cerca de 0,3 m de profundidade e, no momento da abertura do sulco, foram aplicados $208 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ (400 kg ha^{-1} de MAP) (FIGURA 05). Posteriormente, foram aplicadas o Alpha e Cloreto de potássio, distribuídos manualmente no fundo do sulco de plantio na sua respectiva dose (FIGURA 6). O plantio da cana, cultivar RB92 579, foi realizado manualmente, com a distribuição de, aproximadamente, 22 gemas por metro. O quebra-lombo foi realizado em setembro de 2012, 120 dias após plantio, quando foram aplicados 100 kg ha^{-1} de nitrogênio com 33% de nitrogênio (303 kg ha^{-1} de nitrato de amônio).

A colheita da cana planta, primeiro corte da cana, foi realizada manualmente, em maio de 2013, ou seja, doze meses após o plantio, sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.4.3 Cana Soca

Com o objetivo de se avaliar o efeito residual da aplicação das fontes de potássio na adubação da cana soca, todas as parcelas receberam apenas o nitrogênio e fósforo. Foram aplicados na soqueira 140 kg ha^{-1} de nitrogênio (425 kg ha^{-1} de nitrato de amônio com 33 % de N) e 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 (87 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, com 46 % de P_2O_5). Não houve aplicação de calcário nem de gesso. A colheita da cana soca, segundo corte da cana, foi realizada manualmente em maio de 2014 completando um ciclo de doze meses, conduzida no sistema de colheita sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.4.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância por meio do programa estatístico denominado Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009) e quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas a 5% de significância. Os tratamentos quantitativos foram submetidos à análise de regressão e os qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey. O tratamento controle, ou seja, a testemunha foi comparado com os tratamentos que receberam adubação potássica pelo teste de Dunnett.

2.5 Experimento da Usina Guaíra

2.5.1 Histórico da área

A área da Usina Guaíra foi anteriormente cultivada com cana sendo uma área uma reforma de canavial. Antes do novo plantio, foram aplicadas duas toneladas de calcário e uma de gesso. Após a aplicação do corretivo e do condicionador de solo, a área foi gradeada e, no dia do plantio da cana foi sulcada. Nessa Usina, a precipitação pluviométrica acumulada antes do primeiro corte da cana foi de 1272 mm e antes do segundo corte foi de 1357 mm (FIGURA 4).

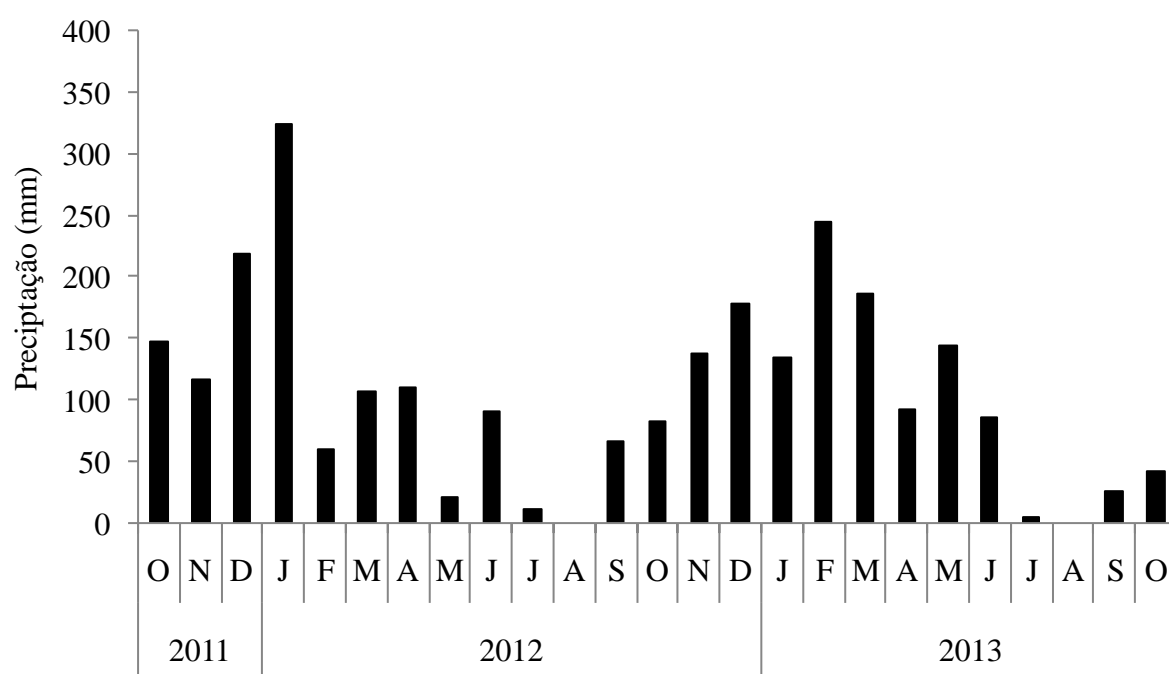


Figura 4. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Guaíra (10/2011 a 10/2013).

2.5.2 Cana Planta

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3+1 sendo duas fontes de Potássio (Beta e KCl) e três doses de potássio (50, 100, e 200 kg ha⁻¹ de K₂O), e um tratamento adicional em que não houve adubação potássica. Foram instalados quatro blocos

totalizando 28 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 15 m de comprimento, totalizando uma área de 112,50 m².

O experimento foi instalado em outubro de 2011, na fazenda Santa Clara, da Usina Guaíra. Os sulcos para o plantio da cana foram abertos com cerca de 0,3 m de profundidade e, no momento da abertura do sulco, foram aplicados 208 kg ha⁻¹ P₂O₅ (400 kg ha⁻¹ de MAP) (FIGURA 5). Posteriormente, foram aplicadas as Beta e Cloreto de potássio, distribuídos manualmente no fundo do sulco de plantio na sua respectiva dose (FIGURA 6). O plantio da cana, cultivar RB 867515, foi realizado manualmente, com a distribuição de, aproximadamente, 22 gemas por metro linear. O quebra-lombo foi realizado em janeiro de 2012, 90 dias após o plantio, e não foi realizada adubação nitrogenada. Entretanto, foram realizadas aplicações dos herbicidas Velpak 1,8 kg ha⁻¹ mais Gamit 1,2 L ha⁻¹.

A colheita da cana planta, primeiro corte da cana, foi realizada manualmente em outubro de 2012, completando um ciclo de 12 meses de cultivo, e a mesma foi realizada sem queima e com a manutenção da palha na superfície do solo.

2.5.3 Cana Soca

Com o objetivo de se avaliar o efeito residual da aplicação das fontes de potássio na adubação da cana soca, todas as parcelas receberam apenas o nitrogênio e fósforo. Foram aplicados na soqueira 136 kg ha⁻¹ de nitrogênio (400 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio com 34% N). Não houve aplicação de calcário nem gesso. A colheita da cana soca, segundo corte da cana, foi realizada manualmente em outubro de 2013, completando-se um ciclo de doze meses. Foi conduzida no sistema de colheita sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.5.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, por meio do programa estatístico denominado Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009) e quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas a 5% de significância. Os tratamentos quantitativos foram submetidos à análise de regressão e os qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey. O tratamento-controle foi comparado com os tratamentos que receberam adubação potássica pelo teste de Dunnett.

2.6 Avaliações realizadas nos experimentos

Tanto no primeiro quanto no segundo corte da Usina São Simão, Aroeira e Guaíra, as variáveis analisadas foram:

Análise foliar: Foram coletadas 20 folhas por parcela. A folha retirada foi a terceira a partir do ápice que corresponde à folha TVD (*top visible dewlap*), isso é, com última lígula visível (KORNDORFER; RAMOS, 2008). Após a coleta, o terço médio das folhas sem a nervura foram colocados em um saco de papel (FIGURA 07). No laboratório, essas amostras foram lavadas, foram acondicionadas em sacos de papel com furos e secas a 65° C, até atingirem o peso constante. Após seco, o material foi moído em moinho tipo Willey. A partir dessas amostras, foram realizadas as análises de K, Ca, Mg conforme Embrapa (1999) e Si conforme Korndorfer (2004).

Análise de solo: Em cada parcela experimental após a colheita da cana as amostras de solo, foram retiradas sobre a linha de plantio da cana-de-açúcar com auxílio de um trado holandês (FIGURA 08). Essas amostras foram retiradas na profundidade de 0 a 20 e 20-40 cm; posteriormente, foram secas e peneiradas depois utilizadas para determinar os teores de K, Ca, Mg e pH do solo, segundo metodologia da Embrapa (1999) e Si segundo Korndorfer (2004)

Altura dos colmos: Após a colheita, foram separados, aleatoriamente, dez colmos de cana, que foram submetidos a medição de altura, com auxílio de uma trena e, posteriormente, foram enviados para o laboratório da usina para a realização das análises tecnológicas (FIGURA 09).

Análise tecnológica: consistiu na determinação do Brix do Caldo, Pol da cana, ATR, TAH. De acordo com Fernandes (2003), o Brix do Caldo expressa a porcentagem peso/peso dos sólidos solúveis contidos em uma solução pura de sacarose. O Pol é a quantidade de sacarose, em porcentagem, presente na cana ou no caldo da cana-de-açúcar. O ATR é o conjunto de os açúcares totais recuperáveis. Com base na variável tecnológica Pol da cana (PCC) e na produtividade da cana-de-açúcar, calculou-se o total de açúcar produzido por hectare (TAH) nos experimentos.

Produtividade: Para a obtenção da produtividade dos colmos da cana-de-açúcar, cada parcela experimental foi colhida individual e manualmente pelos trabalhadores da Usina. Em seguida, os colmos foram pesados com o auxílio de uma célula de carga marca Técnica modelo WT-3000 com capacidade para 1000 kg a qual foi acoplada à garra de uma carregadora de cana. (FIGURA 10).

Eficiência Agrônômica Relativa: foi calculada com base na produtividade média de cada corte segundo a Equação 1 (ENGLESTAD *et al.*, 1974):

$$\text{Equação 1: } \text{EAR (\%)} = \frac{\text{Prod. com Termopotássio} - \text{Prod. sem Potássio}}{\text{Prod. com KCl} - \text{Prod. sem Potássio}} \times 100$$



Figura 5. Abertura do sulco de plantio



Figura 6. Aplicação do Termopotássio.



Figura 7. Coleta das amostras de folha



Figura 8. Coleta das amostras de solo



Figura 9. Medição da altura dos colmos



Figura 10. Pesagem da Cana

3 Resultados e discussão

3.1 Potássio foliar

Na Usina São Simão, verifica-se no primeiro corte que nas doses de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O a concentração de potássio foliar ,com a aplicação de cloreto de potássio (KCl) foi superior

ao TK47 e, nas outras doses, não houve diferença estatística entre as fontes. Entretanto, os valores médios de potássio foliar das plantas cultivadas com ambas as fontes de potássio estão entre 10-16 g kg⁻¹ que, segundo Rajj (2011), é considerado adequado para a cana. No segundo corte nessa Usina, verifica-se que, independente da dose de potássio aplicada, o KCl propiciou maior concentração de potássio na parte aérea da cana do que o TK47 (TABELA 05).

Tabela 5. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre potássio foliar.

Doses K ₂ O	1º corte				2º corte			
Cana planta	TK47		KCl	Média	TK47		KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K foliar, g kg ⁻¹ -----							
Usina Vale do São Simão								
0	14,90	A	14,70	A	14,80	8,40	9,30	8,85
50	15,10	A	15,20	A	15,20	8,80	9,20	9,00
100	14,00	B	15,50	A	14,70	9,10	10,00	9,50
150	14,00	B	16,60	A	15,30	9,00	10,50	9,75
200	14,70	B	17,00	A	15,80	9,10	11,10	10,10
Média	14,50		15,80			8,86	B 10,00	A
CV= 5,15 %; DMS fonte= 1,0					CV= 9,54 %, DMS fonte=0,52			
Usina Aroeira								
	Alpha		KCl	Média	Alpha		KCl	Média
0		10,10				6,80		
50	10,00	ns	11,70	ns	10,85	7,30	ns	7,50
100	10,70	ns	10,70	ns	10,70	7,30	ns	8,20
200	10,60	ns	11,50	ns	10,05	7,70	ns	8,70
Média	10,43	A	11,30	A		7,43	A	8,13
CV=11,32%;DMS fonte=0,91;Dunnett=2,12					CV=12,55%;DMSfonte=0,72;Dunnett=1,67			
Usina Guaíra								
	Beta		KCl	Média	Beta		KCl	Média
0		14,87				11,00		
50	13,37	ns	14,75	ns	14,06	10,00	ns	11,12
100	14,25	ns	14,62	ns	14,43	10,50	ns	11,12
200	13,87	ns	15,50	ns	14,68	10,25	ns	11,13
Média	13,83	A	14,95	A		10,25	A	11,12
CV=5,84%;DMS fonte=1,72;Dunnett= 1,69					CV=11,89%;DMSfonte=1,09Dunnett=2,55			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Aroeira e Guaíra, não houve interação entre as fontes e as doses de potássio. Independente da dose aplicada, não houve diferença estatística entre a concentração de potássio foliar, com as fontes Alpha e KCl na Usina Aroeira bem como entre Beta e o KCl na Usina Guaíra (TABELA 05).

Quando comparado com o tratamento testemunha, o teor de potássio foliar da cana aumentou com a aplicação do KCl na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, diferendo estatisticamente da testemunha apenas na Usina Aroeira, no segundo corte da cana (TABELA 05).

Moura Filho *et al.* (2014), ao avaliarem o estado nutricional de variedades de cana-de-açúcar, por meio da análise foliar da cana planta, verificaram que o valor de potássio foliar na cultivar RB 867515 (utilizada na usina Guaíra) foi 10,3 e 7,2 g kg⁻¹, da cultivar RB 92579 (utilizada na usina Aroeira) valores esses semelhantes aos observados neste experimento.

Em relação às doses, verificou-se, no segundo corte da Usina São Simão (FIGURA 11 A) e após o primeiro e segundo cortes da Usina Aroeira (FIGURA 11 B), que tanto com KCl quanto com TK47 e o Alpha, a concentração de potássio foliar apresentou ajuste linear, cujo os teores aumentaram a medida que aumentou as doses de potássio aplicadas. No primeiro corte da cana na Usina São Simão, isso também foi observado, entretanto, somente para o KCl (FIGURA 11 A).

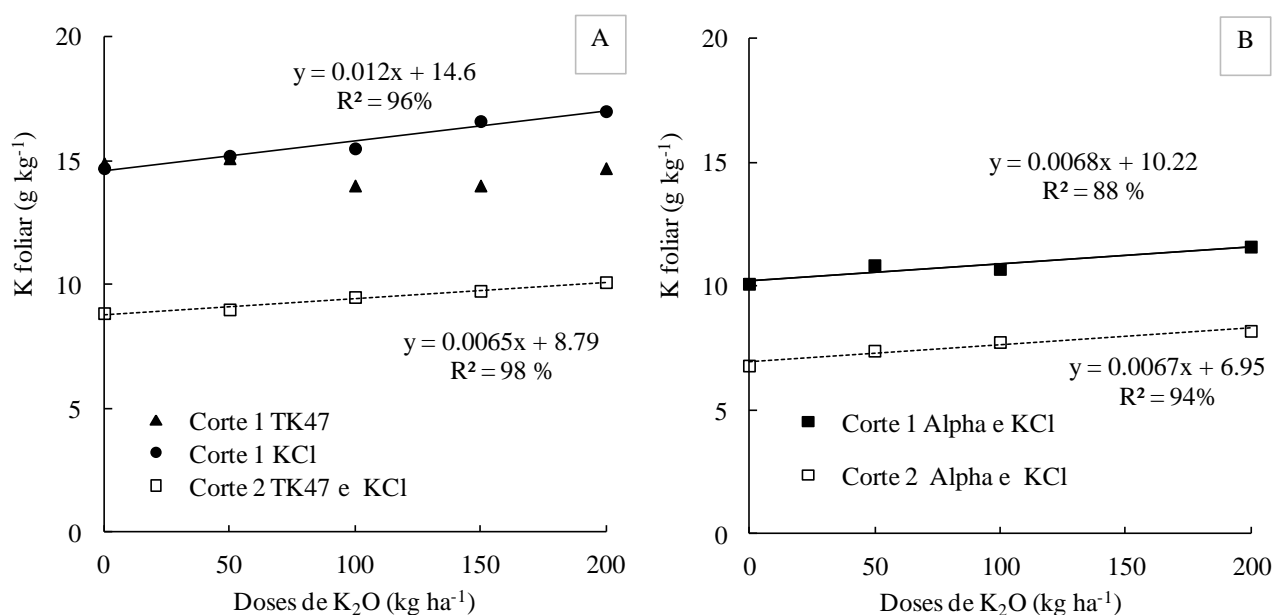


Figura 11. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio foliar.

A= Usina Vale do São Simão; B = Usina Aroeira. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina São Simão, ao avaliar o comportamento das fontes de potássio nas parcelas da cana soca em que houve a reaplicação de potássio (representada no gráfico pelas letras minúsculas) observou-se que o potássio foliar, naquelas plantas adubadas com KCl, foi maior do que naquelas que receberam o TK47, independente da dose de potássio aplicada (FIGURA 12).

Em relação à comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana (representada no gráfico pelas letras maiúsculas) verificou-se que o tratamento com o KCl a

reaplicação trouxe acréscimo no teor de potássio foliar para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Entretanto, os outros tratamentos não diferiram estatisticamente, portanto, deixam efeito residual para cana soca (FIGURA 12).

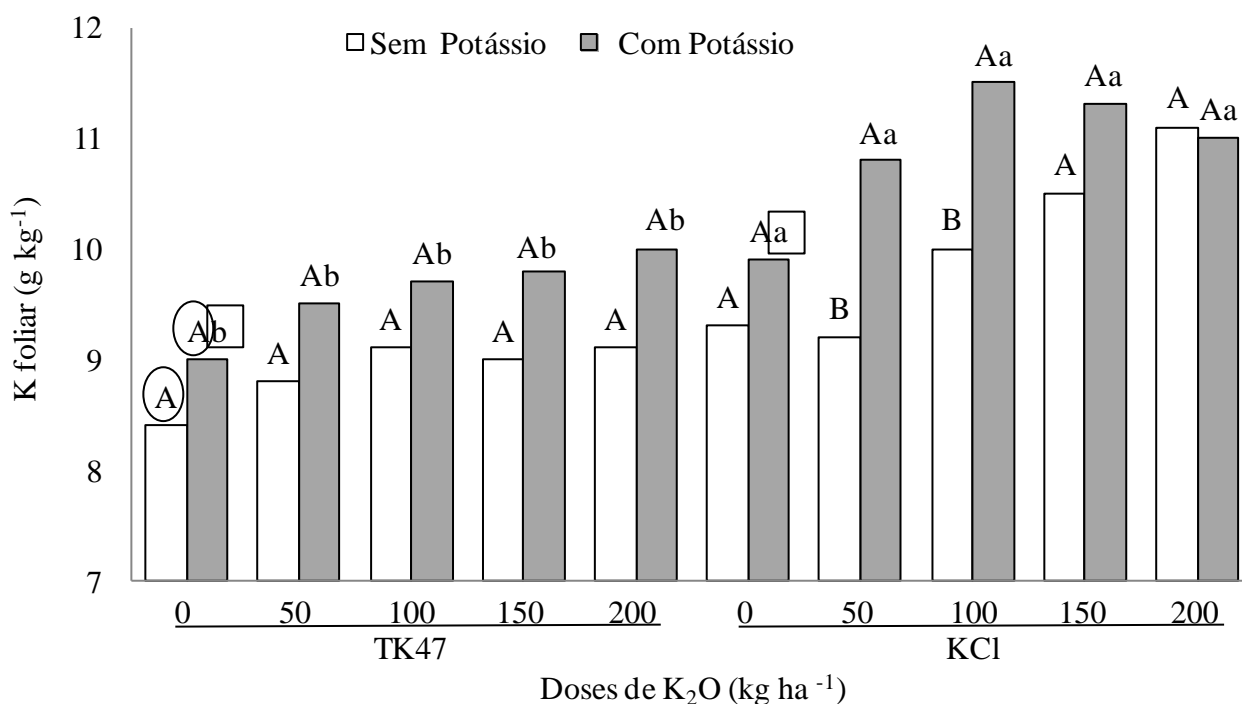


Figura 12. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o potássio foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=1,29). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,65).

3.2 Cálcio foliar

Na Usina São Simão, no primeiro corte, verificou-se que o TK47 aplicado nas doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O aumentou a concentração de cálcio foliar. No segundo corte, o mesmo ocorreu para todas as doses testadas (TABELA 06). Esses dados estão de acordo com Duarte (2012), que verificou que o Termopotássio disponibilizou cálcio para o milho no primeiro e segundo cultivo.

Na Usina Aroeira e Guaíra, tanto no primeiro como no segundo corte, independentemente da dose de potássio utilizada, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio para o fornecimento de cálcio, como também não houve diferença entre cada tratamento e a testemunha (TABELA 06). Entretanto, os valores médios de cálcio foliar para ambas as fontes de potássio são considerados adequados para a cana segundo Raij (2011) é de 2 - 8 g kg⁻¹. Moura Filho *et al.*

(2014), ao avaliarem o estado nutricional de variedades de cana-de-açúcar, por meio da análise foliar da cana planta cultivada, verificaram que o valor de cálcio foliar cultivar RB 867515 (utilizada em Guaíra) foi 3,9 e 4,8 g kg⁻¹, da cultivar RB 92579 (utilizada na Usina Aroeira) foi 3,2 e 3,1 g kg⁻¹, valores esses inferiores aos encontrados neste trabalho.

Tabela 6. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio foliar

Doses K ₂ O	1º corte				2º corte			
Cana planta	TK47	KCl		Média	TK47	KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Ca foliar, g kg ⁻¹ -----							
Usina Vale do São Simão								
0	3,02	A	3,19	A	3,10	2,48	1,87	2,18
50	3,26	A	3,96	A	3,61	3,41	2,39	2,90
100	4,29	A	3,98	A	4,14	2,80	2,15	2,48
150	4,96	A	3,93	B	4,44	3,06	2,09	2,57
200	5,04	A	3,81	B	4,43	2,65	2,04	2,34
Média	4,11		3,77			2,88	A 2,10	B
CV= 15,77 %; DMS fonte=0,80				CV=22,59 %, DMS fonte=0,32				
Usina Aroeira								
	Alpha	KCl		Média	Alpha	KCl		Média
0		4,92				5,52		
50	4,75	ns	5,14	ns	4,95	5,7	ns	5,8
100	4,73	ns	4,73	ns	4,73	5,6	ns	5,6
200	4,89	ns	5,01	ns	4,95	5,6	ns	5,5
Média	4,79	A	4,96	A		5,6	A	5,7
CV=15,06%;DMSfonte=0,55;Dunnett=1,28				CV=8,23%;DMSfonte=0,35; Dunnett=0,81				
Usina Guaíra								
	Beta	KCl		Média	Beta	KCl		Média
0		5,01				3,11		
50	5,43	ns	5,26	ns	5,34	3,66	ns	3,75
100	5,25	ns	5,17	ns	5,21	3,85	ns	3,21
200	5,42	ns	5,01	ns	5,22	3,82	ns	3,44
Média	5,37	A	5,15	A		3,78	A	3,47
CV=9,55%;DMS fonte= 0,42;Dunnett=0,99				CV=22,04%;DMSfonte=0,67;Dunnett=1,56				

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Verifica-se na figura 13 que o TK47 na cana planta proporcionou ajuste linear para o cálcio foliar. Portanto, à medida que aumenta a dose de K₂O, aumenta o cálcio foliar, demonstrando, assim, que o Termopotássio foi capaz de disponibilizar para cana o cálcio presente na sua constituição.

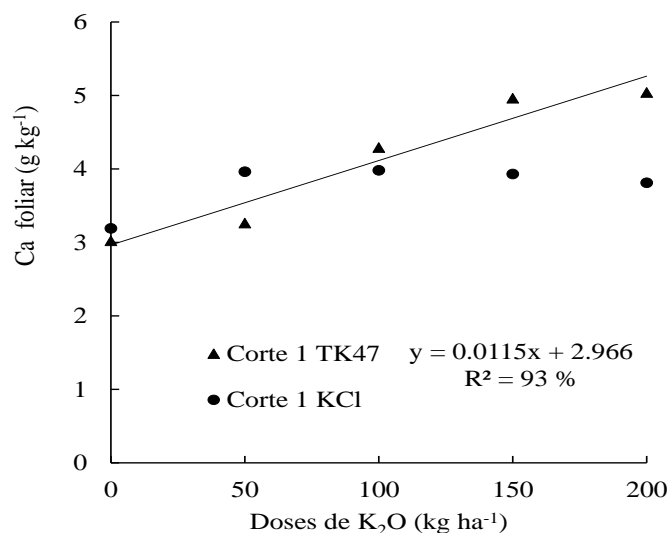


Figura 13. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio foliar na Usina Vale do São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Na Usina São Simão, nas parcelas da cana soca adubada com $120\ kg\ ha^{-1}\ K_2O$, observa-se que o cálcio foliar foi maior quando usou o TK47 do que quando empregou o KCl, para todas as doses. Além disso, para o tratamento com TK47 na dose de $200\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O , a reaplicação de $120\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O na soqueira da cana proporcionou aumento de cálcio na parte aérea cana quando comparado aos tratamentos que não receberam este nutrientes na cana soca (FIGURA 14).

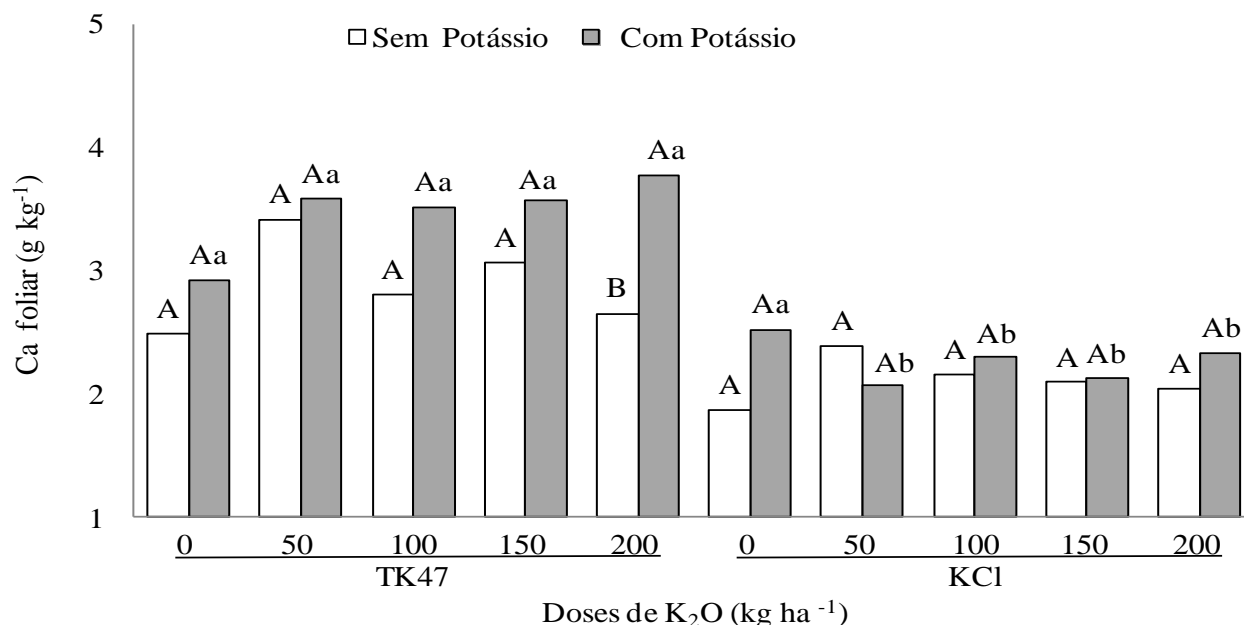


Figura 14. Aplicação de $120\ kg\ ha^{-1}\ K_2O$ na cana soca da Usina São Simão sobre o cálcio foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K_2O , diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,66). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,56).

3.3 Magnésio foliar

Não houve diferença estatística entre as fontes de potássio em relação ao magnésio foliar tanto no primeiro como no segundo corte em todas as usinas avaliadas, exceto no segundo corte na Usina São Simão. Nessa Usina, independente da dose de potássio aplicada, as plantas adubadas com o TK47 apresentaram mais magnésio foliar do que aquelas que receberam o cloreto de potássio (TABELA 07). Portanto o termopotássio pode ter disponibilizado esse nutriente para cana conforme foi observado por Duarte (2012) no primeiro e no segundo cultivo consucultivo do milho.

Tabela 7. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o magnésio foliar.

Doses K ₂ O Cana planta - kg ha ⁻¹ -	1º corte			2º corte		
TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média	
----- Mg foliar, g kg ⁻¹ -----						
Usina Vale do São Simão						
0	1,91	1,78	1,84	1,76	1,54	1,65
50	2,05	1,97	2,01	1,91	1,88	1,89
100	2,12	1,97	2,04	1,90	1,73	1,82
150	2,11	1,88	2,00	1,85	1,67	1,76
200	2,01	1,94	1,98	1,96	1,69	1,83
Média	2,04 A	1,91 A		1,88 A	1,70 B	
CV= 12,61%;DMS fonte=0,14 CV= 12,48 %, DMS fonte=0,13						
Usina Aroeira						
Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média	
0	2,57		3,48			
50	2,44 ns	2,58 ns	2,51	3,37 ns	3,24 ns	3,30
100	2,36 ns	2,38 ns	2,37	3,22 ns	3,21 ns	3,21
200	2,44 ns	2,38 ns	2,41	2,99 ns	3,15 ns	3,07
Média	2,41 A	2,45 A		3,19 A	3,20 A	
CV=16,80%;DMSfonte=0,31;Dunnett=0,72 CV=9,45%;DMSfonte=0,23; Dunnett=0,53						
Usina Guaíra						
Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média	
0	2,40		1,30			
50	2,46 ns	2,43 ns	2,44	1,43 ns	1,42 ns	1,42
100	2,32 ns	2,32 ns	2,32	1,39 ns	1,36 ns	1,37
200	2,44 ns	2,26 ns	2,36	1,50 ns	1,39 ns	1,44
Média	2,41 A	2,34 A		1,44 A	1,39 A	
CV=8,13%; DMS fonte=0,17; Dunnett= 0,38 CV=14,05%;DMSfonte=0,16;Dunnett=0,39						

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*; Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Todos os valores de magnésio foliar encontrados na cana-de-açúcar na Usina São Simão são adequados na visão de Raij,2011 pois, estão entre 1 a 3 g kg⁻¹. Moura Filho *et al.* (2014), ao

avaliarem o estado nutricional de variedades de cana-de-açúcar, por meio da análise foliar da cana planta, verificaram que o valor de magnésio foliar da cultivar RB 867515, utilizada em Guaíra, foi 2,8 e 3,4 g kg⁻¹, da cultivar RB 92579, utilizada na Usina Aroeira, foi 1,7 e 1,8 g kg⁻¹.

Na Usina São Simão, na cana soca adubado com 120 kg ha⁻¹ K₂O, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio para o magnésio foliar, que variou de 1,58 g kg⁻¹ com a aplicação de TK47 a 1,56 g kg⁻¹ com o KCl (FIGURA 15).

A reaplicação de potássio proporcionou menos magnésio foliar do que na ausência de potássio na cana soca para o tratamento com TK47 na dose 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O bem como com o tratamento KCl na dose 50 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 15). Essa menor disponibilidade de magnésio para as plantas ocorreu, provavelmente, devido a maior disponibilidade de potássio ou cálcio no solo, pois os íons K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

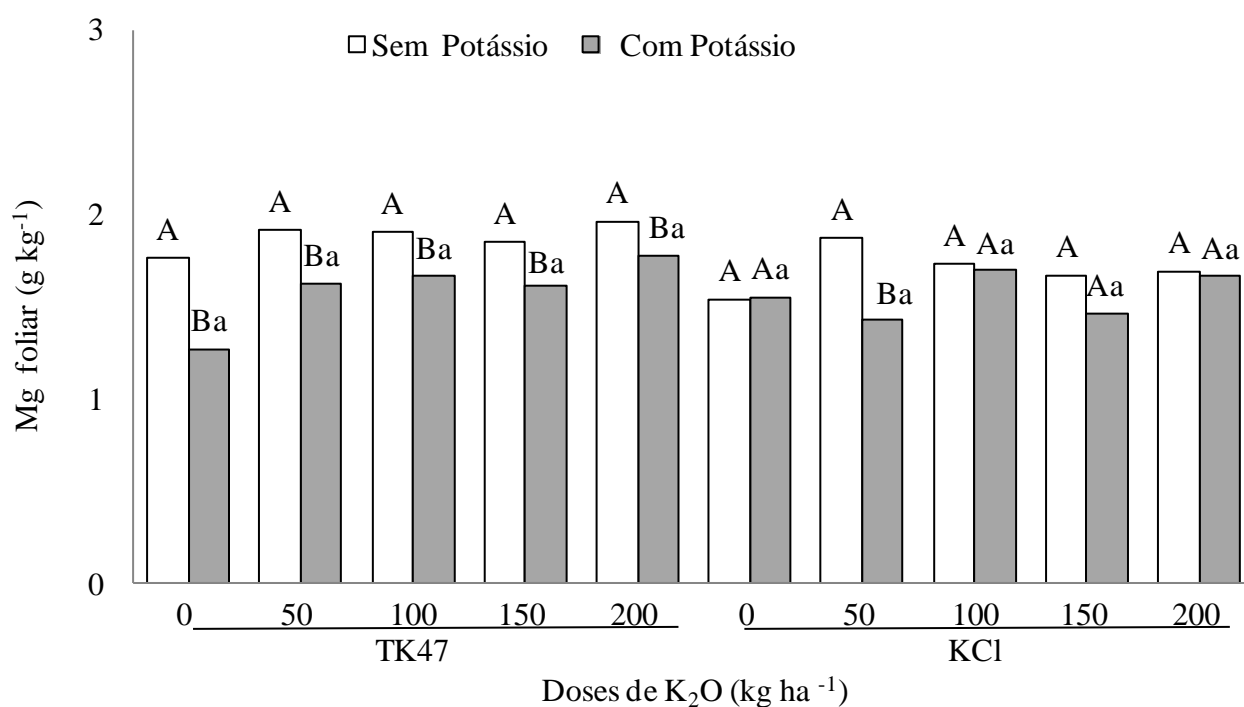


Figura 15. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o magnésio foliar.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,24). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,10).

3.4 Silício foliar

No primeiro corte, independente da dose de potássio utilizada, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio para o teor de silício foliar, em todas as usinas. Entretanto, no segundo corte da Usina Guaíra, independente da dose de potássio aplicada o silício foliar foi maior com a aplicação de Beta do que aquelas plantas que nas receberam KCl, porém, sem diferir estatisticamente da testemunha. Na Usina São Simão, no segundo corte houve interação entre dose e fonte e, nas doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, o silício foliar com o TK47 foi maior do que com o KCl (TABELA 08).

Tabela 8. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o silício foliar.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Si foliar, g kg ⁻¹ -----					
Usina Vale do São Simão						
0	2,52	2,86	2,69	2,22 A	2,27 A	2,25
50	3,86	2,98	3,42	2,66 A	2,44 A	2,55
100	2,93	3,14	3,03	2,73 A	2,45 A	2,59
150	3,42	3,17	3,30	3,12 A	2,37 B	2,75
200	3,01	3,20	3,11	3,18 A	2,43 B	2,80
Média	3,15 A	3,07 A		2,79	2,39	
CV= 24,64 % ; DMS fonte= 0,44			CV=13,40 %, DMS fonte=0,44			
Usina Aroeira						
	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
0		5,38			1,87	
50	5,68 ns	5,36 ns	5,52	1,70 ns	1,59 ns	1,64
100	5,76 ns	5,65 ns	5,70	1,93 ns	1,82 ns	1,87
200	5,81 ns	5,71 ns	5,77	2,09 ns	1,77 ns	1,93
Média	5,75 A	5,58 A		1,90 A	1,73 A	
CV=20,13%;DMSfonte=0,85;Dunnett=1,97			CV=19,87%;DMSfonte=0,27;Dunnett=0,63			
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0		2,98			2,90	
50	3,02 ns	2,94 ns	2,98	4,24 ns	3,30 ns	3,77
100	3,06 ns	3,02 ns	3,04	4,31 ns	3,51 ns	3,91
200	3,18 ns	2,82 ns	3,00	4,42 ns	3,61 ns	4,02
Média	3,09 A	2,93 A		4,32 A	3,47 B	
CV=20,89%;DMS fonte=0,53;Dunnett=1,25			CV=20,88%;DMSfonte=0,67Dunnett=1,57			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

O Termopotássio é uma fonte silicatada e segundo Duarte *et al.* (2012), tanto no primeiro quanto no segundo corte do milheto, ele foi capaz de fornecer silício para esta cultura. Na Flórida,

Anderson (1991) considerou que as concentrações foliares de silício consideradas adequadas para a obtenção de boa produtividade no cultivo da cana-de-açúcar são aquelas superiores a 10 g kg⁻¹ matéria seca na folha. Entretanto, as variedades de cana-de-açúcar apresentam variabilidade genética quanto ao acúmulo de silício nos seus tecidos (DEREN *et al.*, 1993). Os valores de silício encontrados nas folhas de cana variaram de 2,0 a 8,1 g kg⁻¹ entre sete variedades de cana (SANTOS *et al.*, 2010). Dessas cultivares, a RB 86-7515 foi utilizada neste trabalho na Usina Guaíra e a SP 832847 utilizada na Usina São Simão, que apresentaram uma concentração de silício foliar entre 2,0 a 8,1 g kg⁻¹, como observado na Tabela 08.

Em pesquisas realizadas por Datnoff *et al.* (2001), observaram-se aumentos de produtividade na cana-de-açúcar de até 17% na cana planta, e de até 20% na soqueira com a adição de silicatos. A resposta da cana-de-açúcar ao silício é favorável, particularmente nos solos pobres com esse elemento e em solos arenosos (KORNDÖRFER, 2004).

Na Usina São Simão, cujo solo é textura arenosa e baixo teor de silício, esse fornecimento de silício proveniente da fonte silicatada pode ter contribuído com o aumento de 5,45 % na produtividade a qual variou de 120,82 (TK47) a 114,24 (KCl) t ha⁻¹.

Em relação às doses, verifica-se que o silício foliar foi diretamente proporcional à dose de potássio aplicada para fonte TK47. Isso ocorreu somente no segundo corte sem potássio na soqueira (FIGURA 16 A) e segundo corte com potássio na cana soca (FIGURA 16 B) da Usina São Simão, entretanto, nas outras usinas não foi observado nenhum ajuste matemático.

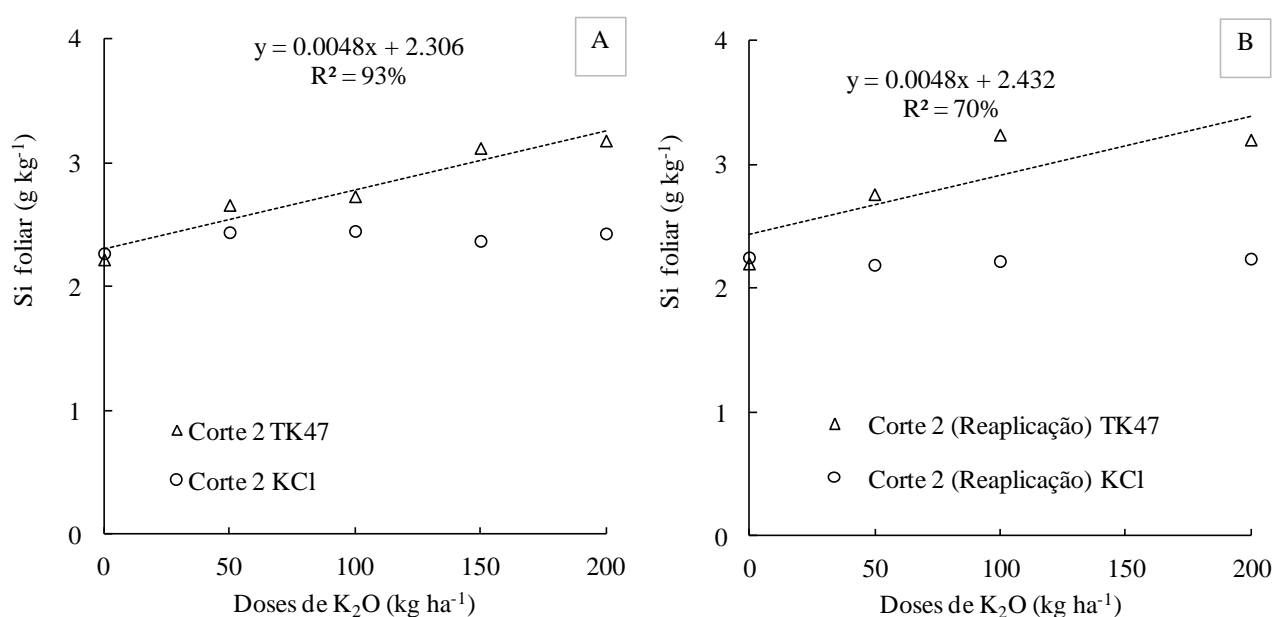


Figura 16. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o silício foliar.

A - Usina Vale do São Simão; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Nas parcelas da cana soca adubadas com potássio, verifica-se, na Figura 17, que houve interação entre fontes de dose e o TK47 aumentou os níveis de silício foliar quando aplicado nas doses 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Além disso, verificou-se que a reaplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana proporcionou mais silício foliar do que na ausência de potássio na cana soca apenas no tratamento com TK47 na dose 100 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 17).

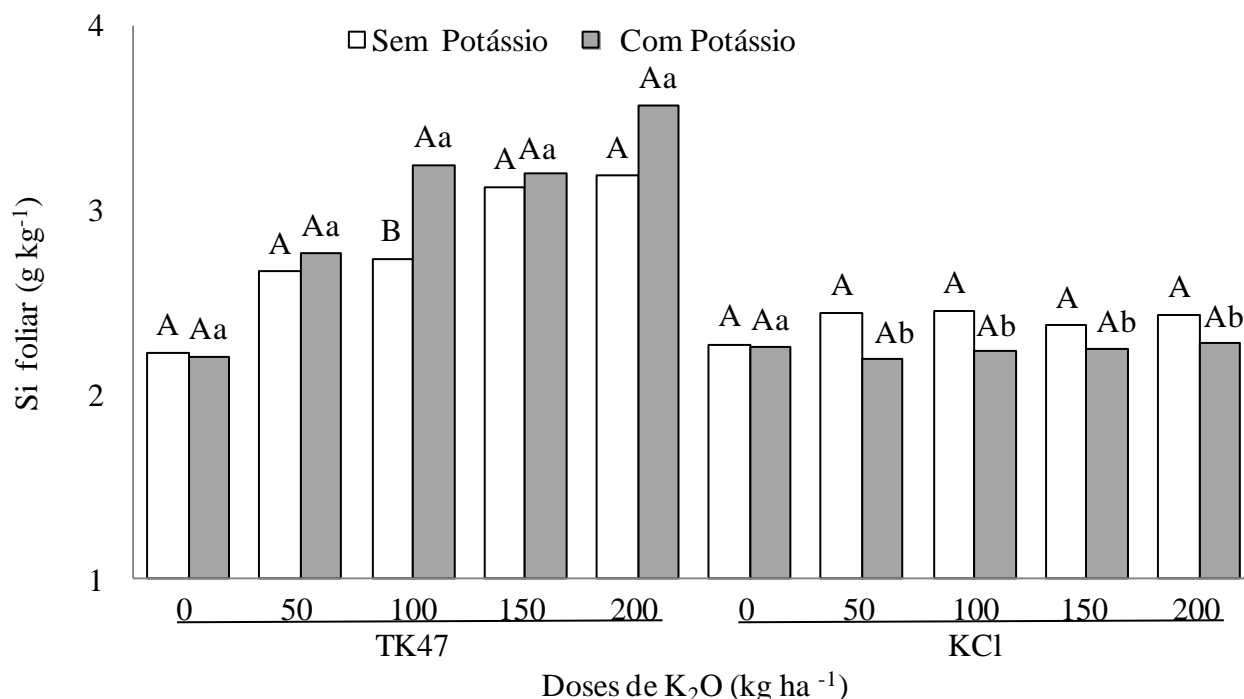


Figura 17. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Silício foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,48). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,53).

3.5 Potássio no solo (extrator Mehlich)

O teor de potássio no solo na camada de 0-20 cm, após o primeiro corte da cana, foi maior com a aplicação de TK47 nas doses 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O e com Alpha nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Após o segundo corte, a concentração de potássio Mehlich foi maior independente da dose aplicada com o TK47 e com Alpha (TABELA 09).

Houve diferença estatística em relação à testemunha, após o primeiro corte da cana, com aplicação do Alpha na dose 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O na Usina Aroeira bem como após o segundo corte da cana na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O de Alpha e Beta (TABELA 09).

Os teores de potássio encontrados nessa camada variaram de muito baixo a adequado, de acordo com Schlindwein *et al.* (2011) que classificaram os teores de potássio no solo com extrator Mehlich de 0-0,07 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ como muito baixos; de 0,07-0,15 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ como baixos; de 0,15 - 0,23 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ como adequados e de 0,24-0,31 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ como altos.

Tabela 9. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Mehlich camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K solo Mehlich, cmol _c dm ⁻³ (0-20cm) -----									
Usina Vale do São Simão										
0	0,05	A	0,05	A	0,05	0,06		0,05		0,05
50	0,07	A	0,08	A	0,08	0,07		0,05		0,06
100	0,18	A	0,07	B	0,13	0,12		0,06		0,09
150	0,25	A	0,06	B	0,16	0,14		0,06		0,10
200	0,28	A	0,07	B	0,18	0,13		0,07		0,10
Média	0,17		0,07			0,11	A	0,06	B	
CV= 15,77 %; DMS fonte=0,80					CV= 44,96 %, DMS fonte= 0,02					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			0,04					0,04		
50	0,05	A ^{ns}	0,04	A ^{ns}	0,05	0,05	ns	0,03	ns	0,04
100	0,07	A [*]	0,05	B ^{ns}	0,06	0,08	*	0,03	ns	0,06
200	0,08	A [*]	0,05	B ^{ns}	0,07	0,09	*	0,05	ns	0,07
Média	0,07		0,05			0,07	A	0,04	B	
CV=27,50%;DMSfonte=0,02;Dunnett=0,03					CV=40,92%;DMSfonte=0,01;Dunnett=0,03					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			0,19					0,10		
50	0,17	ns	0,15	ns	0,16	0,10	ns	0,11	ns	0,10
100	0,24	ns	0,24	ns	0,24	0,15	ns	0,12	ns	0,14
200	0,25	ns	0,18	ns	0,22	0,17	*	0,13	ns	0,15
Média	0,22	A	0,19	A		0,14	A	0,12	A	
CV=39,39%;DMSfonte=0,06;Dunnett=0,16					CV=24,14%;DMSfonte=0,04;Dunnett=0,07					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na camada de 20-40 cm, o teor de potássio, na Usina São Simão, foi maior com o TK47 nas doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, tanto no primeiro como no segundo corte; na Usina Aroeira, foi maior com o Alpha nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro corte e independente da dose utilizada após o segundo corte; entretanto, na Usina Guaíra não houve diferença estatística entre as fontes de potássio, Beta e KCl tanto no primeiro como no segundo corte (TABELA 10).

Houve diferença estatística em relação a testemunha, após o primeiro e segundo corte da cana, com aplicação do Alpha na dose 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O na Usina Aroeira e com a aplicação de Beta na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O na Usina Guaíra (TABELA 10).

Utilizando os critérios de classificação do potássio no solo estipulados por Schlindwein *et al.*, (2011) os teores de potássio no solo, com extrator Mehlich, camada de 20-40 cm, na Usina São Simão e Guaíra variaram de muito baixo a adequado e, na Usina Aroeira, os teores de potássio no solo, camada 20-40 cm, variaram de muito baixo a baixo.

Tabela 10. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Mehlich camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K solo Mehlich, cmol _c dm ⁻³ (20-40cm) -----									
Usina Vale do São Simão										
0	0,03	A	0,05	A	0,03	0,05	A	0,03	A	0,04
50	0,05	A	0,04	A	0,05	0,10	A	0,04	A	0,07
100	0,03	A	0,04	A	0,04	0,11	A	0,05	A	0,08
150	0,22	A	0,04	B	0,13	0,17	A	0,06	B	0,12
200	0,30	A	0,05	B	0,18	0,23	A	0,06	B	0,15
Média	0,13		0,04			0,13		0,05		
CV= 47,70%; DMS fonte= 0,07					CV= 51,97 %, DMS fonte= 0,09					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			0,03					0,04		
50	0,05	A ^{ns}	0,04	A ^{ns}	0,04	0,04	^{ns}	0,03	^{ns}	0,04
100	0,08	A [*]	0,04	B ^{ns}	0,06	0,07	*	0,04	^{ns}	0,06
200	0,11	A [*]	0,06	B ^{ns}	0,08	0,10	*	0,04	^{ns}	0,07
Média	0,08		0,04			0,07	A	0,04	B	
CV=38,53 %;DMSfonte=0,03 ;Dunnett=0,04					CV=32,38%;DMSfonte=;0,01Dunnett=0,02					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			0,11					0,05		
50	0,08	^{ns}	0,13	^{ns}	0,11	0,05	^{ns}	0,06	^{ns}	0,06
100	0,12	^{ns}	0,14	^{ns}	0,13	0,10	^{ns}	0,06	^{ns}	0,08
200	0,23	*	0,18	^{ns}	0,21	0,18	*	0,10	^{ns}	0,14
Média	0,15	A	0,15	A		0,11	A	0,07	A	
CV=33,33%;DMSfonte=0,04;Dunnett=0,10					CV=37,08%;DMSfonte=0,06;Dunnett=0,11					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio. *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância

Em relação às doses, o teor de potássio no solo foi diretamente proporcional ao aumento das doses de potássio no solo. Isso ocorreu na Usina de São Simão na camada de 0-20 cm no primeiro

corte e segundo corte (com reaplicação de potássio) quando aplicou o TK47 bem como no segundo corte (sem reaplicação de potássio) com KCl e TK47 (FIGURA 18 A e B). Nessa Usina, na camada 20-40 cm, isso ocorreu no primeiro e no segundo corte (com e sem reaplicação de potássio) para a fonte TK 47 (FIGURA 19 A e B).

Na Usina Aroeira, houve ajuste linear tanto com a fonte Alpha como com o KCl após primeiro e o segundo corte, na camada de 0-20 cm (FIGURA 18C) e na camada de 20-40 cm (FIGURA 19 C).

Na Usina Guaíra, após segundo corte, na camada de 0-20 cm (FIGURA 18 D) e após o primeiro e segundo corte na camada de 20-40 cm (FIGURA 19 D), o incremento de potássio no solo foi diretamente proporcional às doses de potássio aplicadas no solo tanto com a fonte KCl como a Beta.

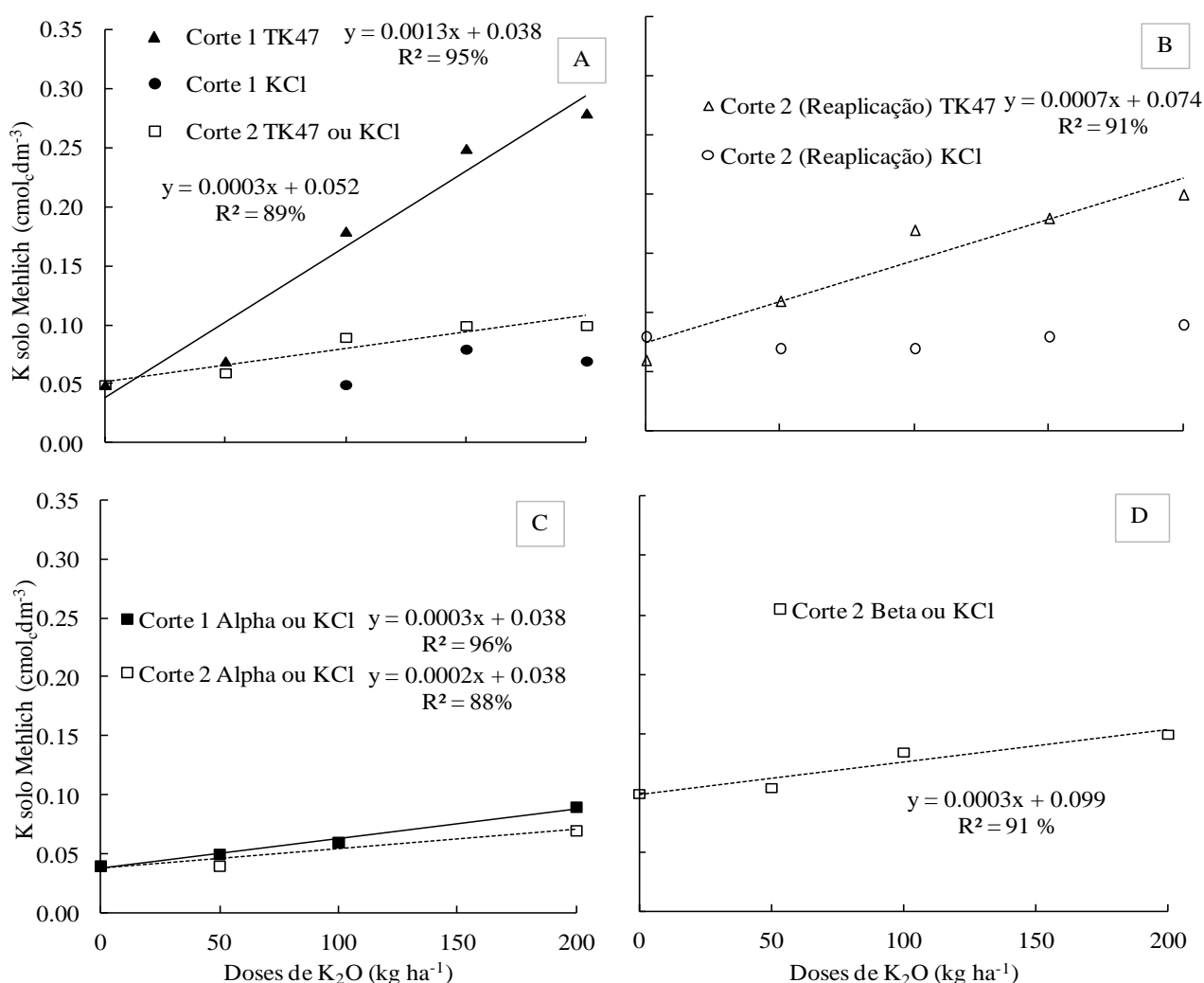


Figura 18. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Mehlich na camada de 0-20 cm.

A-Usina Vale do São Simão; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão; C- Usina Aroeira e D - Usina Guaíra. Termopotássio = TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio = KCl.

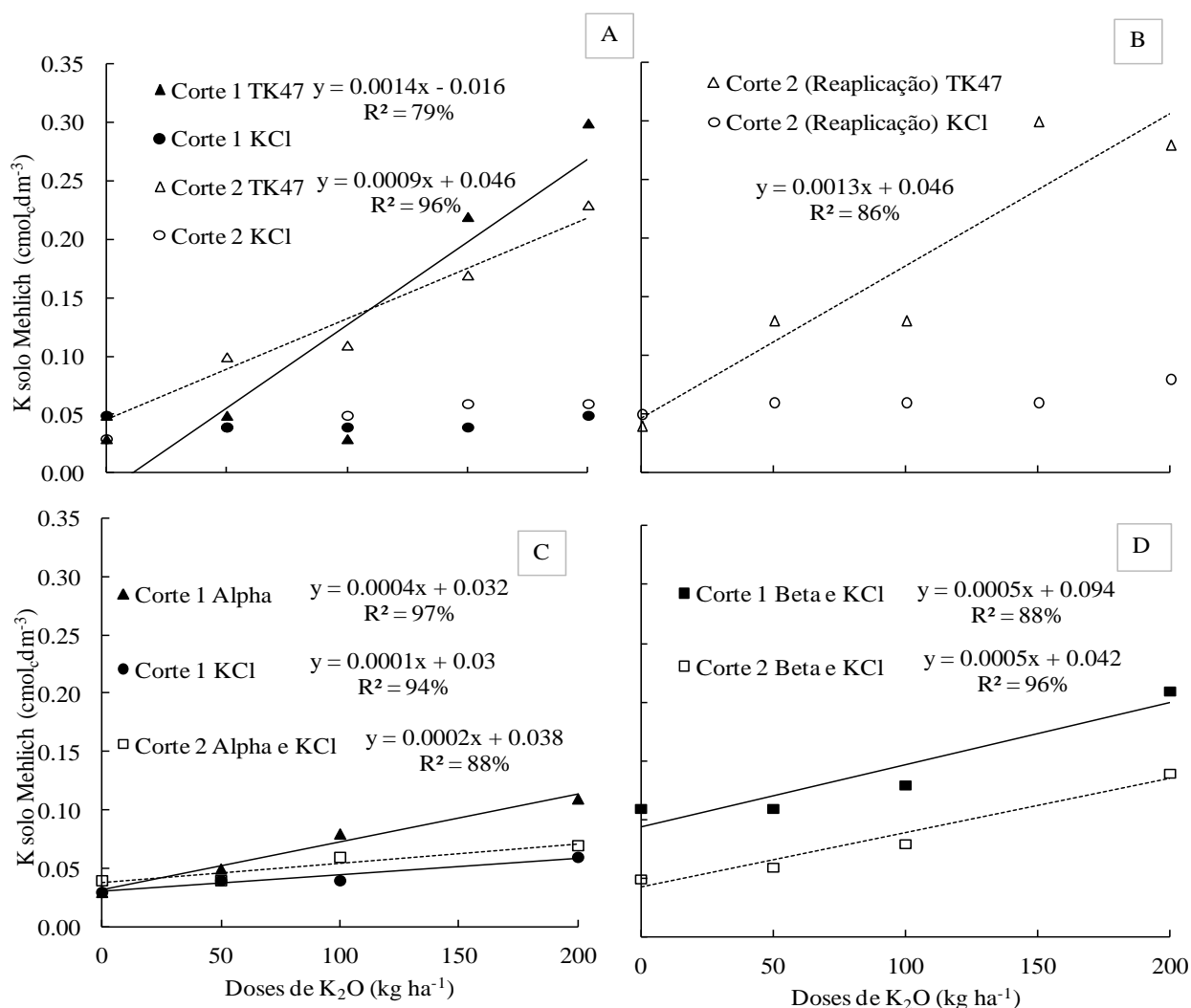


Figura 19. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo, extraído por Mehlich, na camada de 20-40 cm.

A- Usina Vale do São Simão; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão; C - Usina Aroeira e D - Usina Guaira. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina São Simão, nas parcelas que receberam potássio na soqueira, houve interação entre fonte e dose. Assim, o teor de potássio no solo após o corte da cana foi maior com a aplicação de TK47 do que o KCl e, na camada de 0-20 cm (FIGURA 20). Isso ocorreu com as doses 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O e na camada de 20-40 cm (FIGURA 21) ocorreu nas doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O. A reaplicação de potássio na cana soca proporcionou mais potássio no solo do quando não se reaplicou o para os tratamentos TK47 na dose 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O na camada de 0-20 cm (FIGURA 20), bem como com o TK47 as doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O na camada de 20-40 cm e com o KCl nas doses de 0, 50, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 21).

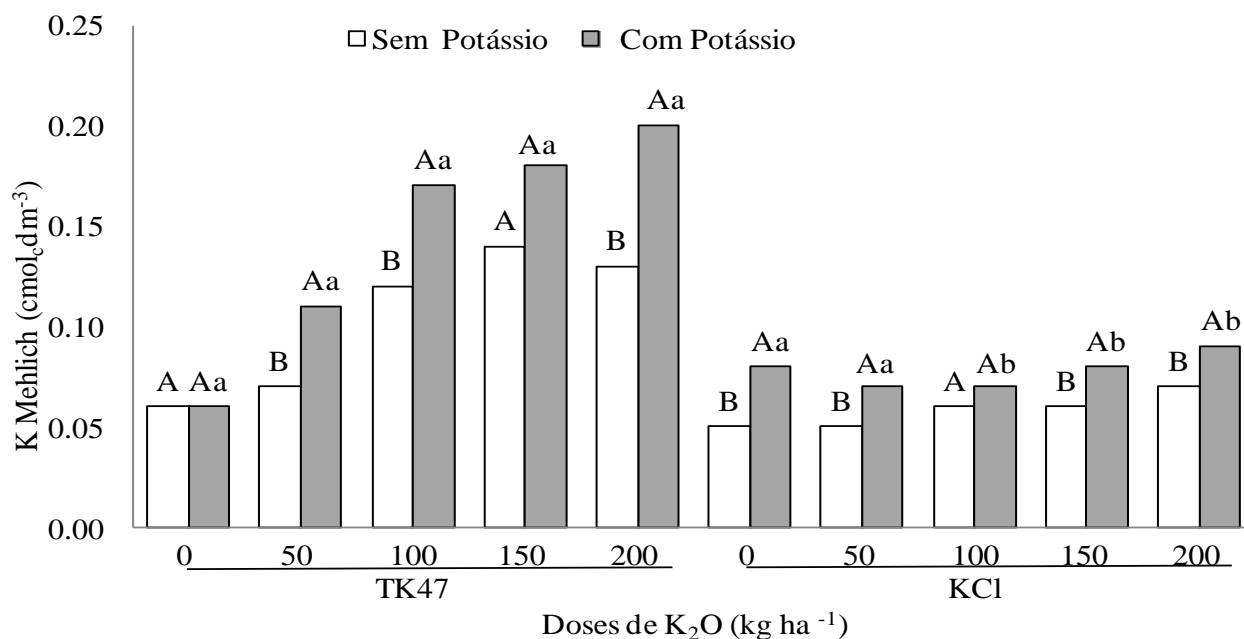


Figura 20. Aplicação 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Potássio Mehlich na camada 0-20 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,05). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,05).

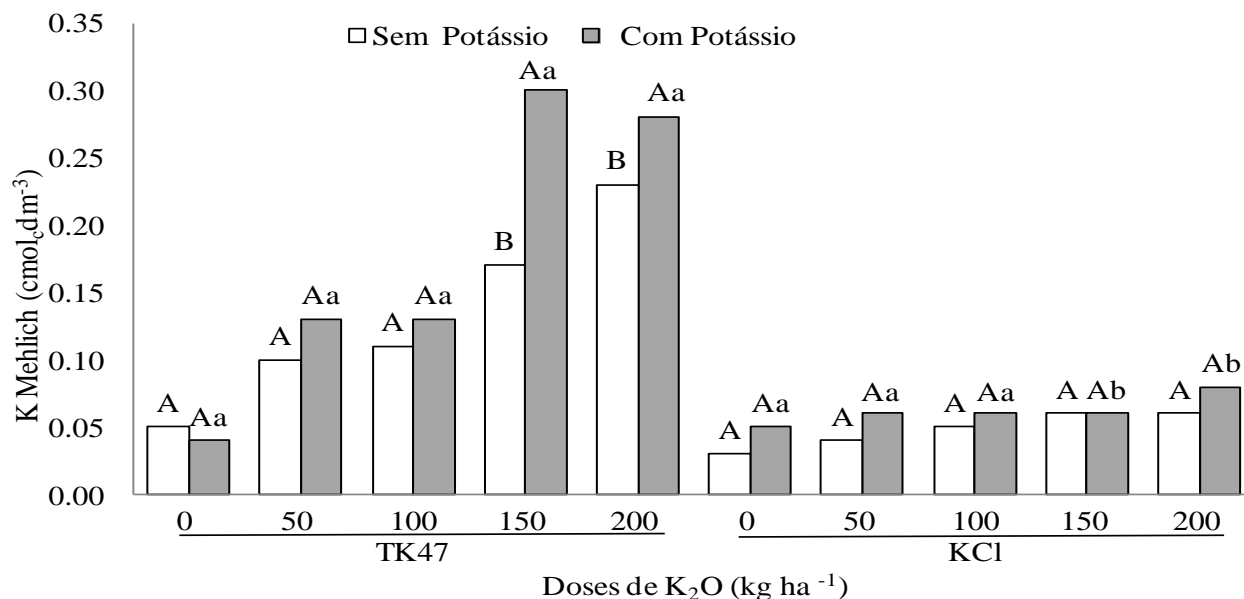


Figura 21. Aplicação 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca sobre o Potássio Mehlich na camada 20-40 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,04). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,08).

De acordo com Oliveira et al. (2006), o uso do extrator Mehlich1 não foi adequado na avaliação da disponibilidade de potássio num Latossolo Vermelho eutrófico, muito argiloso, do

Estado do Paraná e num Neossolo Quartzarênico, arenoso, do Mato Grosso, quando adubados com a brecha, que é uma fonte alternativa de potássio e é pouco solúvel em água. Isso ocorre porque o extrator Mehlich1 é uma solução de ácidos que tem a capacidade de extrair o potássio não trocável, superestimando a disponibilidade do nutriente no solo (YAMADA ; ROBERTS, 2005), principalmente em solos que foram adubados com fontes pouco solúveis em água. Portanto, foi realizado a análise do potássio no solo com o extrator resina.

3.6 Potássio no solo (extrator Resina)

Na Usina São Simão, camada de 0-20 cm, com o extrator resina o potássio no solo foi maior com a aplicação do TK47 do que com o KCl, nas doses de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro corte e independente da dose de potássio utilizada após o segundo corte sem potássio (TABELA 11). Na camada de 20-40 cm, o potássio no solo foi maior com a aplicação do TK47 do que com o KCl, nas doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro e segundo corte (sem potássio) da cana (TABELA 12).

Na Usina Aroeira, na camada de 0-20 cm (TABELA 11) não houve diferença estatística entre as fontes de potássio após o primeiro corte da cana. Entretanto, após o segundo corte, a aplicação de Alpha proporcionou maior teor de potássio no solo que o KCl independente da dose de potássio aplicada. Quando comparado com a testemunha, ocorreu diferença estatística apenas no segundo corte para as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O com Alpha. Entretanto, na camada de 20-40 cm (TABELA 12), o Alpha foi superior ao KCl em fornecer potássio para o solo nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro corte, diferindo também da testemunha. Entretanto no segundo corte, não houve diferença entre as fontes, e o único tratamento que diferiu da testemunha foi o Alpha na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Na Usina Guaíra, para o potássio no solo extrator resina, não houve diferença entre as fontes de potássio na camada de 0-20 cm em ambos os cortes da cana e na camada de 20-40 cm após segundo corte. No entanto, após o primeiro corte nessa camada o KCl foi superior ao Beta em todas as doses testadas. Em relação à testemunha, houve diferença estatística na camada de 0-20 cm após segundo corte apenas nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (com Beta) e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (com KCl) bem como na camada de 20-40 cm após o primeiro e segundo corte com o Beta aplicado na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O (TABELAS 11 e 12).

Os teores de potássio no solo, após o primeiro e segundo corte nas usinas, variaram de muito baixo (0- 0,06 cmol_cdm⁻³) a baixo (0,06-0,14 cmol_cdm⁻³), não atingindo valores considerados

adequados, que são de 0,14 -0,21 cmol_cdm⁻³ de potássio com extrator resina (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011).

A resina trocadora de íons permite obter um diagnóstico melhor da disponibilidade instantânea do potássio no solo se comparado com o extrator Mehlich1. No método da resina, o bicarbonato adsorvido na resina, por gradiente de concentração, vai para a solução do solo, e o nutriente ocupa o sítio de adsorção na resina para manter o equilíbrio químico. (YAMADA; ROBERTS, 2005).

Tabela 11. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Resina camada de 0-20 cm

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K solo Resina, cmol _c dm ⁻³ (0-20cm) -----									
Usina Vale do São Simão										
0	0,03	A	0,03	A	0,03	0,04		0,03		0,04
50	0,04	A	0,04	A	0,04	0,04		0,02		0,03
100	0,07	A	0,04	B	0,05	0,06		0,03		0,05
150	0,12	A	0,04	B	0,08	0,07		0,03		0,05
200	0,06	A	0,03	B	0,05	0,08		0,03		0,06
Média	0,06		0,04			0,06	A	0,03	B	
CV= 27,83 %; DMS fonte=0,02					CV= 50,60 %, DMS fonte= 0,03					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			0,04					0,03		
50	0,04	ns	0,03	ns	0,04	0,03	ns	0,03	ns	0,03
100	0,06	ns	0,05	ns	0,05	0,05	*	0,02	ns	0,03
200	0,06	ns	0,05	ns	0,05	0,06	*	0,03	ns	0,04
Média	0,05	A	0,04	A		0,05	A	0,03	B	
CV=22,21%; DMS fonte=0,02; Dunnett=0,03					CV=30,74%;DMSfonte=0,01;Dunnett=0,02					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			0,06					0,04		
50	0,07	ns	0,07	ns	0,07	0,05	ns	0,06	ns	0,05
100	0,08	ns	0,11	ns	0,10	0,07	*	0,06	ns	0,06
200	0,09	ns	0,09	ns	0,09	0,09	*	0,07	*	0,08
Média	0,08	A	0,09	A		0,07	A	0,06	A	
CV=23,69%,DMS fonte=0,02;Dunnett=0,04					CV=18,20%;DMSfonte=0,02;Dunnett=0,03					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Tabela 12. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o potássio no solo com extrator Resina camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	K solo Resina, cmol _c dm ⁻³ (20-40cm)									
Usina Vale do São Simão										
0	0,03	A	0,03	A	0,03	0,02	A	0,02	A	0,02
50	0,03	A	0,03	A	0,03	0,03	A	0,02	A	0,03
100	0,03	A	0,03	A	0,03	0,06	A	0,02	A	0,04
150	0,07	A	0,03	B	0,05	0,11	A	0,02	B	0,07
200	0,06	A	0,03	B	0,05	0,12	A	0,04	B	0,09
Média	0,04		0,03			0,07		0,03		
CV= 47,70%; DMS fonte= 0,07					CV= 55,55 %, DMS fonte= 0,05					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0		0,03					0,04			
50	0,03	A ^{ns}	0,04	A ^{ns}	0,04	0,04	^{ns}	0,03	^{ns}	0,03
100	0,07	A [*]	0,04	B ^{ns}	0,06	0,05	^{ns}	0,03	^{ns}	0,04
200	0,09	A [*]	0,05	B ^{ns}	0,07	0,06	*	0,04	^{ns}	0,04
Média	0,03		0,04			0,05	A	0,04	A	
CV= 40,12%;DMS fonte=0,03;Dunnett=0,04					CV=20,13%;DMSfonte=0,02;Dunnett=0,02					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0		0,04					0,03			
50	0,04	^{ns}	0,06	^{ns}	0,05	0,04	^{ns}	0,04	^{ns}	0,04
100	0,05	^{ns}	0,07	^{ns}	0,06	0,05	^{ns}	0,05	^{ns}	0,05
200	0,07	^{ns}	0,09	*	0,08	0,07	*	0,05	^{ns}	0,06
Média	0,05	B	0,07	A		0,05	A	0,05	A	
CV=28,70%;DMSfonte=0,02;Dunnett=0,03					CV=20,57%;DMSfonte=0,01;Dunnett=0,03					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.
 ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em todas as usinas houve ajuste linear para as doses de K₂O e, o teor de potássio no solo extraído com resina aumentou à medida que se elevaou as doses de K₂O.

Na Usina São Simão, isso ocorreu para fonte TK47 após o segundo corte (com reaplicação de potássio) na camada de 0-20 e 20-40 cm (FIGURA 22 A e FIGURA 23 B) e após o segundo corte (sem reaplicação de potássio) na camada de 20-40 cm (FIGURA 23 A).

Na Usina Aroeira, houve ajuste linear apenas na camada de 20-40 cm com ambas as fontes de potássio após primeiro corte (FIGURA 23 C).

Na Usina Guaíra, o ajuste linear ocorreu tanto para o KCl quanto para o Beta após segundo corte na camada de 0-20cm (FIGURA 22 B) bem como após o primeiro e segundo corte da cana na camada de 20-40 cm (FIGURA 23 D).

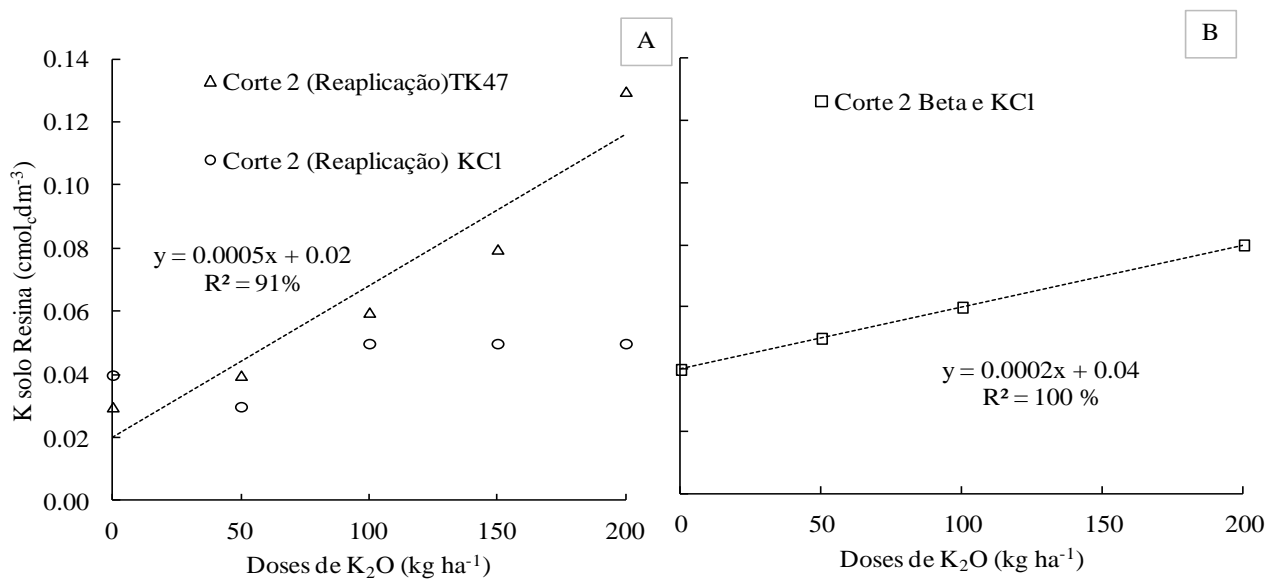


Figura 22. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina na camada de 0-20 cm.

A- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão; B- Usina Guaira. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

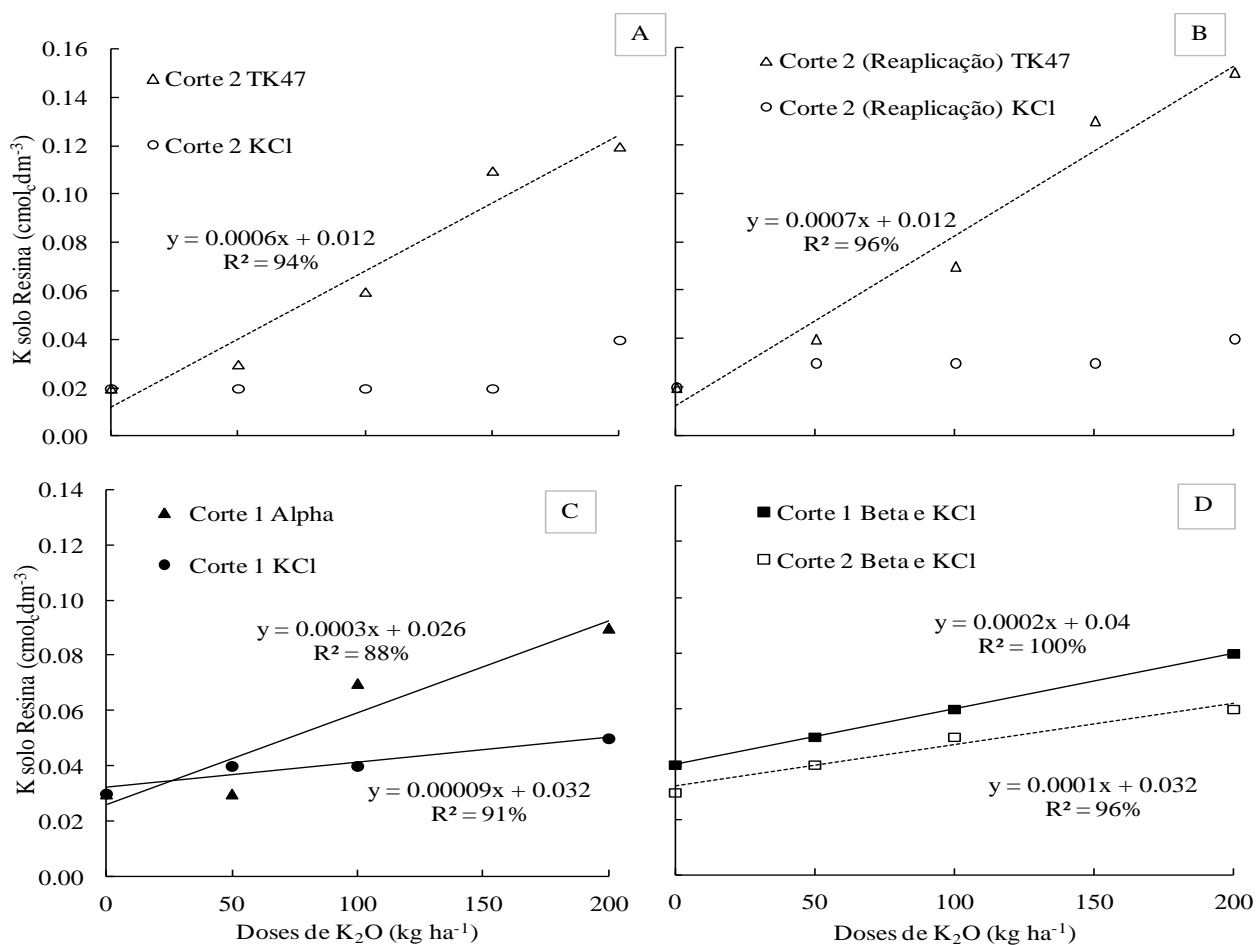


Figura 23. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina na camada de 20-40 cm.

A- Usina Vale do São Simão; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão C- Usina Aroeira; D- Usina Guaira. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina São Simão, nas parcelas que receberam potássio na soqueira, o teor de potássio no solo após o corte da cana foi maior com a aplicação de TK47 para as doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O tanto na camada de 0-20 cm (FIGURA 24) como na de 20-40 cm (FIGURA 25) .

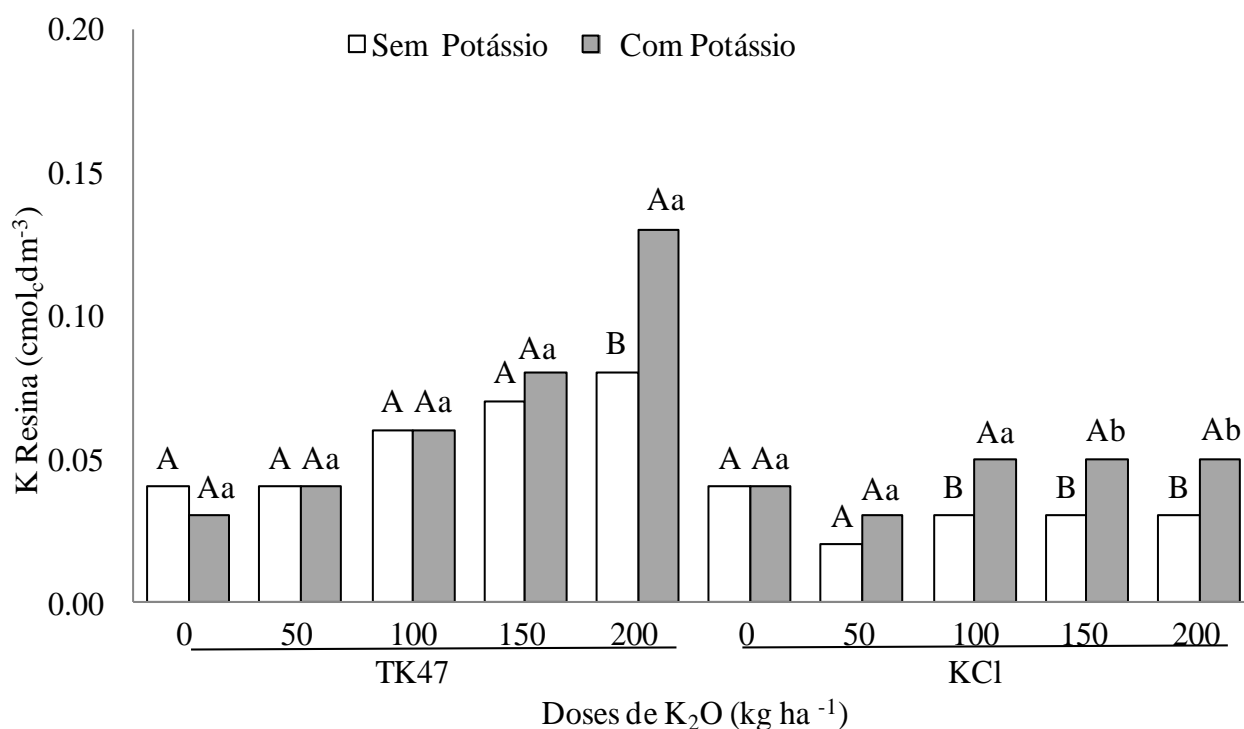


Figura 24. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o potássio Resina na camada 0-20 cm

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,05). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,03).

Em relação a reaplicação de potássio na cana soca, verifica-se que o teor de potássio no solo com extrator resina, na camada de 0-20 cm, foi maior com a reaplicação do potássio em relação à ausência na cana soca nas doses 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O oriundo do KCl e na dose 200 kg ha⁻¹ de K₂O oriunda do TK47 (FIGURA 24). Entretanto, na camada de 20-40 cm, não houve diferença estatística para todos os tratamentos (FIGURA 25).

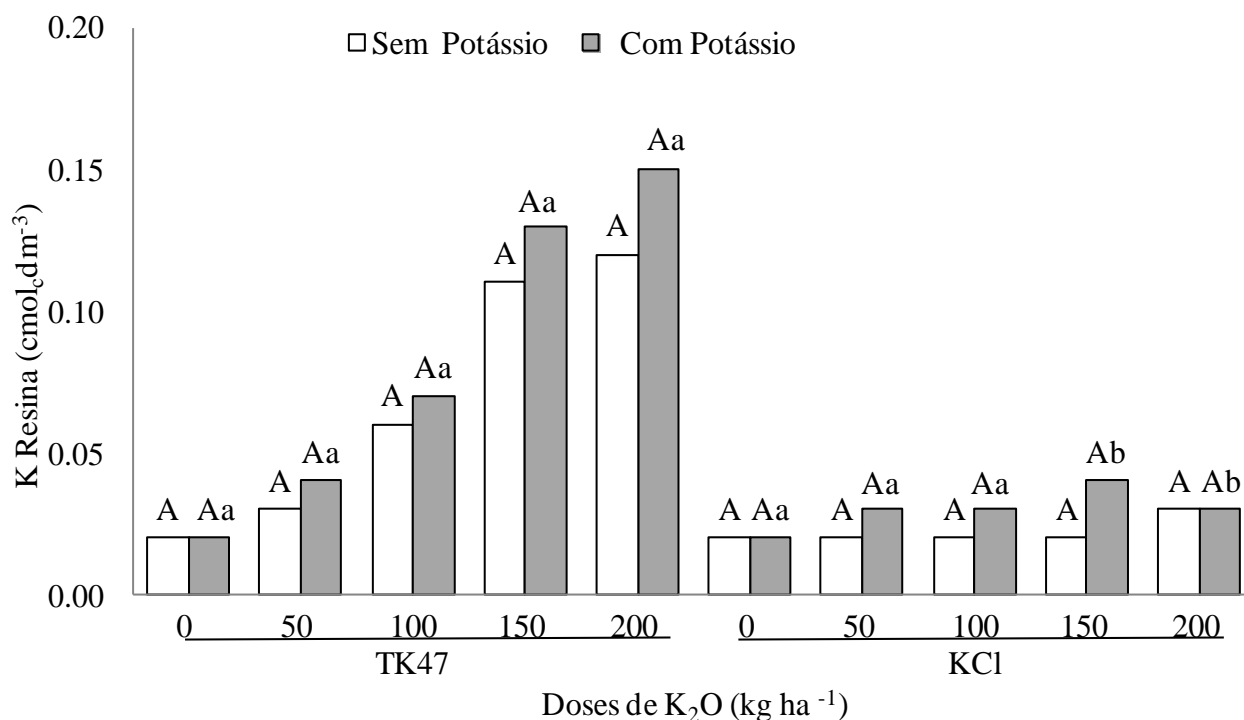


Figura 25. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o potássio Resina na camada 20-40 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,05). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio (DMS=0,05).

3.7 Cálcio no solo

Na Usina São Simão, tanto após o primeiro como o segundo corte da cana e em ambas as camadas de solo (TABELA 13 e 14) o TK47 foi maior que o KCl na disponibilidade de cálcio para o solo nas doses de 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, exceto na camada de 20-40 cm que, após o primeiro corte, foi apenas para a dose 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Nessas doses, os valores de cálcio na camada de 0-20 cm foram maiores 0,70 cmol_cdm⁻³. Entretanto, na camada de 20-40 cm, após o primeiro corte, esses valores foram observados apenas com o TK47 ao passo que, com o KCl, foram menores que 0,30 cmol_cdm⁻³ de cálcio, que é uma quantidade de Cálcio baixa no solo (RAIJ, 2011).

Tabela 13. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo na camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	Ca no solo, cmol _c dm ⁻³ (0-20 cm)									
Usina Vale do São Simão										
0	0,94	A	0,74	A	0,84	1,10	A	1,06	A	1,08
50	0,98	A	0,69	B	0,84	1,35	A	0,96	B	1,15
100	1,26	A	0,73	B	0,99	1,73	A	1,24	B	1,49
150	1,38	A	0,65	B	1,03	1,37	A	1,00	B	1,19
200	1,40	A	0,68	B	1,04	1,54	A	1,10	B	1,32
Média	1,19		0,70			1,42		1,07		
CV= 21,47 %; DMS fonte=0,26					CV= 21,78 %, DMS fonte= 0,34					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			4,67					2,14		
50	4,44	ns	4,46	ns	4,45	2,24	ns	2,90	ns	2,07
100	4,82	ns	4,28	ns	4,55	2,04	ns	2,24	ns	2,14
200	4,50	ns	4,73	ns	4,62	2,20	ns	2,06	ns	2,13
Média	4,59	A	4,49	A		2,16	A	2,07	A	
CV=19,21% %; DMS fonte=0,32; Dunnett=0,73					CV=13,60%;DMS fonte=0,21;Dunnett=0,50					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			3,85					3,67		
50	3,96	ns	3,78	ns	3,87	4,01	ns	3,16	ns	3,59
100	3,49	ns	2,76	ns	3,12	3,90	ns	2,77	ns	3,34
200	4,19	ns	4,05	ns	4,12	4,42	ns	3,28	ns	3,86
Média	3,88	A	3,53	A		4,11	A	3,07	B	
CV=18,11%;DMSfonte=0,57;Dunnett=1,35					CV=19,24%;DMS fonte=0,59;Dunnett=1,38					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Aroeira, na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm, tanto após o primeiro quanto o segundo corte, não houve diferença entre as fontes de potássio (Alpha e KCl) para o teor de cálcio no solo. Os valores de cálcio observados nessa usina são considerados altos, por serem maiores que 0,70 cmol_c dm⁻³ Ca (RAIJ, 2011). Houve diferença estatística em relação a testemunha apenas na camada de 20-40 cm, após o primeiro corte, com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de K₂O com Alpha (TABELAS 13 e 14).

Na Usina Guaíra, após o primeiro corte, na camada de 0-20 cm bem como na de 20-40 cm, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio. Entretanto, após o segundo corte da cana, a fonte Beta disponibilizou para o solo mais cálcio do que o KCl, na camada de 0-20 cm isso ocorreu para todas as doses de potássio e na camada de 20-40 cm, ocorreu nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Houve diferença estatística em relação à testemunha apenas nas doses de 100 e 200 kg

ha⁻¹ de K₂O com o Beta na camada de 20-40 cm após o segundo corte da cana (TABELAS 13 e 14). Nessa usina, os valores de cálcio no estavam adequados em todas as camadas, em ambos os cortes.

Tabela 14. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo na camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	Ca no solo, cmol _c dm ⁻³ (20-40 cm)									
Usina Vale do São Simão										
0	0,31	A	0,34	A	0,32	0,68	A	0,70	A	0,69
50	0,33	A	0,37	A	0,35	1,34	A	0,69	B	1,01
100	0,44	A	0,28	A	0,36	1,50	A	0,98	B	1,24
150	0,80	A	0,16	B	0,48	1,58	A	0,68	B	1,40
200	0,78	A	0,17	B	0,48	1,87	A	0,89	B	1,38
Média	0,53		0,26			1,39		0,79		
CV= 47,49% ; DMS fonte=0,24					CV= 32,17 %, DMS fonte= 0,45					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0	4,29					2,05				
50	3,70	A ^{ns}	3,55	A ^{ns}	3,63	2,16	ns	2,14	ns	2,15
100	5,49	A ^{ns}	3,66	B ^{ns}	4,58	2,19	ns	2,11	ns	2,15
200	5,79	A [*]	3,56	B ^{ns}	4,68	2,37	ns	2,06	ns	2,22
Média	4,99		3,59			2,24	A	2,10	A	
CV=27,75%;DMSfonte=0,99;Dunnett=1,33					CV=20,91%;DMSfonte=0,33;Dunnett=0,78					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			1,90					2,07		
50	1,75	ns	1,58	ns	1,67	2,74	A ^{ns}	2,03	A ^{ns}	2,39
100	1,98	ns	1,69	ns	1,84	3,24	A [*]	1,55	B ^{ns}	2,40
200	2,49	ns	1,40	ns	1,94	3,47	A [*]	2,06	B ^{ns}	2,76
Média	2,07	A	1,55	A		3,15		1,80		
CV=38,93%;DMSfonte=0,61;Dunnett=1,42					CV=15%; DMS fonte=0,73; Dunnett=0,83					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses, o cálcio no solo aumentou com aumento das doses de K₂O para o TK47 na camada de 0-20 cm após o primeiro corte (FIGURA 26 A) , após o segundo corte onde foi reaplicado potássio (FIGURA 26 B) bem como na camada de 20-40 cm após o primeiro e segundo corte (FIGURA 27 A) e após segundo corte com reaplicação de potássio (FIGURA 27B). O mesmo ocorreu para a fonte Beta na camada de 20-40cm (FIGURA 27 C).

Esse aumento no teor de cálcio no solo, quando ocorre a aplicação de Termopotássio, demonstra que essa fonte é capaz de liberar o cálcio presente na sua composição química para o solo, conforme foi observado por Duarte 2012 no cultivo de miheto em vasos.

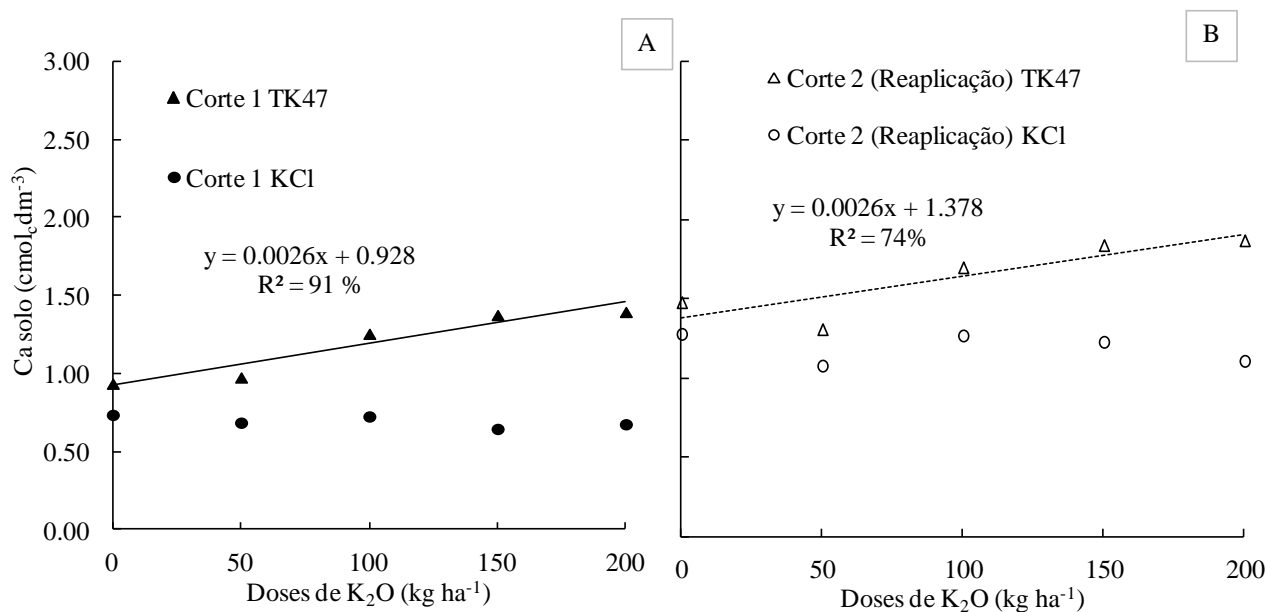


Figura 26. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de cálcio no solo na Usina Vale do São Simão na camada de 0-20 cm.

Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina São Simão, camada de 20-40 cm, após o primeiro corte da cana (FIGURA 27 A). houve diminuição do cálcio no solo, com aumento da aplicação potássio oriundo do KCl .

Essa diminuição na quantidade de cálcio no solo com a aplicação de KCl pode ser devida às perdas do nutriente por lixiviação. O elemento como o cloro presente na composição química dessa fonte é um dos ânions pouco retido no solo; além disso, liga-se aos cátions como Ca^{2+} e Mg^{2+} K^+ e, com isso, pode carrear-los no perfil do solo (RAJI *et al.* 2011).

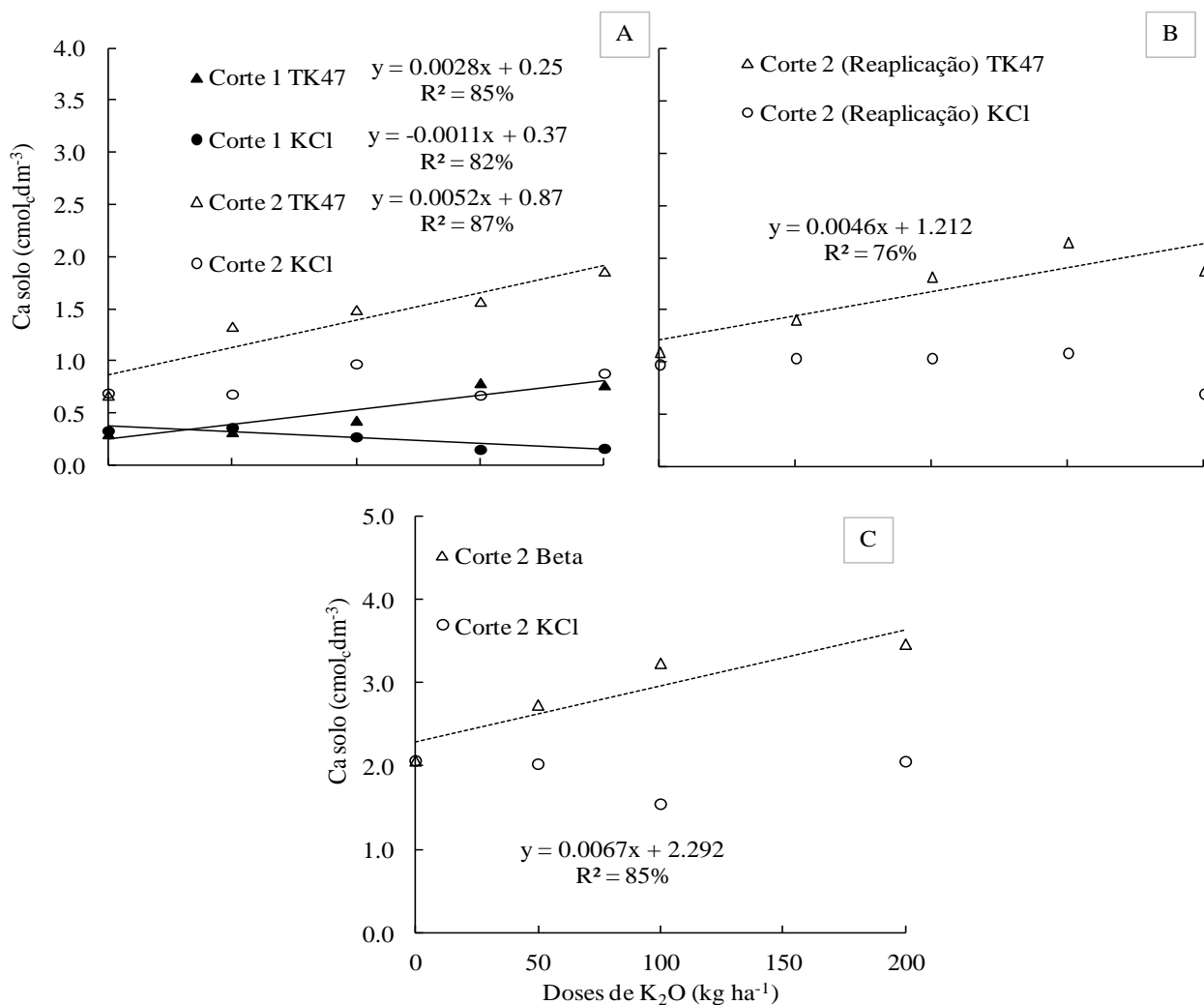


Figura 27. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de cálcio no solo na camada de 20-40 cm.

A- Usina Vale do São Simão B=Reaplicação de Potássio (120 kg ha^{-1} de K_2O) na Usina Vale do São Simão; C- Usina Guaíra. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina São Simão, nas subparcelas que receberam potássio na soqueira, o teor de cálcio no solo após o corte da cana foi maior com a aplicação de TK47 do que o KCl para as doses 100, 150 e 200 kg ha^{-1} de K_2O na camada de 0-20 cm (FIGURA 28) e, em todas as doses, na camada de 20-40 cm (FIGURA 29).

A reaplicação das fontes de potássio trouxe incremento no teor de cálcio no solo apenas quando houve aplicação de 150 kg ha^{-1} de K_2O com a fonte TK47 tanto na camada de 0-20 cm como na camada de 20-40 cm. Para os outros tratamentos, não houve diferença estatística entre a aplicação de 0 e 120 kg ha^{-1} de K_2O na cana soca, o que demonstra a existência do efeito residual em relação ao cálcio (FIGURAS 28 e 29).

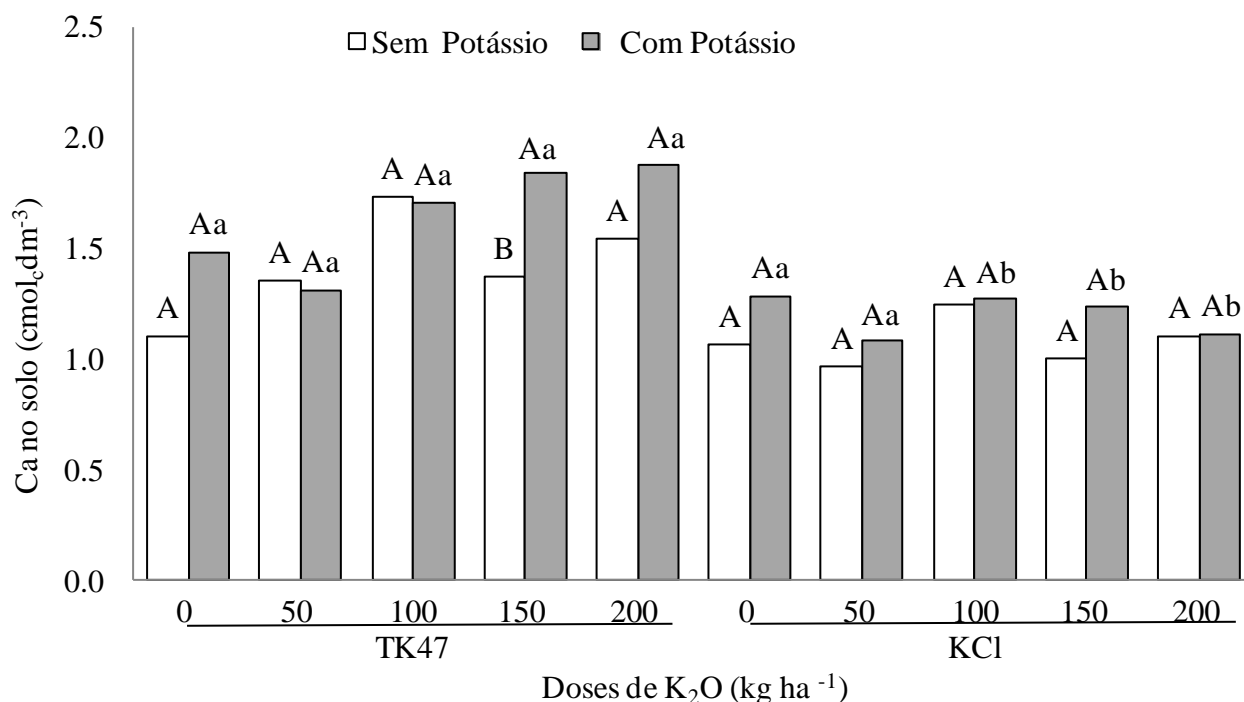


Figura 28. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Cálcio no solo na camada 0-20 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,38). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,43).

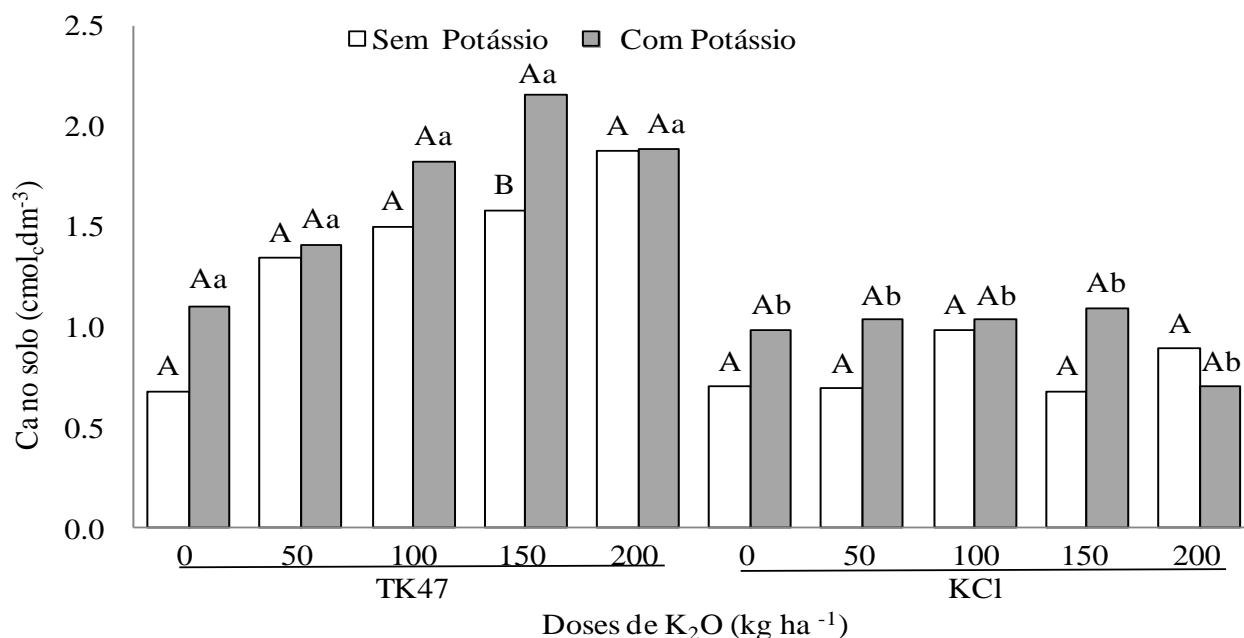


Figura 29. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Cálcio no solo na camada 20-40 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,50). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,59).

3.8 Magnésio no solo

Na Usina São Simão, não houve diferença estatística entre as fontes para o magnésio no solo avaliado após o primeiro corte da cana na camada de 0-20 cm (TABELA 15) e após o segundo corte da cana na camada de 20-40 cm (TABELA 16). Entretanto, nessa usina, para camada de 0-20 cm após o segundo corte (sem reaplicação de potássio); o teor de magnésio no solo foi maior com KCl nas doses 100 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O (TABELA 15). Isso pode ser explicado pela maior absorção de magnésio pela cana quando foi adubada com o TK47 (TABELA 07). Na camada de 20-40 cm da Usina São Simão, após o primeiro corte, o magnésio no solo foi maior com o TK47 para as doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (TABELA 16). Entretanto, os teores de magnésio no solo não foram maiores que 0,40 cmol_c dm⁻³, portanto são considerados baixos (RAIJ, 2011).

Tabela 15. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o magnésio no solo na camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	Mg no solo, cmol _c dm ⁻³ (0-20 cm)					
Usina Vale do São Simão						
0	0,26	0,26	0,26	0,45 A	0,44 A	0,44
50	0,27	0,26	0,27	0,45 A	0,51 A	0,48
100	0,31	0,24	0,28	0,52 B	0,87 A	0,69
150	0,32	0,24	0,28	0,41 B	0,79 A	0,60
200	0,30	0,26	0,28	0,49 A	0,40 A	0,44
Média	0,30 A	0,25 A		0,47	0,60	
CV=31,41 %; DMS fonte=0,05			CV= 17,93 %, DMS fonte=0,12			
Usina Aroeira						
	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
0		1,29			1,04	
50	1,12 ns	1,18 ns		0,95 ns	1,02 ns	0,99
100	1,20 ns	1,11 ns		0,91 ns	0,99 ns	0,95
200	1,08 ns	1,32 ns		0,87 ns	0,95 ns	0,91
Média	1,13 A	1,20 A		0,91 A	0,99 A	
CV=18,02%; DMS fonte=0,16; Dunnett=0,37			CV=26,80%;DMSfonte=0,20;Dunnett=0,45			
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0		0,69			1,06	
50	0,62 ns	0,51 ns	0,56	1,17 ns	0,94 ns	1,05
100	0,60 ns	0,58 ns	0,59	1,01 ns	0,97 ns	0,99
200	0,57 ns	0,68 ns	0,63	1,04 ns	0,98 ns	1,01
Média	0,59 A	0,58 A		1,07 A	0,96 A	
CV=17,66%;DMSfonte=0,10;Dunnett=0,21			CV=13,53%;DMSfonte=0,11; Dunnett=0,27			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Tabela 16. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre magnésio no solo na camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Mg no solo , cmol _c dm ⁻³ (20-40 cm) -----									
Usina Vale do São Simão										
0	0,19	A	0,20	A	0,19	0,15		0,15		0,15
50	0,16	A	0,22	A	0,19	0,19		0,15		0,17
100	0,19	A	0,18	A	0,19	0,22		0,23		0,22
150	0,23	A	0,14	B	0,18	0,17		0,17		0,17
200	0,24	A	0,14	B	0,18	0,24		0,22		0,23
Média	0,20		0,18			0,19	A	0,18	A	
CV=28,43 %; DMS fonte=0,06					CV= 35,35 %, DMS fonte= 0,03					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			0,90					0,82		
50	0,64	ns	0,73	ns	0,69	0,79	ns	0,73	ns	0,76
100	0,70	ns	0,64	ns	0,67	0,80	ns	0,70	ns	0,75
200	0,69	ns	0,79	ns	0,74	0,76	ns	0,68	ns	0,72
Média	0,67	A	0,72	A		0,78	A	0,70	A	
CV=36,43 %; DMS fonte=0,20;Dunnett=0,46					CV=19,30%;DMS fonte=0,11; Dunnett=0,25					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			0,32					0,81		
50	0,23	ns	0,25	ns	0,24	0,84	ns	0,76	ns	0,80
100	0,28	ns	0,27	ns	0,27	0,80	ns	0,70	ns	0,77
200	0,32	ns	0,23	ns	0,27	0,83	ns	0,77	ns	0,80
Média	0,28	A	0,25	A		0,83	A	0,75	B	
CV=31,04%;DMSfonte=0,07;Dunnett=0,17					CV= 7,9%; DMS fonte=0,05;Dunnett=0,11					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Nas Usinas Aroeira e Guaíra, não houve diferença estatística nos teores de magnésio no solo entre as fontes de potássio nos dois cortes da cana para a camada de 0-20 cm (TABELA 15) e 20-40 cm (TABELA 16). Entretanto, na Usina Guaíra, após o segundo corte da cana na camada de 20-40 cm, o teor de magnésio no solo que recebeu Beta foi maior do que com o KCl. Além disso, para essas usinas, não houve diferença estatística em relação à testemunha e os teores no solo foram de 0,50 a 0,80 cmol_cdm⁻³ de magnésio que são considerados médios segundo Raij, 2011.

Em relação às regressões polinomiais em função da aplicação de doses de K₂O, verifica-se que, na Usina São Simão, na profundidade de 0-20 cm após o segundo corte, houve ajuste quadrático para a fonte KCl. Com a aplicação de de 85 kg ha⁻¹ K₂O proveniente do KCl o magnésio no solo aumenta até atingir o máximo de 0,71 cmol_cdm⁻³ e a partir dessa dose o teor de magnésio no solo diminui (FIGURA 30). Nessa mesma usina, após o primeiro corte na camada do solo de 20-40

cm, houve ajuste linear; com a aplicação KCl e o teor de magnésio no solo diminuiu à medida que se aumentou a dose de potássio, entretanto, o teor de magnésio aumentou com aumento das doses de potássio com a aplicação do TK47 (FIGURA 31 A). O mesmo teor de magnésio também diminuiu com aumento das doses de K_2O para as fontes Alpha e KCl após o segundo corte na Usina Guaíra (FIGURA 31 B).

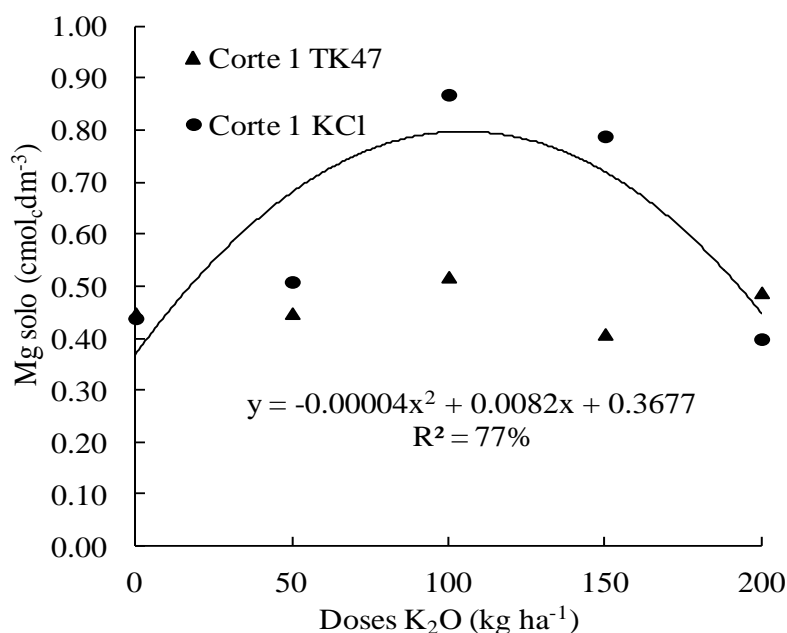


Figura 30. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de magnésio no solo na camada de 0-20 cm da Usina Vale do São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

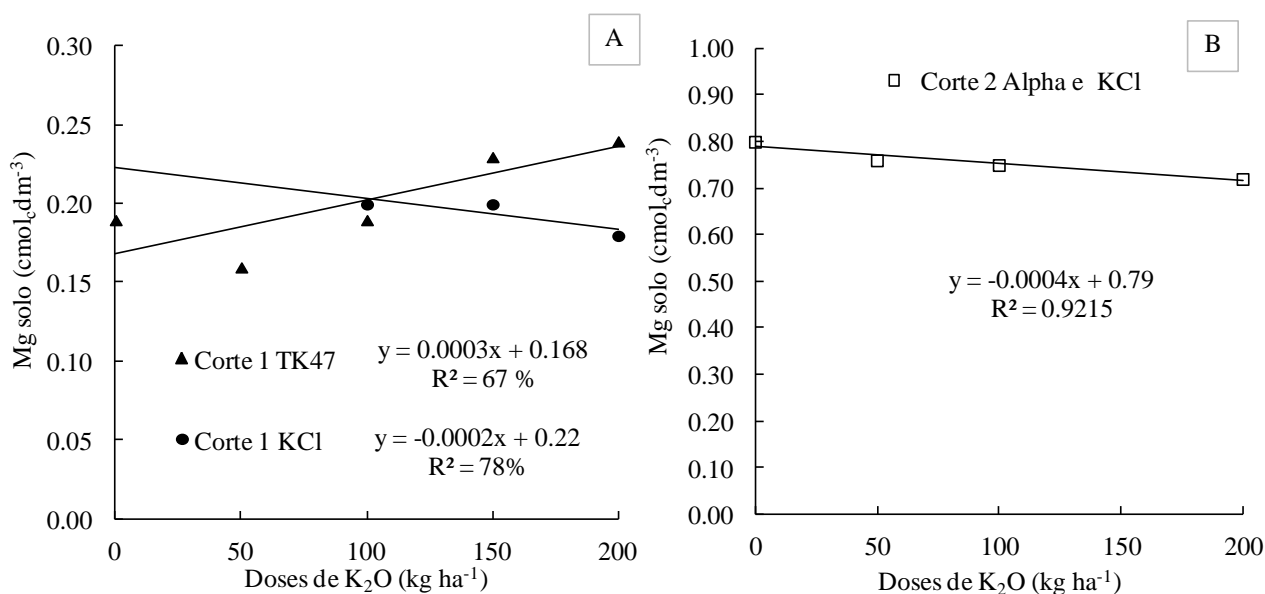


Figura 31. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de Magnésio no solo na camada de 20-40 cm na Usina São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Após o segundo corte (com reaplicação de potássio), na camada de 0-20 cm (FIGURA 32), o magnésio no solo foi maior com o TK47 do que com o KCl nas doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Em relação à reaplicação de potássio na cana soca, verificou-se, na camada 0-20 cm, que o teor de magnésio do solo diminuiu com a reaplicação de potássio na cana soca para os tratamentos 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O com a fonte KCl e aumentou para os tratamentos com 150 kg ha⁻¹ de K₂O com a fonte TK47. Entretanto, na camada de 20-40, não houve diferença estatística entre a reaplicação de potássio nem entre as fontes de potássio (FIGURA 33).

Essa diminuição no teor de magnésio nas camadas do solo pode ser atribuída à lixiviação do mesmo no solo, estimulada pelo ânion cloro. O cloreto de potássio, ao se dissociar no solo, libera o cátion K⁺ e o ânion Cl⁻. O cloro devido o princípio da eletroneutralidade, pode ligar-se facilmente a cátions como Ca²⁺ e Mg²⁺ K⁺ além disso ele é um ânion que tende a ser pouco adsorvido nos colóides do solo pois a sequência de adsorção dos ânions no solo é H₂PO₄⁻ > MoO₄⁻² > SO₄⁻² > NO₃⁻ = Cl⁻ (RAJI *et al.*, 2011). Portanto, grande parte do ânion Cl⁻ fica na solução do solo e propenso a perlocar no perfil do solo e levar alguns cátions com ele, como pode ter ocorrido com o cálcio e o magnésio.

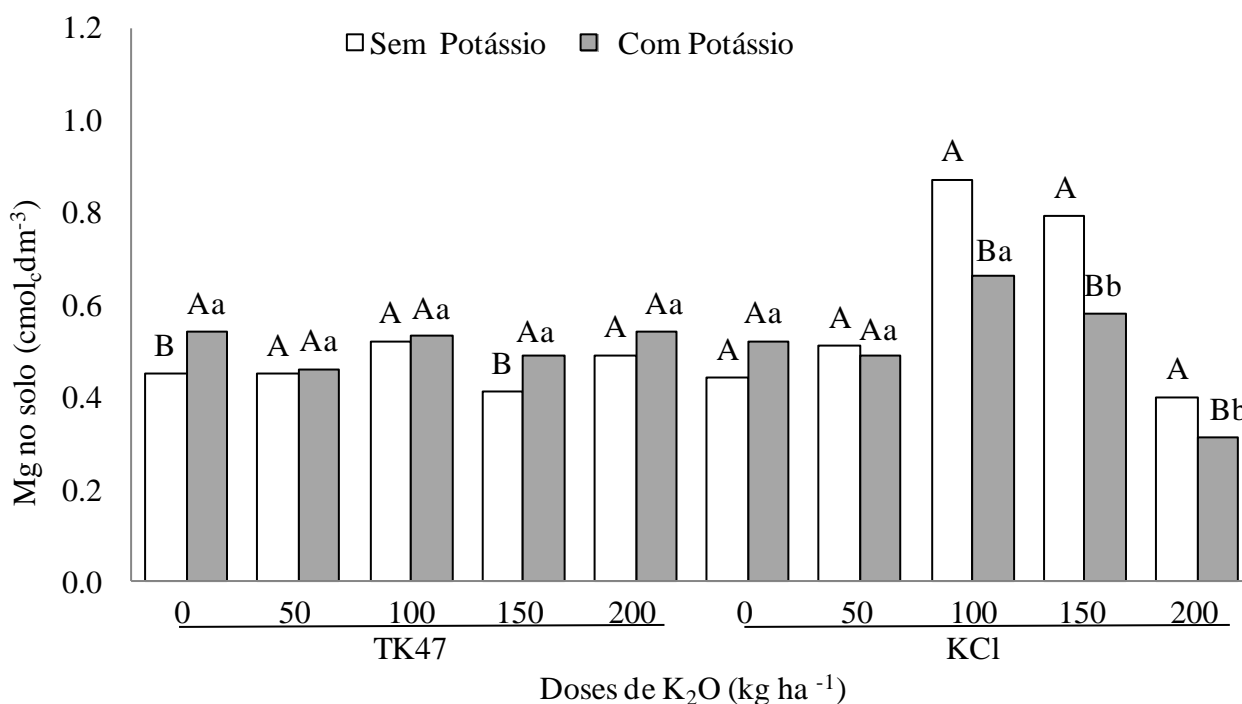


Figura 32. Aplicação 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Magnésio no solo camada de 0-20 cm

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,09). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,09).

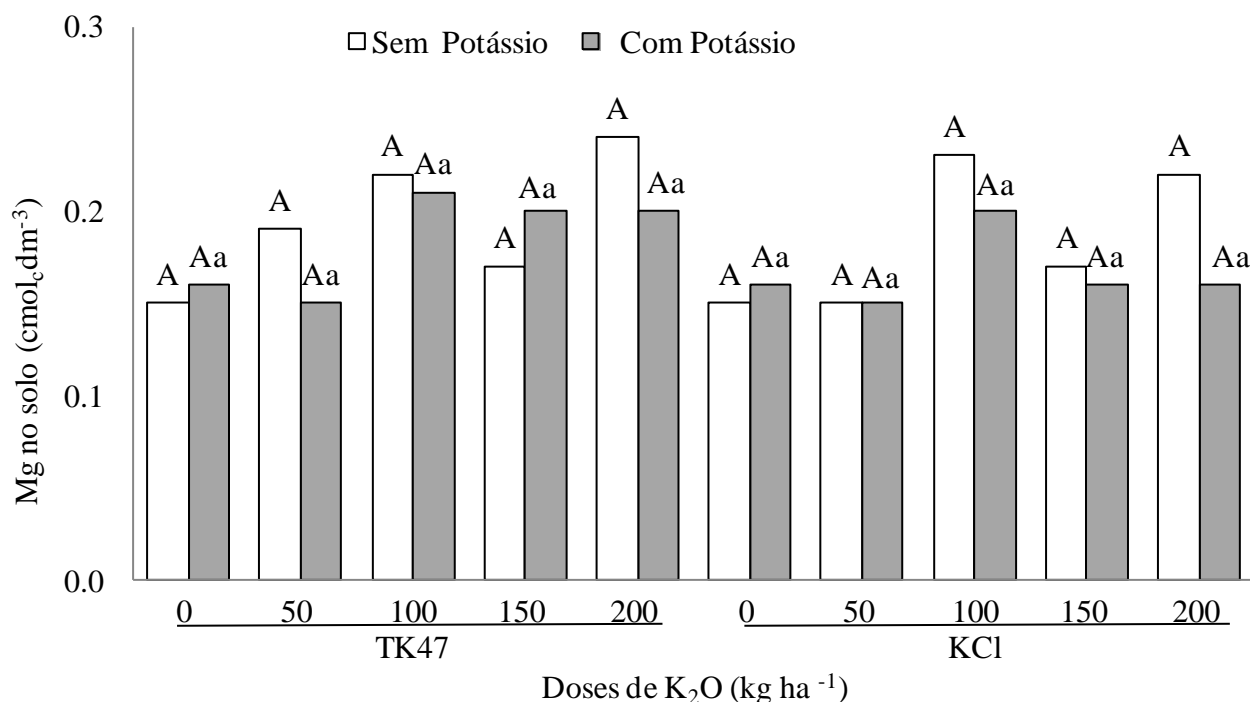


Figura 33. Aplicação 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Magnésio no solo camada 20-40 cm.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de potássio (DMS=0,09). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,04).

3.9 Silício no solo

Na Usina São Simão, em todas as camadas e todos os cortes, o TK47 disponibilizou mais silício para o solo do que o KCl (TABELAS 17 e 18). Na camada de 0-20 cm, isso ocorreu para as doses de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro e segundo corte da cana (sem reaplicação de potássio) porém, na camada de 20- 40 cm isso ocorreu para as doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro corte da cana e com todas as doses de K₂O após o segundo corte (sem reaplicação de potássio). Esses resultados são semelhantes aos de Duarte (2012) que verificou que o Termopotássio é capaz de disponibilizar silício para o solo. Entretanto, os valores observados de silício no solo é baixo pois, foram inferiores a 6 mg dm⁻³ (KORNDÖRFER *et al.*, 1999).

Na Usina Aroeira, na camada de 0-20 cm após os dois cortes da cana ,não houve diferença estatística entre as fontes de potássio nem entre cada tratamento e a testemunha (TABELA 17). Contudo, na camada de 20-40 cm, o Alpha elevou os níveis de silício quando aplicado nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O após o primeiro corte, e em todas as doses após o segundo corte da cana. Nessa camada, houve diferença estatística em relação à testemunha apenas após o primeiro corte da cana nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O oriundo do Alpha (TABELA 18). Na profundidade de 0-

20 cm os teores de silício no solo foram baixos e na de 20-40 cm, classificados como teores médios (KORNDÖRFER *et al.*, 1999).

Na Usina Guaíra, o Beta disponibilizou mais silício que KCl. Na camada de 0-20 cm, isso ocorreu após o primeiro corte da cana em todas as doses e após o segundo corte na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Na camada de 20-40 cm, isso ocorreu apenas após o segundo corte da cana com as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (TABELA 18). Houve diferença em relação à testemunha apenas após o segundo corte na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O de Beta, em ambas as camadas de solo. Para a profundidade de 0-20 cm, o silício no solo foi médio e na camada de 20-40 cm foi alto, em ambos os cortes da cana (KORNDÖRFER *et al.*, 1999).

Tabela 17. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o silício no solo na camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Si no solo, mg dm ⁻³ (0-20cm) -----					-----				
Usina Vale do São Simão										
0	1,40	A	1,44	A	1,42	1,63	A	1,58	A	1,61
50	1,65	A	1,32	A	1,48	2,06	A	1,43	A	1,74
100	1,96	A	1,20	B	1,58	3,07	A	1,97	B	2,52
150	2,02	A	1,11	B	1,56	2,83	A	1,80	B	2,31
200	2,14	A	1,10	B	1,62	2,89	A	2,20	B	2,50
Média	1,84		1,23			2,49		1,79		
CV= 19,50 %; DMS fonte=0,38					CV= 23,67 %, DMS fonte= 0,66					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			5,67					5,23		
50	5,30	ns	5,04	ns	5,17	5,43	ns	5,21	ns	5,32
100	6,08	ns	5,36	ns	5,72	5,48	ns	5,19	ns	5,34
200	5,47	ns	5,49	ns	5,48	5,93	ns	4,95	ns	5,44
Média	5,61	A	5,29	A		5,61	A	5,12	A	
CV=18,60%;DMSfonte=0,77;Dunnett=1,78					CV=19,20%;DMSfonte=0,77; Dunnett=1,79					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			7,49					9,97		
50	7,82	ns	6,29	ns	7,06	10,04	A ^{ns}	9,46	A ^{ns}	9,75
100	7,47	ns	6,46	ns	6,96	9,90	A ^{ns}	8,68	A ^{ns}	9,29
200	9,10	ns	6,83	ns	7,96	13,23	A [*]	8,42	B ^{ns}	10,82
Média	8,13	A	6,52	B		11,05		8,85		
CV=20,16%;DMSfonte=1,27;Dunnett=2,96					CV=12,05%;DMSfonte=1,78; Dunnett=2,4					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Tabela 18. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a concentração de silício no solo na camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	TK47		KCl		Média	TK47		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Si no solo, mg dm ⁻³ (20-40cm) -----									
Usina Vale do São Simão										
0	1,11	A	1,20	A	1,15	1,23	A	1,12	A	1,17
50	1,26	A	1,24	A	1,25	1,94	A	1,09	B	1,52
100	1,28	A	1,26	A	1,26	2,45	A	1,12	B	1,78
150	1,51	A	1,23	B	1,37	2,94	A	1,17	B	2,06
200	2,02	A	1,28	B	1,65	2,96	A	1,46	B	2,21
Média	1,43		1,24			2,30		1,19		
CV= 14,52 %; DMS fonte=0,25						CV= 27,37 %, DMS fonte= 0,60				
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0			5,39					4,12		
50	5,41	A ^{ns}	4,59	A ^{ns}	5,00	4,61	^{ns}	3,38	^{ns}	3,99
100	8,38	A [*]	4,97	B ^{ns}	6,68	4,69	^{ns}	4,05	^{ns}	4,37
200	9,30	A [*]	5,20	B ^{ns}	7,25	5,82	^{ns}	3,94	^{ns}	4,88
Média	7,69		4,92			5,04	A	3,79	B	
CV=27,64 %; DMS fonte=1,42; Dunnett=1,90										
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			16,56					9,25		
50	16,65	^{ns}	15,24	^{ns}	15,95	10,04	A ^{ns}	10,08	A ^{ns}	10,06
100	16,15	^{ns}	15,87	^{ns}	16,01	9,76	A ^{ns}	8,02	B ^{ns}	8,89
200	16,43	^{ns}	15,91	^{ns}	16,17	11,34	A [*]	7,36	B ^{ns}	9,35
Média	16,41	A	15,67	A		10,30		8,49		
CV=26,51%; DMS fonte=3,66; Dunnett=8,55						CV=11,99%; DMS fonte=1,67;Dunnett=2,25				

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses, verifica-se que, o aumento nas doses de Termopotássio promovem aumento nos teores de silício no solo. Isso ocorreu com o TK47 na Usina São Simão (FIGURAS 34 A e 35 A e B), para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm após os dois cortes da cana. Na Usina Aroeira (FIGURAS 34 B e 35 C) com a fonte Alpha para a camada de 20-40 cm após o primeiro corte e na Usina Guaíra (FIGURAS 34 Ce 35 D) com a fonte Beta após o segundo corte da cana.

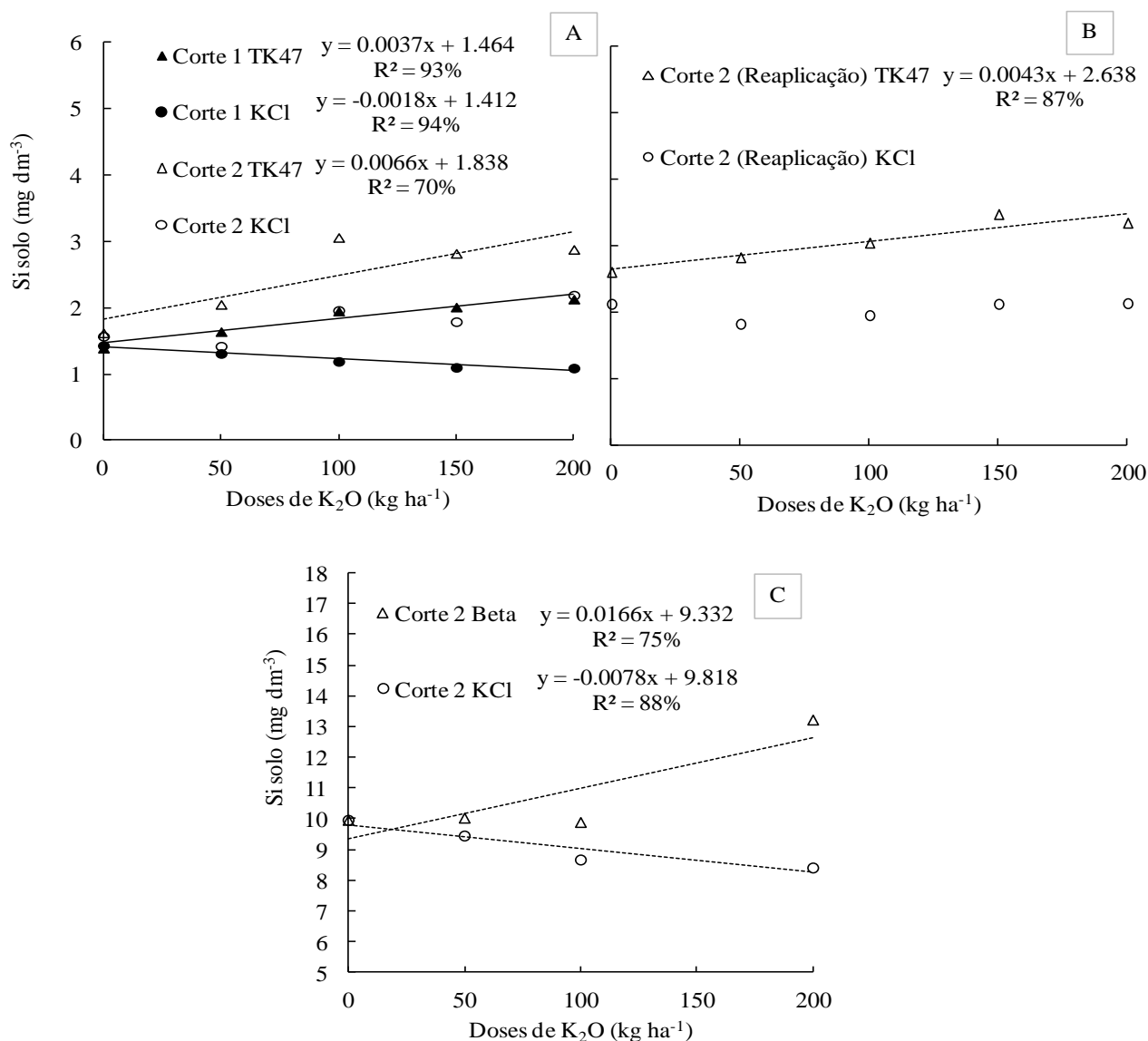


Figura 34. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de Silício no solo na camada de 0-20 cm.

A- Usina Vale do São Simão B=Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão, C- Usina Guaíra. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Contudo, na Usina São Simão (Figura 34 A), a aplicação de KCl diminuiu o teor de silício do solo à medida que aumentava a dose de K₂O na camada de 0-20 cm após o primeiro corte e na Usina Guaíra (FIGURA 34 C e 35D) , após o segundo corte em ambas as profundidades de solo.

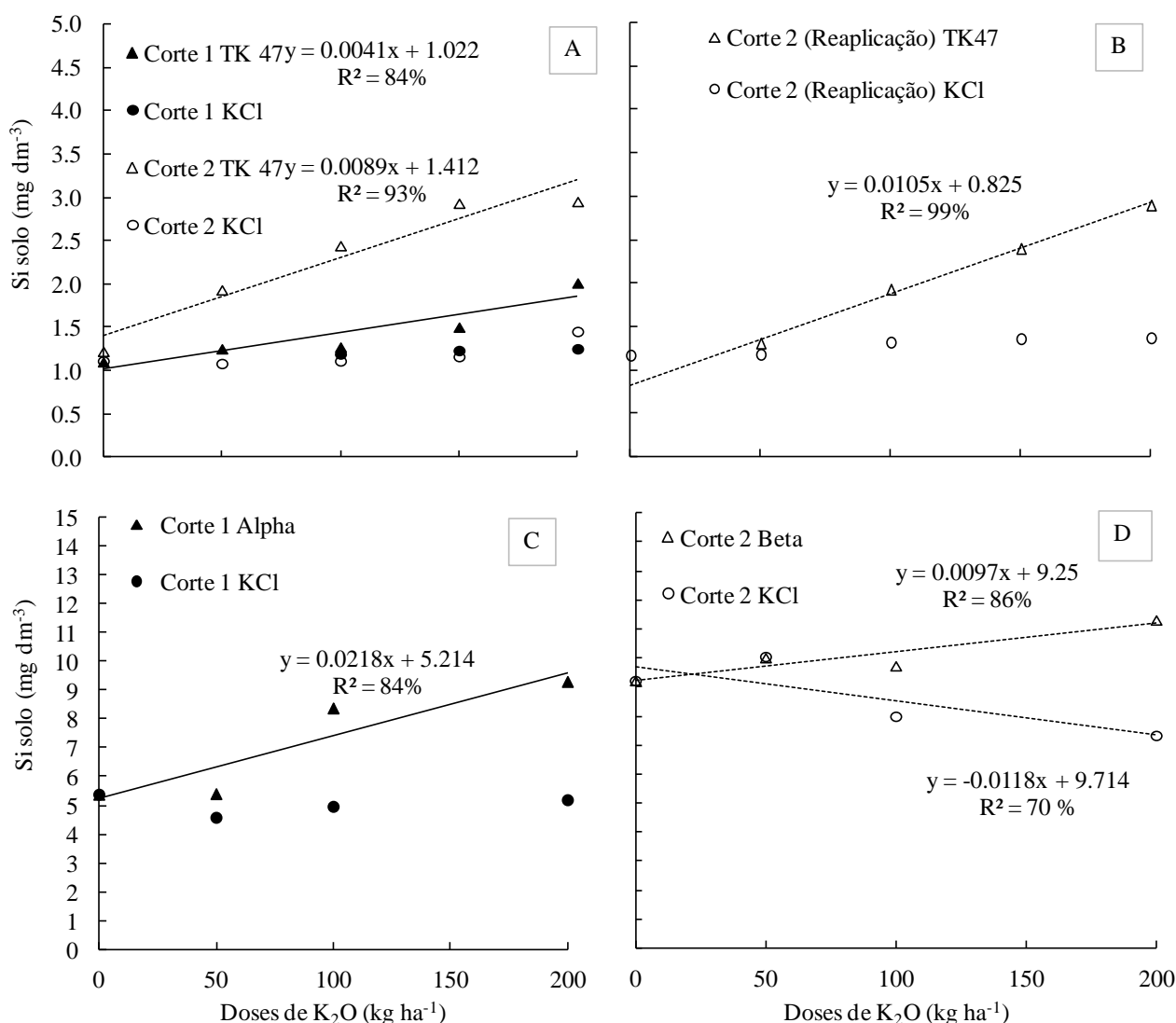


Figura 35. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o teor de silício no solo na camada de 20-40 cm.

A-Usina Vale do São Simão B=Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão, C-Usina Aroeira, D= Usina Guaíra. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Após o segundo corte (com reaplicação do potássio), houve interação entre fonte e dose. O TK47 aumentou os níveis de silício no solo em todas as doses testadas na camada de 0-20 cm (FIGURA 36) e na camada de 20-40 cm (FIGURA 37).

Em relação a reaplicação de potássio na cana soca, houve diferença estatística apenas na camada de 0-20 cm para todas as doses estudadas utilizando como fonte o TK47. Entretanto, na camada de 20-40 cm, não houve diferença entre com e sem potássio na cana soca para todos os tratamentos (FIGURAS 36 e 37). Isso demonstra que o Termopotássio é capaz de fornecer o silício para o solo, como observado por Duarte, 2012 em um experimento com milho cultivado em vasos.

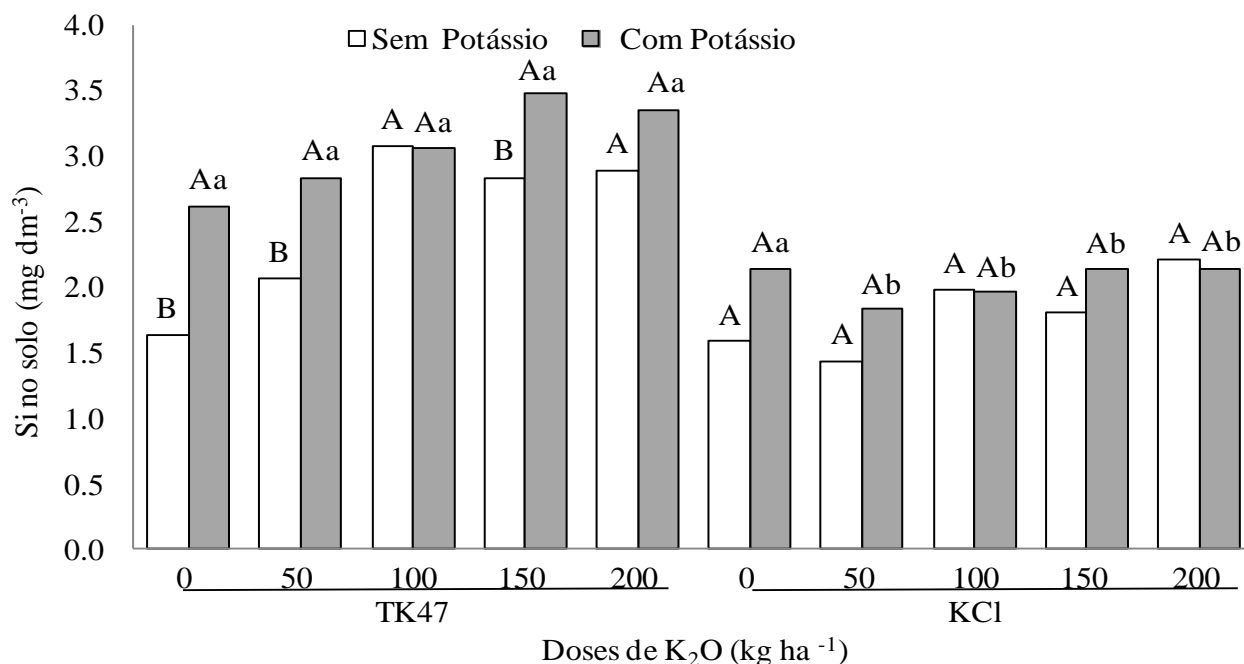


Figura 36. Aplicação 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Silício no solo na camada de 0-20 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,65). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,66).

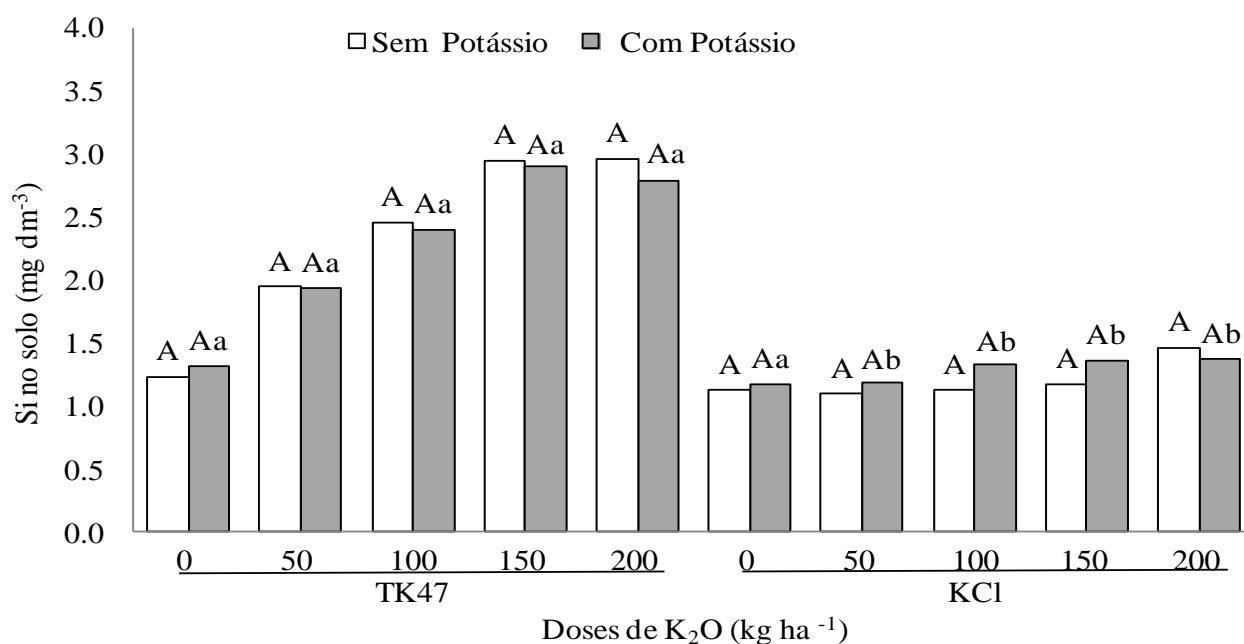


Figura 37. Aplicação 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Silício no solo na camada de 20-40 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,59). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,61).

3.10 pH do solo

Na Usina São Simão, na camada de 0-20 cm, independente da dose de potássio aplicada, não houve diferença entre as fontes de potássio após o primeiro corte. Entretanto, nessa camada, após o segundo corte, o TK47 promoveu aumento do pH do solo em todas as doses estudadas (TABELA 19). No entanto, na camada de 20-40 cm, o TK47 incrementou o pH quando aplicado nas doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, após o primeiro corte na camada de 20-40 cm (TABELA 20). Os valores de pH observados nessas duas camadas de solo, após o primeiro corte da cana, estavam acima da faixa considerada adequada 5,5 a 6,5 (RAJI,2011).

Tabela 19. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o pH do solo na camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	-----pH do solo, CaCl ₂ (0-20cm) -----					
Usina Vale do São Simão						
0	6,83	6,87	6,85	4,20	3,80	4,00
50	6,98	6,87	6,93	4,20	4,00	4,10
100	7,01	6,93	6,97	4,80	4,00	4,40
150	7,06	6,86	6,97	4,20	4,00	4,10
200	7,01	6,96	6,99	4,60	4,20	4,40
Média	6,98	A	6,90	A	4,40	A
CV= 2,27%; DMS fonte=0,09			CV= 12,17 %, DMS fonte= 0,29			
Usina Aroeira						
	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
0		5,06			4,81	
50	4,98	ns	5,10	ns	4,85	ns
100	5,03	ns	4,89	ns	4,84	ns
200	4,94	ns	5,09	ns	4,81	ns
Média	4,98	A	5,03	A	4,83	A
CV=3,76%; DMS fonte=0,14;Dunnett=0,33			CV=4,14%;DMSfonte=0,15; Dunnett=0,34			
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0		5,52			5,01	
50	5,65	ns	5,16	ns	4,88	ns
100	5,63	ns	5,36	ns	4,82	ns
200	5,68	ns	5,42	ns	4,84	ns
Média	5,65	A	5,31	B	4,97	A
CV=4,90%;DMS fonte= 0,23;Dunnett=0,54			CV=3,16%;DMSfonte=0,13; Dunnett=0,31			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Aroeira, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio (Alpha e KCl) para o pH do solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm em ambos os cortes da cana, bem como não houve diferença estatística em relação à testemunha (TABELA 19 e 20). Os valores de pH dessa usina, em ambas camadas, não estão na faixa considerada adequada 5,5 a 6,5 (RAJI, 2011).

Na Usina Guaíra, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio na camada de 0-20 cm após o segundo corte da cana nem na camada de 20-40 cm após o primeiro corte da cana. Entretanto, a fonte Beta proporcionou maior pH do solo do que o KCl na camada de 0-20 cm após o primeiro corte, a na camada de 20-40 cm após o segundo corte da cana. Porém, nenhum dos tratamentos diferiu da testemunha (TABELA 19 e 20). Apenas os valores de pH na camada de 0-20 cm, em ambos os cortes da cana estão na faixa considerada adequada por Raji (2011).

Tabela 20. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o pH do solo na camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte							
Cana planta	TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média					
- kg ha ⁻¹ -	pH do solo, CaCl ₂ (20-40cm)										
Usina Vale do São Simão											
0	6,75	A	6,80	A	6,77	4,00	3,80	3,90			
50	6,86	A	6,85	A	6,86	4,20	4,00	4,10			
100	6,94	A	6,87	A	6,90	4,80	4,20	4,50			
150	7,00	A	6,82	B	6,91	4,60	4,20	4,40			
200	7,03	A	6,79	B	6,91	5,00	4,00	4,50			
Média	6,92		6,82			4,52	A	4,04	B		
CV=1,56 %; DMS fonte=0,05					CV=10,54%, DMS fonte= 0,25						
Usina Aroeira											
	Alpha		KCl		Média		Alpha		KCl		Média
0	4,90						5,02				
50	4,97	ns	5,00	ns	4,98		5,02	ns	4,99	ns	5,01
100	4,96	ns	4,87	ns	4,91		5,00	ns	5,00	ns	5,00
200	4,96	ns	4,91	ns	4,93		5,04	ns	5,01	ns	5,01
Média	4,96	A	4,93	A			5,02	A	5,00	A	
CV= 3,28%; DMS fonte= 0,12; Dunnett=0,28						CV=1,65%;DMS fonte=0,06;Dunnett=0,14					
Usina Guaíra											
	Beta		KCl		Média		Beta		KCl		Média
0	4,72						4,57				
50	4,78	ns	4,75	ns	4,76		4,80	ns	4,57	ns	4,69
100	4,86	ns	4,79	ns	4,82		4,85	ns	4,41	ns	4,63
200	4,95	ns	4,71	ns	4,84		5,02	ns	4,60	ns	4,81
Média	4,86	A	4,72	A			4,89	A	4,53	B	
CV=4,32%;DMS fonte=0,17 ;Dunnett=0,41						CV=3,22%;DMS fonte=0,13;Dunnett=0,30					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses de potássio, verifica-se que houve ajuste linear apenas na profundidade de 20-40 cm após o primeiro corte da cana. Na Usina São Simão (FIGURA 38 A), esse ajuste ocorreu para o TK47 e na Usina Guaíra (FIGURA 38 B), esse ajuste foi para ambas as fontes (Beta e KCl). Em ambas as usinas, o pH do solo foi diretamente proporcional à dose de K_2O aplicada no solo.

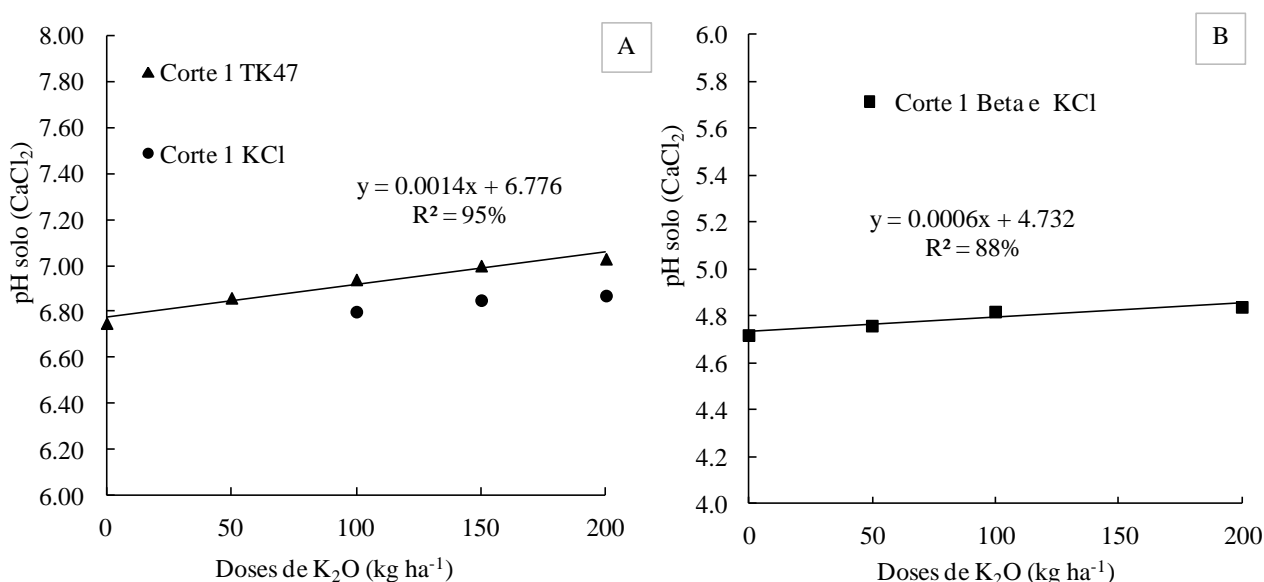


Figura 38. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta sobre o pH do solo na camada de 20-40 cm.

A- Usina Vale do São Simão B- Usina Guaíra. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

No segundo corte com reaplicação potássio, na Usina São Simão, o TK47 proporcionou maior pH do solo, independente da dose aplicada, na camada de 0-20 cm (FIGURA 39) e 20-40 cm (FIGURA 40). Os valores de pH observados, tanto na camada de 0-20 cm como 20-40 cm após o primeiro corte, estão na faixa considerada adequada 5,5 a 6,5 (RAIJ,2011).

A replicação das fontes de potássio na cana soca trouxe acréscimos no pH do solo apenas na camada de 0-20 cm no tratamento de $150\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O com TK47. Para os outros tratamentos, tanto na camada de 0-20 cm como na camada de 20-40 cm, não houve diferença estatística entre a aplicação de 0 e $120\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O na cana soca (FIGURA 39 e 40). Isso demonstra o efeito residual do TK47 em relação ao pH do solo.

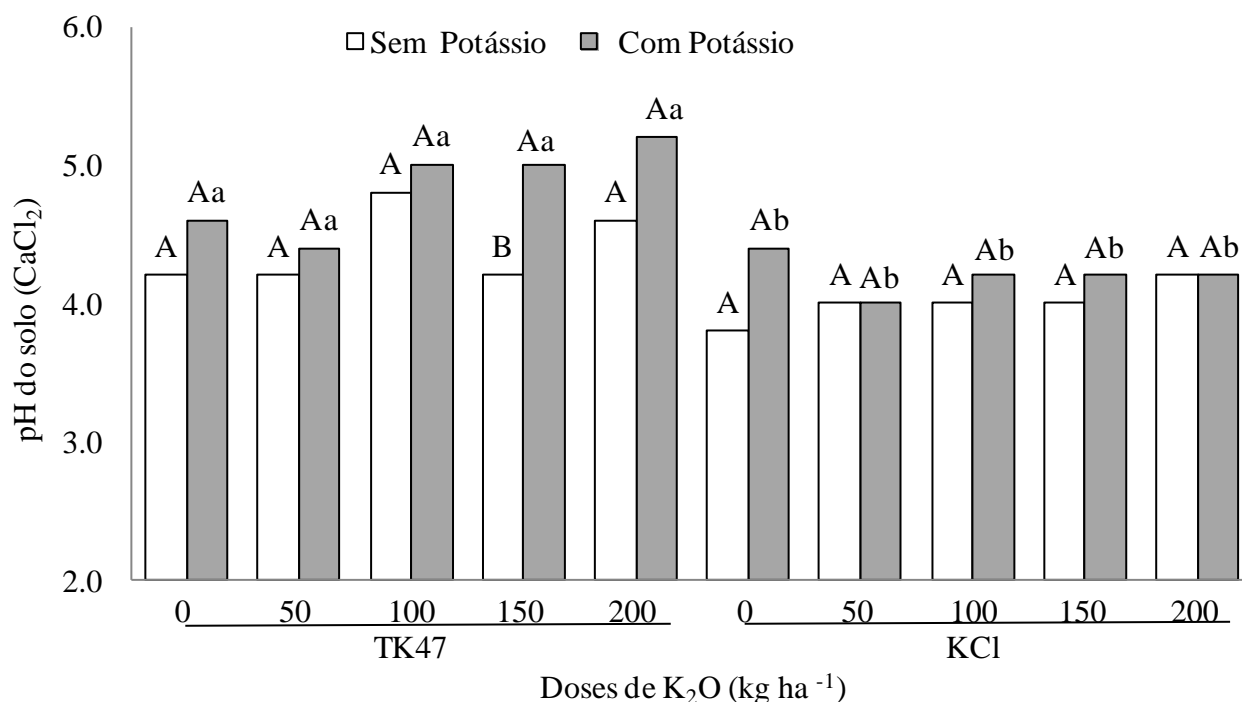


Figura 39. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o pH do solo na camada de 0-20 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,67). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,31).

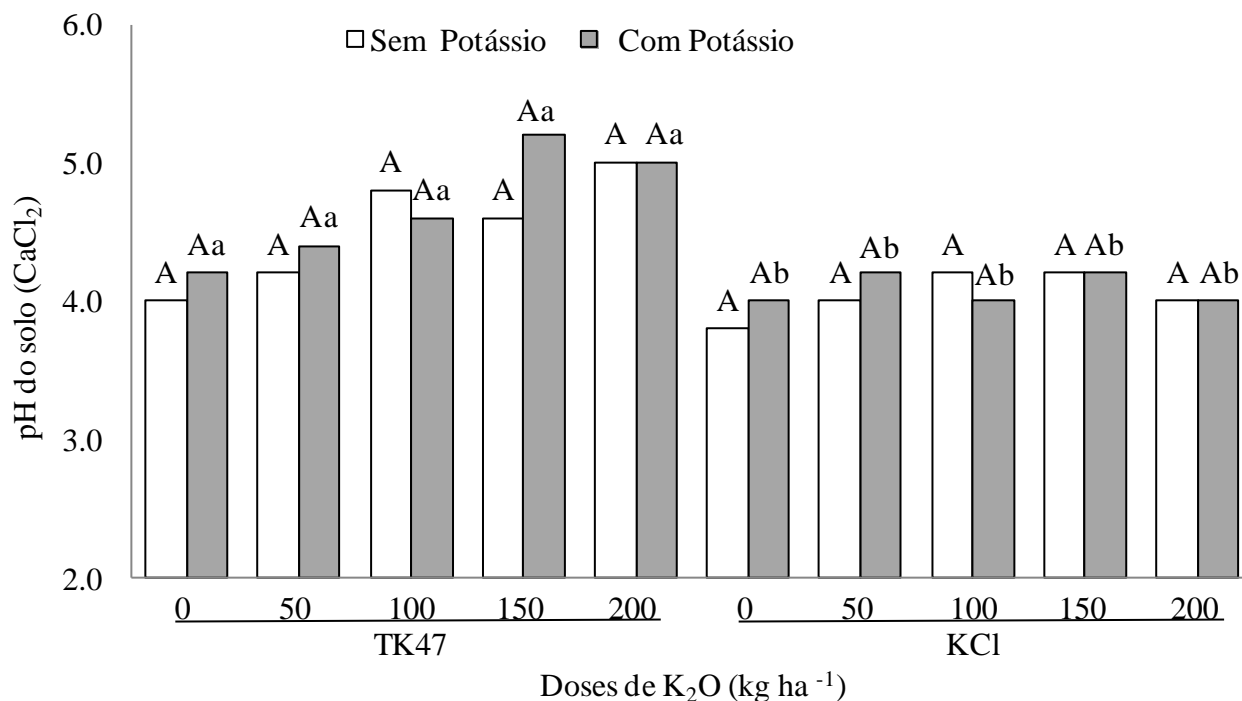


Figura 40. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o pH do solo na camada de 20-40 cm.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,68). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,34).

3.11 Altura de plantas

Independente da dose de potássio aplicada, na Usina Aroeira e Guaíra, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio nem entre a testemunha em ambos os cortes da cana (TABELA 21). A altura da cultivar RB867515 variou de 2,13 m (Beta) a 2,16 m (KCl), no primeiro corte, e de 2,48m (Beta) a 2,74 (KCl) no segundo corte (TABELA 21). A altura dos colmos da cana, cultivar RB867515, observada por Camargo *et al.* (2010) foi de 2,77 m.

Na Usina São Simão, no primeiro corte da cana, na dose de 100 kg ha⁻¹ K₂O com o KCl proporcionou maior altura comparado ao TK47; na dose de 50 kg ha⁻¹ K₂O, ocorreu o inverso na dose de 100 kg ha⁻¹ K₂O. Após o segundo corte da cana, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio (TABELA 21 e FIGURA 41).

Tabela 21. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a altura dos colmos.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte						
Cana planta	TK47		KCl	Média	TK47	KCl	Média			
- kg ha ⁻¹ -	----- Altura, m -----									
Usina Vale do São Simão										
0	3,03	A	3,13	A	3,08	2,87	2,85	2,86		
50	3,43	A	3,19	B	3,31	2,79	2,78	2,78		
100	3,10	B	3,52	A	3,31	2,96	2,84	2,90		
150	3,12	A	3,28	A	3,21	2,69	3,04	2,87		
200	3,30	A	3,30	A	3,30	2,90	2,98	2,94		
Média	3,20		3,29			2,84	A	2,90	A	
CV= 5,27%; DMS fonte= 0,22 .					CV= 8,10 %, DMS fonte= 0,13					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
0	2,95					2,01				
50	3,01	ns	3,00	ns	3,01	2,15	ns	2,12	ns	2,13
100	2,97	ns	2,90	ns	2,93	2,20	ns	2,13	ns	2,16
200	2,93	ns	2,98	ns	2,96	2,10	ns	2,25	ns	2,18
Média	2,97	A	2,96	A		2,15	A	2,17	A	
CV=4,67 %;DMS fonte=0,10;Dunnett=0,24					CV=6,84%;DMSfonte=0,11; Dunnett=0,25					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	2,11					2,78				
50	2,13	ns	2,17	ns	2,15	2,86	ns	2,78	ns	2,82
100	2,14	ns	2,20	ns	2,17	2,88	ns	2,70	ns	2,80
200	2,12	ns	2,13	ns	2,12	2,78	ns	2,74	ns	2,76
Média	2,13	A	2,16	A		2,84	A	2,74	A	
CV=4,93%;DMS fonte= 0,09;Dunnett=0,21					CV=6,19%;DMS fonte=0,14;Dunnett=0,34					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana, houve incremento da altura com reaplicação do potássio apenas no tratamento com o KCl na dose de 50 kg ha⁻¹ K₂O (FIGURA 41).

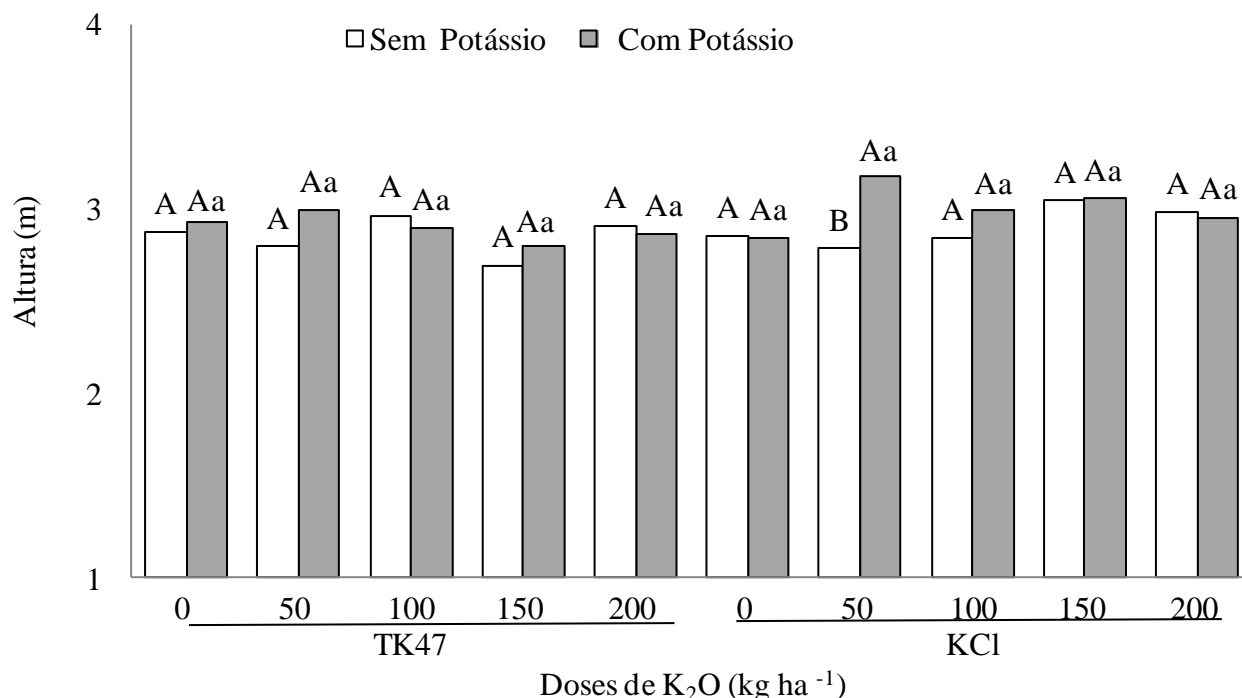


Figura 41. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre a altura dos colmos da cana.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,29). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,13).

3.12 Análise tecnológica

As variáveis tecnológicas Brix do caldo, Pol da cana, ATR tanto na cana planta e na cana soca, não diferiram significativamente com a aplicação das fontes de potássio, independentemente da dose utilizada. Além disso, não houve diferença estatística de cada tratamento com a testemunha (TABELAS 22, 23 e 24).

Os resultados obtidos estão de acordo com o trabalho realizado por Alvarez *et al.* (1960), por Alvarez ; Pacheco (1962), Feltrin *et al.* (2010), que não verificaram efeito do potássio na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Entretanto, discordam dos resultados obtidos por Hauck ; Dickinson (1954) e de Sampaio (1945); os quais observaram que a adubação potássica favoreceu a produção de açúcar. Entretanto, Orlando Filho, Macedo e Tokeshi (1994) verificaram que o excesso

do potássio no solo, tal como sua falta, pode diminuir a qualidade da matéria-prima influenciando as percentagens de pol da cana.

O brix refere-se a todos os açúcares contidos no caldo, como a sacarose e os açúcares redutores. Segundo Marques *et al.* (2001), o valor ideal do brix é de 18%. Valores acima disso foram observados na Usina Guaíra em ambos os cortes da cana com Beta e KCl e na Usina Aroeira após o segundo corte com KCl (TABELA 22). Entretanto Uchôa *et al.* (2009) descrevem que o Brix está associado às características genéticas das variedades de cana e verificou para a variedade RB 867515 brix de 19,68%. Tirone *et al.*, 2012 obtiveram, com a RB86 7515 adubada com 240 kg ha⁻¹ K₂O e colhida aos 415 dias, brix de 19,88 %. Esses valores de brix para essa cultivar foram semelhantes aos encontrados neste trabalho na Usina Guaíra (TABELA 22).

Tabela 22. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o Brix do caldo.

Doses K ₂ O		1º corte			2º corte					
Cana planta	TK47	KCl			TK47	KCl	Média			
- kg ha ⁻¹ -		----- Brix do caldo, % -----								
Usina Vale do São Simão										
0	15,64		15,56		15,60	16,17	16,03	16,10		
50	15,19		15,64		15,41	16,91	16,89	16,90		
100	15,47		15,37		15,42	17,06	16,86	16,96		
150	15,81		15,36		15,59	17,08	16,94	17,01		
200	15,43		15,11		15,27	16,66	16,59	16,63		
Média	15,51	A	15,41	A		16,76	A	16,64	A	
CV= 4,65%; DMS fonte= 0,41				CV= 4,60%, DMS fonte= 0,44						
Usina Aroeira										
	Alpha	KCl			Média	Alpha	KCl		Média	
0			17,39					17,05		
50	17,24	ns	17,66	ns	17,45	17,68	ns	18,13	ns	17,90
100	17,77	ns	17,34	ns	17,55	17,56	ns	18,57	ns	18,07
200	17,89	ns	17,18	ns	17,54	17,70	ns	18,46	ns	18,08
Média	17,63	A	17,39	A		17,65	A	18,39	A	
CV= 3,52%;DMSfonte= 0,46;Dunnett=1,07				CV=6,91%;DMSfonte=0,78; Dunnett=1,54						
Usina Guaíra										
	Beta	KCl			Média	Beta	KCl		Média	
0			20,33					22,02		
50	20,51	ns	20,52	ns	20,52	22,01	ns	22,02	ns	22,01
100	20,31	ns	20,39	ns	20,35	22,04	ns	22,41	ns	22,23
200	20,67	ns	20,18	ns	20,43	22,02	ns	22,12	ns	22,07
Média	20,50	A	20,36	A		22,02	A	22,19	A	
CV=2,11%;DMSfonte= 0,36 ;Dunnett=0,86				CV=2,21%;DMSfonte=0,42; Dunnett=0,97						

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

O Pol é a porcentagem de sacarose contida na cana ou no caldo (FERNANDES, 2003). Os valores de pol encontrados neste trabalho (TABELA 23) apenas na Usina Guaíra estão acima do valor considerado ideal que segundo Brieger (1968), é de 13 % e segundo Ripoli e Ripoli (2004), é 14 %. Gava *et al.* (2011), ao estudar a cultivar de cana RB86 7515, plantada em um Argissolo eutrófico arenoso e adubada com cloreto de potássio na dose de 220 kg ha⁻¹ K₂O, verificaram que o pol da cana planta, colhida aos 336 dias, foi 13,6 % e na cana soca foi de 15,9 %.

Tabela 23. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o Pol da cana.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média
----- Pol da cana, % -----						
Usina Vale do São Simão						
0	10,71	10,56	10,64	12,01	11,76	11,88
50	10,15	10,02	10,09	11,85	12,06	11,95
100	10,56	10,51	10,53	12,23	11,85	12,04
150	10,67	10,57	10,62	11,82	12,12	11,97
200	10,14	11,04	10,59	12,02	11,33	11,68
Média	10,45	A 10,54 A		12,08	A 11,84 A	
CV(%) = 6,39; DMS fonte= 0,38 CV=5,73 %, DMS fonte=0,79						
Usina Aroeira						
	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
0		12,74			12,03	
50	12,58	ns 12,81 ns	12,69	12,45	ns 12,57 ns	12,51
100	12,91	ns 12,96 ns	12,94	11,99	ns 12,16 ns	12,07
200	12,95	ns 12,60 ns	12,77	12,31	ns 12,60 ns	12,45
Média	12,81	A 12,79 A		12,25	A 12,44 A	
CV= 4,78%;DMS fonte=0,46;Dunnett=1,06 CV=6,70%;DMS fonte=0,62;Dunnett=1,45						
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0		15,14			16,69	
50	15,41	ns 15,51 ns	15,46	16,69	ns 16,84 ns	16,77
100	15,15	ns 15,30 ns	15,22	16,82	ns 17,09 ns	16,96
200	15,66	ns 15,13 ns	15,39	16,66	ns 16,84 ns	16,75
Média	15,40	A 15,31 A		16,73	A 16,92 A	
CV=2,61%; DMS fonte=0,34;Dunnett=0,80 CV=2,56%;DMSfonte=0,36; Dunnett=0,86						

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

O ATR é a quantidade de açúcar recuperável (FERNANDES, 2003), De acordo com Ripoli ; Ripoli, 2004 o valor de ATR recomendado pela cana é acima de 150 kg t⁻¹ conforme foi observado em todos os tratamentos da Usina Guaíra (TABELA 24) Entretanto, esses valores estão relacionados à capacidade de extrair açúcar de cada Usina.

Tabela 24. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o açúcar total recuperável (ATR).

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	TK47	KCl	Média	TK47	KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	----- ATR, kg t ⁻¹ -----					
Usina Vale do São Simão						
0	109,79	108,69	109,24	120,51	118,09	119,30
50	105,28	104,69	104,98	119,25	120,59	119,92
100	108,63	108,03	108,33	122,54	119,08	120,81
150	109,63	108,50	109,07	122,72	121,65	122,18
200	105,41	111,46	108,43	120,22	114,84	117,53
Média	107,75	A 108,27	A	120,96	A 118,88	A
CV(%) = 5,22; DMS fonte=3,24.			CV= 4,19 %, DMS fonte=2,88			
Usina Aroeira						
	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
0		127,05			124,15	
50	127,50	ns 127,66	ns 127,58	118,63	ns 119,81	ns 119,22
100	128,71	ns 123,32	ns 126,02	114,23	ns 115,90	ns 115,06
200	129,06	ns 125,64	ns 127,35	117,31	ns 120,06	ns 118,68
Média	128,43	A 125,54	B	116,72	A 118,59	A
CV= 2,31%;DMSfonte=2,21 ;Dunnett=5,12			CV=6,70%;DMSfonte=5,99;Dunnett=13,87			
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0		151,09			164,99	
50	153,34	ns 154,51	ns 153,93	164,95	ns 166,35	ns 165,65
100	151,11	ns 152,52	ns 151,82	166,26	ns 168,70	ns 167,48
200	155,53	ns 150,97	ns 153,25	164,57	ns 166,31	ns 165,44
Média	153,33	A 152,67	A	165,26	A 167,48	A
CV= 2,41%;DMS fonte=3,15;Dunnett= 3,55			CV=2,46%;DMSfonte=3,50; Dunnett=8,15			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Para a variável total de açúcar produzido por hectare (TAH), no primeiro corte da cana, independentemente da dose de potássio aplicada, não houve diferença estatística entre as fontes, nas Usinas São Simão e Guaíra. No entanto, na Usina Aroeira, o KCl foi superior ao Alpha (TABELA 25). No segundo corte, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio, na Usina Guaíra e na Usina Aroeira enquanto que na Usina São Simão, o TAH foi maior com o TK47 do que com o KCl (TABELA 25).

A cultivar plantada na Usina Guaíra, RB867515, no primeiro corte, o TAH em média variou de 16,17 (Beta) a 16,37 t ha⁻¹ (KCl) e, no segundo corte, variou de 18,87 (Beta) a 19,25 t ha⁻¹ (KCl). Gava *et al.* (2011) verificaram que o total de açúcar produzido por essa cultivar, plantada em um

Argissolo eutrófico arenoso e adubada com KCl na dose de 220 kg ha⁻¹ K₂O, na cana planta, colhida aos 336 dias, foi 15,8 t ha⁻¹ e na cana soca foi de 16,4 t ha⁻¹.

Em relação à testemunha, houve diferença significativa no total de açúcar produzido por hectare apenas na Usina Aroeira no primeiro corte, com a aplicação do Alpha nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O e de KCl nas doses 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O (TABELA 25).

Tabela 25. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o total de açúcar produzido por hectare (TAH).

Doses K ₂ O		1º corte				2º corte				
Cana planta	TK47	KCl			Média	TK47	KCl			Média
- kg ha ⁻¹ -		----- TAH, t ha ⁻¹ -----								
Usina Vale do São Simão										
0	12,09		12,18		12,14		13,00		12,67	12,83
50	13,60		12,33		12,96		14,12		13,50	13,81
100	14,28		13,94		14,11		15,20		13,70	14,45
150	13,05		13,61		13,33		14,81		14,20	14,50
200	13,67		13,33		13,50		15,25		13,45	14,35
Média	13,34	A	13,08	A		14,47	A	13,50	B	
CV= 13,05 % ; DMS fonte= 0,98					CV= 10,59 %, DMS fonte=0,79					
Usina Aroeira										
	Alpha		KCl		Média		Alpha		KCl	Média
0			16,91						12,78	
50	17,98	ns	19,07	*	18,52		13,67	ns	13,45	ns 13,56
100	18,78	*	20,06	*	19,42		13,58	ns	13,64	ns 13,61
200	18,96	*	19,42	*	19,19		14,42	ns	14,27	ns 14,34
Média	18,57	B	19,52	A		13,89	A	13,78	A	
CV= 5,77%;DMS fonte=0,95;Dunnett=1,21					CV=12,58%;DMSfonte=1,29;Dunnett=3,00					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média		Beta		KCl	Média
0			15,51						19,74	
50	15,85	ns	16,65	ns	16,25		19,21	ns	19,48	ns 19,34
100	16,01	ns	16,71	ns	16,36		18,51	ns	19,56	ns 19,03
200	16,64	ns	15,76	ns	16,20		18,90	ns	18,72	ns 18,81
Média	16,17	A	16,37	A		18,87	A	19,25	A	
CV=5,93%; DMS fonte=0,82;Dunnett=1,91					CV=7,80%;DMSfonte=1,28 ;Dunnett=2,99					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Não houve ajuste matemático para as doses K₂O em relação ao Brix, Pol da cana e ATR. Entretanto, houve efeito de doses apenas na Usina São Simão em relação a TAH , Pol e ATR.

Para a produção de açúcar (TAH), observou-se, no primeiro e segundo corte (com e sem potássio) com KCl ou TK47, um ajuste quadrático, ou seja, a quantidade de açúcar aumenta até atingir o máximo e depois tende a diminuir, mesmo com o incremento da dose de cada fonte

(FIGURA 42). No primeiro corte, o aumento no açúcar produzido por hectares ocorre até atingir o máximo de 13,0 t ha⁻¹ com a aplicação de 137 kg ha⁻¹ K₂O. No segundo corte sem potássio, esse aumento ocorre até 14,6 t ha⁻¹ de açúcar com a dose de 148 kg ha⁻¹ K₂O. (FIGURA 42 A). No segundo corte com a reaplicação do potássio, o açúcar máximo produzido foi de 15,7 t ha⁻¹ com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ K₂O (FIGURA 42 B).

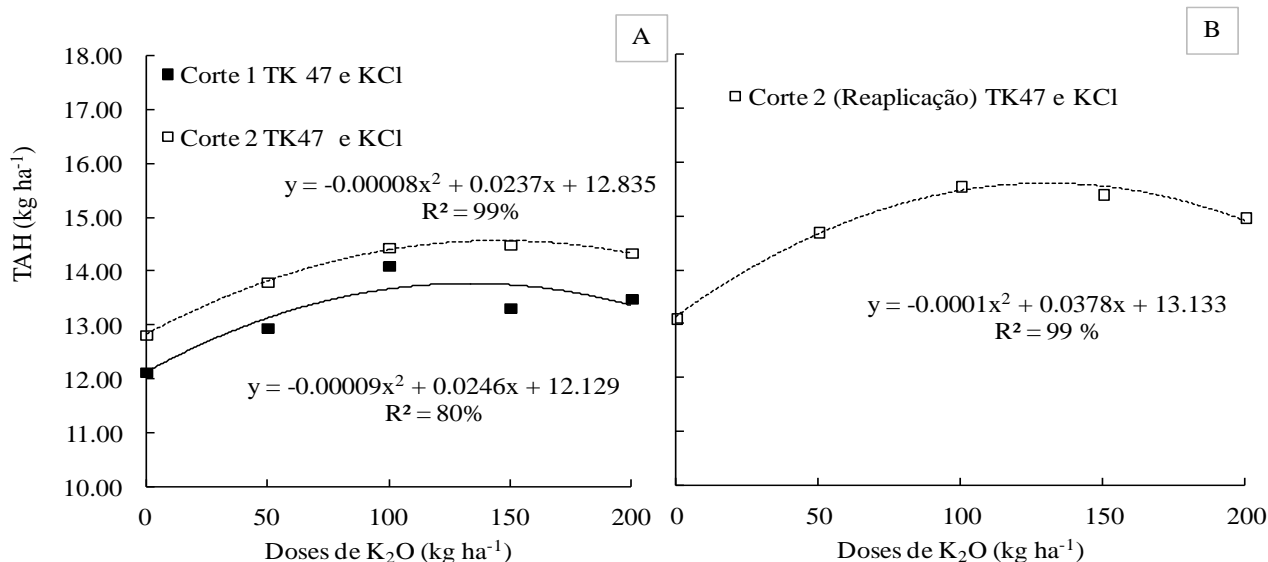


Figura 42. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a TAH. A- Usina Vale do São Simão B=Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Vale do São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Além disso, houve ajuste linear em relação às doses para as variáveis pol da cana e ATR apenas na Usina São Simão no segundo corte com potássio. O aumento dessas variáveis foi diretamente proporcional à dose de potássio aplicada tendo como fonte o KCl (FIGURA 43).

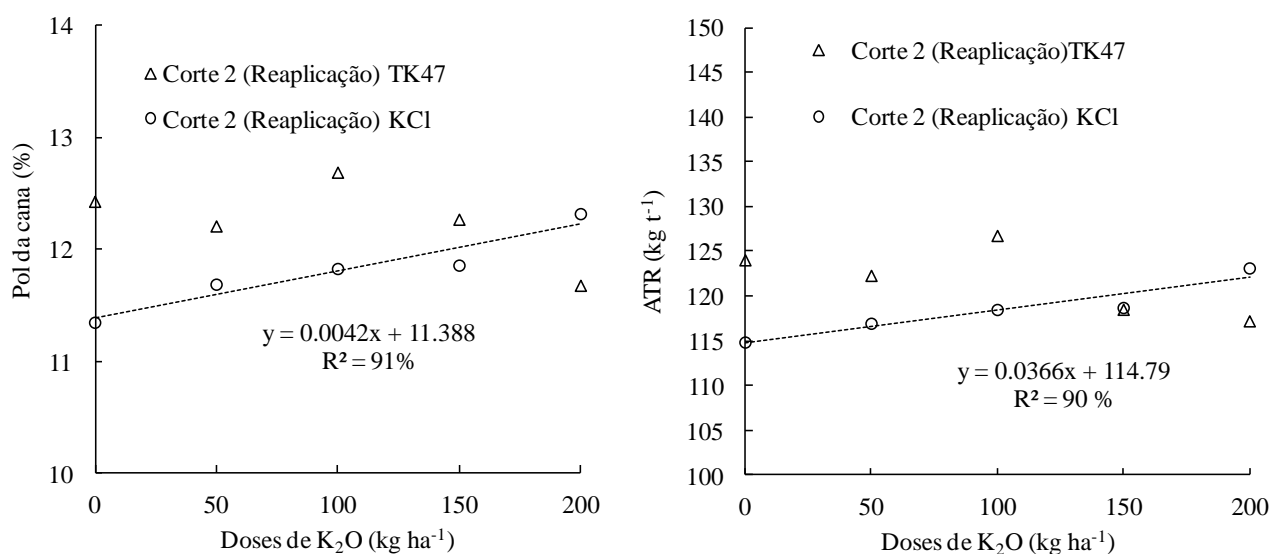


Figura 43. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre o pol da cana e o ATR na Usina Vale do São Simão. Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina São Simão, na cana soca adubada com 120 kg ha⁻¹ K₂O, houve efeito significativo da interação entre fonte e dose para as variáveis Brix do caldo, Pol da cana e ATR. O Brix foi maior com o KCl nas doses de 200 kg ha⁻¹ K₂O e maior com o TK47 nas doses de 0 e 100 kg ha⁻¹ K₂O. Para outras doses não houve diferença estatística entre as fontes (FIGURA 44). O pol (FIGURA 45) e o ATR (FIGURA 46) foi maior com o TK47 do que com o KCl para as doses 0 e 100 kg ha⁻¹ K₂O. Em relação ao TAH, não houve diferença estatística entre as fontes.

Na comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana, verifica-se que, para o brix do caldo (FIGURA 44), não houve diferença estatística. Houve aumento do pol da cana (FIGURA 45), bem como o ATR (FIGURA 46), com KCl na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Em relação ao TAH (FIGURA 47) a reaplicação de Potássio aumentou a produção de açúcar para os tratamentos com KCl nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

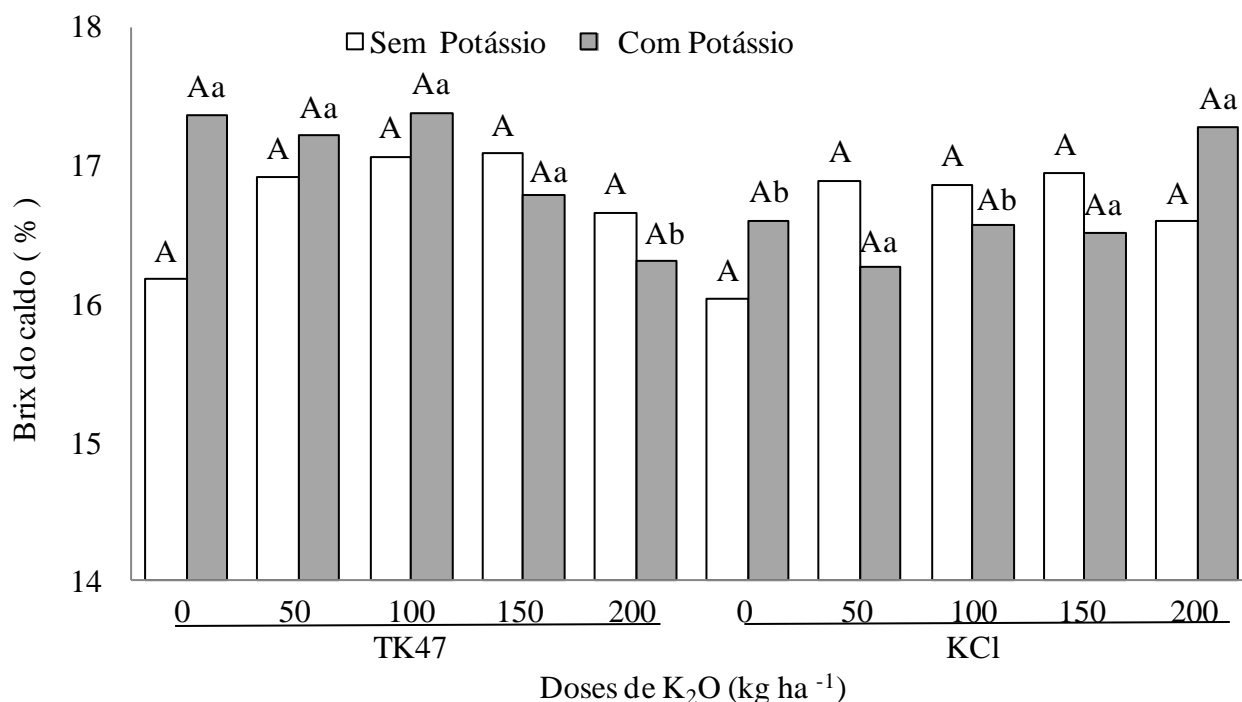


Figura 44. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre o Brix do caldo.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,86). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,75).

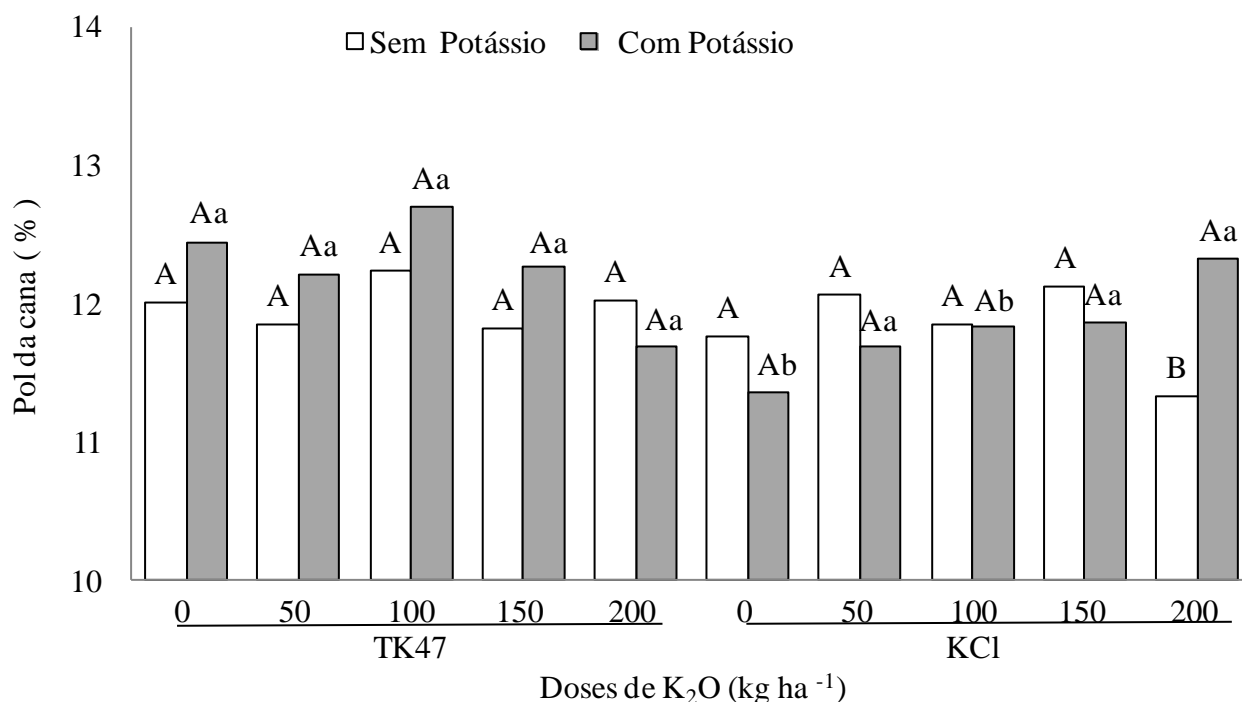


Figura 45. Aplicação de $120 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$ na cana soca da Usina São Simão sobre o POL da cana.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K_2O , diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,78). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,85).

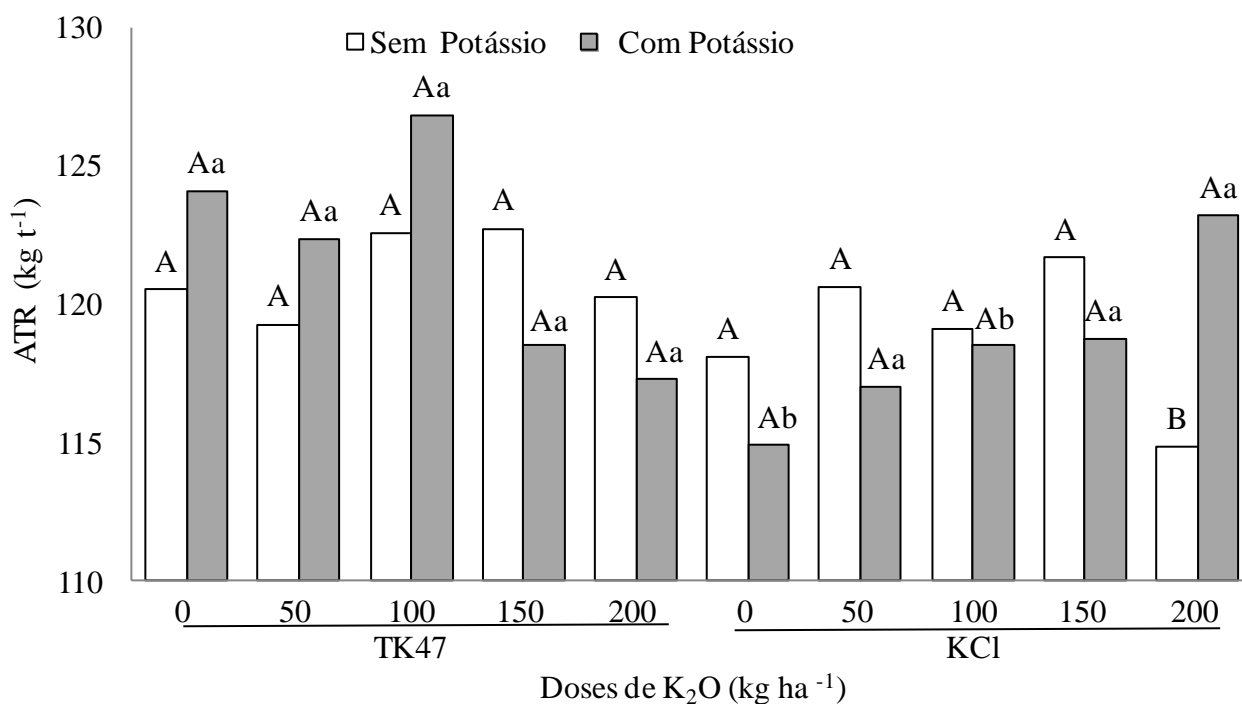


Figura 46. Aplicação de $120 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$ na cana soca da Usina São Simão sobre o ATR.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K_2O , diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=6,99). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=7,56).

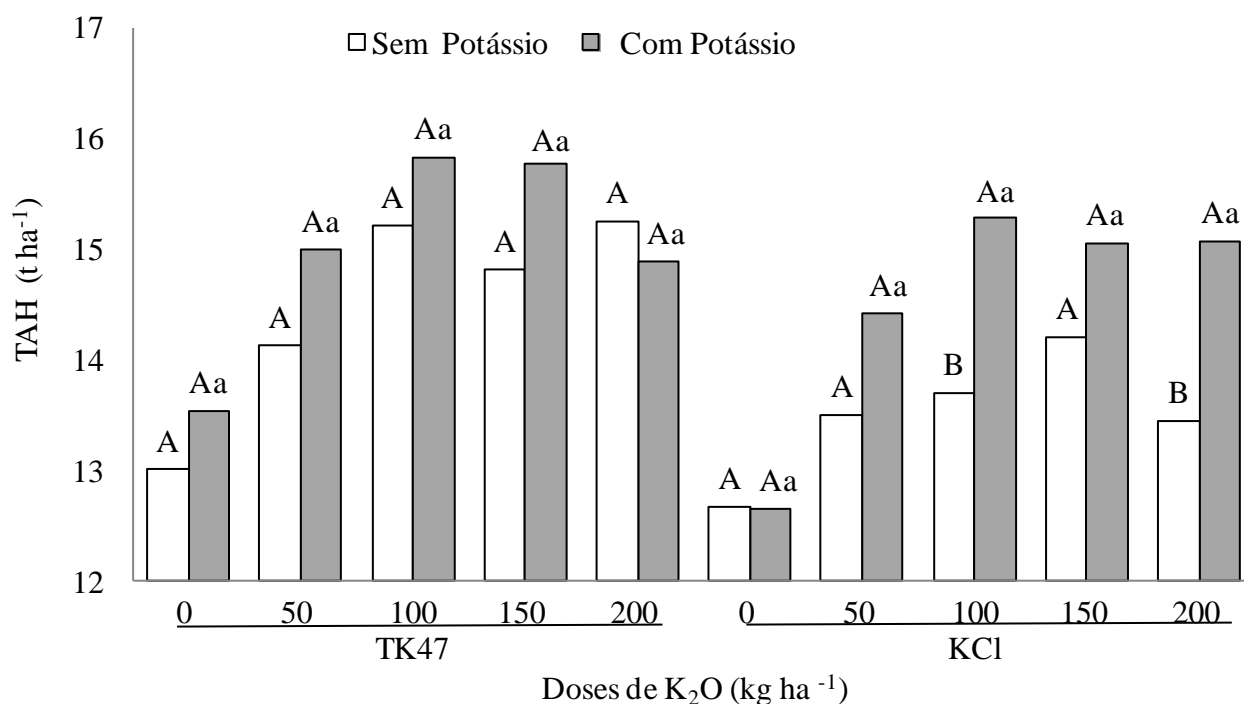


Figura 47. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre a produção de açúcar.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=1,55). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,66).

3.13 Produtividade dos colmos da cana-de-açúcar

No primeiro corte da cana, independente da dose de potássio utilizada, verificou-se que não houve diferenças estatística entre o TK47 e o KCl na usina São Simão bem como entre o Beta e o KCl na usina Guaíra. Entretanto, na Usina Aroeira, a produtividade dos colmos da cana planta foi maior com o KCl do que com o Alpha. (TABELA 26). Gava *et al.* (2011) observaram que a cultivar de cana RB 867515, plantada em um Argissolo eutrófico arenoso e adubada com cloreto de potássio na dose de 220 kg ha⁻¹ K₂O e colhida aos 336 dias, foi capaz de produzir na cana planta 115,8 t ha⁻¹. Resultado esse superior ao observado com essa cultivar no experimento da Usina Guaíra.

No segundo corte, na Usina São Simão, o TK47 foi superior ao KCl, independentemente da dose de potássio utilizada. Porém, nas outras usinas, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio (TABELA 26). A melhor produtividade da cana adubada com TK47 na Usina São Simão provavelmente se devem à melhor disponibilidade de silício no solo (TABELAS 17 e 18) (FIGURAS 34,35,36 e 37) e na folha (TABELA 08 e FIGURAS 16 e 17), bem como devido ao

aumento do pH do solo (TABELAS 19 e 20) e maior disponibilidade de potássio no solo (TABELAS 9, 10, 11 e 12).

Entretanto, na cana soca da Usina São Simão, independente da dose de potássio aplicada, o potássio foliar foi maior com o KCl do que com o TK47 (TABELA 05) e a produtividade foi maior com TK47 (TABELA 26). Nesse caso deve ter ocorrido um consumo de luxo de potássio pela cana-de-açúcar, conforme também foi verificado por Duarte (2012) no cultivo do milho. Segundo Meurer (2006), as plantas têm a capacidade de absorver quantidades de potássio superiores às necessárias para o seu pleno desenvolvimento, ou seja, a planta extrai potássio sem, no entanto, refletir no aumento de produtividade, o que comumente é denominado consumo de luxo.

Tabela 26. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a produtividade dos colmos.

Doses K ₂ O Cana planta - kg ha ⁻¹ -	TK47	1º corte KCl			Média	TK47	2º corte KCl			Média
		-----			Produtividade, t ha ⁻¹	-----				
Usina Vale do São Simão										
0	113,00				113,60				113,30	108,24
50	135,74				122,84				129,29	107,76
100	136,10				132,52				134,31	111,95
150	123,36				128,84				126,10	115,57
200	134,82				120,80				127,81	117,20
Média	128,6	A			123,7	A			120,82	118,72
		CV= 10,57%; DMS fonte= 7,65.					CV= 7,79%, DMS fonte= 5,25			
Usina Aroeira										
	Alpha				KCl				Média	Alpha
0					132,72				106,15	
50	142,79	ns			148,81	*			145,80	109,37
100	145,46	*			154,68	*			150,07	107,04
200	146,39	*			154,22	*			150,31	112,42
Média	144,88	B			152,27	A			113,04	112,64
		CV= 4,24 %; DMS fonte=4,68; Dunnett=10,85					CV= 8,93%; DMS fonte=7,48;Dunnett= 17,32			
Usina Guaíra										
	Beta				KCl				Média	Beta
0					102,57				118,33	
50	102,73	ns			107,30	ns			105,02	115,06
100	105,68	ns			109,21	ns			107,45	110,12
200	106,29	ns			104,22	ns			105,26	113,38
Média	104,90	A			106,90	A			112,85	111,32
		CV= 5,07 %; DMS fonte=4,85 ;Dunnett=11,33					CV=7,11 %; DMS fonte=6,95; Dunnett=16,22			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK47, Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

No acumulado (somatório do primeiro e segundo corte sem potássio), na Usina São Simão, verifica-se que, independentemente da dose de potássio aplicada, o TK47 proporcionou maior produtividade dos colmos da cana do que o KCl (FIGURA 48). Na Usina Aroeira (FIGURA 49) bem como na Usina Guaíra (FIGURA 50), independente da dose utilizada não houve diferença entre as fontes de potássio.

Estes resultados demonstram o efeito residual do TK47 na produção da cana que provavelmente ocorreu devido a sua liberação mais lenta e menor lixiviação. Duarte (2012) demonstrou, com o cultivo do milho em amostras de Latossolo Vermelho distrófico (LVD), que a produção de matéria seca no primeiro corte, independente da dose utilizada (200 e 400 kg ha⁻¹), o Termopotássio não diferiu estatisticamente do KCl, porém, o residual do Termopotássio foi mais eficiente em aumentar a matéria seca das plantas de milho do que o residual do KCl. Em outro trabalho, Duarte *et al.* (2013) aplicaram Termopotássio e KCl em colunas de lixiviação e demonstraram que a perda de potássio por lixiviação abaixo da profundidade de 0,8 m, proveniente do KCl, foi 87 vezes maior do que quando comparada com o Termopotássio.

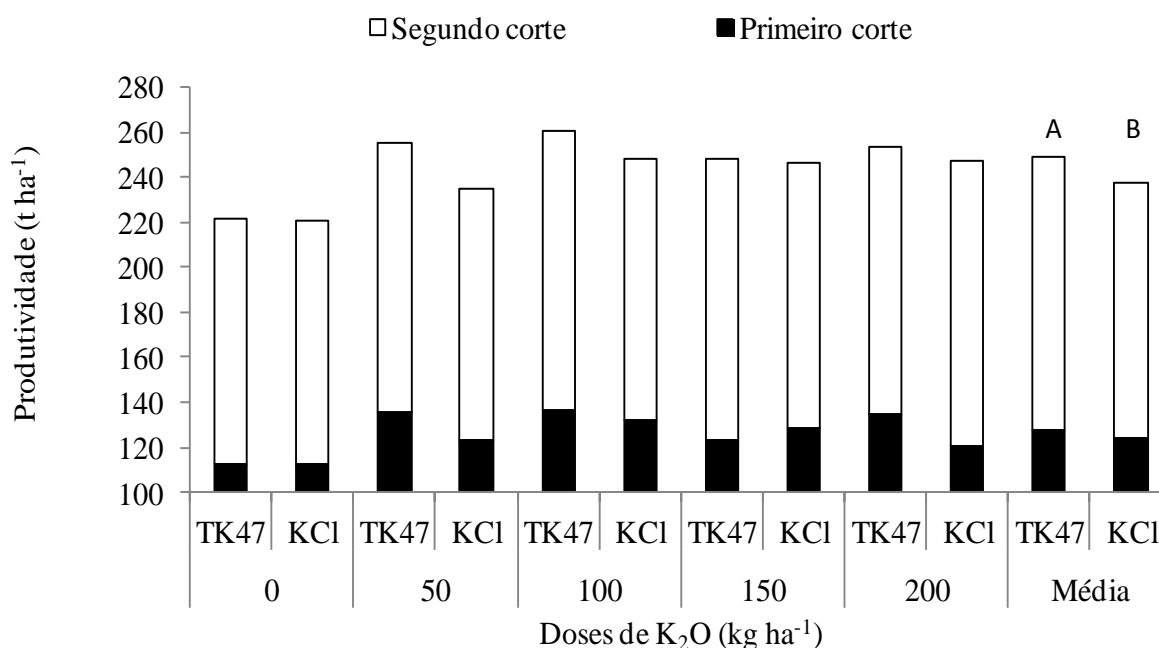


Figura 48. Somatório da Produtividade (1º + 2º corte) na Usina Vale do São Simão.

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=10,95).

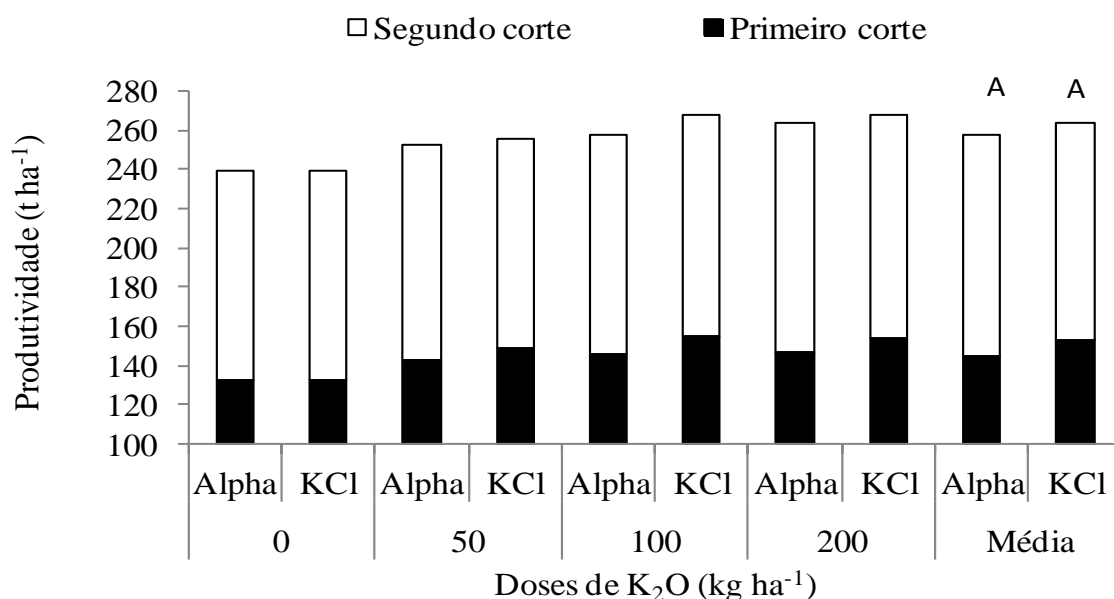


Figura 49. Somatório da Produtividade (1º + 2º corte) na Usina Aroeira

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=18,36).

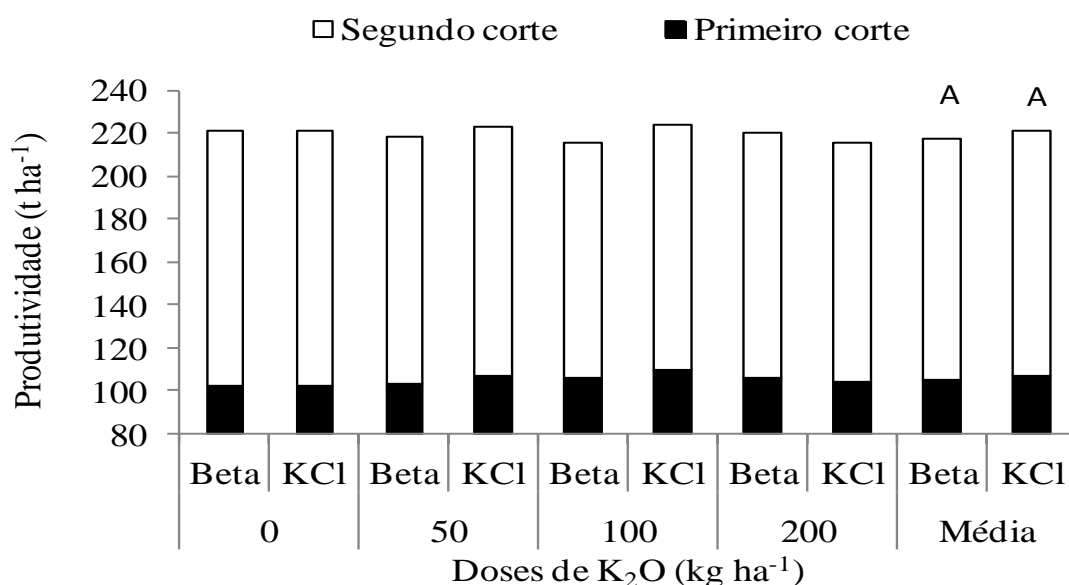


Figura 50. Somatório da Produtividade (1º + 2º corte) na Usina Guaíra

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=20,50).

Em relação à testemunha, verifica-se, na tabela 26, que houve diferença estatística apenas na Usina Aroeira, após primeiro corte com a utilização do Alpha nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O e com a utilização do KCl nas doses de 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Na Usina Guaíra, o rendimento de colmos foi elevado em todos os tratamentos, não diferindo da testemunha que, no primeiro corte, produziu em média 102,57 t ha⁻¹ e, no segundo

corte, 118,33 t ha⁻¹ (TABELA 26). A ausência do efeito da adubação potássica na produção da cana soca pode ser atribuída em parte à liberação de potássio da palhada. A palhada deixada pela cana colhida sem queima pode tornar-se uma importante fonte de nutriente e reduzir a adubação potássica em áreas com sistema de cana crua, em relação à cana queimada (ROSSETTO *et al.*, 2008). O acúmulo de potássio na palhada pode chegar a 148 kg ha⁻¹ (SCHULTZ *et al.*, 2010) e esse macronutriente, como não está ligado a nenhuma molécula orgânica, permanece no tecido vegetal na forma iônica, dessa forma, não depende da mineralização para ser liberado e é rapidamente transferido para a solução do solo (ROSSETTO *et al.*, 2008).

Em relação às doses de potássio, verifica-se que, tanto na Usina São Simão (FIGURA 51) quanto na Usina Aroeira (FIGURA 52), no primeiro corte e no somatório (1º+ 2º corte), houve um ajuste quadrático.

No primeiro corte, na Usina São Simão, quando a cana não recebeu adubação potássica, a produtividade foi de 115,03 t ha⁻¹ e, com a adição de potássio, independente da fonte utilizada, esse rendimento aumentou até atingir o máximo de 132,61 t ha⁻¹ com a aplicação de 121,04 kg ha⁻¹ K₂O para o TK47 como para o KCl (FIGURA 51 A). Na Usina Aroeira verificou-se que, para ambas as fontes de potássio, quando a cana não recebeu adubação potássica, a produtividade foi de 133, 21 t ha⁻¹ e, com a adição de potássio, esse rendimento aumentou, até atingir o máximo de 151,22 t ha⁻¹ com a aplicação de 153,79 kg ha⁻¹ K₂O . A partir dessa dose de potássio a produtividade dos colmos da cana-de-açúcar tendeu a diminuir (FIGURA 52 A).

Na soma da produtividade (1+ 2º corte) para Usina Vale do São Simão, independentemente da fonte de potássio (TK47 e KCl), quando a cana não recebeu adubação potássica, a produtividade foi de 224,29 t ha⁻¹ e com a adição de potássio, o rendimento aumentou até atingir o máximo de 253,31 t ha⁻¹ com a aplicação de 134,68 kg ha⁻¹ K₂O e, a partir dessa dose a produtividade dos colmos da cana-de-açúcar diminuiu (FIGURA 51 B). Na Usina Aroeira, quando a cana não recebeu adubação potássica, teve produtividade de 239,02 t ha⁻¹ e, com a adição de potássio, independente da fonte utilizada, Alpha ou KCl, esse rendimento aumentou até atingir o máximo de 266,12 t ha⁻¹ com a aplicação de 156,95 kg ha⁻¹ K₂O e a partir dessa dose a produtividade dos colmos da cana-de-açúcar diminuiu (FIGURA 52 B).

De acordo com Otto *et al.* (2010), a máxima produtividade estimada para cana-planta, cultivar SP90 3414, adubada com cloreto de potássio foi obtida com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de K₂O na forma parcelada e 150 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado de uma única vez no plantio da cana. Nesse experimento, a produtividade da cana também aumentou até certa dose de potássio e, posteriormente, decresceu mesmo com o aumento da dose de potássio. Uma possível explicação para esse decréscimo de produtividade é que a adubação no fundo do sulco de plantio da cana faz

com que o adubo se concentre em até 15 vezes. O potássio é aplicado de forma localizada, em uma faixa de, no máximo 10 cm de largura, e o espaçamento de um sulco de plantio para o outro é de 1,5 m. Essa adubação localizada corresponde a uma concentração, aproximadamente, quinze vezes maior, em relação a uma aplicação a lanço. Assim, uma dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, no fundo do sulco, corresponde, aproximadamente, a 3.000 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados em área total.

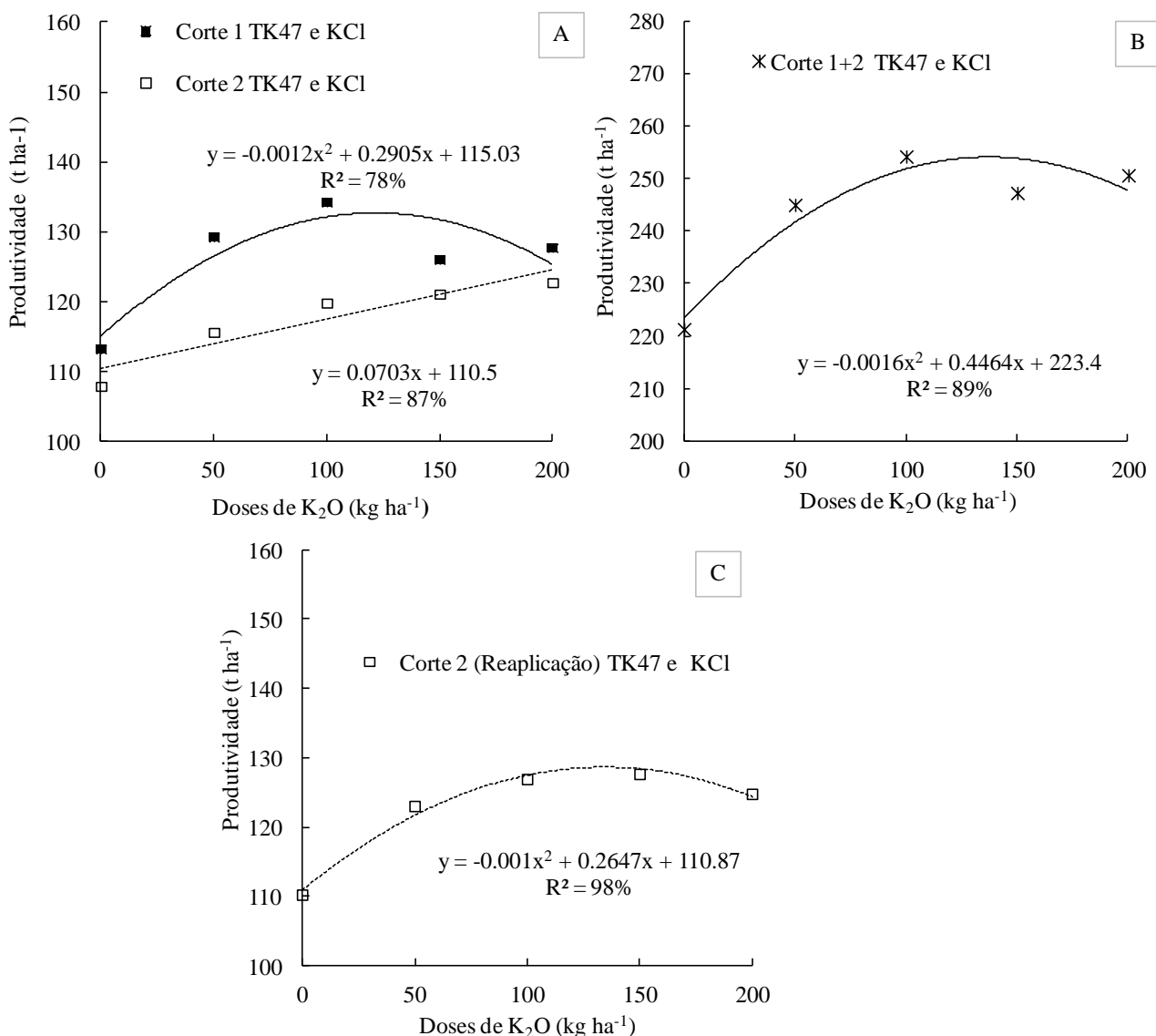


Figura 51. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Vale do São Simão.

A= Primeiro e Segundo corte B= Somatório (1+2 Corte), C=Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O).

Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

No caso do KCl, essa queda na produtividade também pode estar associada ao alto índice salino do fertilizante e à presença de cloro. O uso de altas doses de potássio aplicadas de uma única vez ocasiona o aumento da salinidade no sulco de semeadura/plantio ou na região da rizosfera,

difícultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (ECHER *et al.*, 2009). O cloro é um micronutriente exigido em pequenas quantidades pelas plantas e o excesso desse nutriente pode ocasionar queda na produção (SILVA *et al.*, 2001).

O TK47 aumentou o pH do solo à medida que aumentou a dose de K_2O . (FIGURA 38). Entretanto, essa queda de produtividade com altas doses de TK47 pode ser devida ao aumento excessivo do pH do solo, que pode diminuir a disponibilidade de alguns nutrientes como Zn, Cu, Mn. A faixa de pH do solo em que a maioria dos nutrientes estão disponíveis para as plantas situa-se entre 5,5 a 6,5 (RAJI, 2011). Na Usina São Simão, para a dose de 150 kg ha^{-1} de K_2O , que provou queda na produtividade (TABELA 26), o pH do solo na camada de 0-20 cm foi de 7,06 (TABELA 19) e na camada de 20-40 cm foi 7,00 (TABELA 20).

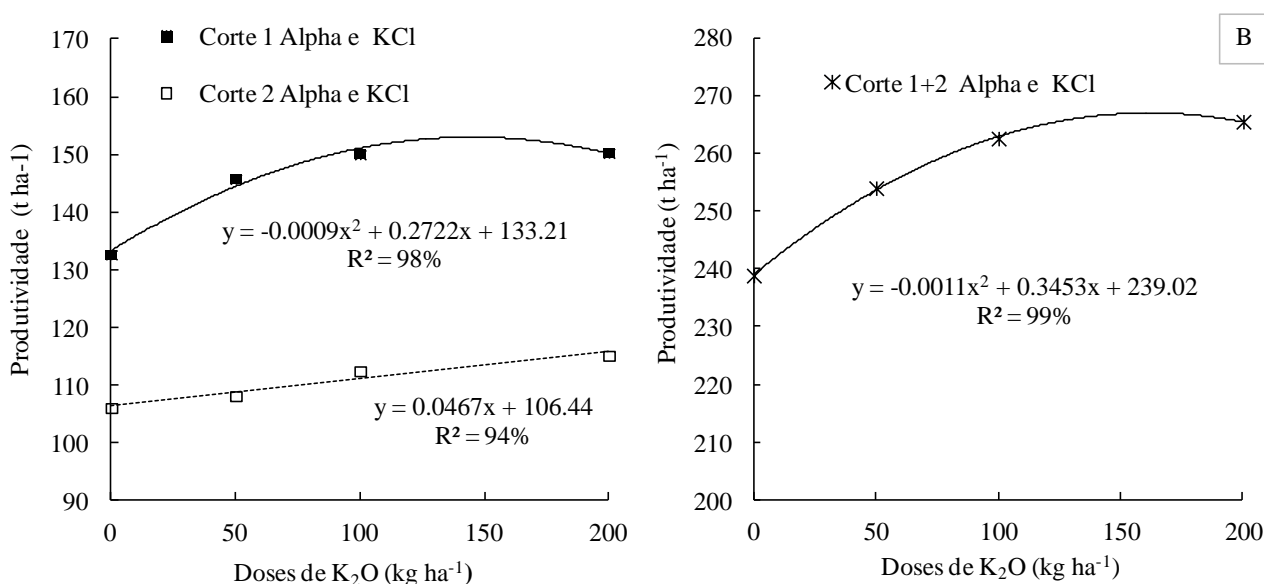


Figura 52. Doses e fontes de potássio, aplicadas no sulco de plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Aroeira.

A= Primeiro e Segundo corte B= Somatório (1+2 Corte). Termopotássio =TK47, Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Entretanto, no segundo corte, na Usina São Simão e na Aroeira, para ambas as fontes, à medida que aumentam as doses de potássio, aumenta a produtividade dos colmos (FIGURA 51 A e e 52 A). Na Usina Guaíra não houve ajuste estatístico nem no primeiro nem no segundo corte da cana.

Para o segundo corte com potássio na cana soca, verificou-se que não houve diferença estatística entre as fontes de Potássio, com produtividades variando de $122,45$ a $122,63\text{ t ha}^{-1}$ respectivamente com TK47 e com o KCl (FIGURA 53). Em relação às doses, houve um ajuste quadrático semelhante ao primeiro corte. O Potássio total aplicado na cana (planta + soca),

independente da fonte utilizada, TK47 ou KCl, aumenta o rendimento da cana soca até atingir o máximo de 128,38 t ha⁻¹ com a aplicação de 132,35 kg ha⁻¹ K₂O. (FIGURA 51 C).

Em relação à comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana verificou-se que, nos tratamentos com o KCl, a reaplicação do Potássio na cana soca trouxe acréscimo de produtividade, como verificado para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Os tratamentos com o TK47 não diferiram estatisticamente em relação à produtividade com a reaplicação de Potássio na cana soca (FIGURA 53). Isso evidencia que o Termopotássio aplicado na cana planta foi capaz garantir a produtividade da cana soca sem reaplicá-la.

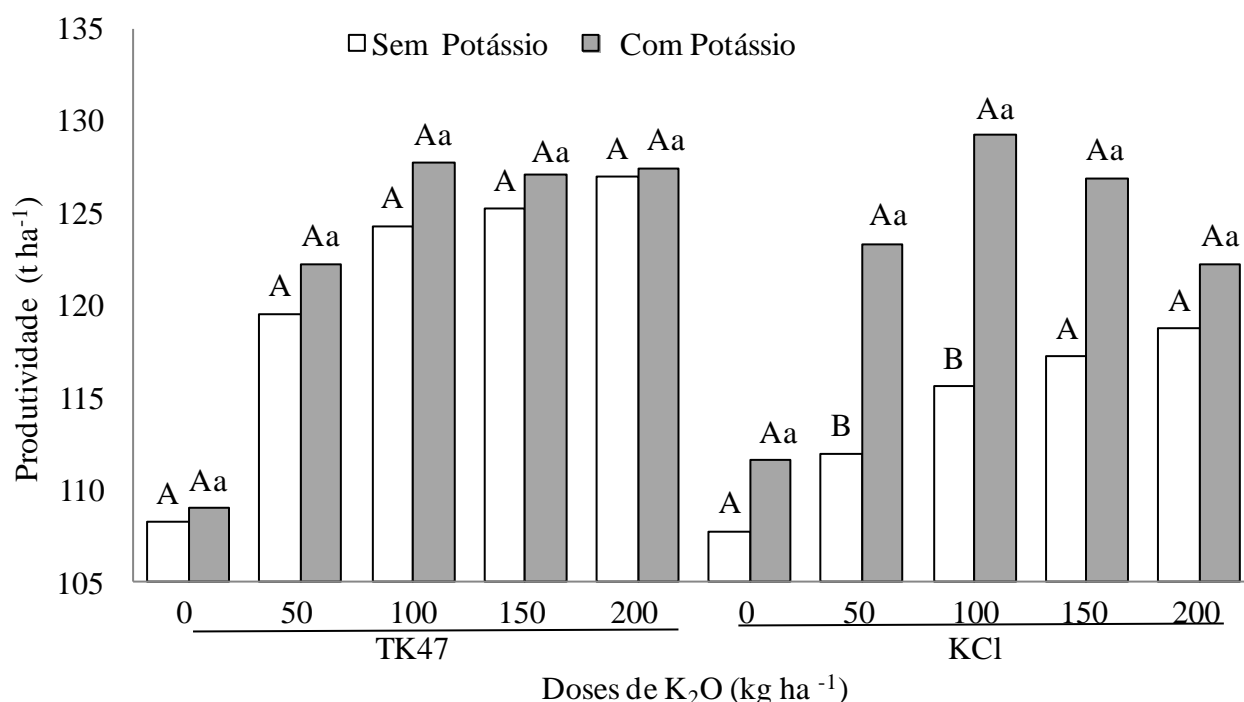


Figura 53. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina São Simão sobre a produtividade dos colmos.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=10,56). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=4,48).

3.14 Eficiência Agronômica Relativa (EAR) do Termopotássio

Verifica-se na Tabela 27 e na Figura 54 que, na Usina São Simão, no primeiro cultivo, o TK47 foi 47 % superior ao KCl e, no segundo cultivo, foi 105% superior ao KCl. Na Usina Aroeira, no primeiro corte, o KCl foi 38 % superior ao Alpha (Alpha foi 62 % inferior ao KCl) e, no segundo corte, o Alpha foi 44% superior que o KCl. Na Usina Guaíra, no primeiro corte, o KCl foi 46 % superior ao Beta (Beta foi 54 % inferior ao KCl) e, no segundo corte, o Beta foi 20% superior que o KCl.

Portanto, a fonte de potássio pouco solúvel em água se comportou como as fontes insolúveis de fósforo, que no início apresentam baixa eficiência e, com o passar do tempo, as diferenças de eficiência entre as fontes solúveis e insolúveis tendem a diminuir (SOUSA; LOBATO, 2004).

Contudo, considerando-se o primeiro e o segundo cortes, a eficiência agrônômica relativa do TK47 da Usina São Simão foi maior que o KCl, tanto no primeiro como no segundo corte da cana. A eficiência do Aplha da Usina Aroeira e do Beta na Usina Guaíra foi maior que o KCl após o segundo corte da cana (FIGURA 54). Porém, não é possível fazer a comparação do comportamento do termopotássio nas diferentes usinas por se tratar de amostras diferentes conforme apresentado na tabela 02.

Tabela 27. Eficiência agrônômica relativa do Termopotássio nas diferentes usinas

Usina	Fonte de Potássio	Primeiro Corte		Segundo Corte	
		Prod. Média	EAR*	Prod. Média	EAR*
		t ha ⁻¹	- % -	t ha ⁻¹	- % -
São Simão	Testemunha	113,3		108,00	
	TK47	128,6	147	120,82	205
	KCl	123,7	100	114,24	100
	TK47- Testemunha	15,30		12,82	
	KCl – Testemunha	10,40		6,24	
Aroeira	Testemunha	132,72		106,15	
	Alpha	144,88	62	113,04	144
	KCl	152,27	100	110,92	100
	Alpha- Testemunha	12,16		6,89	
	KCl – Testemunha	19,55		4,77	
Guaíra	Testemunha	102,57		118,33	
	Beta	104,90	54	112,85	120
	KCl	106,90	100	113,76	100
	Beta- Testemunha	2,33		-5,48	
	KCl – Testemunha	4,33		-4,57	

*EAR= [(Prod. Termopotássio- Prod. testemunha/ Prod. KCl- Prod. testemunha) *100 -100]. Sendo EAR= Eficiência Agrônômica Relativa, Prod.= Produtividade, TK47, Alpha, Beta= Termopotássio e KCl= Cloreto de potássio (ENGLESTAD et. al., 1974).

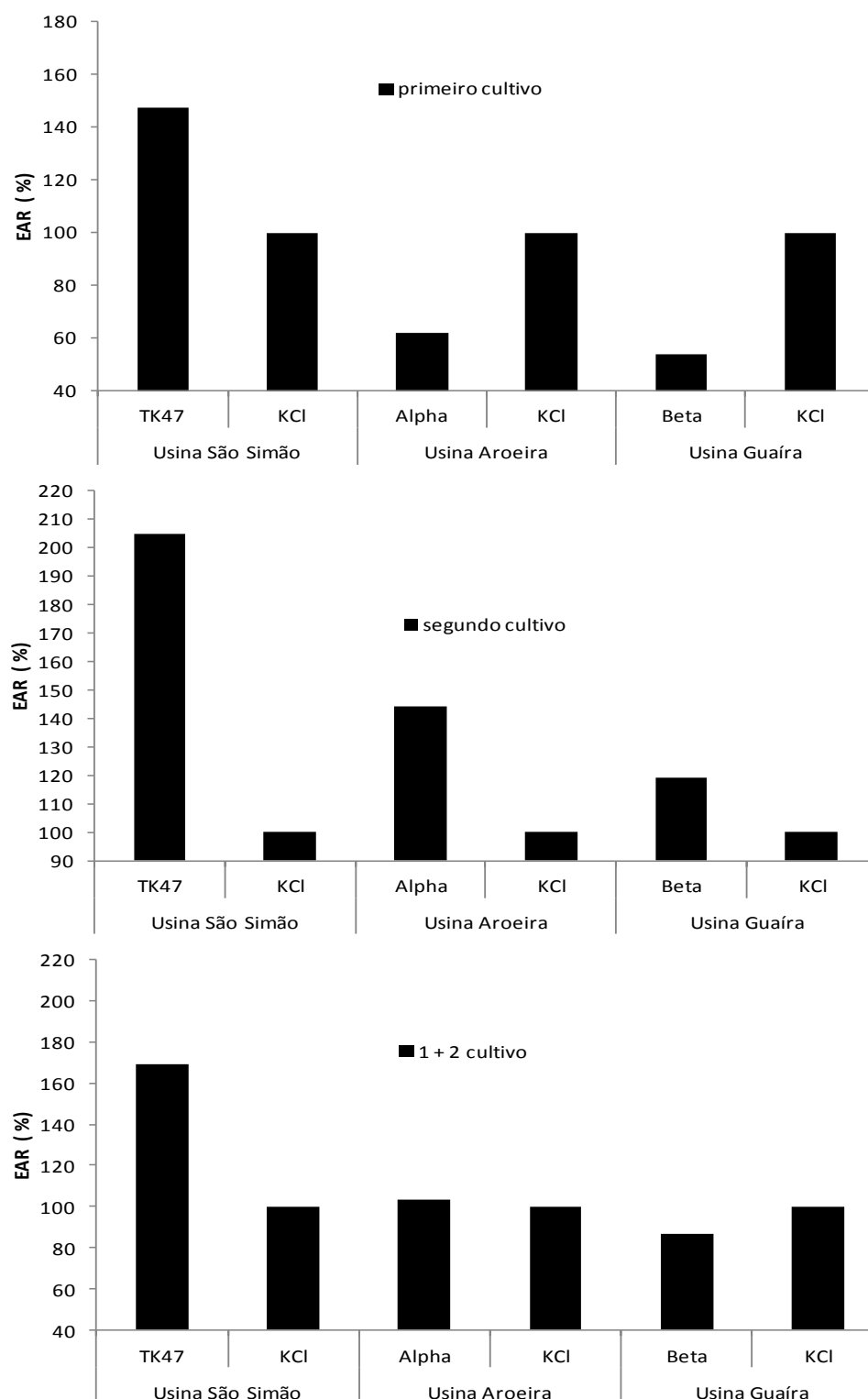


Figura 54. Eficiência agrônômica relativa (EAR) do termopotássio em relação ao Cloreto de potássio (KCl), ambos aplicados no sulco de plantio da cana, com base na produtividade média das doses K_2O para cada usina em que foram instalados os experimentos.

EAR= [(Prod. Termopotássio- Prod. testemunha/ Prod. Cloreto de potássio- Prod. testemunha) *100].
Sendo EAR = eficiência agrônômica relativa, Prod.= Produtividade (ENGLESTAD et. al., 1974).

Conclusões

O TK 47, Alpha e Beta traz benefícios à produção da cana planta e demonstrou efeito residual na cana soca. O TK 47, Alpha, Beta pode ser utilizado no cultivo da cana-de açúcar.

A eficiência agronômica do TK47 se mostrou maior que a do KCl, tanto na cana planta como na cana soca. Entretanto, a fonte Alpha foi mais eficiente que o KCl na cana soca como também ocorreu com a eficiência da fonte Beta em relação ao KCl.

A aplicação de altas doses de potássio no fundo do sulco de plantio da cana diminuiu a produtividade da mesma. A produtividade máxima da cana planta pode ser obtida com a aplicação de 121,04 kg ha⁻¹ K₂O (TK 47 e KCl) e 153,79 kg ha⁻¹ K₂O (Alpha e KCl) no fundo do sulco de plantio.

O TK47, Alpha e Beta disponibilizou para o solo e para a planta, potássio, cálcio, magnésio e silício e o TK47 aumentou o pH do solo.

Referências

- ALVAREZ, R.; AMARAL, Z. A; ARRUDA, V.H. Ensaio de adubação N-P-K em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n.63, 1960.
- ALVAREZ, R; PACHECO, C.A.J. Adubação da cana-de-açúcar; VII - Ensaio preliminar de adubação N-P-K no arenito de Bauru, **Bragantia**, Campinas, v.22, n.17, 1962
- ANDERSON, D.L.. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. **Fert. Res.**, vol.30, n.1, p. 9-18, 1991.
- CAMARGO, M. S.de; KORNDÖRFER, G. H.; FOLTRAN, D. E.; HENRIQUE, C. M.; ROSSETTO, R. Absorção de Silício, produtividade e incidência de *Diathraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 937-944, 2010.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar- volume. 1 - **SAFRA 2014/15- N 3-Terceiro Levantamento Dezembro/2014**.Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf> Acesso em: 01 jan.2015.
- DATNOFF, L.E; SNYDER, G.H; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam (Holanda do Norte),Elsevier, 2001. 403p.
- DEREN, C. W.; GLAZ, B.; SNYDER, G. H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane genotypes grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, NY, v. 16, n. 11, p. 2273-2280, 1993.
- DUARTE, I. N. **Termopotássio: fertilizante alternativo para a agricultura brasileira**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- DUARTE, I.N.; PEREIRA, H.S.; KORNDÖRFER, G.H. Lixiviação de Potássio proveniente do termopotássio. **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.2, p.195-200, 2013.
- ECHER, F. R.; et al. Fontes de Potássio na adubação de cobertura do algodoeiro. I: atributos biométricos e componentes de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1938-1943.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013, 353 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de pesquisa de solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Rio de Janeiro, 1999, 212p.

ENGELSTAD, O.P., A. JUGSUJINDA, S.K. DE DATTA. Response of flooded rice to phosphate rocks varying in citrate solubility. Soil Science Society America **Proceedings** 38: p.524 –529.1974.

EPA- Environmental Protection Agency, USA. **Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices (METHOD 3052)**. U.S. EPA, 20p, December,1996. Disponível em: <<http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2013.

FELTRIN, M. S; LAVANHOLI, M. das G. D. P; SILVA, H. S; PRADO, R. de M. Adubação potássica na produtividade da soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. **Nucleus**, Ituverava v.7, n.1, abr. 2010

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**, 2. ed. Piracicaba: STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. 2003. 240p.

FERREIRA, D.F.; SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras,v.6, p.36-41, 2008.

GAMA, A. M. J. **Sistema de rotação e adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar no cerrado**. 2007. 86f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

GAVA, G.J DE C.;SILVA, M.DE A.; SILVA, R.C.DA; JERONIMO, E.M; CRUZL,J.C.S. KÖLLN, O.T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.250–255, 2011.

HAUCK, F.W.; DICKINSON, J. Conveniência y experimentacion con potasio en el cultivo de caña de azucar. **ATAC – R. Técnica Inf.**,v.13,p.626-635, 1954.

KAHN, H; TASSINARI, M.N; ANTONIASSI, J. L. **Estudo de caracterização mineralógica em amostra de verdete**, Escola Politénica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Laboratório de Caracterização Tecnológica.. 11 de maio de 2011 (Relatório interno –Verde Fertilizantes Ltda, maio de 2011).

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de Silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 23, v. 1, p. 101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA. H. S.; NOLLA. A. Análise de Silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (**Boletim Técnico**, 2).

KORNDÖRFER, G. H.; RAMOS, L.A. Diagnose Foliar em Cana-de-açúcar. In: PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D.W.; CORREIA, M.A.R. ; SOUZA, H.A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2008. v.1. 301p.

MAEDA, A. S. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado**. 2009. 110f. Tese de doutorado (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

- MAPA,Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA]. 2007.**Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília, DF, Brasil.
- MARQUES, M.O.; MARQUES, T.A.; TASSO JÚNIOR, L.C. **Tecnologia do açúcar**: produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166 p.
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.
- MOURA FILHO, G.. ALBUQUERQUE,A.W; MOURA,A.B; SANTOS,A.C.I;FILHO,M.S.; SILVA,L.C . Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.11, p.1102–1109, 2014.
- OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de Potássio e suas relações com Cálcio e Magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.329-335, abr./jun. 2001.
- OLIVEIRA, F.A ; et al. Efeito residual da adubação com rochas brasileiras como fontes de potássio para a cultura da soja .**Espaço e Geografia**, Brasília v.19, n. 2, p.247-262, 2006.
- ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, T. Seja o doutor do seu canavial. POTAFOS. **Encarte de informações agrônômicas**, Piracicaba, n.67, setembro/1994.
- ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; RODELLA, A. A. Calibração de Potássio no solo e recomendação de adubação para a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 97, n. 1, p. 18-24, 1981.
- OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 1137-1145, 2010.
- PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANADE- AÇÚCAR – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA- PMGCA-UFV. Disponível em:<<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br> > Acesso em: 15 nov. 2014.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba-SP, International Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.
- RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; SENA, M. C., NASCIMENTO, M. T.; SILVA, L. C. R.; LINHARES, N. W. Rochas como fontes de Potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço & Geografia**, Brasília,vol.9, n. 1,p. 135:161, 2006.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302p.
- RODELLA, A. A.; ZAMBELO Jr., E.; ORLANDO FILHO, J. Calibração das análises de Fósforo e Potássio do solo em cana-de-açúcar; 2ª aproximação. **Saccharum STAB**, São Paulo, v. 6, n. 28, p. 39-42, 1983.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; CANTARELLA, H.; LANDELL, M. G. A. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 124, p. 8-13, 2008.

SAMPAIO, S.C. A composição do caldo de cana-de-açúcar: contribuição para o estudo da adubação. **Bragantia**, Campinas, v.5, n.5. p.291-308, 1945.

SANTOS, G.A; PEREIRA, A.B.; KORNDÖRFER, G.H. Uso do sistema de análises por infravermelho próximo (nir) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares de Silício e Nitrogênio em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 100-108, Jan./Feb. 2010.

SCHLINDWEIN, J. A, BORTOLON, L; GIANELLO, C Calibração de métodos de extração de Potássio em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35 p.1669-1677, 2011.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.3, p. 811-820, 2010.

SILVA, F. DE A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, **Reno-NV-USA**: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; FERNANDES, H. G.; SCIVITTARO, W. B. Efeito do Cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1085-1089, 2001.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, p. 1-16, 2004. Encarte técnico.

TIRONI, S. P; GALON, L.; FARIAS, A. T; SILVA, A.A da; Barbosa, M.H.P; Produtividade e qualidade da matéria prima de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas : **Revista Brasileira de Herbicida.**, Londrina, v.11, n.1, p.32-41, jan./abr. 2012.

TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar**: três casos estudados com o uso do traçador ¹⁵N. 2000. 143 p. Tese (Livre-docência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

UCHÔA, S. C. P.; ALVES JÚNIOR, H. O.; ALVES, J. M. A.; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de Potássio em ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 505-513, 2009.

YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na agricultura brasileira**. Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, Piracicaba-SP, 2005.841p

CAPÍTULO 2

APLICAÇÃO DE POTÁSSIO EM ÁREA TOTAL ANTES DO PLANTIO DA CANA-DE – AÇÚCAR (POTASSAGEM)

Resumo

A potassagem é a aplicação de potássio a lanço. O termopotássio é uma fonte de baixa solubilidade e poderia ser aplicado na superfície do solo antes do plantio da cana. O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica na cana-planta e cana soca da utilização do Termopotássio aplicado em área total, ou seja, na superfície do solo antes do plantio da cana. Para isso foi instalado dois experimentos, um na Usina Aroeira e um na Usina Guaíra. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial nos dois experimentos e o esquema fatorial foi $2 \times 4+1$ sendo duas fontes de potássio (Alpha e KCl na Usina Aroeira e Beta e KCl na Usina Guaíra) e quatro doses de potássio (100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O), e um tratamento adicional em que não foi realizada adubação potássica. Em ambas as usinas, foram montados quatro blocos totalizando 36 parcelas. Os tratamentos foram aplicados, manualmente, antes da abertura dos sulcos de plantio da cana em área total sobre a superfície do solo. Após o primeiro corte da cana, todas as parcelas da cana soca foram divididas ao meio. Na Usina Aroeira, uma parte recebeu 120 kg ha⁻¹ de K₂O (fonte KCl) e a outra parte recebeu 0 kg ha⁻¹ de K₂O; na Usina Guaíra, metade da parcela foi adubada com 80 kg ha⁻¹ de K₂O(fonte KCl) e a outra metade não recebeu potássio. Tanto no primeiro como no segundo corte, as variáveis analisadas foram: K, Ca, Mg e Si na folha e no solo (0-20 e 20-40 cm); pH do solo em ambas as profundidades, altura da cana, Brix, Pol, ATR e TAH, produtividade dos colmos da cana e eficiência agrônômica relativa (EAR) do Termopotássio. Os tratamentos quantitativos foram submetidos a análise de regressão e os qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância. Alpha e Beta traz benefícios à cana planta e demonstrou efeito residual na cana soca. A eficiência agrônômica do Alpha foi maior que a eficiência do KCl após segundo corte da cana quando aplicado na dose de 100 e 200 kg ha⁻¹ K₂O na superfície do solo da cana planta. A eficiência agrônômica do Alpha diminuiu para doses acima 200 kg ha⁻¹ K₂O. A eficiência agrônômica do Beta foi maior que a eficiência do KCl após o primeiro corte da cana quando aplicado na dose de 200 kg ha⁻¹ K₂O na superfície do solo da cana planta. Tanto o Alpha e Beta bem como o KCl, quando aplicados na superfície do solo da cana planta, aumentam a produtividade da cana planta e cana soca a medida que aumentam as doses de potássio. Além de potássio, o Alpha e Beta disponibilizou para o solo cálcio, magnésio e silício. A reaplicação do potássio na cana soca diminuiu a absorção de silício e magnésio pela cana.

Palavras-chave: termopotássio, superfície, solo, *Saccharum* spp.

Abstract

Potassium broadcast application prior to sugarcane planting

Thermopotash is a low solubility source that could be broadcast applied to soil previous to cane planting. This study evaluated the agricultural efficiency of thermopotash broadcast application over the soil surface, before cane planting, in plant and ratoon cane. Two experiments were done, one at Aroeira and the other one at Guaíra. The experimental design was randomized blocks, as a 2 x 4+1 factorial, with two potassium sources (Alpha and KCl at Aroeira, and Beta and KCl at Guaíra) and four potassium doses (100, 200, 400 or 800 kg ha⁻¹ K₂O), and an additional treatment with no potassium fertilization, with four replications. Treatments were broadcast applied manually, before furrowing the area for cane planting, with no incorporation. After plant cane harvest, the plots were split in two. At Aroeira, one half was fertilized with 120 kg ha⁻¹ K₂O, and the other half with none; at Usina Guaíra, one half was fertilized with 80 kg ha⁻¹ K₂O and the other half none. The variables analyzed at both harvests were: leaf and soil (0-20 and 20-40 cm depth) K, Ca, Mg and Si; soil pH at both depths, cane height, Brix, Pol, ATR and TAH, stalk yield and Thermopotash relative agronomic efficacy (RAE). Quantitative treatments were submitted to regression analyses and qualitative ones compared by the Tukey test at 5% significance. Thermopotash Alpha and Beta bring benefits for plant cane and had residual effects for ratoon cane. Agronomic efficacy of Alpha was greater than KCl after the second harvest, when broadcast applied at 100 and 200 kg ha⁻¹ K₂O before planting the sugarcane. Agricultural efficacy of Alpha decreased at doses above 200 kg ha⁻¹ K₂O. Both Alpha and Beta thermopotash, as well as KCl, increased cane yield in plant and ratoon cane as potassium doses increased. Besides potassium, thermopotash Alpha and Beta supplied calcium, magnesium and silicon to the soil. Reapplying potassium in ratoon cane, decreased cane silicon and magnesium absorption.

Keywords: Thermopotash, surface, soil, *Saccharum* spp.

1.Introdução

Durante a implantação da cultura da cana-de-açúcar a aplicação de potássio é feita no fundo do sulco de plantio em uma única aplicação ou com o parcelamento da adubação durante o cultivo da cana (OTTO *et al.*, 2010).

Entretanto, a fonte mineral de potássio mais utilizada na agricultura é o cloreto de potássio, que é um sal altamente solúvel em água (RAIJ, 2011). Contudo, o íon K^+ apresenta baixa faixa de adsorção nos colóides do solo, o que faz com que o parcelamento da adubação potássica seja necessário para reduzir as perdas de potássio por lixiviação. O alto índice salino desta fonte faz com que, quando o fertilizante é aplicado em alta quantidade, diminua o potencial osmótico e a planta, ao invés de absorver água do meio, perde água e é prejudicada pelo efeito salino.

Uma das formas de se evitar esse efeito pode ser a aplicação das fontes de potássio na superfície do solo em área total, antes do plantio da cana-planta (potassagem), como ocorre com as fontes insolúveis de fósforo (fosfatagem). Esse manejo é uma operação que, em relação à aplicação parcelada de potássio, traz vários benefícios: agilidade na operação do quebra-lombo devido não ter que parar para ficar reabastecendo a máquina com adubo e aumento da eficiência do adubo pois, tende a diminuir as perdas com o efeito salino e as perdas com a lixiviação, o que possibilita a aplicação de altas doses de potássio em uma única aplicação.

A utilização de fontes de nutrientes pouco solúvel em água na agricultura tem sido proposta como uma alternativa aos fertilizantes tradicionais. Essas fontes podem aumentar a disponibilidade de nutriente para solo e para planta ao longo do ciclo da cultura e trazer diversas vantagens. A liberação gradual dos nutrientes, em uma velocidade compatível com a demanda das plantas, diminui as perdas por lixiviação, por volatilização, evita a salinização do solo e favorece uma ação de longo prazo do fertilizante aplicado (BORGES *et al.*, 2006; MELAMED *et al.*, 2009). Além do ponto de vista ambiental, essa característica é importante do ponto de vista econômico, pois os custos são diluídos ao longo do tempo de eficácia desse insumo (THEODORO *et al.*, 2012).

Algumas fontes contêm, preferencialmente, quantidades apreciáveis de macro e de micronutrientes não disponíveis em fertilizantes como, por exemplo, o Termopotássio que, de acordo com Duarte (2012), além de potássio, disponibiliza para o solo o cálcio, magnésio, silício.

Com isso, objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade, parâmetros tecnológicos, atributos químicos do solo e absorção foliar de nutrientes da cana-planta e cana-soca, pela aplicação do Termopotássio em área total, ou seja, na superfície do solo antes do plantio da cana planta.

2 Material e métodos

2.1 Caracterização química e física das fontes de Potássio testadas

O Termopotássio é um produto oriundo da mistura do calcário com Verdete, processo este constituído por etapas conforme especificado no item 2.1. no Capítulo 1.

Antes de instalar os experimentos foi realizada a caracterização química do Verdete (TABELA 28) bem como a caracterização física e química do Termopotássio e do Cloreto de potássio (TABELA 29) utilizados nesse experimento. Como além de potássio, as fontes continha, na sua composição química outros nutrientes foi determinada a quantidade de cálcio, magnésio, silício e cloro no solo com a aplicação das fontes de potássio no solo (TABELA 30).

Tabela 28. Caracterização química do Verdete, rocha sedimentar, oriunda da região de São Gotardo/Matutina-MG

Elemento	-- % --	Elemento	-- % --
K ₂ O	11,180	Na ₂ O	00,090
SiO ₂	57,940	TiO ₂	00,800
CaO	00,060	P ₂ O ₅	00,080
MgO	02,690	MnO	00,110
Fe ₂ O ₃	06,720	Cr ₂ O ₃	00,016

Fonte: Relatório interno da Verde Fertilizantes Ltda, 2011. Análise por meio da Difractometria de raios x (DRX), realizada no Departamento de Ciência de solo da Esalq/USP

Tabela 29. Caracterização física e química do Cloreto de Potássio (KCl), Termopotássio (Alpha, Beta).

	Fontes		
	KCl	Alpha (Aroeira)	Beta (Guaíra)
Caracterização Física			
(Porcentagem da fonte que ficou retida nas peneiras)			
Peneira	----- % -----		
2mm (ABNT nº 10)	96,7	22,4	30,1
0,84mm (ABNT nº 20)	3,0	26,6	31,2
0,30 mm (ABNT nº 50)	0,2	18,1	16,4
Fundo da peneira	0,1	32,9	22,3
Caracterização Química			
¹ Índice Salino	145	0.50	0.50
	----- % -----		
² K ₂ O Total	60	07	07
³ K ₂ O Solúvel em água	62	0,5	0,5
³ K ₂ O Solúvel em ácido cítrico a 2% 1:500	61	04	04
⁴ Si Total	-	28	28
⁵ Ca Total	-	22	22
⁵ Mg Total	-	01	01
⁶ Cloro	47	-	-

KCl= Cloreto de potássio, Alpha = Termopotásio; Beta= Termopotássio. ¹Determinado de acordo com o MAPA (2007); ²metodologia EPA (1996); ⁴Korndorfer *et al.* (2004)^{3,3} Dados fornecidos pela Verde Fertilizantes ⁶Embrapa (1999).

Tabela 30. Quantidade em kg ha⁻¹ de cálcio, magnésio, silício e cloro adicionadas no solo com a aplicação das fontes de potássio.

K ₂ O	Fonte (Alpha e Beta)	DOSES ¹			
		Ca	Mg	Si	Cl
----- kg ha ⁻¹ -----					
100	1429	314	14	400	0
200	2857	629	29	800	0
400	5714	1257	57	1600	0
800	11429	2514	114	3200	0
K ₂ O	Fonte (KCl)	DOSES ¹			
		Ca	Mg	Si	Cl
----- kg ha ⁻¹ -----					
100	167	0	0	0	78
200	333	0	0	0	157
400	667	0	0	0	313
800	1333	0	0	0	627

¹Doses calculadas com base nos teores totais de nutrientes encontrados nas fontes.

2.2 Localização dos experimentos

Foram desenvolvidos dois experimentos, sendo um localizado na Usina Aroeira em Tupaciguara/MG (18° 47' 41,1"S 48° 35' 17,3"O) e outro na Usina Guaíra, Guaíra/SP (20° 20,0' 55,98"S 48° 10' 43,83"O) (FIGURA 55).

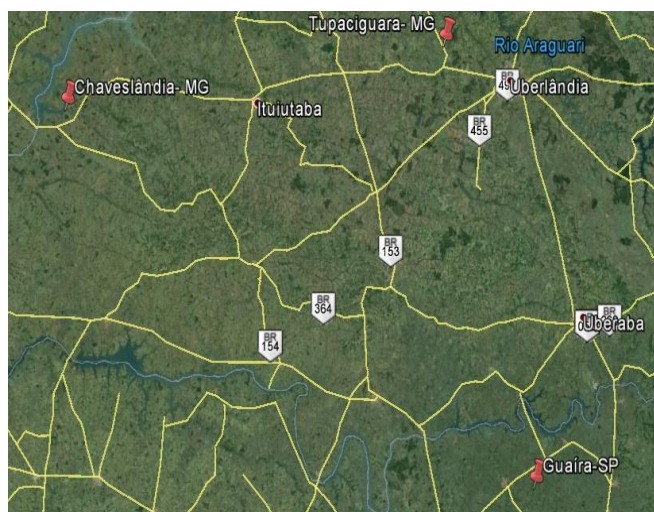


Figura 55. Locais em que foram instalados os experimentos

O teor de potássio no solo, nas usinas, variou de muito baixo (0 - 0,07 cmol_c dm⁻³) a baixo (0,07 - 0,15 cmol_c dm⁻³) (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011) e a textura foi média a argilosa (TABELA 31). O Ambiente de produção na Usina Aroeira foi o D1 e na Usina Guaíra foi o C1.

Tabela 31. Classificação e caracterização química/ física das amostras de solo, coletadas na profundidade de 0-20 cm nos locais dos experimentos.

Usina	Tipo de solo	pH	K	Ca	Mg	Si	P	SB	H+A	CTC	V	Textura
		CaCl ₂	-- cmol _c dm ⁻³	--	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³	---	%			
Aroeira	Latossolo Vermelho Amarelo distrofico	4,90	0,0	0,9	0,3	5,5	4,2	1,2	2,00	3,24	3	Média
Guaíra	Latossolo Vermelho Acriférico	4,70	0,0	1,8	0,7	10,	14,	2,5	3,60	6,18	3	Argilosa

Classificação do solo conforme Embrapa, (2013). pH CaCl₂ ; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; P; K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); SB -Soma de bases; H +Al- acidez potencial bem como análise física (método da pipeta) conforme Embrapa (1999). O Si no solo (CaCl₂ 0,01mol L⁻¹) conforme metodologia Korndörfer *et al.* (2004).

2.3 Delineamento experimental dos experimentos

Tanto na Usina Aroeira como na Usina Guaíra, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4+1, sendo duas fontes de Potássio (Alpha e KCl na Usina Aroeira) / (Beta e KCl na Usina Guaíra) e quatro doses de Potássio (100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O), e um tratamento adicional o qual não recebeu adubação potássica.

Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 15 m de comprimento, totalizando uma área de 112,50 m². Foram montados quatro blocos, totalizando 36 parcelas.

2.4 Instalação dos experimentos

Em ambas as usinas, as fontes de potássio foram aplicadas antes da abertura dos sulcos de plantio da cana, manualmente em área total sobre a superfície do solo. Posteriormente foi feita a abertura dos sulcos de plantio da cana com auxílio de um sulcador na profundidade de cerca de 0,3 m. No momento da abertura dos sulcos de plantio da cana, foram aplicados 400 kg ha⁻¹ de monoamônio fosfato (MAP), com 52% P₂O₅. O plantio da cana foi realizado manualmente, com a distribuição de, aproximadamente, 22 gemas por metro, dentro do sulco de plantio.

2.5 Experimento na Usina Aroeira

2.5.1 Histórico da área

Na área experimental da Usina Aroeira, antes do plantio da cana, encontrava-se o capim braquiária e posteriormente a cultura da soja. A área de pastagem recebeu duas toneladas de calcário e uma tonelada de gesso, foi gradeada e posteriormente foi realizada a semeadura da soja a qual foi colhida e a área foi sulcada para efetuar o plantio da cana.

A precipitação pluviométrica acumulada nessa usina antes do primeiro corte da cana foi de 1316 mm e antes do segundo corte foi de 1248 mm (FIGURA 56).

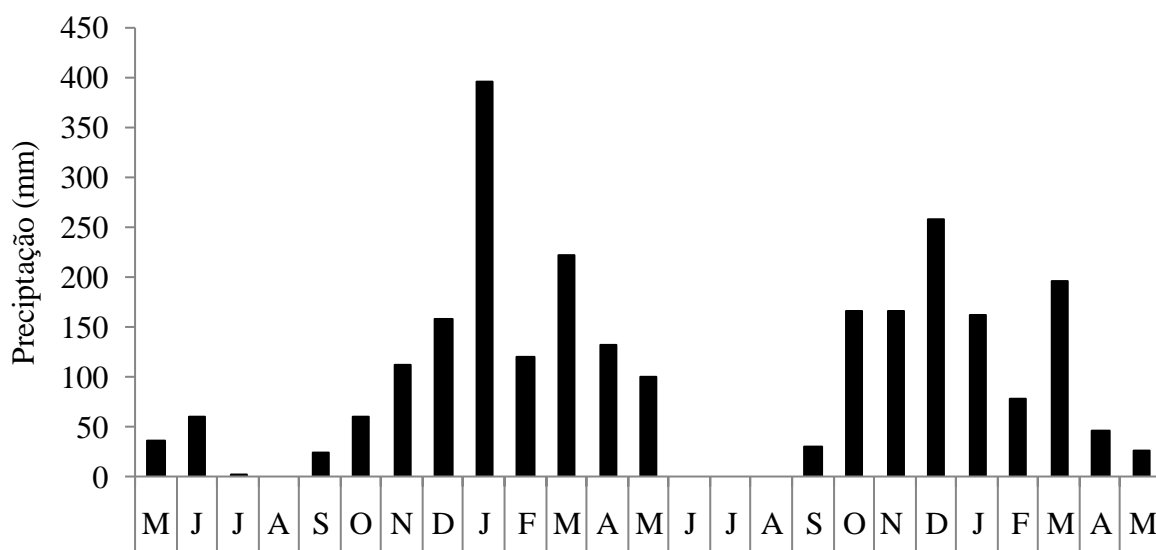


Figura 56. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Aroeira (05/2012 a 05/2014).

2.5.2 Condução da Cana planta

O plantio da cana, cultivar RB 92 579, foi realizado em maio de 2012. Aos 120 dias após o plantio, setembro 2012, foi realizado o quebra-lombo e, durante essa operação, foram aplicados, em todas as parcelas do experimento, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (303 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio).

A colheita da cana planta foi realizada manualmente, em maio de 2013, completando um ciclo de doze meses. Essa colheita foi conduzida no sistema sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.5.3 Condução da Cana soca

Na adubação da cana soca, todas as parcelas receberam nitrogênio e fósforo, tendo sido aplicados 140 kg ha^{-1} de Nitrogênio (425 kg ha^{-1} de Nitrato de amônio) e 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 (87 kg ha^{-1} de Superfosfato triplo com 46 % de P_2O_5).

As parcelas na cana soca foram divididas ao meio e metade recebeu potássio na dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O (fonte KCl em todas as parcelas) e a outra metade não recebeu a adubação potássica.

Portanto, as parcelas com 15 m de comprimento, depois do primeiro corte, foram subdivididas em duas parcelas com 7 m de comprimento e 1m de carreador. Cada parcela passou a ser representada por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 7 m de comprimento, totalizando uma área útil de $52,5 \text{ m}^2$. Na cana soca dessa usina, não houve aplicação de calcário nem gesso.

A colheita da cana soca, segundo corte da cana, foi realizada manualmente, em maio de 2014, completando um ciclo de doze meses. Os colmos da cana foram colhidos no sistema sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.6 Experimento na Usina Guaíra

2.6.1 Histórico da área

A área da Usina Guaíra, foi submetida a reforma de canavial, onde, antes do plantio, foram aplicadas 2 t de calcário e 1 t de gesso. Após a aplicação do corretivo e do condicionador de solo, a área foi gradeada e, no dia do plantio da cana, a área foi sulcada. Nessa Usina, a precipitação pluviométrica acumulada antes do primeiro corte da cana foi de 1272 mm e antes do segundo corte foi de 1357 mm (FIGURA 57).

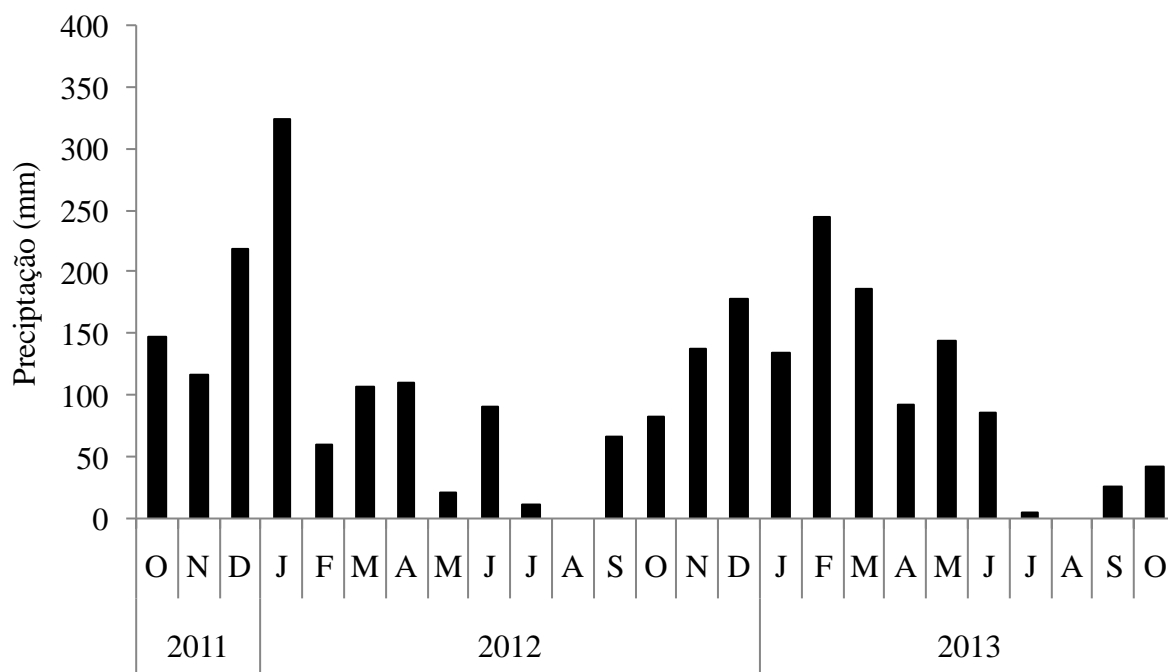


Figura 57. Precipitação pluviométrica mensal acumulada na aérea experimental da Usina Guaíra (10/ 2011 a 10/2013).

2.6.2 Condução da Cana planta

O plantio da cana, cultivar RB 86 7515, foi realizado em outubro de 2011. Em janeiro de 2012, 90 dias após o plantio, não foi realizada adubação nitrogenada, entretanto foi feita a aplicação dos herbicidas Velpak na dose $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$ mais Gamit na dose de $1,2 \text{ L ha}^{-1}$.

A colheita da cana planta foi realizada manualmente em outubro de 2012, depois de um ciclo de doze meses no sistema de colheita sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.6.3 Condução da Cana soca

Com o objetivo de se avaliar o efeito residual das fontes de potássio na adubação da cana soca, todas as parcelas receberam apenas 136 kg ha^{-1} de nitrogênio (400 kg ha^{-1} de Nitrato de amônio com 34% N).

Entretanto, para a adubação potássica as parcelas com 15 m de comprimento, depois do primeiro corte, foram subdivididas em duas parcelas com 7 m de comprimento e 1 m de carreador entre as parcelas.

Cada parcela passou a ser representada por cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas entre si em 1,5 m, com 7 m de comprimento, totalizando uma área útil de 52,5 m². A parcela da cana soca que recebeu potássio foi adubada com 80 kg ha⁻¹ de K₂O (fonte KCl em todas as parcelas) e a outra metade da parcela recebeu 0 kg ha⁻¹ de K₂O. Não houve aplicação de calcário nem de gesso na cana soca.

A colheita da cana soca, foi realizada manualmente em outubro de 2013, depois de um ciclo de doze meses sem queima e com manutenção da palha na superfície do solo.

2.7 Avaliações dos os experimentos

Em ambas as usinas, tanto no primeiro quanto no segundo corte da cana, as variáveis analisadas foram: K, Ca, Mg e Si na folha e no solo (0-20 e 20-40 cm); pH do solo em ambas profundidades, altura da cana, Brix, Pol, ATR e TAH, produtividade dos colmos da cana e eficiência agrônômica relativa (EAR). As avaliações foram realizadas conforme descrito no item 2.6 do capítulo 1.

2.8 Análise estatística dos os experimentos

Tanto na Usina Aroeira como na Usina Guaíra, os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância por meio do programa estatístico denominado Assistat (SILVA; AZEVEDO,2009) e quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas a 5% de significância. Os tratamentos quantitativos foram submetidos à análise de regressão e os qualitativos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey. O tratamento controle foi comparado com os tratamentos que receberam adubação potássica pelo teste de Dunnett.

3. Resultados

3.1 Potássio foliar

Na Usina Aroeira, verifica-se no primeiro corte que o KCl proporcionou mais potássio foliar do que o Alpha quando aplicado nas doses 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O. Entretanto todos os tratamentos diferiram da testemunha. No segundo corte, sem a reaplicação de potássio independente da dose utilizada não proporcionou diferença estatística entre as fontes de potássio e apenas o

Alpha e KCl aplicado na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O diferiu da testemunha (TABELA 32). No segundo corte com a reaplicação do potássio não houve diferença estatística entre as fontes de potássio nem entre cada tratamento e a testemunha (FIGURA 59).

Tabela 32. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre potássio foliar.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta - kg ha ⁻¹ -	Alpha	KCl			Média	Alpha	KCl			Média
	----- K foliar, g kg ⁻¹ -----					-----				
Usina Aroeira										
0	8,07					8,25				
100	9,25	A *	9,37	A *	9,31	9,12	ns	9,00	ns	9,06
200	9,50	B *	10,50	A *	10,00	10,50	ns	10,25	ns	10,37
400	9,75	B *	11,25	A *	10,50	10,62	ns	10,37	ns	10,50
800	10,12	B *	11,37	A *	10,75	11,00	*	10,87	*	10,93
Média	9,65		10,62			10,31	A	10,12	A	
CV= 4,60 %; DMS fonte=0,66; Dunnett=0,92					CV=12,56. %; DMS fonte= 0,91; Dunnett=2,54					
Usina Guaíra										
	Beta	KCl			Média	Beta	KCl			Média
0	15,00					9,62				
100	15,25	ns	15,62	ns	15,43	10,00	ns	9,75	ns	9,87
200	14,87	ns	15,75	ns	15,31	10,12	ns	9,87	ns	10,00
400	14,50	ns	16,50	ns	15,50	10,25	ns	10,00	ns	10,12
800	14,50	ns	17,00	ns	15,75	10,50	ns	10,12	ns	10,31
Média	14,78	B	16,21	A		10,21	A	9,94	A	
CV=8,91%; DMS fonte=1,01; Dunnett=2,77					CV=8,24 %; DMS fonte=0,60;Dunnett=1,67					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Guaíra, não houve interação entre dose e fonte, portanto, independente da dose de potássio utilizada o potássio foliar foi maior com o KCl no primeiro corte. Além disso, não houve diferença entre as fontes de potássio (KCl e Beta) no segundo corte (TABELA 32). Nessa Usina, houve diferença estatística em relação à testemunha, apenas no segundo corte com reaplicação de potássio para o tratamento com KCl na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O no plantio da cana (FIGURA 60).

Os teores de potássio foliar encontrados nesse experimento são semelhantes aos encontrados na literatura. Moura Filho *et al.* (2014) constataram valores ótimos de potássio para a cana-de-açúcar sendo que para a cultivar usada na Usina Guaíra (RB 867515) foi obtido 7,2- 10,3 g kg⁻¹, e para cultivar usada na usina Aroeira (RB 92579) foi de 9,8 – 11,7g kg⁻¹ de potássio foliar.

Em relação às doses, verifica-se na Usina Aroeira (FIGURA 58 A e B), aumento do potássio foliar com aumento das doses de potássio tanto para Alpha como para o KCl após o primeiro corte da cana bem como, após o segundo corte da cana com potássio. Entretanto após o segundo corte sem potássio, houve ajuste quadrático para a fonte KCl e Alpha , assim, o potássio foliar aumenta até atingir o máximo de 11,23 g kg⁻¹ com a aplicação de 642,85 kg ha⁻¹ K₂O. A partir dessa dose, o potássio foliar tende a diminuir. Na Usina Guaíra (FIGURA 58 C) houve ajuste linear apenas após o primeiro corte da cana, portanto houve aumento do potássio foliar com aumento da dose de potássio aplicada tanto para Beta quanto para KCl.

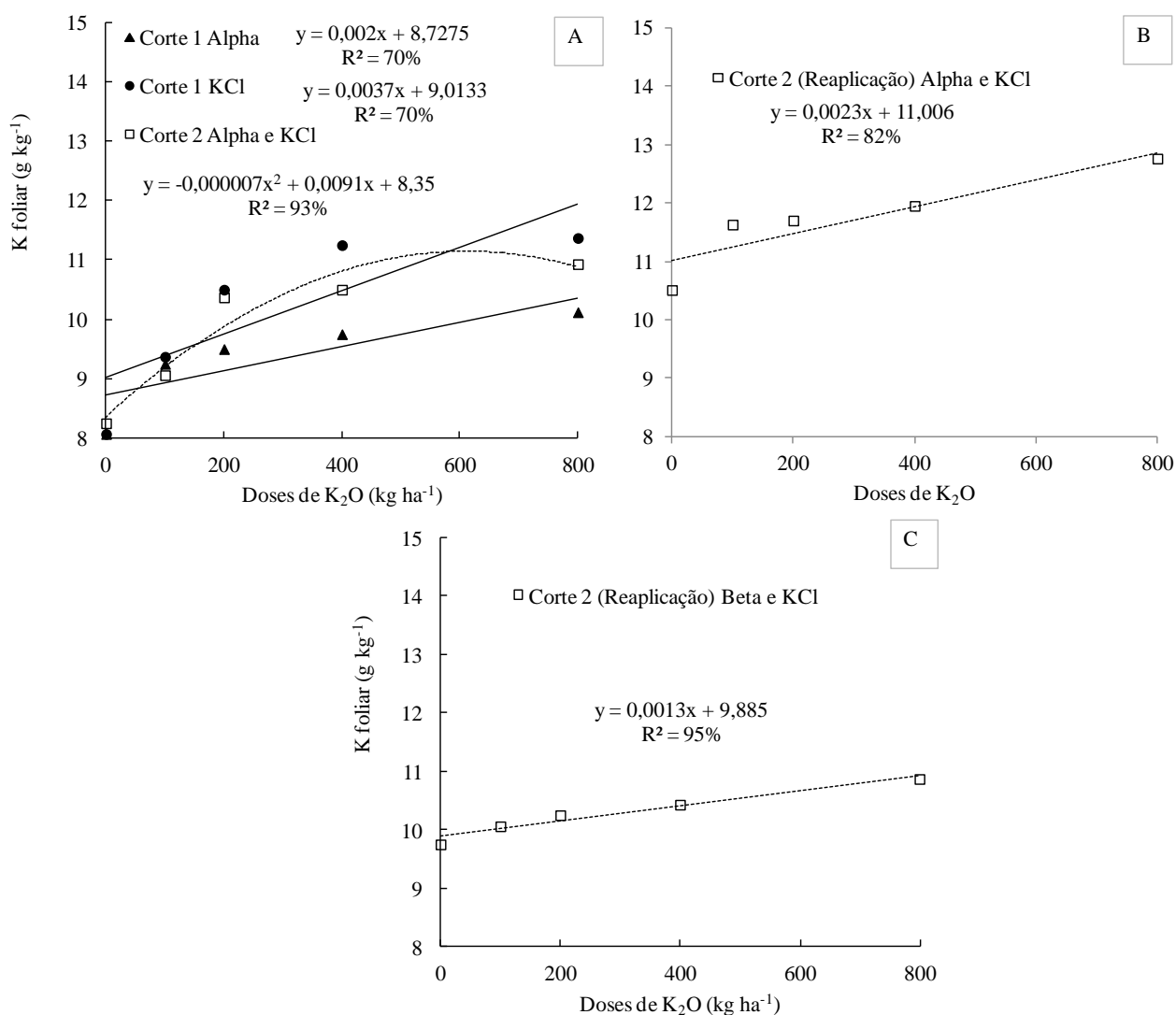


Figura 58. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio foliar.

A- Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Aroeira, C= Reaplicação de Potássio (80 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Guaíra . Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Em relação à reaplicação de potássio na cana soca, verificou-se que, na Usina Aroeira, a aplicação do potássio na soqueira da cana aumentou o potássio foliar em todas as parcelas que

adubadas na cana planta com Alpha e KCl na dose de 0 e de 100 kg ha⁻¹ K₂O bem como para o tratamento testemunha (FIGURA 59). Na Usina Guaíra, não houve diferença estatística para o potássio foliar entre a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca (FIGURA 60).

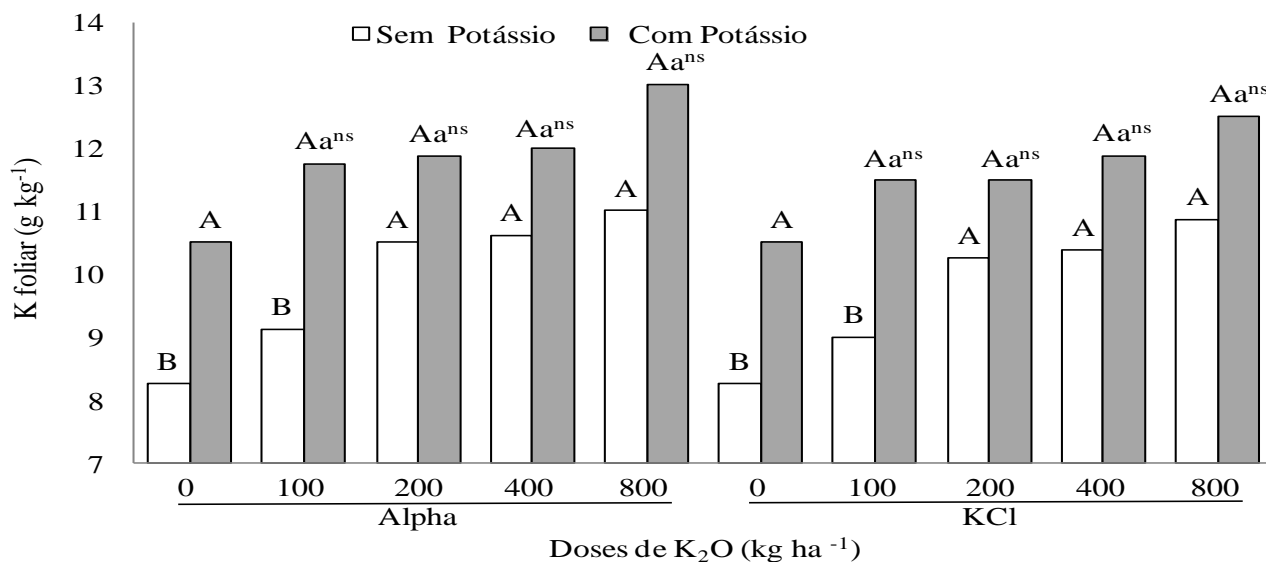


Figura 59. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Potássio na parte aérea.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=2,21). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=1,34). ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=3,77).

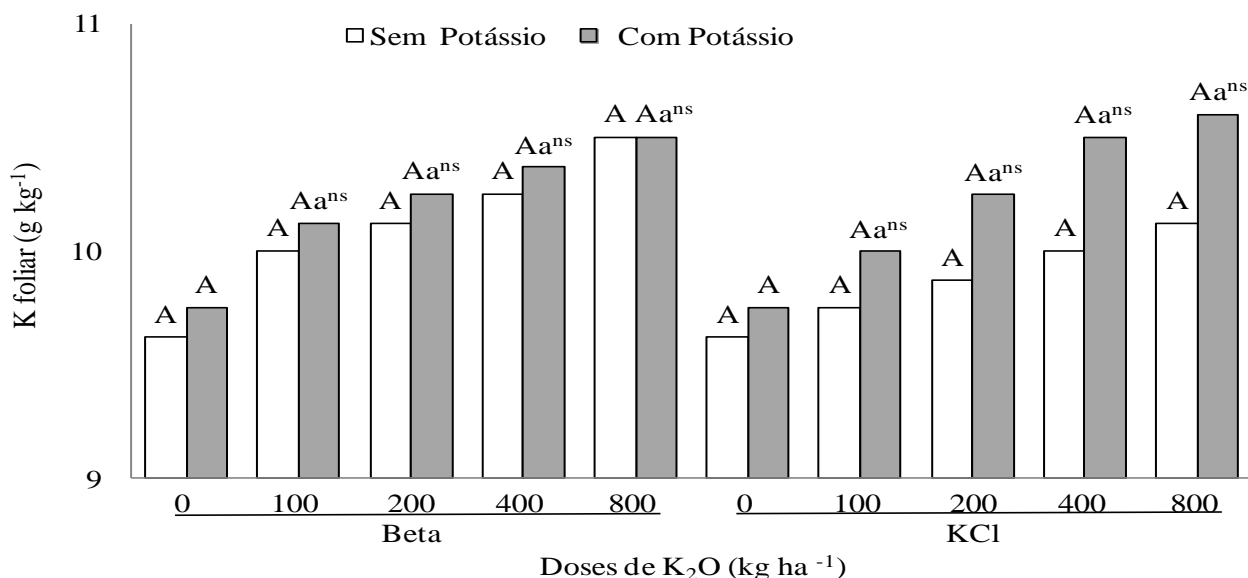


Figura 60. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a concentração de potássio na parte aérea.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,98). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,46). ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=1,27).

3.2 Cálcio foliar

Na Usina Aroeira onde foi utilizado a cultivar de cana RB 92579 (TABELA 33 e FIGURA 61) e Guaíra que foi utilizado a cultivar de cana RB 867515 (TABELA 33 e FIGURA 62), tanto no primeiro como no segundo corte da cana (com e sem K) não houve diferença estatística entre as fontes de potássio nem o entre cada tratamento e a testemunha.

Os valores de cálcio observado nesse experimento na Usina Aroeira foram maiores do que os observados por Moura Filho *et al.* (2014) cultivar RB 92579 foi 3,2 e 3,1 g kg⁻¹. Entretanto, os valores de cálcio foliar observados nesse experimento foram semelhantes aos observados por Moura Filho *et al.* (2014) para cultivar RB 867515 foi 3,9 e 4,8 g kg⁻¹.

Tabela 33. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o cálcio foliar.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Ca foliar, g kg ⁻¹ -----									
Usina Aroeira										
0	5,75					6,20				
100	6,13	ns	7,11	ns	6,62	6,18	ns	6,26	ns	6,22
200	6,53	ns	6,84	ns	6,69	6,14	ns	6,01	ns	6,07
400	6,04	ns	6,20	ns	6,12	6,39	ns	6,41	ns	6,40
800	5,81	ns	5,88	ns	5,84	6,14	ns	6,11	ns	6,13
Média	6,13	A	6,51	A		6,22	A	6,20	A	
CV= 18,18%; DMS fonte= 0,83; Dunnett=2,30					CV=5,20 %; DMS fonte=0,23;Dunnett= 0,65					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	4,55					4,50				
100	4,71	ns	4,72	ns	4,71	5,04	ns	4,53	ns	4,78
200	4,49	ns	4,63	ns	4,56	4,40	ns	5,10	ns	4,75
400	4,56	ns	3,65	ns	4,10	5,69	ns	5,42	ns	5,56
800	4,55	ns	4,28	ns	4,42	5,74	ns	4,88	ns	5,31
Média	4,58	A	4,32	A		5,22	A	4,98	A	
CV= 15,53%; DMS fonte=0,50; Dunnett= 1,40					CV= 19,50%; DMS fonte=0,69;Dunnett=1,92					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Não houve diferença estatística para o cálcio foliar entre a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca da Usina Aroeira (FIGURA 61) bem como na cana soca da Usina Guaíra entre a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 62).

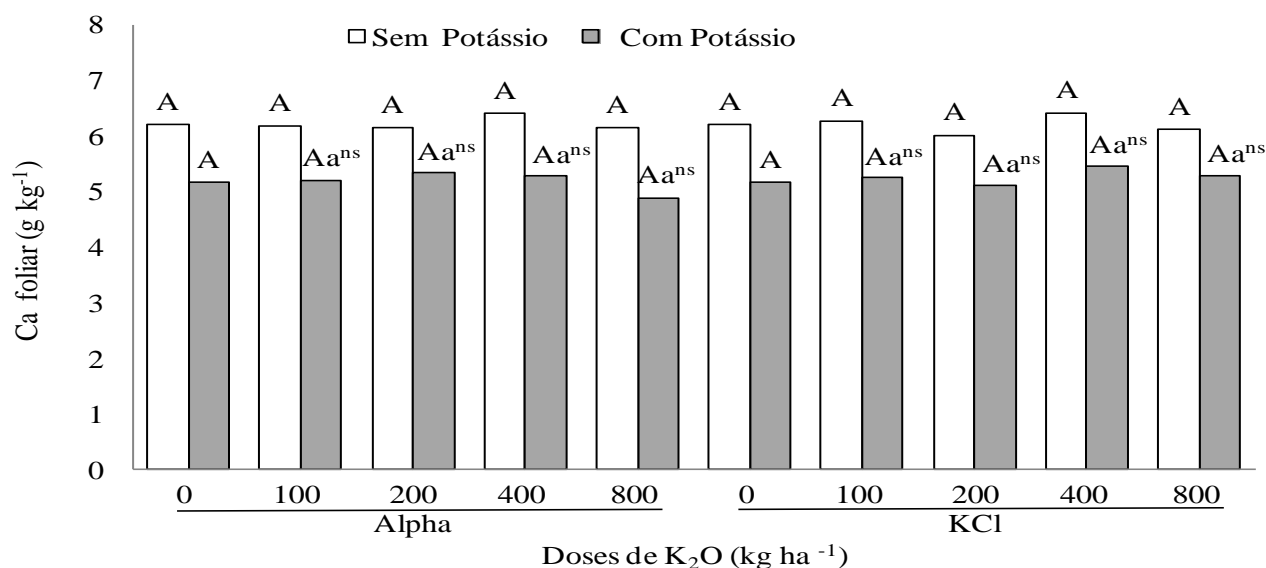


Figura 61. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Cálcio na parte aérea.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=1,34). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,99). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=2,76).

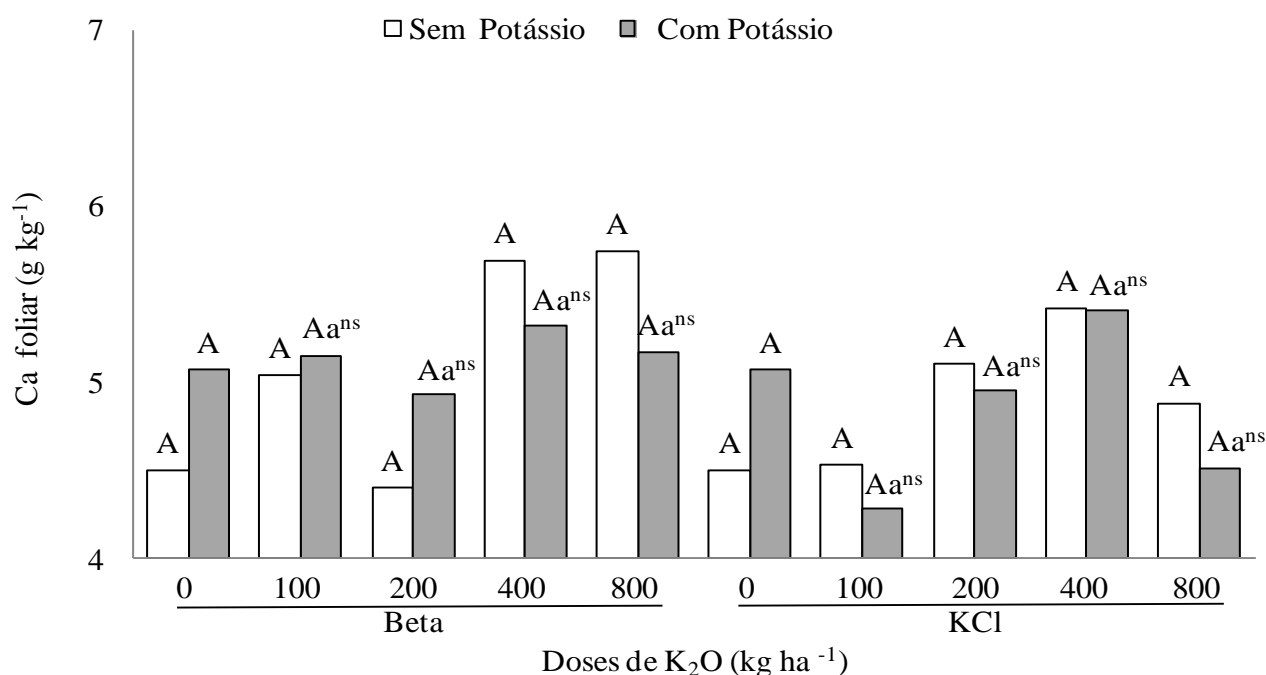


Figura 62. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a concentração de cálcio na parte aérea

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=1,30). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,54). ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=1,51).

3.3 Magnésio foliar

Na Usina Aroeira (TABELA 34 e FIGURA 64) tanto no primeiro corte como no segundo corte (com e sem K) não houve diferença estatística entre as fontes nem o entre cada tratamento e a testemunha. Na Usina Guaíra, no primeiro corte, o magnésio foliar com o Beta foi superior ao KCl independente da dose de potássio aplicada, porém, nos outros cortes não houve diferença estatística entre as fontes de potássio. (TABELA 34 e FIGURA 65).

Tabela 34. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio foliar.

Doses K ₂ O Cana planta - kg ha ⁻¹ -	1º corte			2º corte		
Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média	
----- Mg foliar, g kg ⁻¹ -----						
Usina Aroeira						
0	2,17		2,72			
100	1,97 ns	2,13 ns	2,05	2,97 ns	2,92 ns	2,94
200	2,06 ns	1,94 ns	2,01	3,07 ns	2,82 ns	2,95
400	2,00 ns	1,81 ns	1,90	3,17 ns	3,02 ns	3,10
800	1,77 ns	1,87 ns	1,82	2,77 ns	2,85 ns	2,81
Média	1,95 A	1,93 A		3,00 A	2,90 A	
CV= 12,36 %; DMS fonte=0,17; Dunnett=0,49						
CV= 12,45 %; DMS fonte= 0,26 ;Dunnett= 0,73						
Usina Guaíra						
Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média	
0	2,10		1,15			
100	2,04 ns	2,07 ns	2,05	1,61 ns	1,65 ns	1,63
200	2,08 ns	1,89 ns	1,98	1,68 ns	1,59 ns	1,64
400	2,20 ns	1,77 ns	1,98	1,71 ns	1,60 ns	1,65
800	2,10 ns	1,76 ns	1,93	1,72 ns	1,51 ns	1,61
Média	2,10 A	1,87 B		1,68 A	1,59 A	
CV=14,05%; DMS fonte=0,20; Dunnett= 0,56						
CV= 19,18%; DMS fonte=0,22;Dunnett= 0,61						

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses, na Usina Aroeira, após o primeiro corte, houve ajuste linear para o magnésio, que diminuiu com aumento das doses de potássio independente da fonte de potássio utilizada. Na Usina Guaíra não houve ajuste para ambos os cortes (FIGURA 63).

Esses resultados encontrados na Usina Aroeira concordam com Coutinho Neto *et al.*, 2010 que ao avaliar a eficiência do termofosfato magnesiano potássico no cultivo da alfafa verificou que a concentração de magnésio foliar decresceu com o aumento das doses de potássio.

Essa menor absorção de magnésio para as plantas ocorreu provavelmente devido a maior disponibilidade de potássio no solo (FIGURA 63), pois, os íons K⁺ e Mg²⁺ competem por sítios de

adsorção, absorção e transporte na superfície radicular (RAJI, 2011) ou devido a possível lixiação do magnésio no solo.

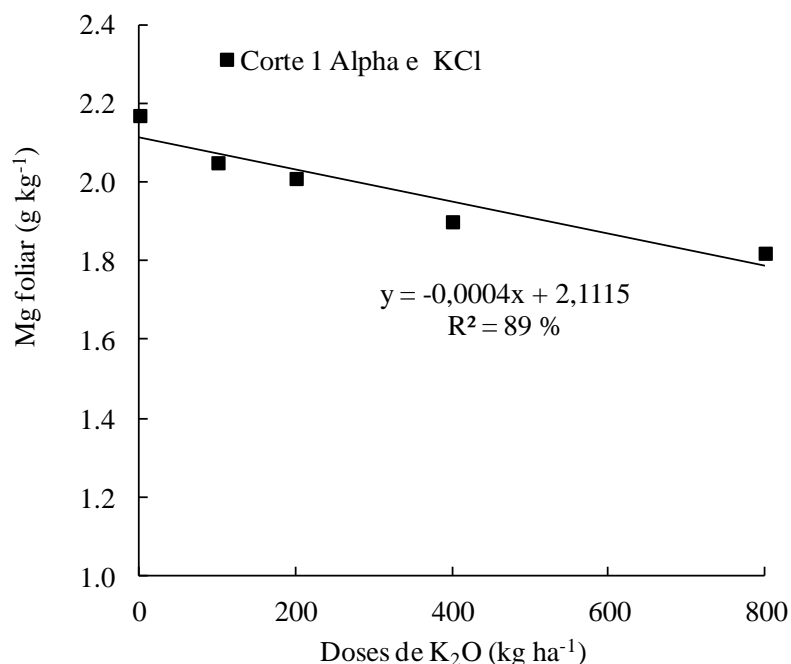


Figura 63. Doses e fontes de potássio, aplicadas cana na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio foliar na Usina Aroeira. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Em relação a comparação entre a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca da Usina Aroeira verificou que nos tratamentos de 100, 200, 400 kg ha⁻¹ de K₂O oriundo do Alpha e os tratamentos de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O oriundo do KCl o magnésio na foliar foi menor com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca do que na ausência de potássio (FIGURA 64). Não houve diferença estatística entre a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca da Usina Guaíra para todos os tratamentos (FIGURA 65).

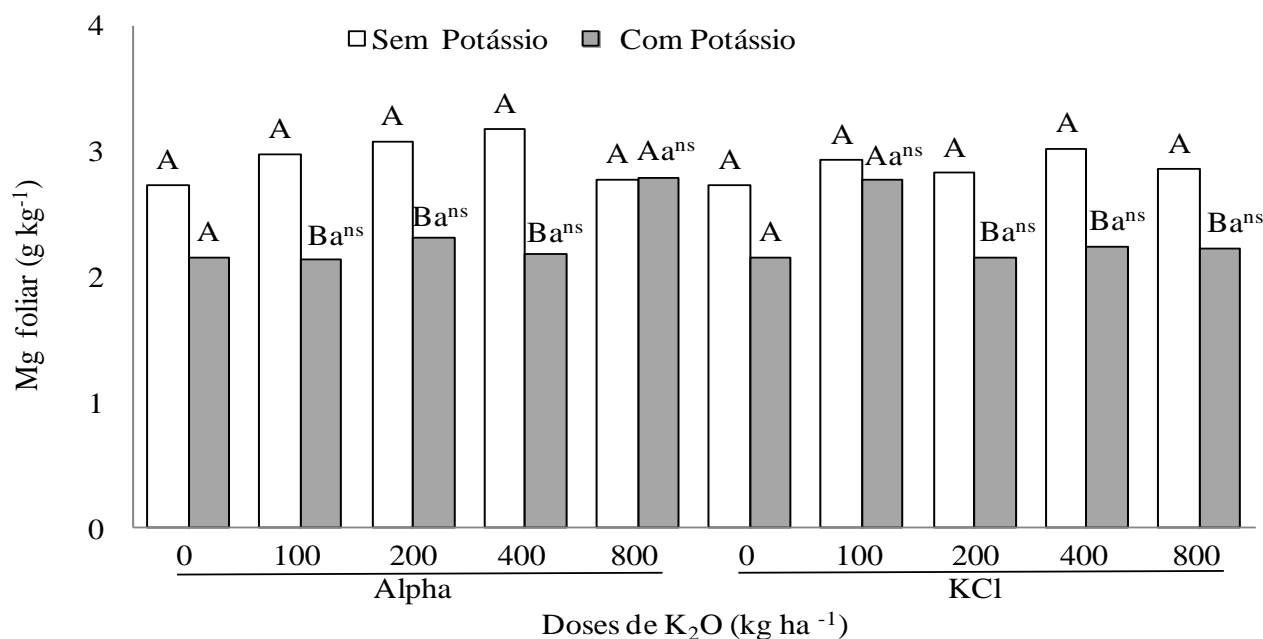


Figura 64. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Magnésio na parte aérea.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,62). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,48). ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=1,34).

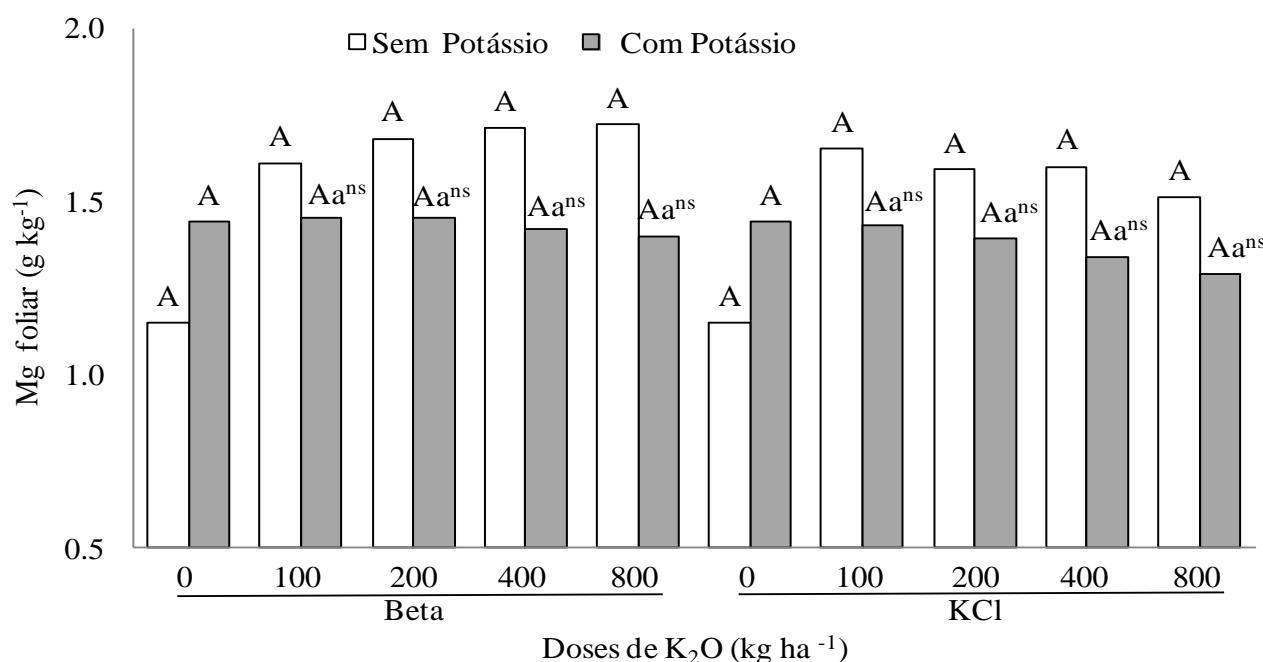


Figura 65. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a concentração de Magnésio na parte aérea.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,37). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,12). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=0,35).

3.4 Silício foliar

Tanto na Usina Aroeira (TABELA 35 e FIGURA 66) quanto na Usina Guaíra (TABELA 35 e FIGURA 67) não houve diferença estatística entre as fontes de potássio para o silício foliar.

Na Usina Aroeira, houve diferença estatística em relação à testemunha para o Alpha aplicado na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O apenas no segundo corte com reaplicação do potássio na cana soca (FIGURA 66). Na Usina Guaíra, não houve diferença estatística entre cada tratamento e a testemunha em nenhum dos cortes.

Tabela 35. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício foliar.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Si foliar, g kg ⁻¹ -----									
Usina Aroeira										
0	5,46					2,25				
100	5,89	ns	5,47	ns	5,68	2,47	ns	1,92	ns	2,20
200	5,91	ns	5,42	ns	5,66	2,00	ns	2,20	ns	2,10
400	6,04	ns	5,37	ns	5,70	2,12	ns	2,45	ns	2,28
800	6,40	ns	5,34	ns	5,86	2,25	ns	2,45	ns	2,35
Média	6,06	A	5,40	A		2,21	A	2,25	A	
CV= 16,70%; DMS fonte= 0,69; Dunnett= 1,92					CV=16,60 %; DMS fonte= 0,27; Dunnett= 0,75					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	3,22					2,56				
100	3,24	ns	3,19	ns	3,22	3,58	ns	2,55	ns	3,06
200	3,63	ns	3,34	ns	3,49	3,62	ns	2,51	ns	3,07
400	3,75	ns	3,23	ns	3,49	3,19	ns	2,47	ns	2,78
800	3,85	ns	3,13	ns	3,50	3,17	ns	2,35	ns	2,76
Média	3,62	A	3,22	A		3,39	A	2,45	B	
CV=20,90 %; DMS fonte=0,59;Dunnett= 1,64					CV= 16,25%;DMSfonte=0,34;Dunnett=1,09					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

A cana-de-açúcar é uma planta acumuladora de silício, cujos teores podem variar desde 1,4 a 40 g kg⁻¹ na matéria seca, podendo extrair até 408 kg ha⁻¹ silício para uma produtividade de apenas 74 t ha⁻¹ (ASHRAF, 2009). Os valores de silício encontrados nas folhas de cana variaram de 2,0 a 8,1 g kg⁻¹ entre sete variedades de cana (RB 835486, RB 867515, SP 841431, SP 801842, IAC 873396, SP 83 2847 e SP 860155) (SANTOS *et al.*, 2010). Dessas cultivares a RB 867515 foi plantada na Usina Guaíra. Não houve ajuste em relação às doses de potássio e o silício foliar nem após o primeiro nem o segundo corte (com e sem K) tanto na Usina Aroeira como na Usina Guaíra.

Houve diferença estatística com a reaplicação do potássio na cana soca da Usina Aroeira para o tratamento testemunha, para o Alpha na dose de 100 K₂O e KCl na dose de 800 K₂O. Para esses tratamentos o silício foliar com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O foi menor do que com a aplicação de 0 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 66).

A menor absorção de silício pela cana pode ser devido a maior absorção de potássio pela planta que pode causar danos a alguns transportadores de membrana. O silício é absorvido pela planta por transportadores específicos. (FIGURA 59). Quando o nível de potássio extracelular é elevado, um grande influxo desse cátion causa a redução no potencial de membrana, o qual, se não for corrigido pela bomba de prótons H⁺-ATPase, pode causar efeitos deletérios em outros transportadores de membrana controlados pelo potencial de membrana (HARUTA; SUSSMAN, 2012).

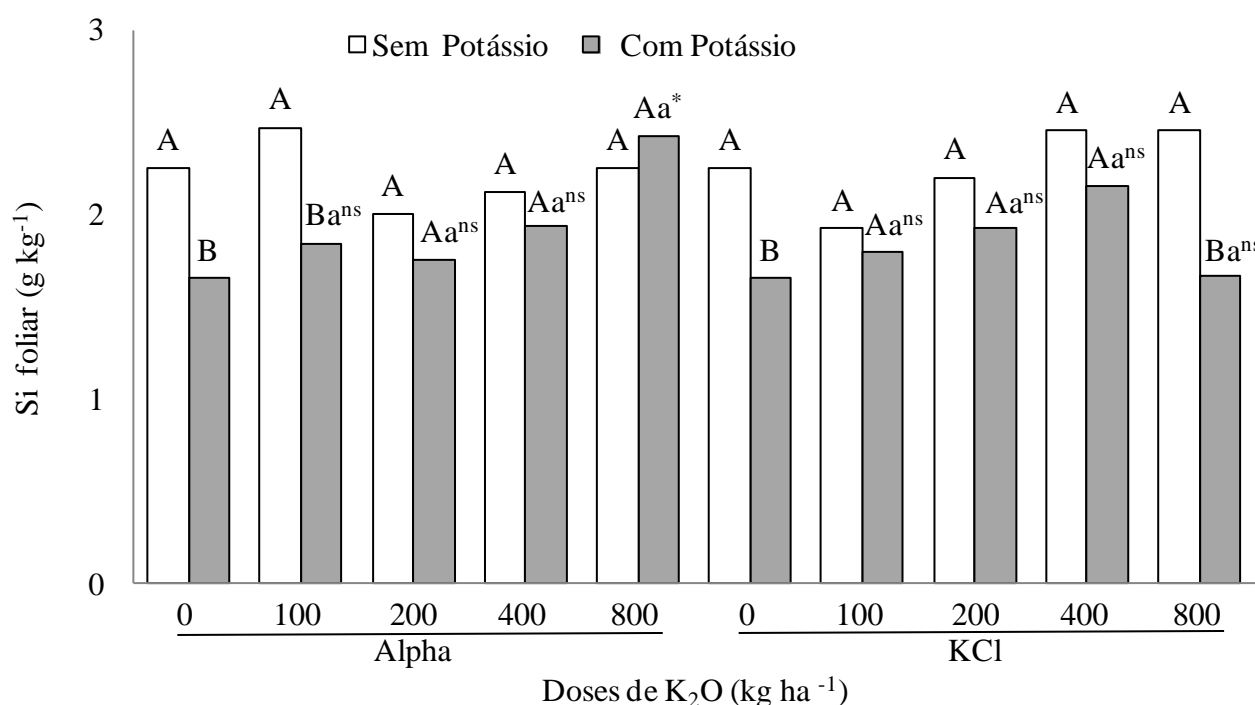


Figura 66. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a concentração de Silício na parte aérea.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,58). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,26). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=0,73).

De acordo com Figura 67, não houve diferença estatística com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca da Usina Guaíra em relação ao silício foliar para todos os tratamentos.

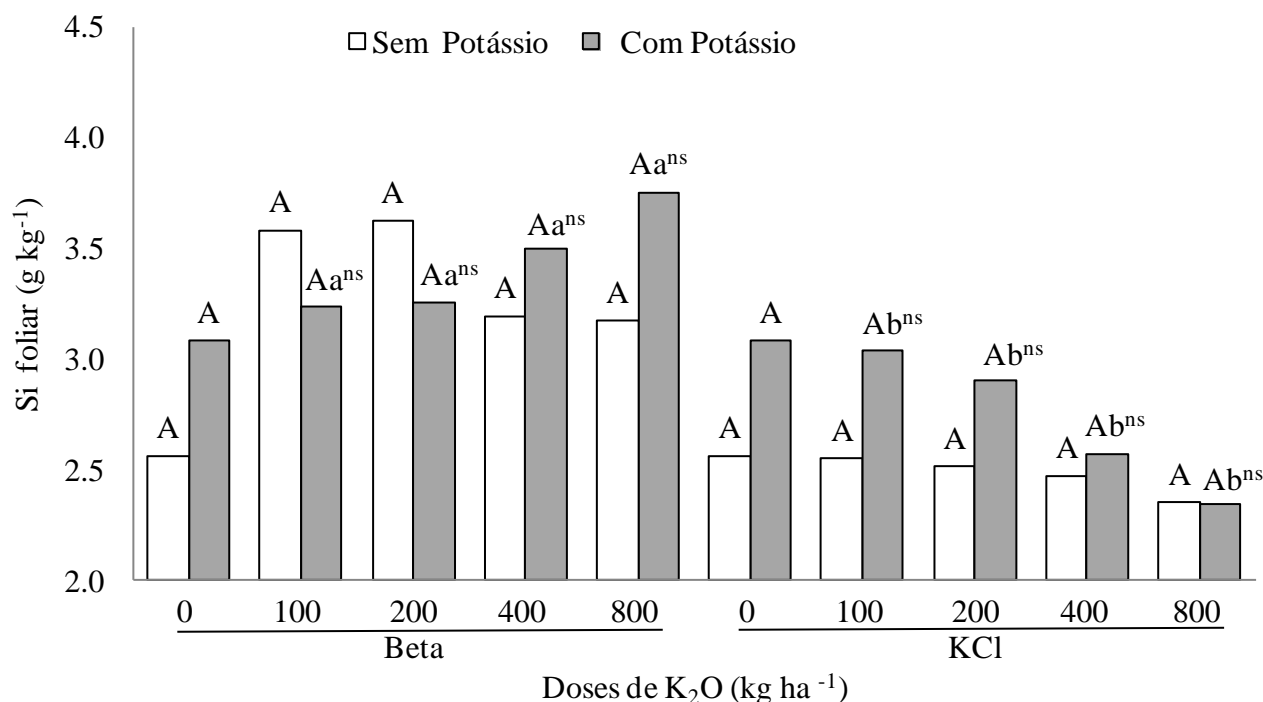


Figura 67. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a concentração de Silício na parte aérea.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,80). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,40). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=1,11).

3.5 Potássio Mehlich no solo

Na Usina Aroeira, o Alpha proporcionou mais potássio no solo do que o KCl, independente da dose de potássio aplicada. Isso ocorreu na camada de 0-20 cm após o primeiro bem como na camada de 20-40 cm após o segundo corte sem potássio. Além disso, o Alpha proporcionou mais potássio no solo do que o KCl nas doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O. Isso ocorreu na camada de 0-20 cm após o segundo corte sem potássio e na camada de 20-40 cm após primeiro corte (TABELA 36 e 37). Nessa Usina, na camada de 0-20 como 20-40 cm, após o segundo corte com a reaplicação do potássio verifica-se que independente da dose de K₂O aplicada não houve diferença estatística entre as fontes de potássio (FIGURA 70).

Em relação à testemunha, tanto na camada de 0-20 como na de 20-40 cm, houve diferença estatística com o Alpha nas doses 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O após o primeiro e segundo corte sem reaplicação de potássio bem como com o KCl na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O após o primeiro corte da cana (TABELAS 36 e 37). Houve diferença em relação à testemunha, após segundo corte com

reaplicação de potássio, na camada de 0-20 cm, para as doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O com Alpha e na camada de 20-40 cm e para a dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O com Alpha e KCl (FIGURA 70).

Os teores de potássio encontrados na Usina Aroeira variaram de muito baixo a baixo, de acordo com Schlindwein *et al.*, (2011) que classificam os teores de potássio no solo de 0-0,07 cmol_c dm⁻³ como muito baixo; de 0,07-0,15 cmol_c dm⁻³ como baixo; de 0,15 -0,23 cmol_c dm⁻³ como adequado e de 0,24,-0,31 cmol_cdm⁻³ como alto.

Tabela 36. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Mehlich no solo camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte				2º corte					
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K solo Mehlich, cmol _c dm ⁻³ (0-20cm)-----									
Usina Aroeira										
0	0,04				0,03					
100	0,05	ns	0,04	ns	0,05	0,04	A ^{ns}	0,04	A ^{ns}	0,04
200	0,07	ns	0,05	ns	0,06	0,06	A ^{ns}	0,05	A ^{ns}	0,05
400	0,09	*	0,06	ns	0,07	0,11	A [*]	0,04	B ^{ns}	0,07
800	0,13	*	0,10	*	0,11	0,17	A [*]	0,05	B ^{ns}	0,11
Média	0,08	A	0,06	B	0,09			0,04		
CV=31,23%; DMS fonte=0,02Dunnett=0,04					CV=25,97%;DMSfonte=0,04;Dunnett=0,06					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	0,10				0,08					
100	0,20	ns	0,18	ns	0,19	0,10	ns	0,11	ns	0,10
200	0,22	ns	0,24	ns	0,23	0,14	ns	0,12	ns	0,13
400	0,28	*	0,26	*	0,27	0,15	ns	0,13	ns	0,14
800	0,33	*	0,28	*	0,31	0,28	*	0,22	*	0,15
Média	0,26	A	0,24	A	0,17			A	0,15	A
CV=18,23 %; DMS fonte=0,03 Dunnett=0,15					CV= 30,97%;DMSfonte=0,05;Dunnett=0,13					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Guaíra (TABELA 36 FIGURA 70), independente da dose de potássio aplicada não houve diferença estatística entre as fontes de potássio.

Na camada de 0-20 cm da Usina Guaíra, houve diferença estatística em relação à testemunha apenas com Beta e KCl nas doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O após primeiro corte e segundo corte com reaplicação de potássio na cana soca bem como nas doses de 800 kg ha⁻¹ K₂O segundo corte sem a reaplicação de potássio. Os teores de potássio encontrados nessa camada estão entre 0,15-0,23 e por isso se classificam como adequados (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011).

Na camada de 20-40 cm da Usina Guaíra, houve diferença em relação a testemunha apenas com a aplicação de 800 kg ha⁻¹ K₂O de Beta bem como com 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O de KCl

após primeiro corte e segundo corte com a reaplicação de potássio (TABELA 37; FIGURA 69). Os teores de potássio encontrados nessa camada estão entre 0,07-0,015 e por isso se classificam como baixo (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011).

Panceli (2011) estudando a aplicação de potássio na soqueira da cana, variedade RB 867515, verificou que o teor de potássio em um Latossolo Vermelho na camada 0 - 20 cm foi maior do que o encontrado na camada de 20 - 40 cm conforme também foi observado nesse trabalho. Flores *et al.*, 2012 estudando a aplicação de potássio na cana soca, variedade SP 891115, verificou nas camadas 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m de profundidade que o potássio foi de 0,13 cmol_c dm⁻³ e 0,10 cmol_c dm⁻³, respectivamente, para dose de 130 kg ha⁻¹K₂O.

Tabela 37. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Mehlich no solo camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	-----		K solo		Mehlich, cmol _c dm ⁻³	(20-40 cm)-----				
Usina Aroeira										
0	0,02					0,05				
100	0,02	A ^{ns}	0,02	A ^{ns}	0,02	0,09	^{ns}	0,04	^{ns}	0,07
200	0,04	A ^{ns}	0,03	A ^{ns}	0,03	0,09	^{ns}	0,07	^{ns}	0,08
400	0,05	A [*]	0,03	B ^{ns}	0,04	0,16	*	0,06	^{ns}	0,10
800	0,10	A [*]	0,05	B [*]	0,08	0,20	*	0,07	^{ns}	0,14
Média	0,05		0,03			0,13	A	0,06	B	
CV=37,34%;DMS fonte= 0,02 Dunnett=0,03 CV=31,87%;DMSfonte=0,04;Dunnett=0,09										
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			0,05					0,05		
100	0,08	^{ns}	0,08	^{ns}	0,08	0,04	^{ns}	0,05	^{ns}	0,05
200	0,07	^{ns}	0,08	^{ns}	0,08	0,06	^{ns}	0,08	^{ns}	0,07
400	0,08	^{ns}	0,09	*	0,09	0,07	^{ns}	0,09	^{ns}	0,08
800	0,10	*	0,09	*	0,10	0,13	^{ns}	0,11	^{ns}	0,12
Média	0,08	A	0,09	A		0,07	A	0,08	A	
CV= 26,13 %; DMS fonte=0,02 Dunnett=0,04 CV=40,75 %; DMSfonte=0,03;Dunnett=0,07										

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses, verifica-se que, independente da fonte de potássio aplicada, houve aumento do potássio do solo diretamente proporcional à dose aplicada tanto na Usina Aroeira (FIGURAS 68 e 69 A e B) como na Usina Guaíra (FIGURAS 68 e 69 C e D). em ambas as camadas e cortes. Exceto na Usina Aroeira, camada de 0-20 cm após segundo corte que para o KCl não houve ajuste e para o Alpha houve ajuste linear (FIGURA 68 A).

Resultado semelhante foi obtido por Panceli (2011), avaliando a primeira soqueira da cana, variedade RB 867515, em função da aplicação potássica (0; 32,5; 65; 130; 195 kg ha⁻¹ de K₂O), observou incremento com o ajuste linear no teor de potássio no solo, na camada 0 - 20 cm 20 - 40 cm de profundidade. Coutinho Neto *et al.* (2010) avaliando a eficiência do Termofosfato magnésiano potássico no cultivo da alfafa também verificou ajuste linear, o teor de potássio do solo com extrator Mehlich para a aplicação de 100, 200, 300 kg ha⁻¹ de K₂O na camada de 0 - 20 cm.

A aplicação de potássio na cana soca, variedade SP 89-1115, proporcionou incremento com ajuste linear do teor de potássio no solo, nas camadas 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m de profundidade (FLORES *et al.*, 2012).

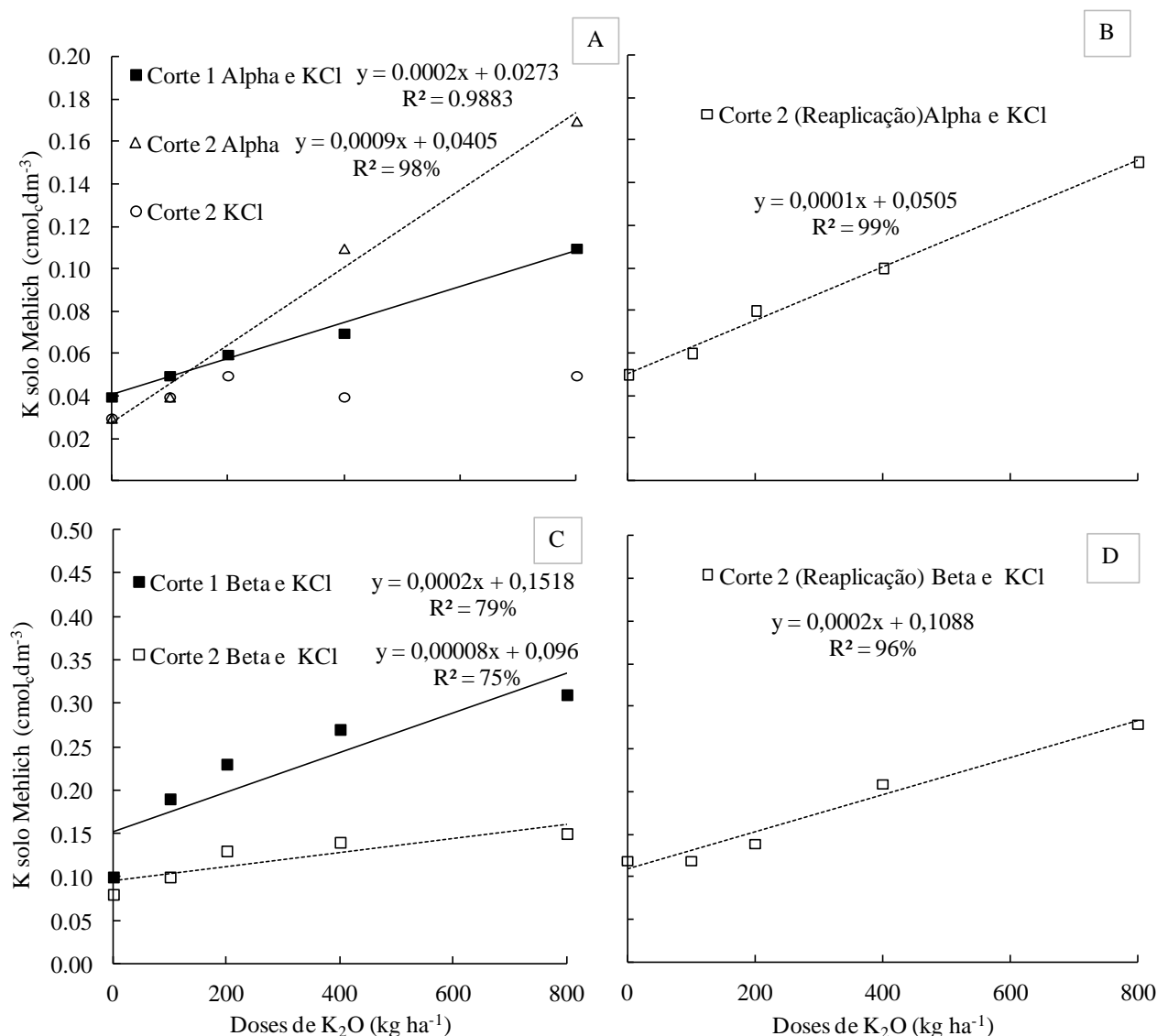


Figura 68. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Mehlich na camada de 0-20 cm.

A- Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Aroeira; C = Usina Guaíra e D=- Reaplicação de Potássio (80 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Guaíra. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

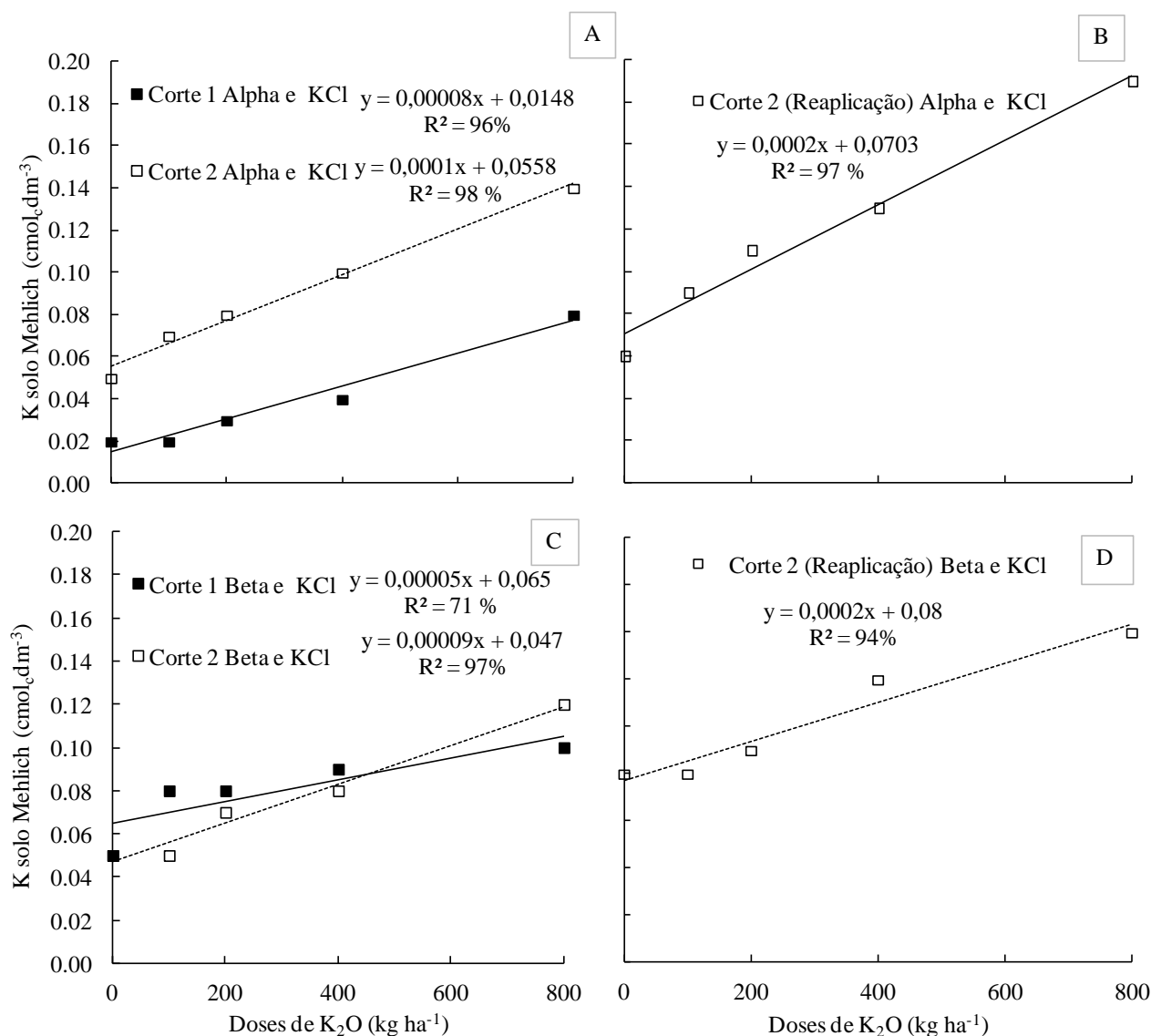


Figura 69. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de Potássio no solo extraído por Mehlich na camada de 20-40 cm.

A- Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha^{-1} de K_2O) na Usina Aroeira; C = Usina Guaíra e D=- Reaplicação de Potássio (80 kg ha^{-1} de K_2O) na Usina Guaíra. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Na comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha^{-1} de K_2O na soqueira da cana da Usina Aroeira verifica-se a reaplicação de potássio proporcionou mais potássio no solo (extrator Mehlich) do que na ausência de potássio na cana soca no tratamento com KCl na dose 200 e 800 kg ha^{-1} de K_2O na camada de 0-20 cm bem como com as doses 800 kg ha^{-1} de K_2O na camada de 20-40 cm (FIGURA 70).

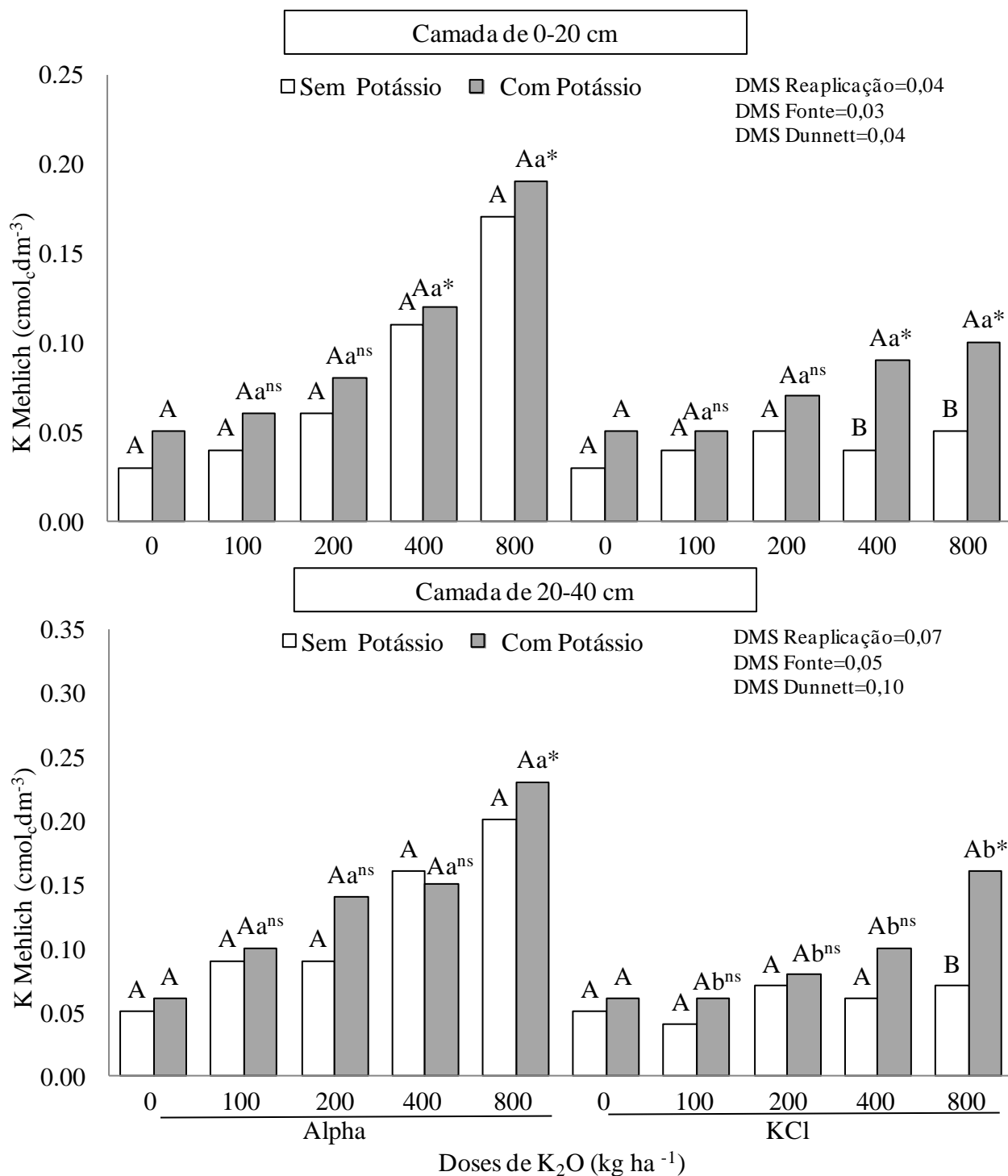


Figura 70. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de Potássio no solo extraído por Mehlich.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

Na Usina Guaíra, em ambas camadas de solo, não houve diferença estatística para o potássio no solo (extrator Mehlich) na comparação entre aplicação de 0 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana (FIGURA 71).

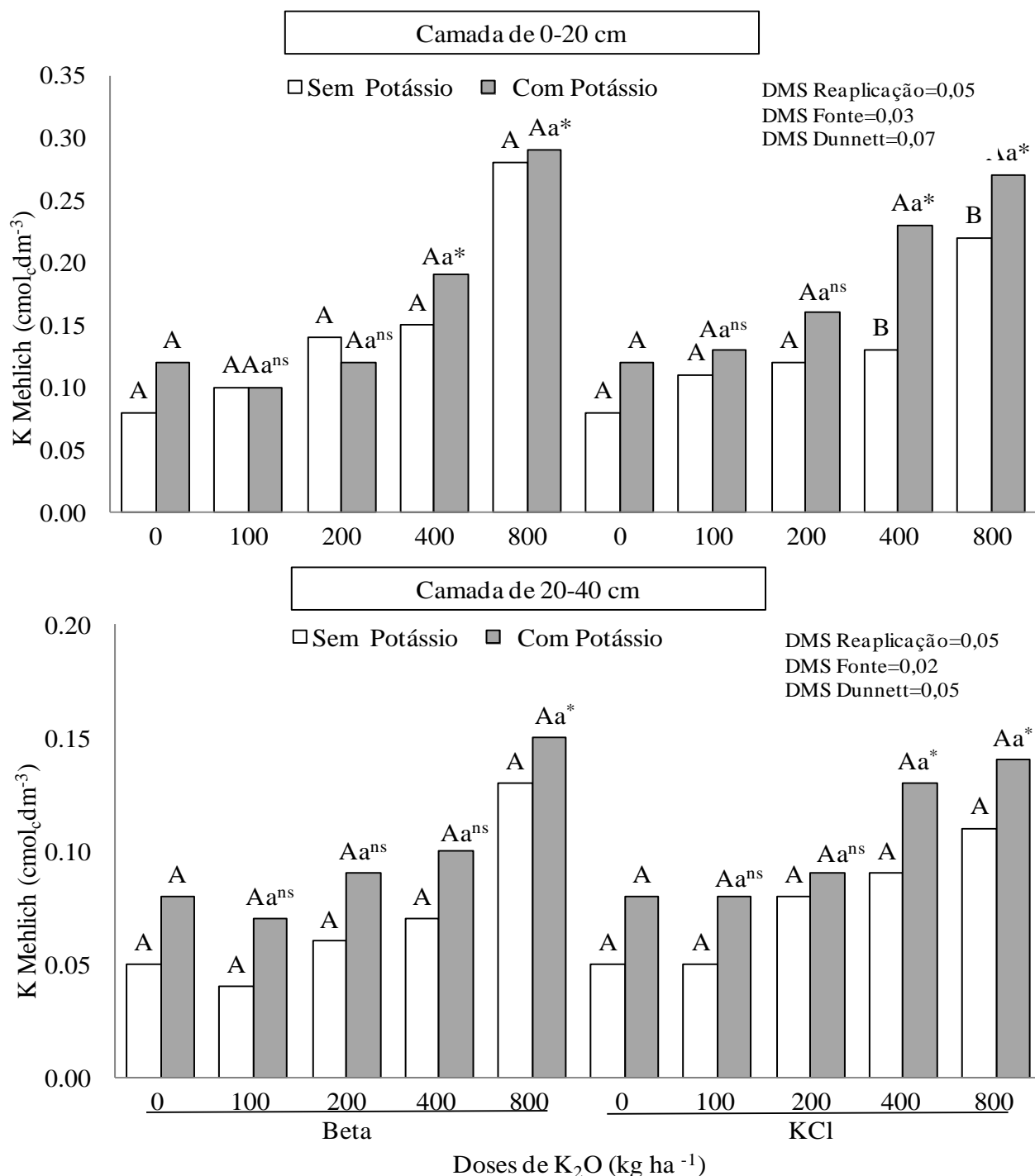


Figura 71. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Potássio no solo extraído por Mehlich.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

3.6 Potássio Resina no solo

Na Usina Aroeira, após o primeiro corte em ambas as camadas não houve diferença estatística entre as fontes quanto ao potássio extraído com a resina. Entretanto, após o segundo corte sem a reaplicação do potássio, o Alpha proporcionou mais potássio no solo do que o KCl nas doses 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O na camada de 0-20 cm (TABELA 38) e na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O na camada de 20-40 cm (TABELA 39). Após o segundo corte com a reaplicação de potássio o Alpha na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O proporcionou mais potássio que o KCl em ambas as camadas (FIGURA 74). Os teores de potássio no solo após ambos os corte da cana nessa usina é baixo, pois, estão entre 0- 0,06 cmol_cdm⁻³ de potássio com extrator resina (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011).

Nessa usina, houve diferença em relação à testemunha após o primeiro corte, para o Alpha nas doses 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O e o KCl na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O bem como após o segundo corte com o Alpha na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O na camada de 0-20 e de 20-40 cm (TABELAS 38 e 39). No segundo corte com reaplicação do potássio, a dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O de Alpha na camada de 0-20 bem como de Alpha e KCl na camada de 20-40 cm diferem da testemunha (FIGURA 74).

Tabela 38. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Resina no solo camada de 0-20 cm

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K solo Resina, cmol _c dm ⁻³ (0-20 cm)-----									
Usina Aroeira										
0			0,04					0,03		
100	0,05	ns	0,04	ns	0,04	0,03	A ^{ns}	0,04	A ^{ns}	0,03
200	0,05	ns	0,05	ns	0,05	0,05	A ^{ns}	0,03	A ^{ns}	0,04
400	0,06	*	0,05	ns	0,05	0,04	A ^{ns}	0,03	B ^{ns}	0,04
800	0,08	*	0,08	*	0,08	0,10	A [*]	0,04	B ^{ns}	0,07
Média	0,06	A	0,06	A		0,06		0,04		
CV= 29,72%;DMS fonte= 0,01; Dunnett=0,02 CV=28,4%; DMS fonte=0,02;Dunnett=0,03										
Usina Guáira										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			0,07					0,04		
100	0,10	ns	0,12	ns	0,11	0,05	ns	0,04	ns	0,05
200	0,11	ns	0,09	ns	0,11	0,05	ns	0,06	ns	0,05
400	0,17	*	0,13	*	0,15	0,08	ns	0,07	ns	0,08
800	0,19	*	0,15	*	0,17	0,10	*	0,09	*	0,10
Média	0,14	A	0,12	A		0,07	A	0,06	A	
CV= 28,30%; DMS fonte=0,03;Dunnett= 0,06 CV=26,15%;DMSfonte=0,02;Dunnett=0,03										

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Guaíra, tanto na camada de 0-20 como 20-40 cm, não houve interação entre fonte e dose, portanto, independente da dose de potássio utilizada não houve diferença estatística entre as fontes. (TABELAS 38 e 39). Além, disso a quantidade de potássio na camada de 20-40 cm foi maior do que na camada de 0-20 cm. Os teores de potássio no solo, com extrator resina, após o primeiro e segundo corte nessa Usina na camada de 0-20 cm são adequados, pois estão entre 0,06-0,14 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de potássio. Porém, na camada de 20-40 cm esses teores são baixos, pois, estão entre 0- 0,06 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de potássio com extrator resina (SCHLINDWEIN *et al.*, 2011).

A aplicação de potássio, na forma de KCl, no desenvolvimento inicial da soqueira de primeiro corte da cana-de-açúcar (variedade SP 89-1115), em sistema de colheita sem despalha a fogo incrementou o teor de potássio no solo das camadas 0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade (FLORES *et al.*, 2012). O aumento da concentração do potássio na camada superficial do solo, em função da aplicação de doses crescentes de K_2O , já era esperado, uma vez que, em solos argilosos, a perda de potássio por lixiviação é menor do que solos arenosos. (DONAGEMMA *et al.* 2008).

Tabela 39. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o potássio Resina no solo camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- K solo Resina, cmol _c dm ⁻³ (20-40cm)-----									
Usina Aroeira										
0	0,02					0,02				
100	0,03	ns	0,03	ns	0,03	0,02	A ^{ns}	0,02	A ^{ns}	0,02
200	0,03	ns	0,03	ns	0,03	0,03	A ^{ns}	0,03	A ^{ns}	0,03
400	0,04	*	0,03	ns	0,04	0,03	A ^{ns}	0,03	A ^{ns}	0,03
800	0,05	*	0,05	*	0,05	0,08	A [*]	0,04	B ^{ns}	0,06
Média	0,04	A	0,04	A		0,04		0,03		
CV= 24,17 %;DMS fonte=0,01,Dunnett= 0,02 CV=30,09%;DMSfonte=0,02;Dunnett=0,03										
Usina Guará										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	0,04					0,04				
100	0,06	ns	0,06	ns	0,06	0,04	ns	0,05	ns	0,05
200	0,06	ns	0,08	ns	0,07	0,05	ns	0,04	ns	0,05
400	0,07	ns	0,08	ns	0,08	0,05	ns	0,06	ns	0,06
800	0,08	*	0,09	*	0,09	0,07	*	0,08	*	0,08
Média	0,07	A	0,08	A		0,05	A	0,06	A	
CV= 25,70%; DMS fonte=0,02; Dunnett=0,04 CV=21,45 %; DMS fonte=0,02;Dunnett=0,04										

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses, Na Usina Aroeira e Guaíra, houve ajuste linear diretamente proporcional tanto na camada de 0-20 cm como na camada de 20-40 cm bem como em ambos os cortes.

Na Usina Aroeira (FIGURAS 72 e 73 A e B)., em ambas as camadas, após o primeiro corte e segundo corte com reaplicação de potássio, houve ajuste linear para ambas as fontes de potássio e após o segundo corte sem potássio houve ajuste apenas para o Alpha. Na Usina Guaíra (FIGURAS 72 e 73 C e D), houve aumento do potássio do solo com aumento da dose de potássio independente da fonte aplicada .

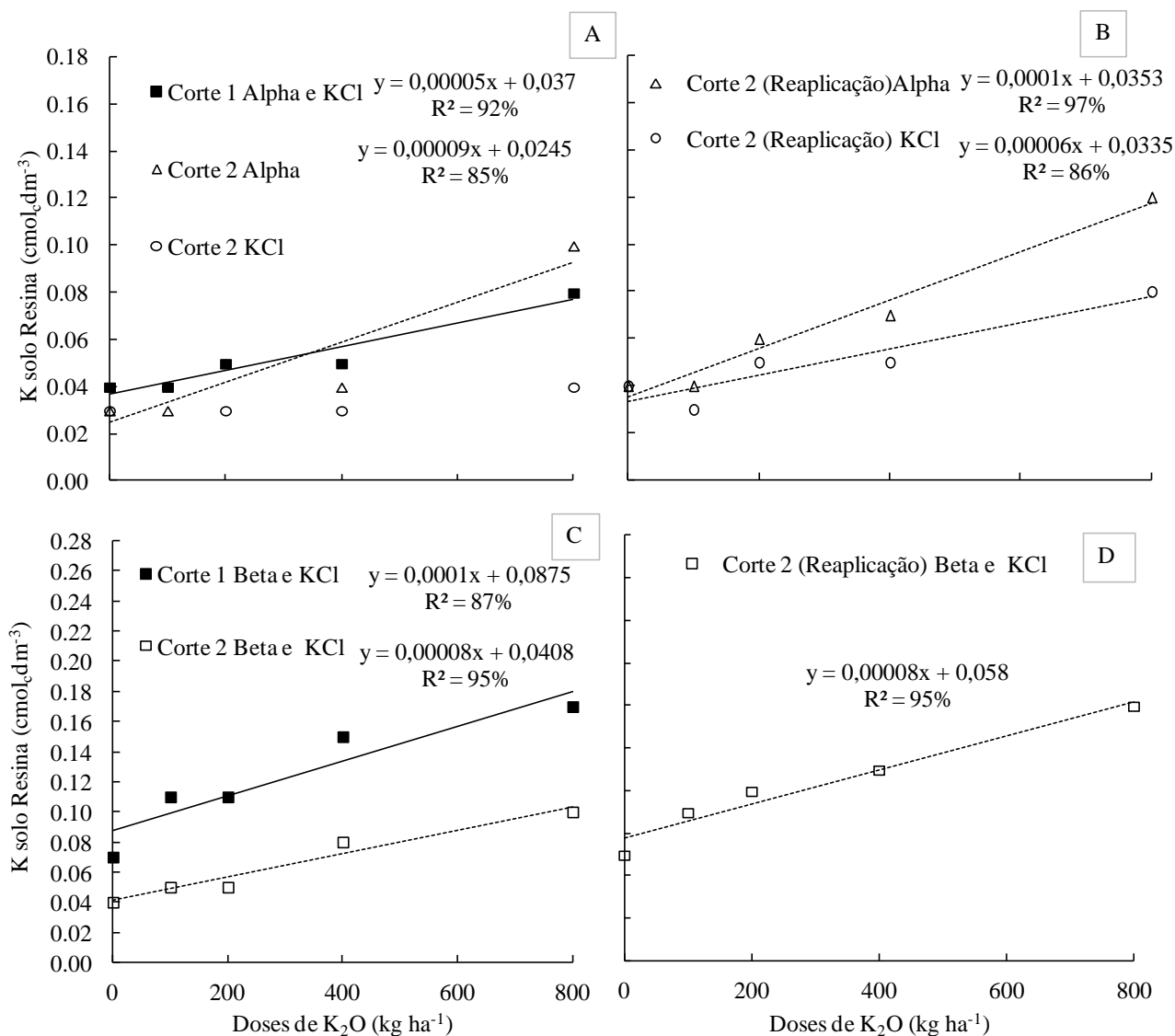


Figura 72 .Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de Potássio no solo extraído por Resina na camada de 0-20 cm.

Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Aroeira; C = Usina Guaíra e D=Reaplicação de Potássio (80 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Guaíra. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

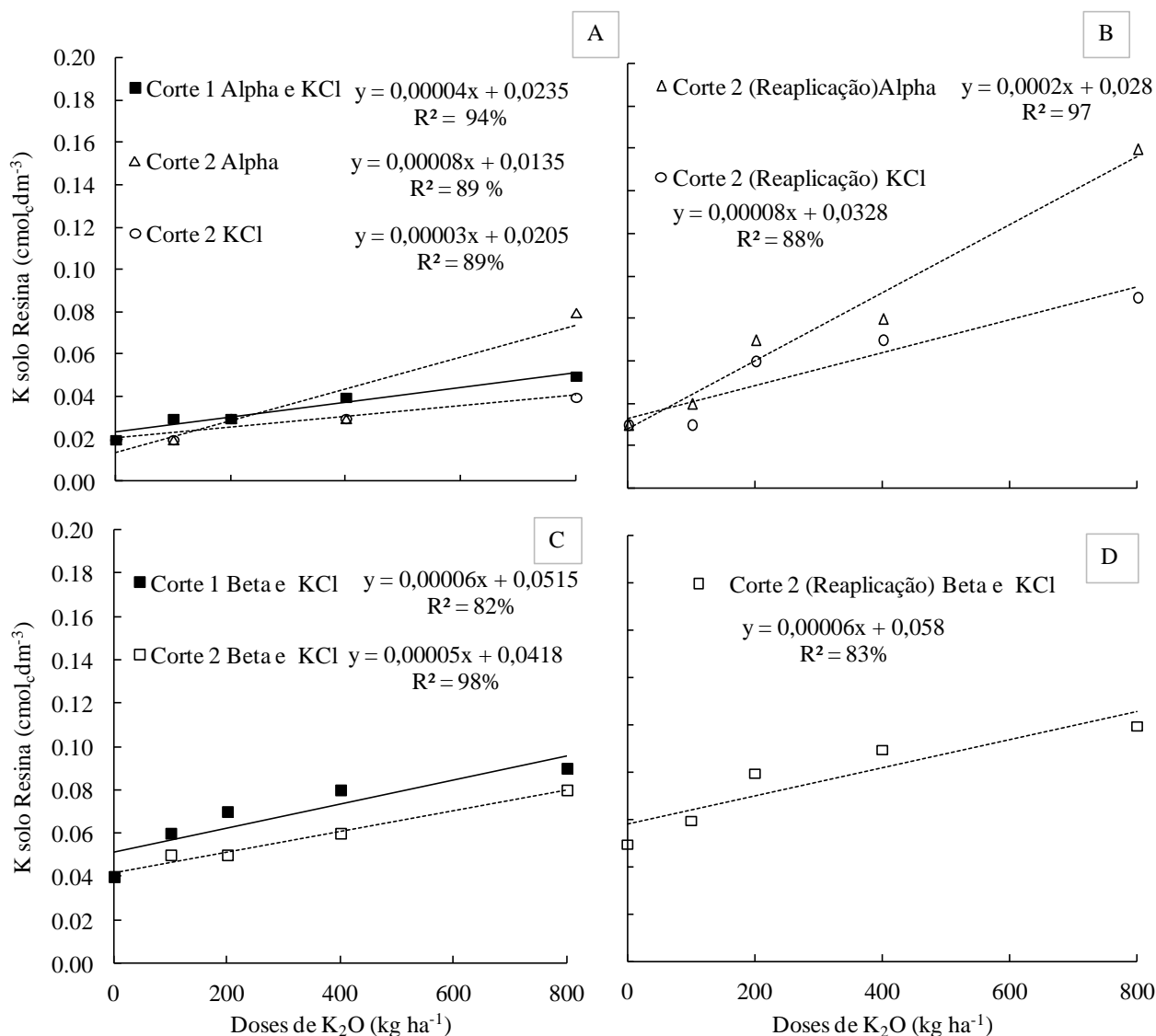


Figura 73. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina na camada de 20-40 cm. Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha^{-1} de K_2O) na Usina Aroeira; C = Usina Guaíra e D=Reaplicação de Potássio (80 kg ha^{-1} de K_2O) na Usina Guaíra. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Na Usina Aroeira, para os tratamentos na dose de 800 kg ha^{-1} de K_2O tanto com o Alpha quanto com o KCl para a camada de 0-20 cm, o potássio no solo com extrator resina foi maior com aplicação de 120 kg ha^{-1} de K_2O na cana do que na ausência de potássio. Entretanto, na camada de 20-40 cm isso ocorreu nas doses de 200, 400, 800 kg ha^{-1} de K_2O oriundo do Alpha e KCl (FIGURA 74).

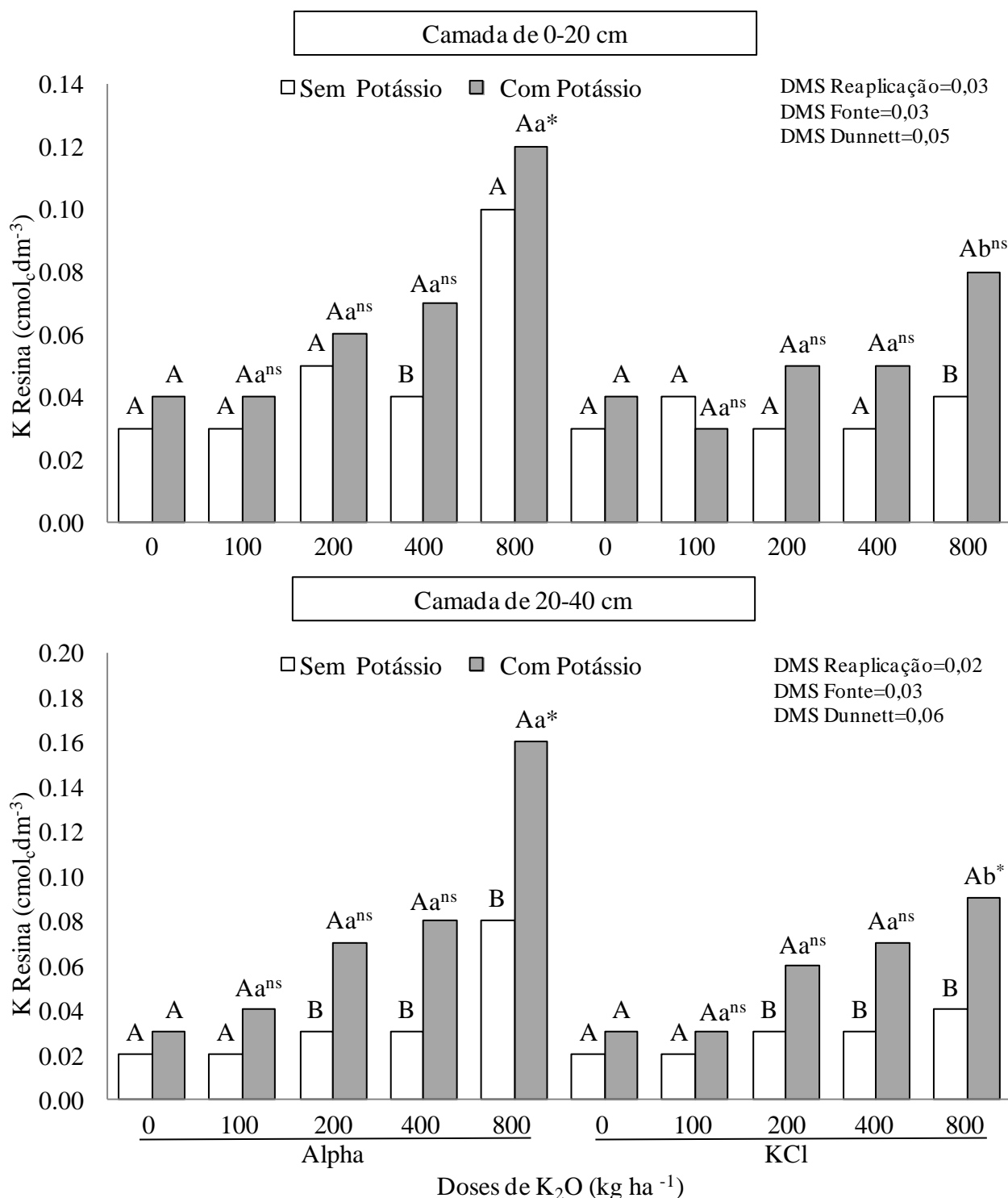


Figura 74. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

Na Usina Guaíra, o potássio no solo com o extrator resina foi maior com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana do que na ausência de potássio para todos os tratamentos tanto na camada de 0-20 cm como na camada de 20-40 cm (FIGURA 75).

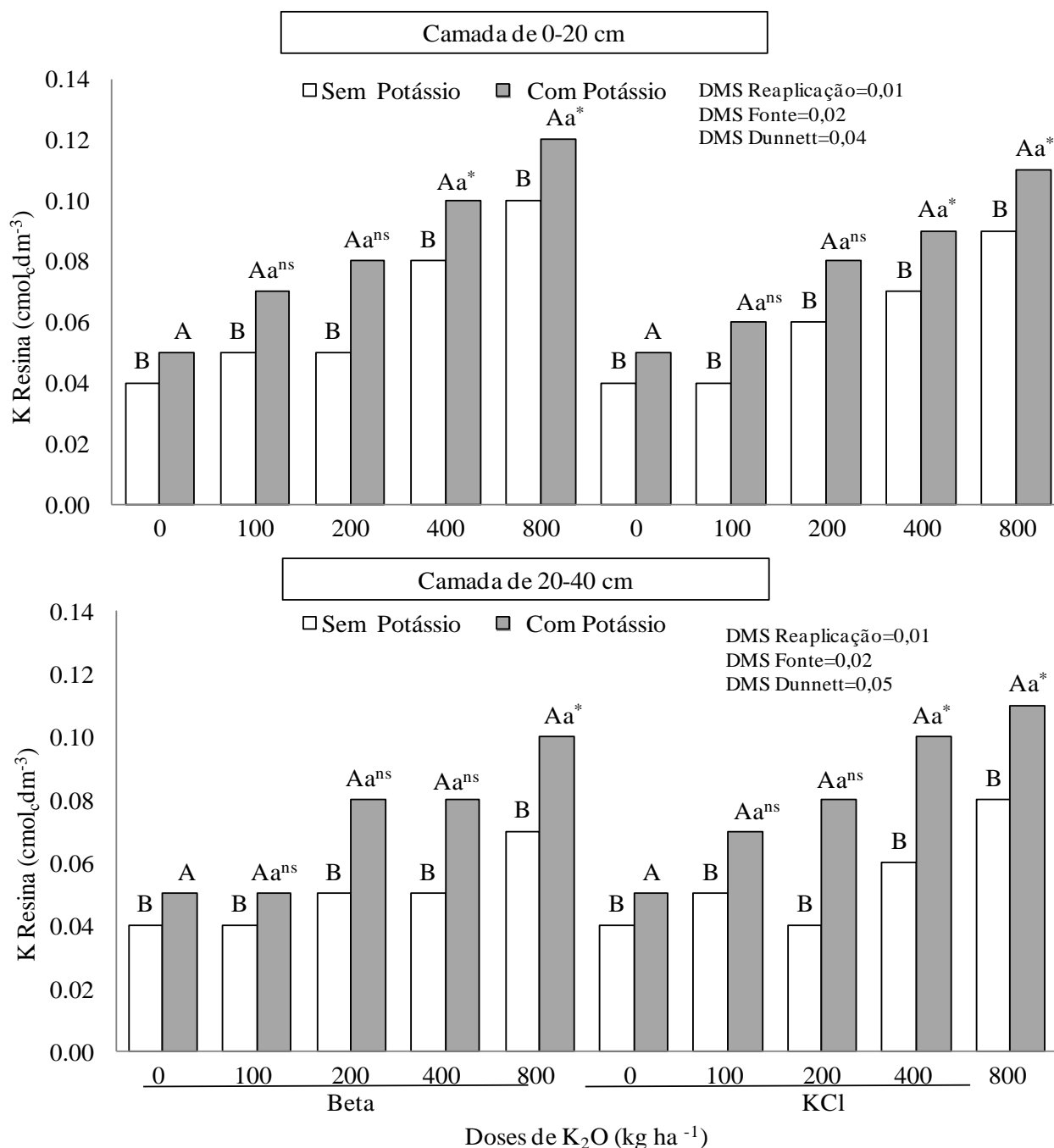


Figura 75. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de potássio no solo extraído por Resina.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

3.7 Cálcio no solo

Na Usina Aroeira para a camada de 0-20 cm, após o primeiro corte da cana, o Alpha proporcionou mais cálcio para o solo do que o KCl para todas as doses testadas, entretanto, após o segundo corte sem potássio isso ocorreu com as doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O. Na camada de 20-40 cm após o primeiro corte não houve diferença estatística entre as fontes. (TABELAS 40 e 41). Os valores de cálcio observados nessa usina em ambos os cortes e camadas são altos devido serem maiores que 0,70 cmol_c dm⁻³ Ca (RAIJ, 2011).

Além disso, verifica-se no segundo corte com reaplicação de potássio para ambas as camadas, que o Alpha na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O proporcionou mais cálcio no solo que o KCl (FIGURA 77). Em relação à testemunha, houve diferença estatística apenas com a aplicação do Alpha na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O na camada de 0-20 cm após o primeiro e segundo corte (com e sem reaplicação de potássio) e na camada de 20-40 cm após o segundo corte com a reaplicação do potássio (TABELAS 40 e 41) (FIGURA 77).

Esses dados estão de acordo com Duarte *et al.*, 2012 que verificou tanto no primeiro quanto no segundo corte do milheto o termopotássio foi capaz de fornecer cálcio para o solo.

Tabela 40. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O Cana planta - kg ha ⁻¹ -	1º corte			2º corte		
Alpha		KCl	Média	Alpha	KCl	Média
----- Ca solo, cmol _c dm ⁻³ (0-20 cm) -----						
Usina Aroeira						
0		3,74			1,42	
100	3,86 ns	3,73 ns	3,79	1,85 A ^{ns}	1,53 A ^{ns}	1,69
200	4,26 ns	3,66 ns	3,96	1,75 A ^{ns}	1,77 A ^{ns}	1,76
400	3,76 ns	3,41 ns	3,58	1,99 A ^{ns}	1,37 B ^{ns}	1,68
800	4,73 *	3,94 ns	4,34	2,71 A *	1,48 B ^{ns}	2,10
Média	4,15 A	3,69 B		2,07	1,54	
CV= 9,21 %; DMS fonte= 0,26; Dunnett=0,72 CV=23,59 %; DMS fonte= 0,60;Dunnett= 0,84						
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0		3,73			3,85	
100	4,02 ns	4,14 ns	4,08	3,35 ns	4,16 ns	3,75
200	3,76 ns	4,07 ns	3,91	4,01 ns	3,21 ns	3,61
400	4,02 ns	3,88 ns	3,95	4,05 ns	3,96 ns	3,98
800	4,09 ns	3,77 ns	3,93	4,08 ns	2,97 ns	3,53
Média	3,98 A	3,96 A		3,86 A	3,57 A	
CV= 24,19%; DMS fonte=0,03 Dunnett=1,13 CV=20,39%;DMSfonte=0,55;Dunnett=1,54						

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. TK= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Tabela 41. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o cálcio no solo camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Ca solo, cmol _c dm ⁻³ (20-40 cm)-----									
Usina Aroeira										
0	2,89					1,98				
100	2,98	ns	3,13	ns	3,06	2,25	ns	1,77	ns	2,01
200	3,09	ns	3,31	ns	3,20	2,11	ns	2,01	ns	2,06
400	3,35	ns	3,07	ns	3,21	2,48	ns	1,77	ns	2,13
800	3,31	ns	3,08	ns	3,20	2,69	ns	1,95	ns	2,32
Média	3,18	A	3,15	A		2,38	A	1,87	B	
CV= 27,57 %; DMS fonte=0,18 Dunnett=0,51					CV=20,11%; DMSfonte=0,31; Dunnett=0,86					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	2,13					1,96				
100	2,24	ns	2,13	ns	2,18	2,07	ns	1,65	ns	1,86
200	2,19	ns	1,66	ns	1,92	1,94	ns	2,21	ns	2,08
400	1,91	ns	2,08	ns	1,99	2,20	ns	2,24	ns	2,22
800	1,96	ns	2,07	ns	2,02	1,97	ns	2,21	ns	2,09
Média	2,07	A	1,99	A		2,05	A	2,08	A	
CV=19,20%; DMS fonte=0,28 Dunnett=0,79					CV=24,13%;DMSfonte=0,50;Dunnett=1,39					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Guaíra, independente da dose de potássio aplicada, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio para ambos os cortes e camadas. Os valores de cálcio obtidos foram alto por se maior que 0,70 cmol_c dm⁻³ Ca (RAIJ, 2011).

Houve diferença em relação à testemunha, na Usina Guaíra, apenas após o segundo corte com potássio para a fonte Beta aplicado na cana planta na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O (camada de 0-20 cm) bem como na dose de 100 e 200 kg ha⁻¹ K₂O (camada de 20-40 cm) (FIGURA 78).

Em relação as doses, houve ajuste para o cálcio no solo apenas na Usina Aroeira e na camada de 0-20 cm. O teor de cálcio do solo aumentou com a elevação das doses de Beta após segundo corte sem reaplicação de potássio (FIGURA 76 A) e segundo corte com reaplicação de potássio (FIGURA 76 B). Na Usina Guaíra não houve ajuste em nenhuma das profundidades de solo e em nenhum dos cortes da cana.

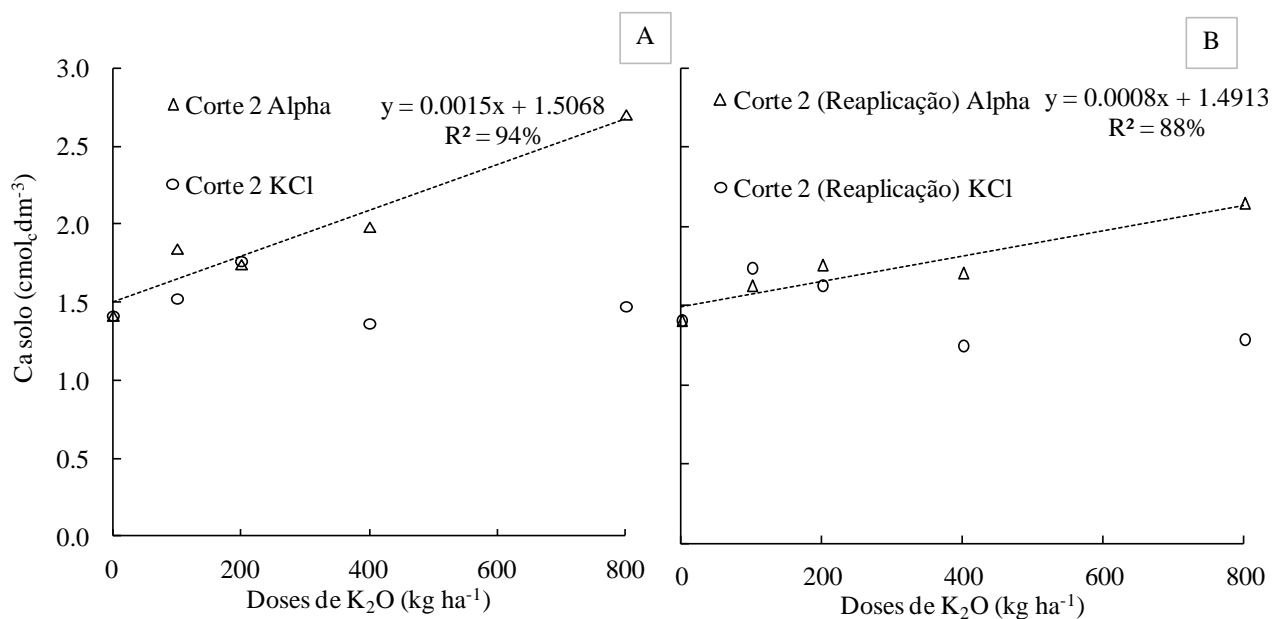


Figura 76. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de cálcio no solo na camada de 0-20 cm.

A-Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Aroeira. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl.

Em relação à aplicação de 120 e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca da Usina Aroeira verifica-se que na camada de 0-20 cm não houve diferença estatística entre as fontes para o cálcio no solo. Entretanto, na camada de 20-40 cm a reaplicação de potássio na cana soca proporcionou diminuição do cálcio no solo para os tratamentos 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O com o Alpha (FIGURA 77).

Na Usina Guaíra também não houve diferença estatística para o cálcio na comparação entre aplicação de 0 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana para na camada de 0-20 cm. (FIGURA 77) Entretanto, na camada de 20-40 cm a reaplicação de potássio na cana soca proporcionou diminuição do cálcio no solo para 0 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 78).

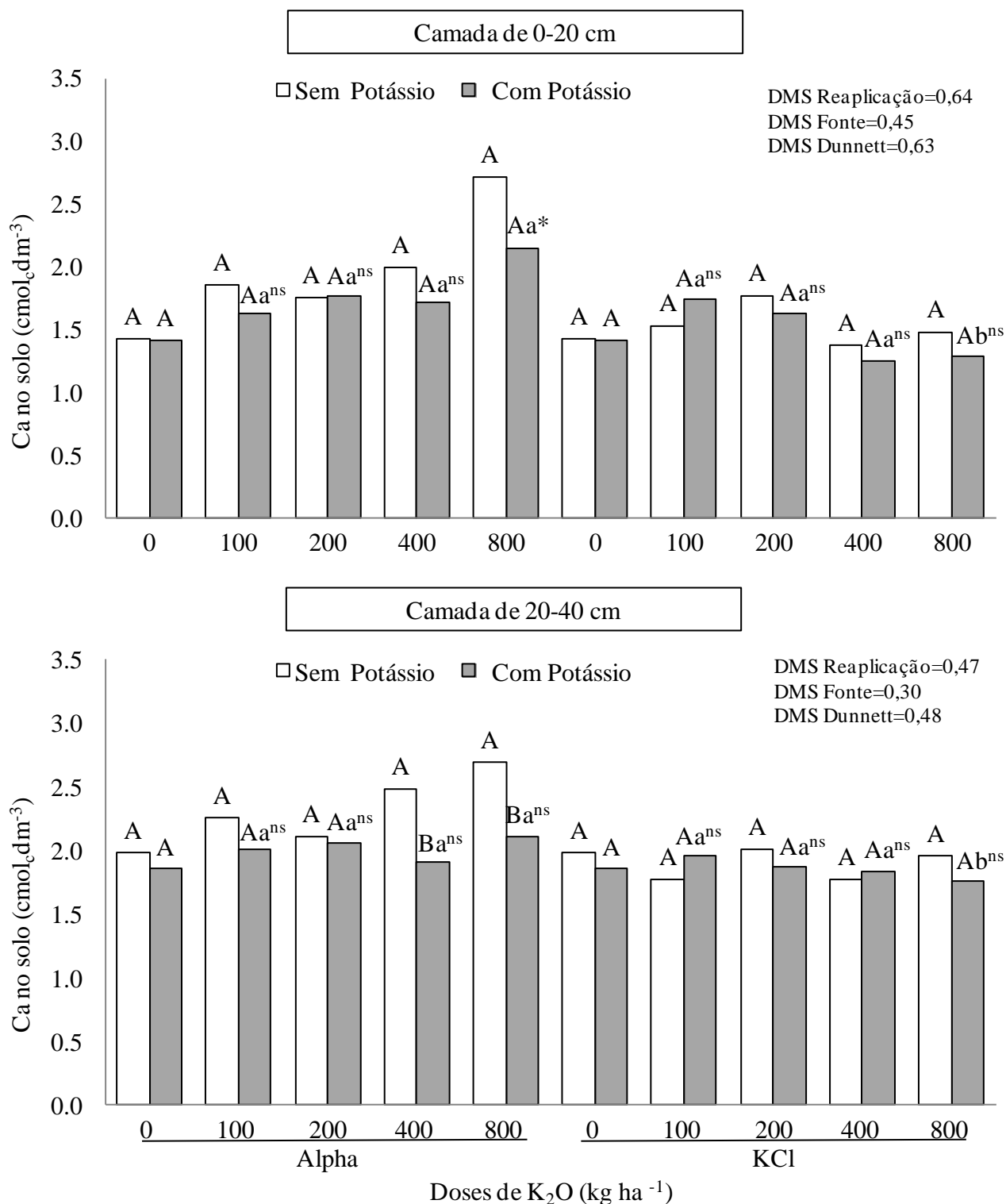


Figura 77. Aplicação de $120\ kg\ ha^{-1}\ K_2O$ na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de Cálcio no solo.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K_2O , diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte);*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

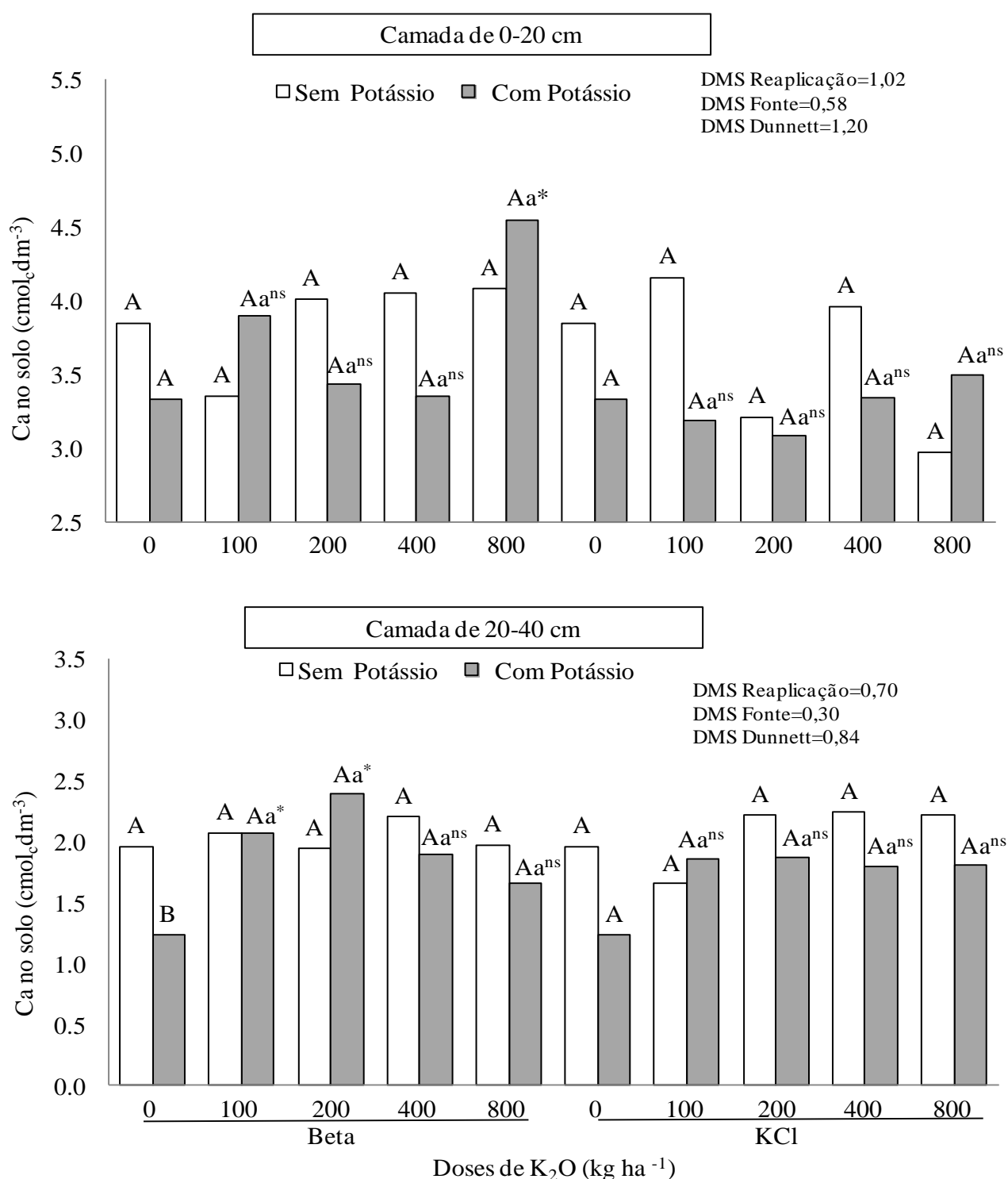


Figura 78. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Cálcio no solo.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação).² Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett)

3.8 Magnésio no solo

Nas usinas Aroeira e Guaíra, após o primeiro e após segundo corte (com e sem reaplicação de potássio) independente da dose de potássio utilizada não houve diferença estatística entre as fontes de potássio na camada de 0-20 cm (TABELA 42 e FIGURAS 80 e 81) bem como na camada de 20-40 cm (TABELA 43 e FIGURAS 80 e 81). Além disso, não houve diferença estatística entre a testemunha e os outros tratamentos. Os valores de magnésio acima de $0,80 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ são considerados alto (RAIJ, 2011). e foram observados na Usina Aroeira na camada de 0-20 bem como 20-40 cm após o primeiro corte da cana.

Na Usina Guaíra, os valores de magnésio na camada de 0-20 cm estavam entre 0,50 a 0,80 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de Mg que são considerado médio (RAIJ, 2011). E na camada de 20-40 cm estavam entre 0- 0,40 que são considerados baixo bem como entre 0,50 a 0,80 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de Mg que são considerado médio (RAIJ, 2011).

Tabela 42. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio no solo camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Mg solo, cmol _c dm ⁻³ (0-20 cm)-----					-----				
Usina Aroeira										
0	1,35					0,56				
100	1,45	ns	1,28	ns	1,36	0,68	ns	0,66	ns	0,67
200	1,35	ns	1,32	ns	1,33	0,70	ns	0,84	ns	0,77
400	1,09	ns	1,45	ns	1,27	0,61	ns	0,46	ns	0,54
800	1,03	ns	1,16	ns	1,09	0,49	ns	0,64	ns	0,56
Média	1,23	A	1,30	A		0,62	A	0,65	A	
CV= 17,85%; DMS fonte=016 ; Dunnett= 0,46						CV=29,05 %; DMS fonte=0,13; Dunnett= 0,37				
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	0,60					0,95				
100	0,68	ns	0,61	ns	0,64	0,85	ns	0,94	ns	0,90
200	0,63	ns	0,66	ns	0,65	0,92	ns	0,88	ns	0,90
400	0,59	ns	0,51	ns	0,55	0,94	ns	1,06	ns	1,00
800	0,56	ns	0,48	ns	0,52	0,85	ns	0,73	ns	0,79
Média	0,62	A	0,57	A		0,89	A	0,90	A	
CV=17,22 %; DMS fonte=0,07; Dunnett= 0,21						CV=19,32%;DMSfonte=0,17;Dunnett=0,35				

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Tabela 43. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o magnésio no solo camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O		1º corte			2º corte		
Cana planta	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média	
- kg ha ⁻¹ -	----- Mg solo, cmol _c dm ⁻³ (20-40 cm)-----						
Usina Aroeira							
0	0,96		0,57				
100	0,97 ns	1,01 ns	0,98	0,61 ns	0,47 ns	0,54	
200	1,11 ns	1,01 ns	1,06	0,61 ns	0,57 ns	0,59	
400	0,99 ns	0,96 ns	0,97	0,59 ns	0,43 ns	0,51	
800	1,04 ns	1,22 ns	1,13	0,44 ns	0,61 ns	0,53	
Média	1,03 A	1,05 A		0,56 A	0,52 A		
CV=27,60 %; DMS fonte= 0,13; Dunnett= 0,36				CV= 29,45 %; DMS fonte=0,12 ;Dunnett=0,32			
Usina Guaíra							
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média	
0	0,21		0,58				
100	0,19 ns	0,21 ns	0,20	0,46 ns	0,53 ns	0,49	
200	0,25 ns	0,22 ns	0,23	0,55 ns	0,58 ns	0,56	
400	0,23 ns	0,29 ns	0,25	0,53 ns	0,57 ns	0,55	
800	0,22 ns	0,20 ns	0,21	0,50 ns	0,55 ns	0,53	
Média	0,22 A	0,23 A		0,51 A	0,56 A		
CV=24,99 %; DMS fonte= 0,05; Dunnett= 0,16				CV=26,60%;DMSfonte=0,10;Dunnett=0,28			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação às doses verifica-se, na Usina Aroeira, camada de 0-20 cm após o primeiro corte da cana, houve diminuição do magnésio no solo à medida que aumentou as doses de K₂O (Alpha e KCl) (FIGURA 79). Essa diminuição no teor de magnésio no solo pode ser atribuída a lixiviação do mesmo já que é um nutriente móvel no solo (RAJI, 2011).

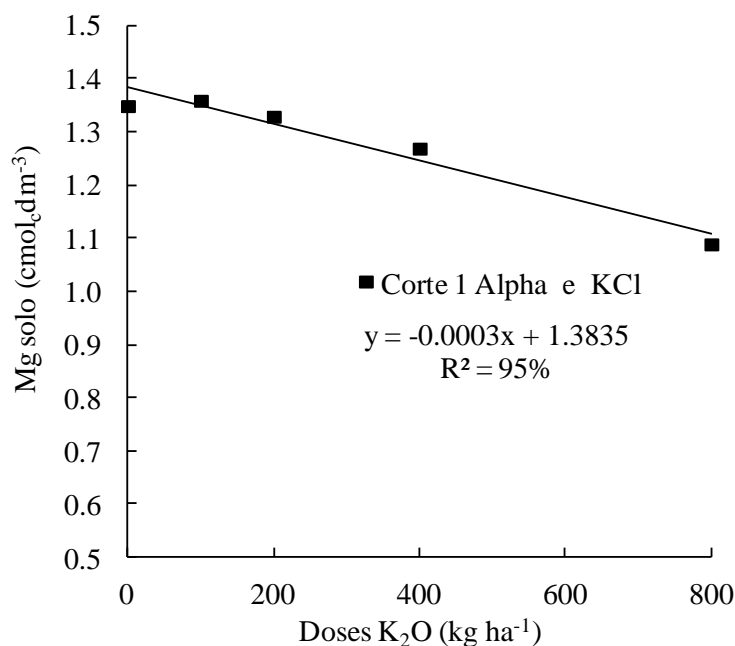


Figura 79. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de magnésio no solo na camada de 0-20 cm da Usina Aroeira. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Na Usina Aroeira, não houve diferença estatística na comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana para na camada de 0-20 cm. Entretanto, na camada de 20-40 cm, para o tratamento com KCl na 800 kg ha⁻¹ de K₂O a reaplicação de potássio na cana soca proporcionou diminuição do magnésio no solo (FIGURA 80).

Na Usina Guaíra, a reaplicação de potássio na cana soca proporcionou diminuição do magnésio no solo para o KCl aplicado na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O na cana planta para camada de 0-20 cm e para o tratamento testemunha na camada de 20-40 cm (FIGURA 81).

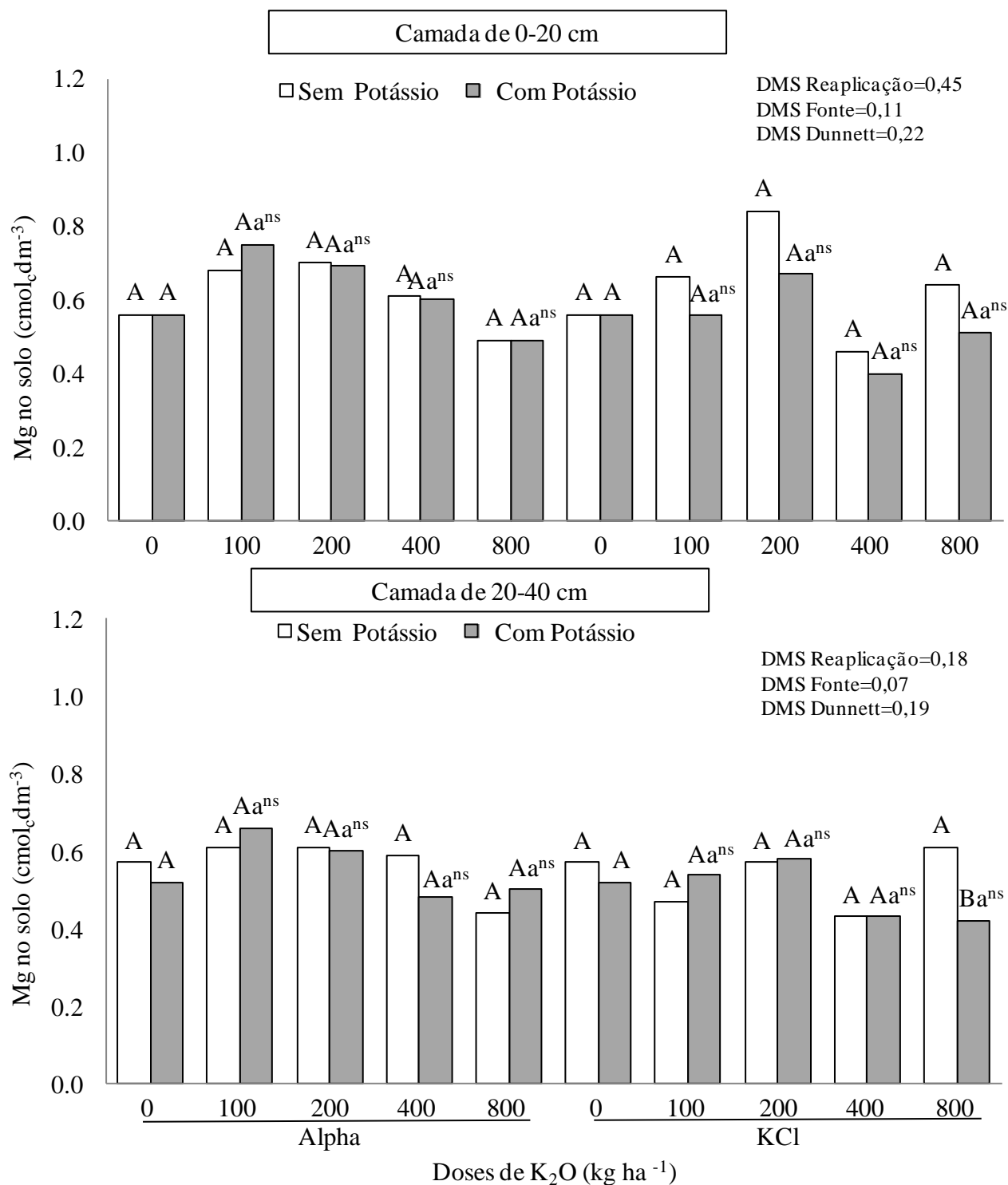


Figura 80. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o Magnésio no solo. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

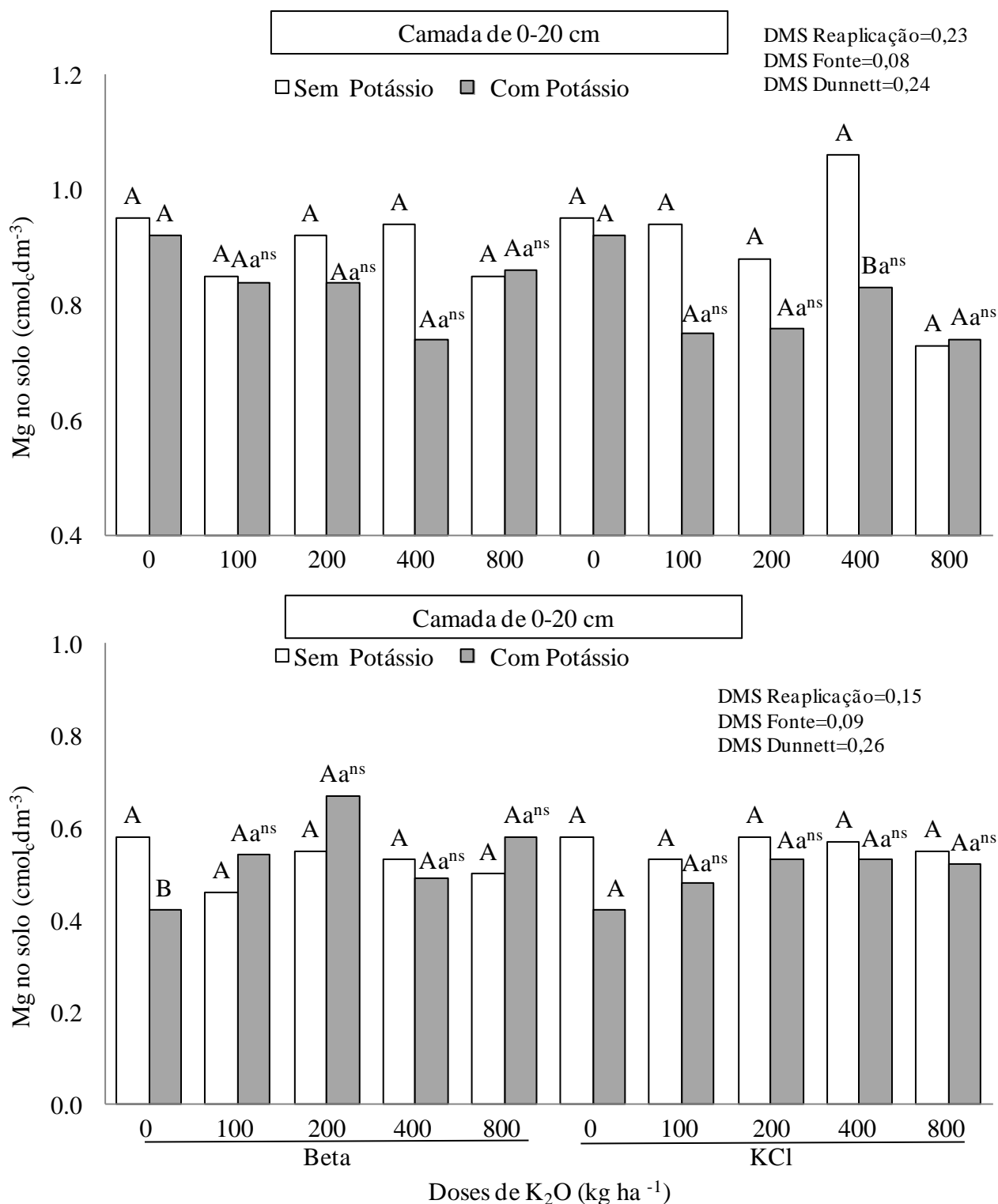


Figura 81. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Magnésio no solo.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

3.9 Silício no solo

O Silício no solo, na Usina Aroeira, foi maior com o Alpha do que com o KCl ,tanto na camada de 0-20 cm (TABELA 44 e FIGURA 84) como na camada 20-40 cm (TABELA 45 e FIGURA 85). No primeiro corte e segundo corte (com reaplicação de potássio) na camada de 0-20 e após segundo corte (com e sem reaplicação de potássio) na camada de 20-40 cm isso ocorreu independente da dose de potásio aplicada, entretanto, após o segundo corte sem potássio na camada de 0-20 cm e após primeiro corte na camada de 20-40 cm isso ocorreu para as doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O.

Nessa Usina, os valores de silício no solo na camada de 0-20 cm após primeiro corte da cana foram de 6-10 mg dm⁻³, o que é considerado médio e na camada de 0-20 cm após o segundo corte e na camada de 20-40 cm em ambos os cortes da cana foram menores do que 6 mg dm⁻³, que são considerados como valores baixos de Silício (KORNDÖRFER *et al.*, 1999).

Tabela 44. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício no solo camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Si solo, mg dm ⁻³ (0-20 cm)-----					
Usina Aroeira						
0	5,01			5,27		
100	6,11 ^{ns}	5,31 ^{ns}	5,71	6,10 ^{A^{ns}}	5,93 ^{A^{ns}}	6,02
200	7,10 ^{ns}	5,70 ^{ns}	6,40	6,54 ^{A^{ns}}	5,97 ^{A^{ns}}	6,25
400	6,66 ^{ns}	5,19 ^{ns}	5,92	6,98 ^{A^{ns}}	5,44 ^{B^{ns}}	6,21
800	7,82 [*]	6,09 ^{ns}	6,96	8,00 ^{A[*]}	5,87 ^{B^{ns}}	6,94
Média	6,92 ^A	5,57 ^B		6,90	5,80	
CV= %; DMS fonte=0,89; Dunnett=2,49			CV= 24,51%; DMS fonte=0,55; Dunnett= 1,81			
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
						a
0	6,86			8,25		
100	9,10 ^{*A}	9,03 ^{nsA}	9,07	8,11 ^{nsA}	8,26 ^{nsA}	8,20
200	9,06 ^{*A}	8,91 ^{nsA}	8,98	10,07 ^{nsA}	8,79 ^{nsA}	9,43
400	9,80 ^{*A}	8,26 ^{nsA}	9,03	10,63 ^{*A}	9,27 ^{nsA}	9,95
800	11,34 ^{*A}	7,76 ^{nsB}	9,55	10,90 ^{*A}	8,45 ^{nsB}	9,68
Média	9,83	8,50		9,93	8,69	
CV=22,17 %; DMS fonte= ; Dunnett=2,18			CV=25,11%;DMSfonte=2,08;Dunnett=2,28			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação à testemunha, na Usina Aroeira, na camada de 0-20 (TABELA 44) e 20-40 cm (TABELA 45) houve diferença estatística apenas com a aplicação do Alpha na dose 800 kg ha⁻¹ K₂O após primeiro e segundo corte sem potássio. Para o segundo corte com aplicação de potássio houve diferença em relação à testemunha com aplicação do Alpha para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O na camada de 0-20 cm e para a dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O na camada de 20-40 cm (FIGURA 84).

Tabela 45. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício no solo camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Si solo, mg dm ⁻³ (20-40 cm)-----									
Usina Aroeira										
0	4,14					5,50				
100	4,03	A ^{ns}	3,87	A ^{ns}	3,95	6,96	^{ns}	5,30	^{ns}	6,13
200	4,75	A ^{ns}	4,42	A ^{ns}	4,59	6,33	^{ns}	6,40	^{ns}	6,23
400	5,08	A ^{ns}	4,10	B ^{ns}	4,60	6,88	^{ns}	5,19	^{ns}	6,04
800	6,48	A [*]	4,00	B ^{ns}	5,24	7,88	[*]	5,65	^{ns}	6,77
Média	5,09		4,10			7,01	A	5,57	B	
CV= 21,84 %; DMS fonte=0,78; Dunnett=1,08					CV=22,75 %; DMS fonte=1,03; Dunnett= 1,85					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	6,13					7,90				
100	6,34	^{ns}	6,92	^{ns}	6,63	7,80	^{ns}	7,65	^{ns}	7,73
200	6,51	^{ns}	5,44	^{ns}	5,98	7,90	^{ns}	7,00	^{ns}	7,45
400	6,52	^{ns}	6,33	^{ns}	6,42	7,99	^{ns}	7,66	^{ns}	7,83
800	6,65	^{ns}	6,32	^{ns}	6,48	7,85	^{ns}	7,57	^{ns}	7,71
Média	6,50	A	6,25	A		7,89	A	7,47	A	
CV=26,25 %; DMS fonte= 0,76; Dunnett=2,10					CV=23,31%;DMSfonte=0,74;Dunnett= 2,05					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Guaíra, na camada de 0-20 cm, houve interação entre dose e fonte. Assim o Beta proporcionou mais silício no solo do que KCl nas doses de 800 kg ha⁻¹ K₂O tanto após o primeiro corte como após o segundo corte da cana (TABELA 44). Entretanto no segundo corte com reaplicação de potássio, independente da dose aplicada, não houve diferença estatísticas entre as fontes (FIGURA 85).

Nessa Usina, na camada de 20-40 cm, independente da dose aplicada não houve diferença estatística entre as fontes para o silício no solo. Houve diferença estatística em relação à testemunha apenas na profundidade de 0-20 cm, com aplicação do Beta nas doses de 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹

¹ K₂O após o primeiro corte e nas doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O após o segundo corte sem potássio (TABELA 45 e FIGURA 85).

Os valores de silício no solo em ambas as camadas de solo foram de 6-10 mg dm⁻³ que são considerados médios (KORNDÖRFER *et al.*, 1999).

Houve ajuste linear na Usina Aroeira e Guaíra. O silício no solo aumentou de acordo com as doses de K₂O aplicadas. Na Usina Aroeira isso ocorreu na camada de 0-20 cm, após o primeiro corte com KCl e Alpha e após o segundo corte sem reaplicação de potássio apenas com a fonte Alpha (FIGURA 82 A) bem como na camada de 20-40 cm após o primeiro corte com o Alpha (FIGURA 83).

Na Usina Guaíra (FIGURA 82 B) o aumento do silício no solo com aumento das doses de K₂O ocorreu apenas na camada de 0-20 cm com o Beta após o primeiro e segundo corte sem potássio (FIGURA 82).

Isso ocorre, pois, o termopotássio além de potássio disponibiliza para o solo o Silício (DUARTE, 2012).

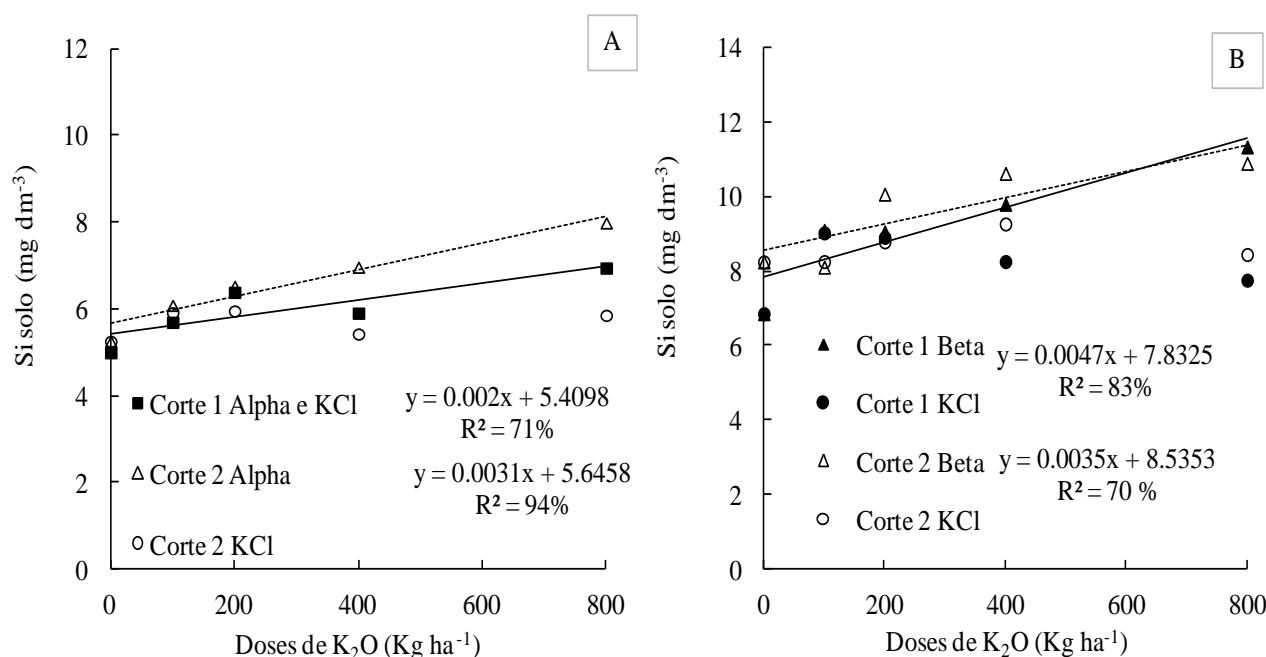


Figura 82. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o teor de Silício no solo na camada de 0-20 cm.

A- Usina Aroeira; B- Usina Guaíra. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

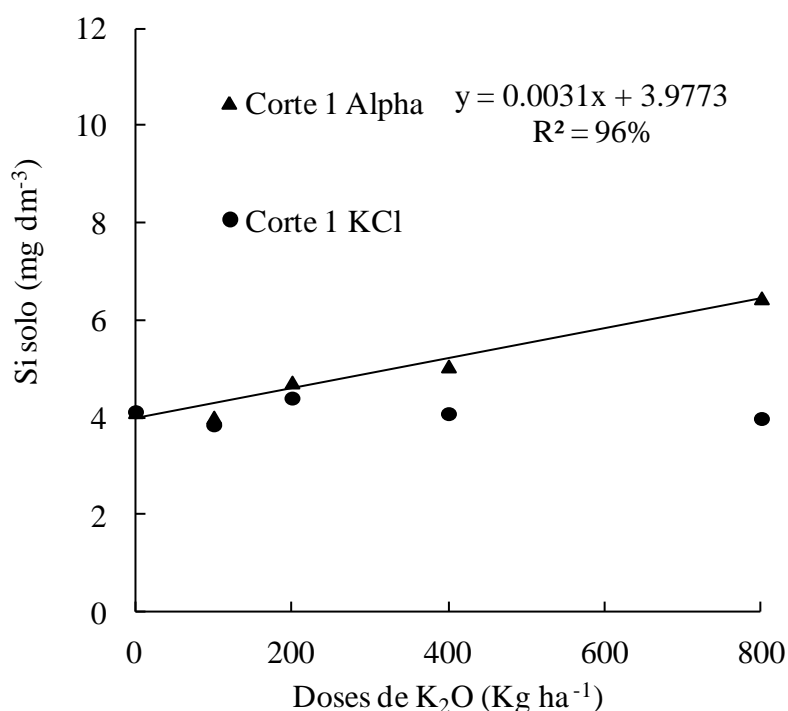


Figura 83. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o silício no solo na camada de 20-40 cm na Usina Aroeira.

Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Não houve diferença estatística para o silício no solo na comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana na Usina Aroeira para ambas as camadas de solo (FIGURA 84).

Na Usina Guaíra, na camada de 0-20 cm, o silício no solo foi diminuído com a aplicação de potássio na cana soca para os tratamentos 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O com Beta. Entretanto, na camada de 20-40 cm, não houve diferença estatística para o silício no solo na comparação entre aplicação de 0 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana (FIGURA 85).

Reis et al., 2013 avaliando os atributos do solo e produção da cana em resposta ao silicato de cálcio verificou que o silício no solo diminuiu com aumento da dose de silicato e atribuiu isso a em parte pela maior presença de Ca⁺ na solução do solo o qual estaria complexando parte do silício e outra parte a extração do elemento por culturas acumuladoras como a cana-de-açúcar.

Nesse experimento, pode ser que o silício tenha diminuído em razão de ter-se complexado com o potássio cuja quantidade foi aumentada no segundo corte com a reaplicação do potássio na cana soca bem como é um cátion como cálcio e pode ser complexado por um ânion como o silício, o qual pode ser encontrado no solo na forma aniônica (SiO₄⁻).

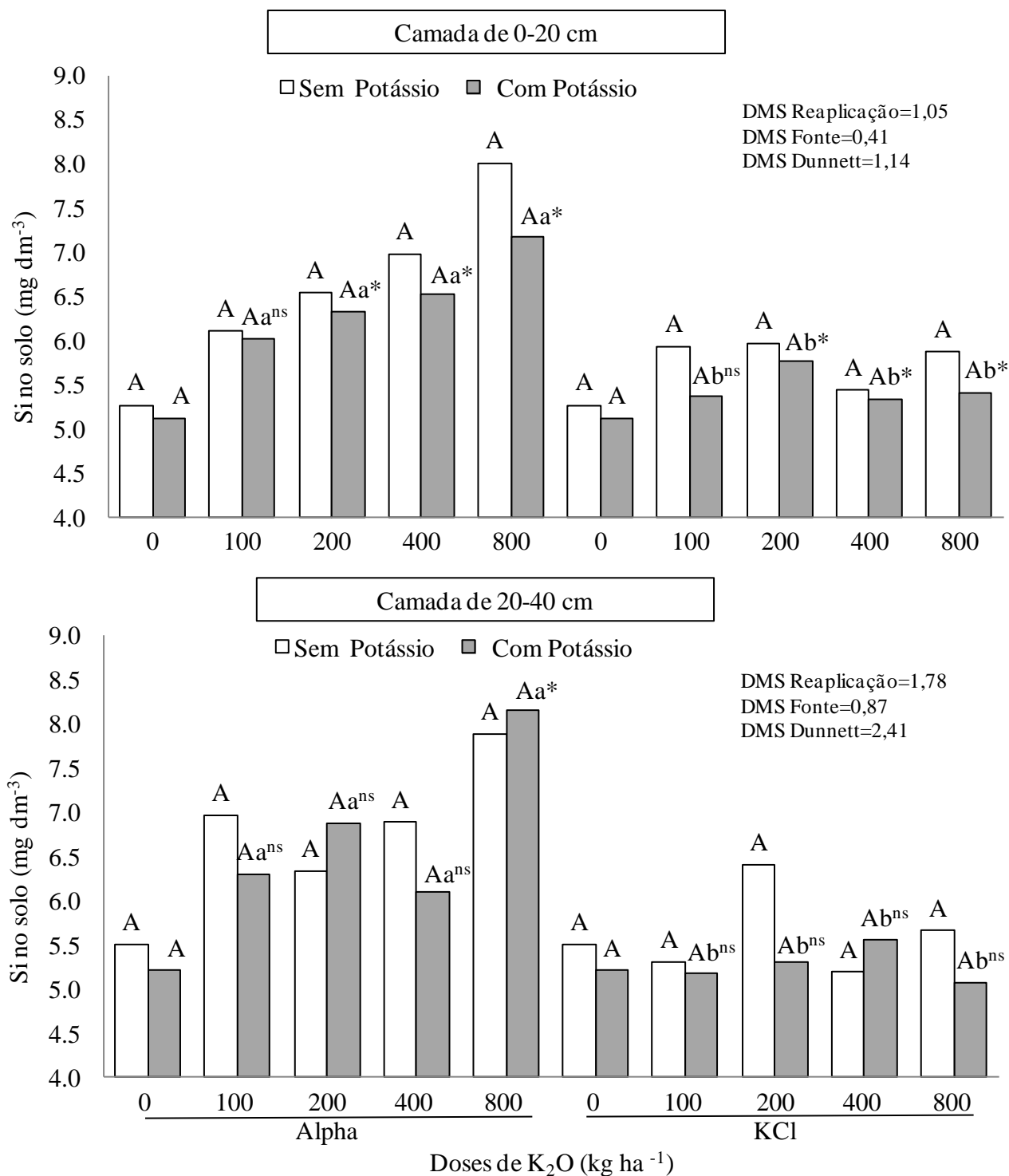


Figura 84. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o teor de Silício no solo.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

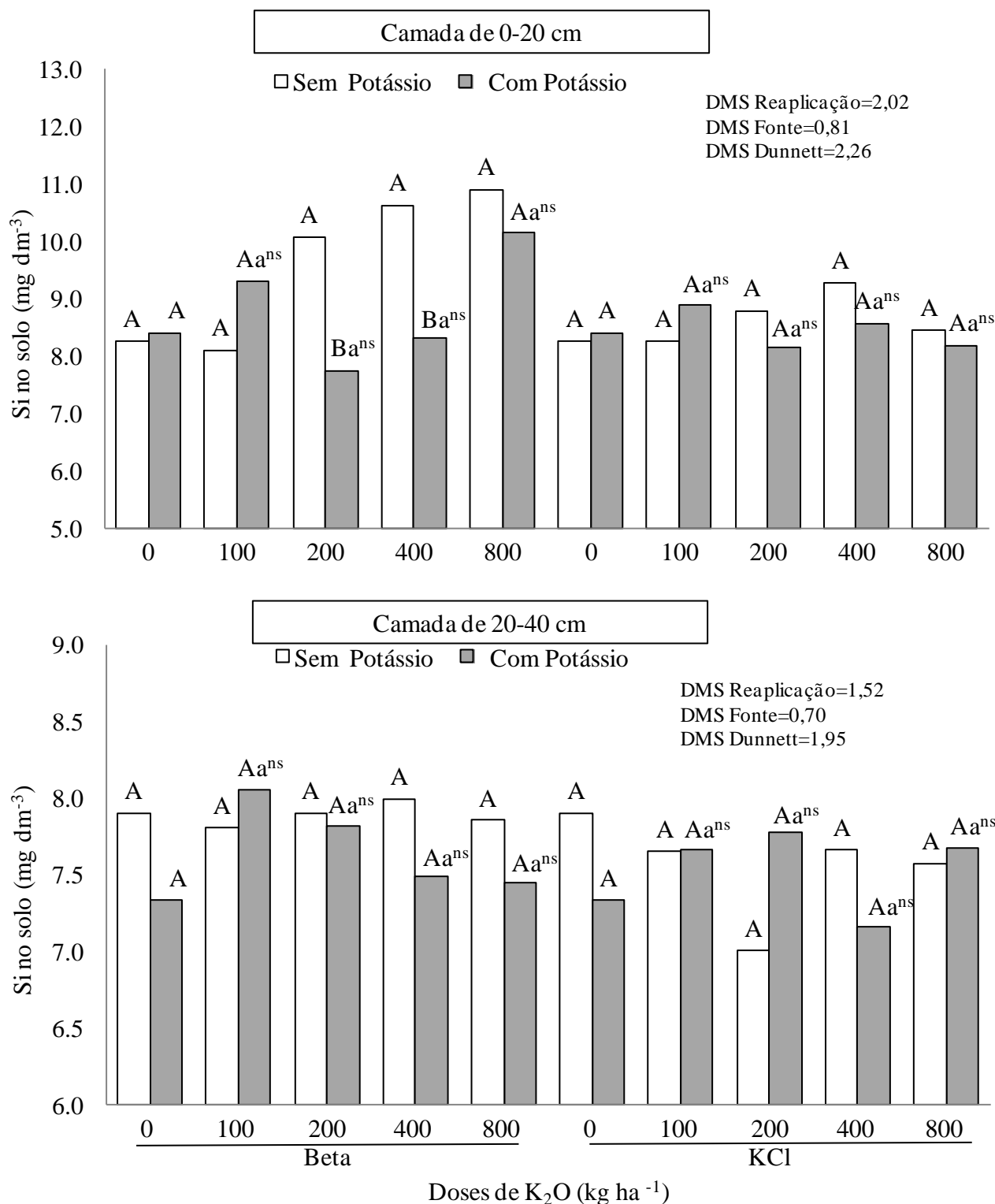


Figura 85. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Silício no solo.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

3.10 pH do solo

Na Usina Aroeira, o pH do solo, foi maior com o Alpha do que o KCl, independente da dose de potássio aplicada após o primeiro corte (camada de 0-20 e 20-40 cm) e após o segundo corte com potássio (na camada de 0-20 cm) bem como após segundo corte sem potássio (na camada de 20-40cm). Entretanto, na camada de 0-20 cm, após o segundo corte sem potássio, o pH do solo foi maior com o Alpha do que com o KCl nas doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O oriundo do Alpha (TABELAS 46 e 47). Porém, nessa usina, não houve diferença estatística entre as fontes de Potássio após o segundo corte com potássio na camada de 20-40 cm (FIGURA 86).]

Na camada de 20-40 cm, não houve diferença estatística em relação a testemunha, entretanto, na camada de 0-20 cm, o Alpha nas doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O após o primeiro corte e nas doses de 800 kg ha⁻¹ K₂O após o segundo corte sem potássio.

Tabela 46. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o sobre o pH do solo camada de 0-20 cm.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- pH do solo, CaCl ₂ (0-20 cm)-----									
Usina Aroeira										
0			4,93					4,72		
100	5,32	ns	5,02	ns	5,17	4,98	A ^{ns}	4,95	A ^{ns}	4,96
200	5,43	*	5,05	ns	5,24	5,07	A ^{ns}	5,00	A ^{ns}	5,04
400	5,38	*	4,88	ns	5,13	5,08	A ^{ns}	4,69	B ^{ns}	4,89
800	5,53	*	5,35	ns	5,44	5,70	A [*]	4,90	B ^{ns}	5,30
Média	5,41	A	5,07	B		5,21		4,88		
CV= %; DMS fonte=0,15; Dunnett= 0,43					CV=7,84 %; DMS fonte=0,28; Dunnett= 0,79					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0	5,90					5,84				
100	6,08	ns	5,99	ns	6,04	5,29	ns	5,56	ns	5,43
200	5,95	ns	6,02	ns	5,98	5,53	ns	5,40	ns	5,47
400	6,15	ns	5,98	ns	6,07	5,65	ns	5,65	ns	5,65
800	6,15	ns	5,94	ns	6,04	5,60	ns	5,40	ns	5,50
Média	6,08	A	5,98	A		5,52	A	5,50	A	
CV= 3,03%; DMS fonte= 0,13; Dunnett= 0,36					CV=4,95 %;DMS fonte=0,20;Dunnett=0,55					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

O pH do solo, na Usina Guaíra, independente da dose aplicada não houve diferença estatística entre Beta e KCl nem entre cada tratamento e a testemunha tanto na camada de 0-20 como na de 20-40 cm (TABELA 47, FIGURA 88).

Tabela 47. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o pH do solo camada de 20-40 cm.

Doses K ₂ O	1º corte			2º corte		
Cana planta	Alpha	KCl	Média	Alpha	KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	pH do solo, CaCl ₂ (20-40 cm)					
Usina Aroeira						
0	4,74			4,89		
100	4,93	ns	4,82	ns	4,87	5,06
200	5,01	ns	4,84	ns	4,92	5,09
400	4,92	ns	4,78	ns	4,85	5,10
800	4,97	ns	4,94	ns	4,96	5,09
Média	4,96	A	4,84	B	5,08	A
CV= 13,20%; DMS fonte=0,11 ; Dunnett= 0,31			CV=8,54 %; DMS fonte= 0,09 ;Dunnett= 0,25			
Usina Guaíra						
	Beta	KCl	Média	Beta	KCl	Média
0	5,13			4,78		
100	5,23	ns	5,02	ns	5,13	4,73
200	5,22	ns	5,07	ns	5,14	4,72
400	5,17	ns	5,14	ns	5,16	4,82
800	5,11	ns	5,20	ns	5,16	4,65
Média	5,18	A	5,12	A	4,73	A
CV= 4,10%; DMS fonte=0,15; Dunnett= 0,42			CV=5,04 %;DMSfonte=0,17;Dunnett= 0,48			

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância

Em relação às doses, na Usina Aroeira, houve ajuste linear para o pH do solo na profundidade de 0-20 cm, sendo que após o primeiro corte esse ajuste foi para ambas as fontes e após o segundo corte sem potássio foi apenas o Alpha. Entretanto na Usina Guaíra, em todos os cortes e camadas de solo, não houve ajuste de modelo (FIGURA 86).

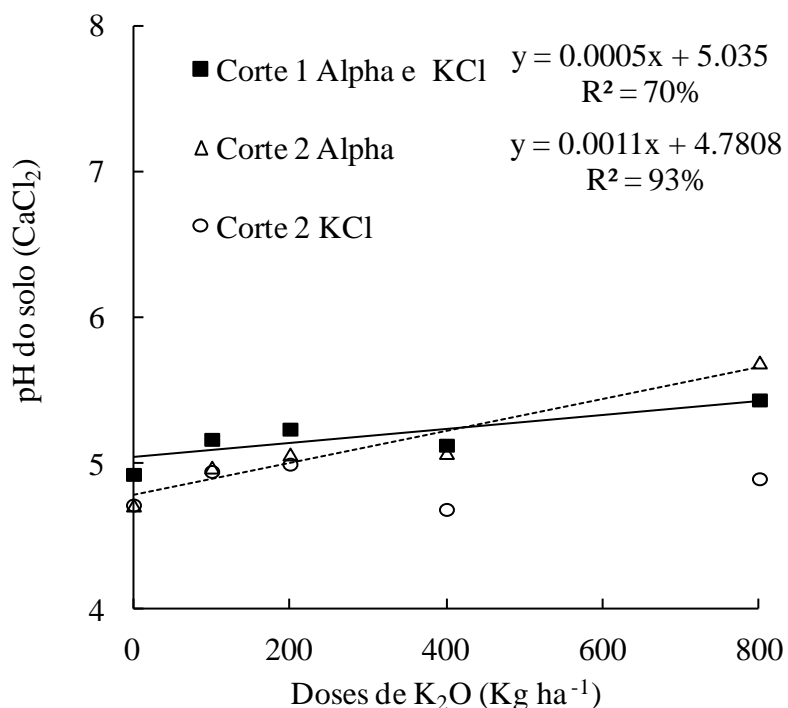


Figura 86. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o pH do solo na camada de 0-20 cm na Usina Aroeira.
Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Na Usina Aroeira, a reaplicação de potássio na cana soca não afetou estatisticamente o pH do solo para na camada de 0-20 cm bem como na camada de 20-40 cm (FIGURA 87). Na camada de 0-20 cm bem como na camada de 20-40 cm não houve diferença estatística no pH do solo com a reaplicação de potássio na soqueira da cana na Usina Guaíra (FIGURA 88).

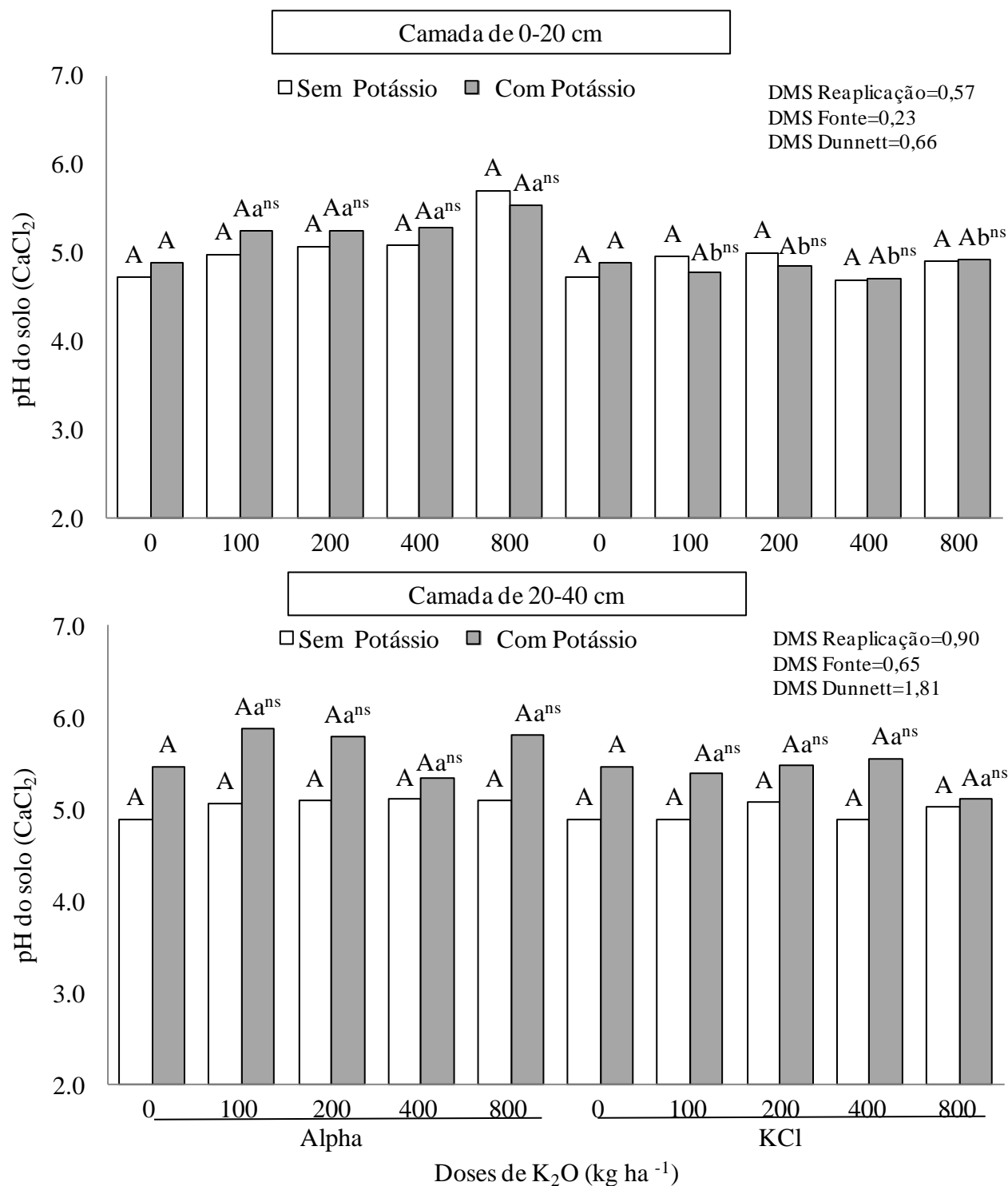


Figura 87. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o pH do solo.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, , entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte). *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

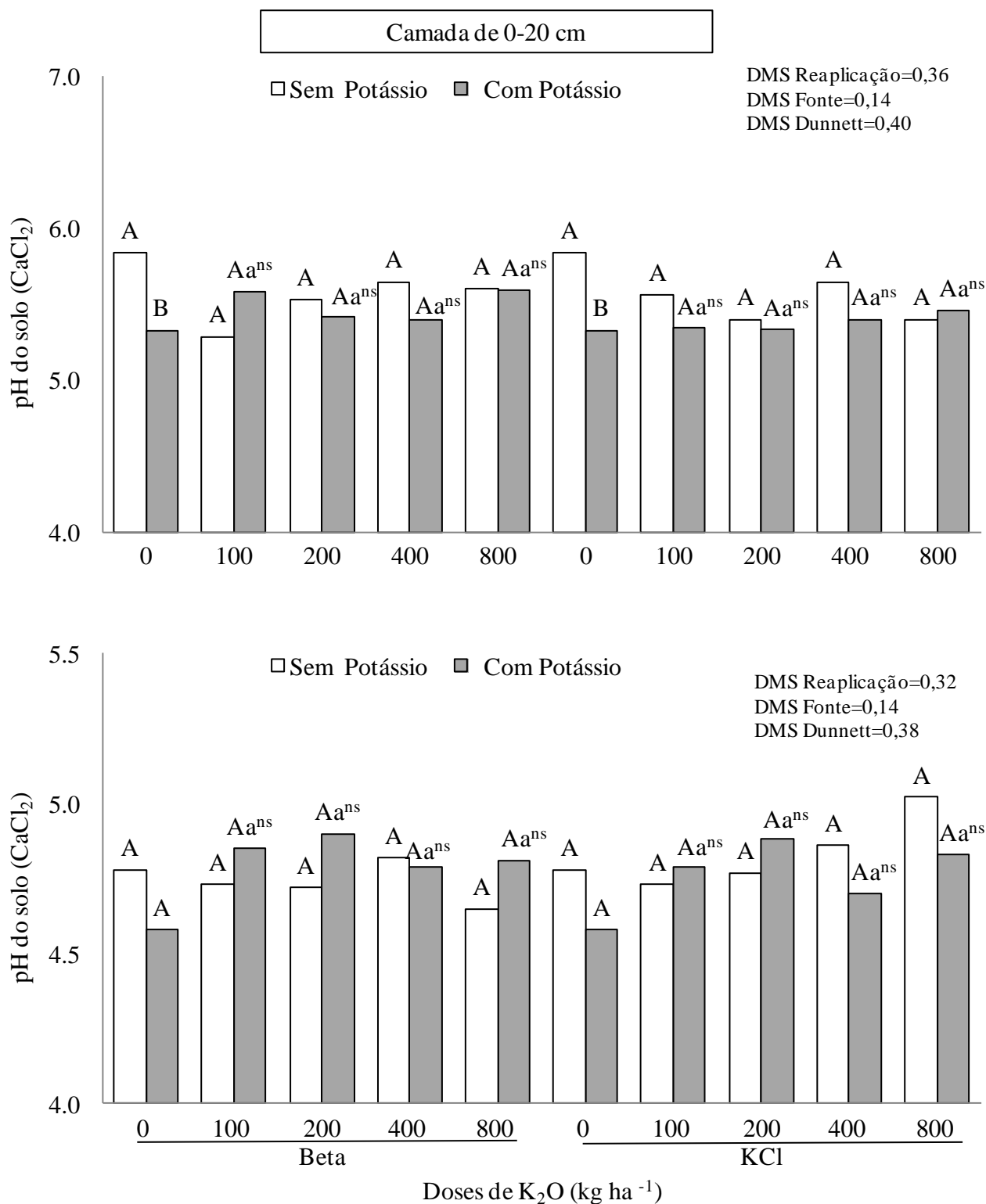


Figura 88. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o teor de Silício no solo.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS reaplicação). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS Fonte).;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett).

3.11 Altura

Na Usina Aroeira, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio tanto no primeiro como no segundo corte (com e sem reaplicação de potássio). Em relação à testemunha verifica-se que no segundo corte (sem reaplicação de potássio) todos os tratamentos diferiram da testemunha, entretanto no segundo corte da cana (com reaplicação de potássio) e no primeiro corte não houve diferença estatística. (TABELA 48 e FIGURA 89).

Na Usina Guaíra, além de não haver diferença estatística entre as fontes de potássio não há diferença em relação ao tratamento testemunha tanto no primeiro como no segundo corte a cana (com e sem reaplicação de potássio) (TABELA 49 e FIGURA 90).

Tanto na Usina Aroeira como na Usina Guaíra, em todos os cortes, não houve ajuste de modelo, em relação às doses de potássio e altura dos colmos de cana para ambas as fontes de potássio. A aplicação de cloreto de potássio na cana soca (variedade SP 89-1115) influenciou a altura, atingindo maior valor foi de 2,75 m na dose de 195 kg ha⁻¹ de K₂O (FLORES *et al.*, 2012).

Tabela 48. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a altura dos colmos.

Doses K ₂ O	1º corte				2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl	Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Altura, m-----								
Usina Aroeira									
0			2,79					2,17	
100	2,84	ns	2,82	ns	2,83	2,41	*	2,60	*
200	2,81	ns	2,85	ns	2,83	2,39	*	2,48	*
400	2,87	ns	2,88	ns	2,88	2,41	*	2,56	*
800	2,83	ns	2,96	ns	2,89	2,61	*	2,70	*
Média	2,84	A	2,88	A		2,45	A	2,58	A
CV= 3,33 %; DMS fonte= 0,07; Dunnett=0,19					CV= 4,56 %; DMS fonte=0,14;Dunnett=0,22				
Usina Guaíra									
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl	
0			2,08					2,89	
100	2,12	ns	2,08	ns	2,10	2,87	ns	2,87	ns
200	2,15	ns	2,10	ns	2,13	2,88	ns	2,99	ns
400	2,12	ns	2,19	ns	2,16	2,86	ns	2,88	ns
800	2,14	ns	2,20	ns	2,17	2,98	ns	2,84	ns
Média	2,13	A	2,14	A		2,90	A	2,89	A
CV=4,11 %; DMS fonte=0,08 ;Dunnett=0,17					CV= 5,21%;DMS fonte=0,11;Dunnett=0,30				

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na comparação entre aplicação de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana na Usina Aroeira (FIGURA 89) bem como na Usina Guaíra entre a aplicação de 0 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 90) não houve incremento da altura com reaplicação do potássio na cana soca.

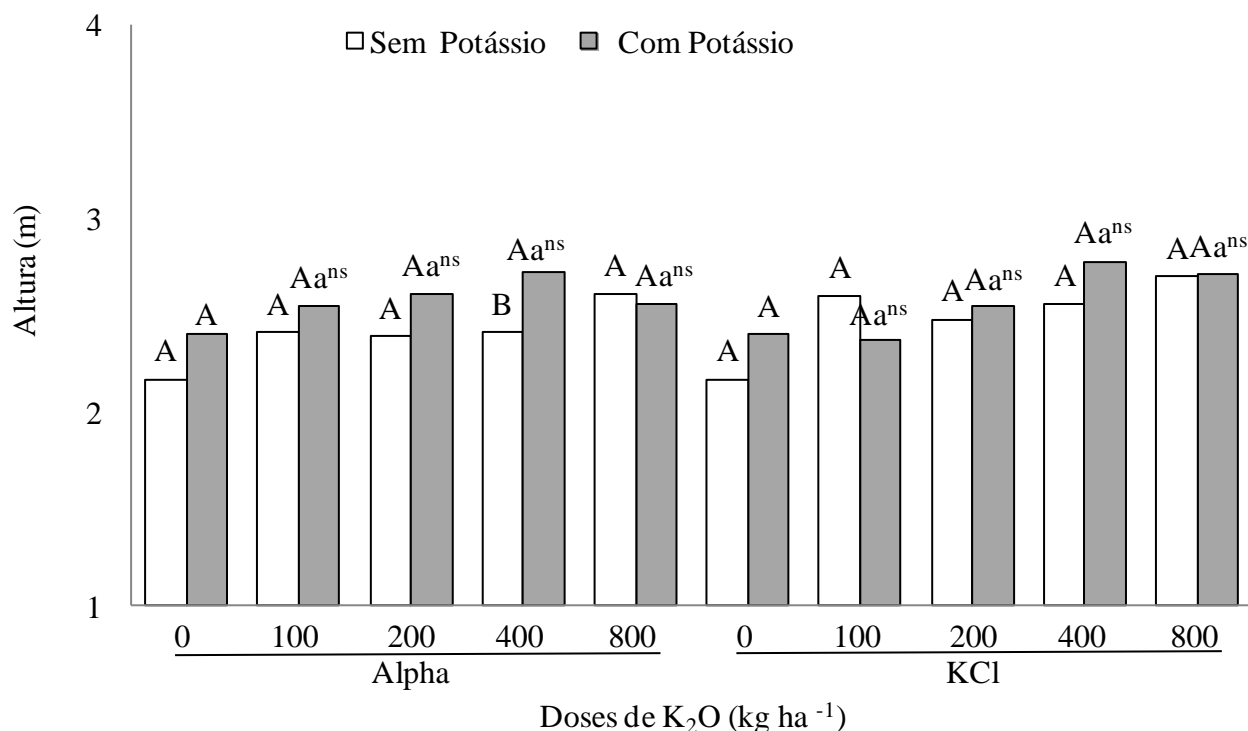


Figura 89. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a altura dos colmos. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,24). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,13).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=0,40).

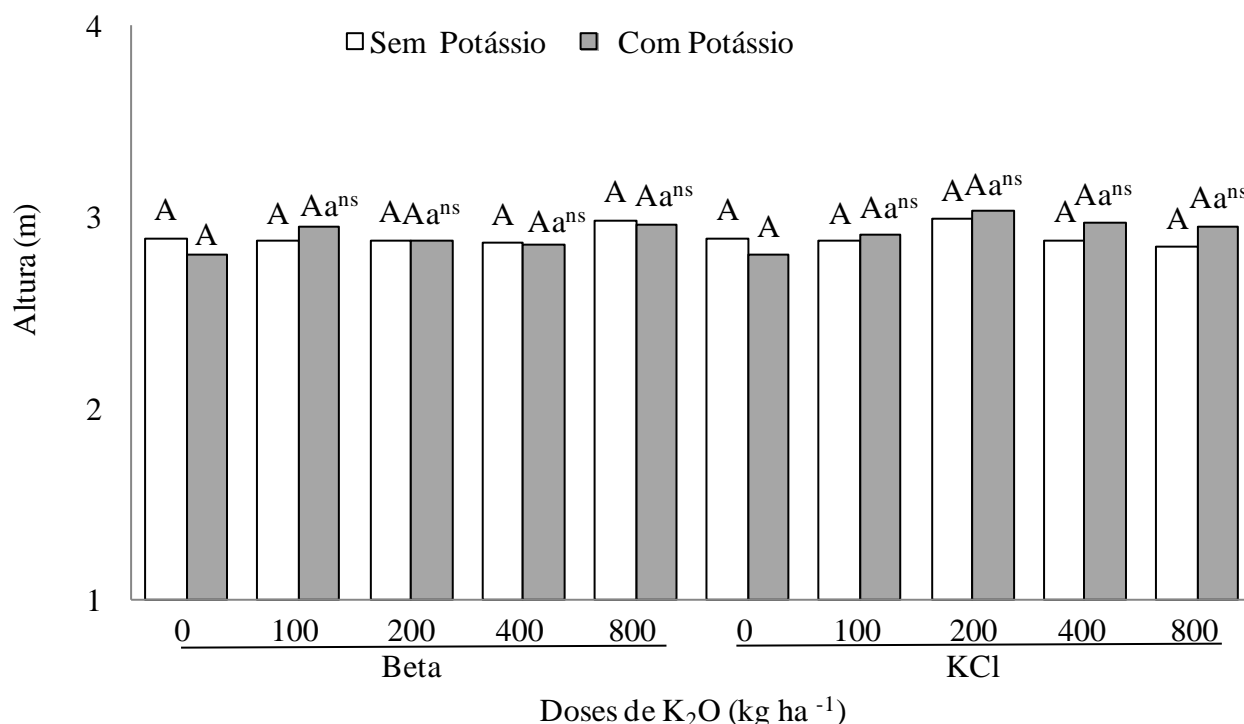


Figura 90. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a altura dos colmos. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,18). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,08).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=0,23).

3.12 Análise tecnológica

Na Usina Aroeira, o Brix do caldo (TABELA 49 e FIGURA 91), Pol da cana (TABELA 50 e FIGURA 93) e ATR (TABELA 51 e FIGURA 95) não houve efeito entre as fontes de potássio, nem entre as doses de potássio bem como entre cada tratamento e testemunha tanto no primeiro como no segundo da cana (com e sem reaplicação de potássio).

Entretanto, para o açúcar obtido, calculado com base no pol da cana verifica-se, no primeiro corte da cana, que não houve diferença estatística entre as fontes de potássio exceto na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O que o KCl foi superior ao Alpha e diferença em relação à testemunha nas doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O com o KCl. Além disso, a produção de açúcar no segundo corte, com e sem potássio, independente da dose de K₂O, não houve diferença estatística entre as fontes entretanto houve em relação à testemunha sendo o melhor tratamento o Alpha e KCl aplicado nas doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O (TABELA 52 e FIGURA 97).

Tabela 49. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o brix do caldo.

Doses K ₂ O	1º corte				2º corte					
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl	Média	
- kg ha ⁻¹ -	-----				Brix do Caldo, %	-----				
Usina Aroeira										
0			17,71					19,90		
100	17,74	ns	17,12	ns	17,43	20,40	ns	19,79	ns	20,10
200	17,63	ns	17,74	ns	17,69	20,08	ns	19,88	ns	19,98
400	18,04	ns	17,41	ns	17,73	19,74	ns	19,72	ns	19,73
800	17,24	ns	17,59	ns	17,42	19,97	ns	19,17	ns	19,58
Média	17,66	A	17,46	A		20,05	A	19,64	A	
CV= 3,74 %; DMS fonte=0,47; Dunnett= 1,32					CV= 3,07%; DMS fonte= 0,44; Dunnett= 1,23.					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			20,98					21,84		
100	21,31	ns	21,04	ns	21,17	22,31	ns	21,79	ns	22,05
200	21,34	ns	21,19	ns	21,27	21,88	ns	21,89	ns	21,88
400	21,62	ns	21,07	ns	21,34	21,55	ns	22,03	ns	21,79
800	21,16	ns	21,16	ns	21,16	21,67	ns	21,74	ns	21,71
Média	21,35	A	21,11	A		21,85	A	21,86	A	
CV= 4,44 %; DMS fonte=0,25 ;Dunnett= 0,68					CV=3,59 %;DMS fonte=0,25;Dunnett=0,70					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na Usina Guaíra, o brix do caldo (TABELA 49, FIGURA 92), o pol da cana (TABELA 50 e FIGURA 94), ATR (TABELA 51 e FIGURA 96), Açúcar (TABELA 52 e FIGURA 98) independente da dose utilizada não houve diferença estatística entre as fontes nem entre cada tratamento e a testemunha tanto no primeiro como no segundo corte (com e sem reaplicação de potássio).

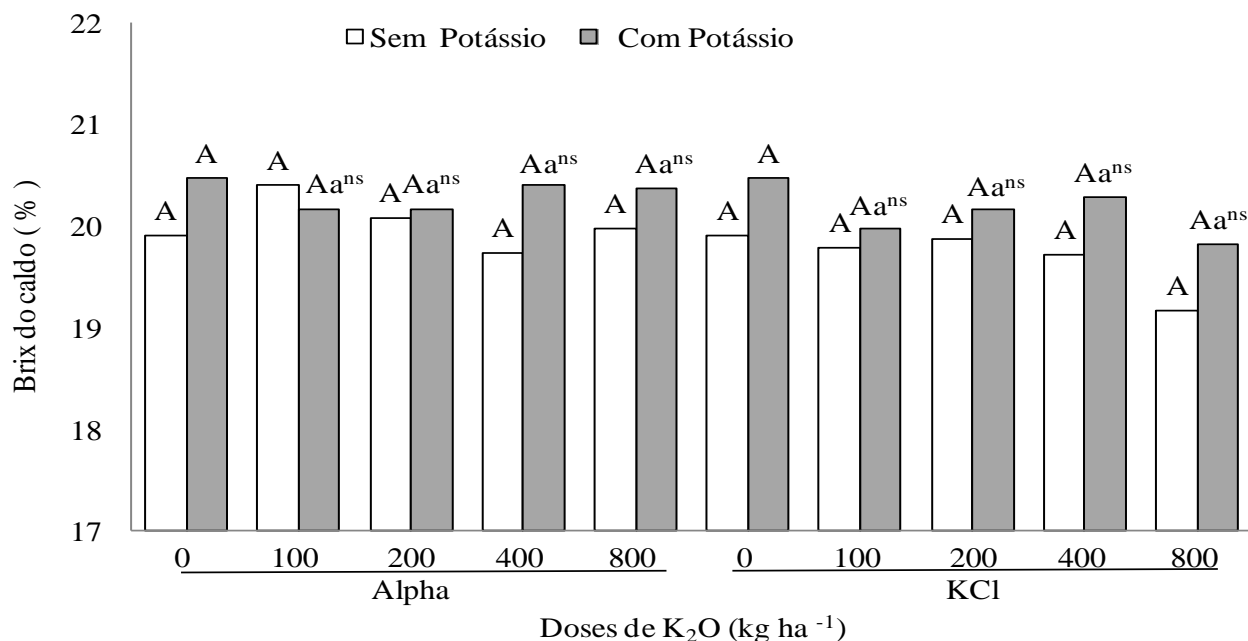


Figura 91. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o brix do caldo

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=1,01). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,45).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=1,25).

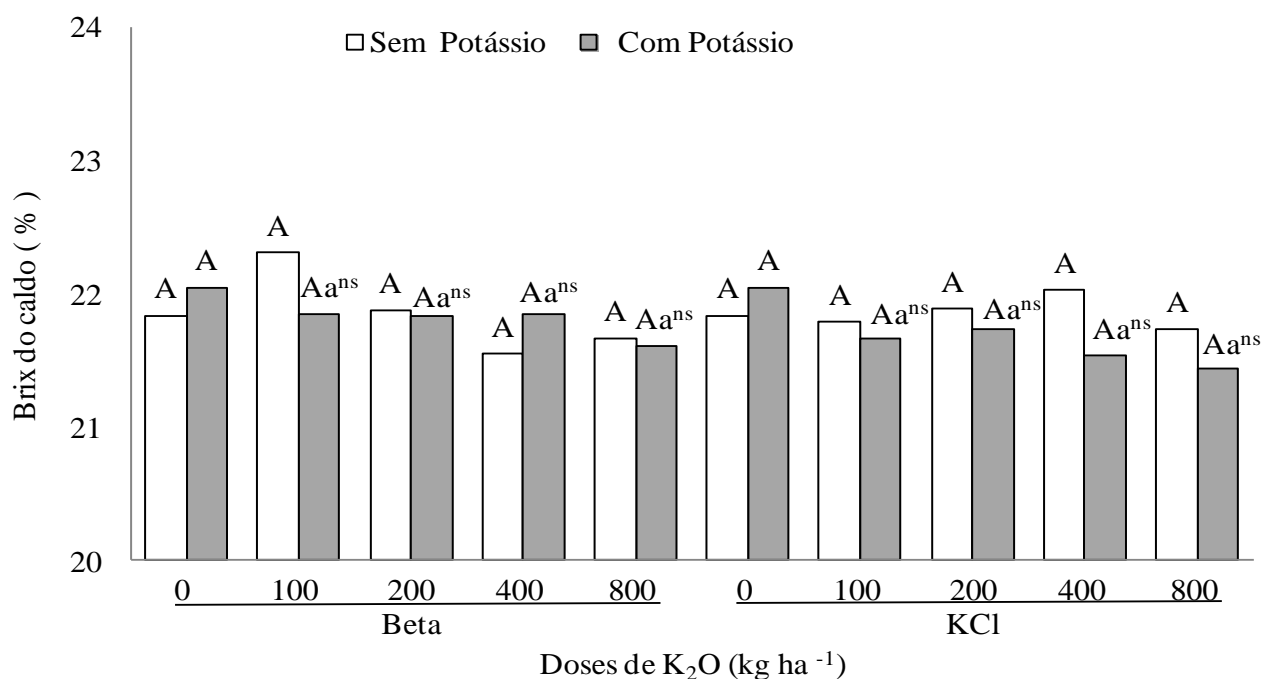


Figura 92. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guáira sobre o brix do caldo

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,76). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,29).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=0,79).

Tabela 50. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o pol da cana.

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- Pol da Cana, % -----									
Usina Aroeira										
0			12,90					12,92		
100	12,98	ns	12,15	ns	12,56	13,44	ns	12,99	ns	13,21
200	12,76	ns	12,93	ns	12,84	13,41	ns	13,23	ns	13,32
400	13,15	ns	12,65	ns	12,90	12,62	ns	12,99	ns	12,81
800	12,46	ns	12,79	ns	12,63	13,42	ns	13,42	ns	13,42
Média	12,84	A	12,63	A		13,22	A	13,16	A	
CV= 4,26 %; DMS fonte=0,39 ;Dunnett= 1,09					CV=5,16 %; DMS fonte=0,49 ;Dunnett= 1,37					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			18,19					19,60		
100	18,76	ns	18,38	ns	18,57	20,19	ns	19,68	ns	19,93
200	18,59	ns	18,53	ns	18,56	19,76	ns	19,67	ns	19,71
400	18,81	ns	18,29	ns	18,55	19,23	ns	19,87	ns	19,55
800	18,31	ns	18,53	ns	18,42	19,33	ns	19,51	ns	19,42
Média	18,62	A	18,44	A		19,63	A	19,68	A	
CV= 4,23 %; DMS fonte=0,30;Dunnett= 0,83					CV= 4,47%;DMSfonte=0,35;Dunnett= 0,98					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

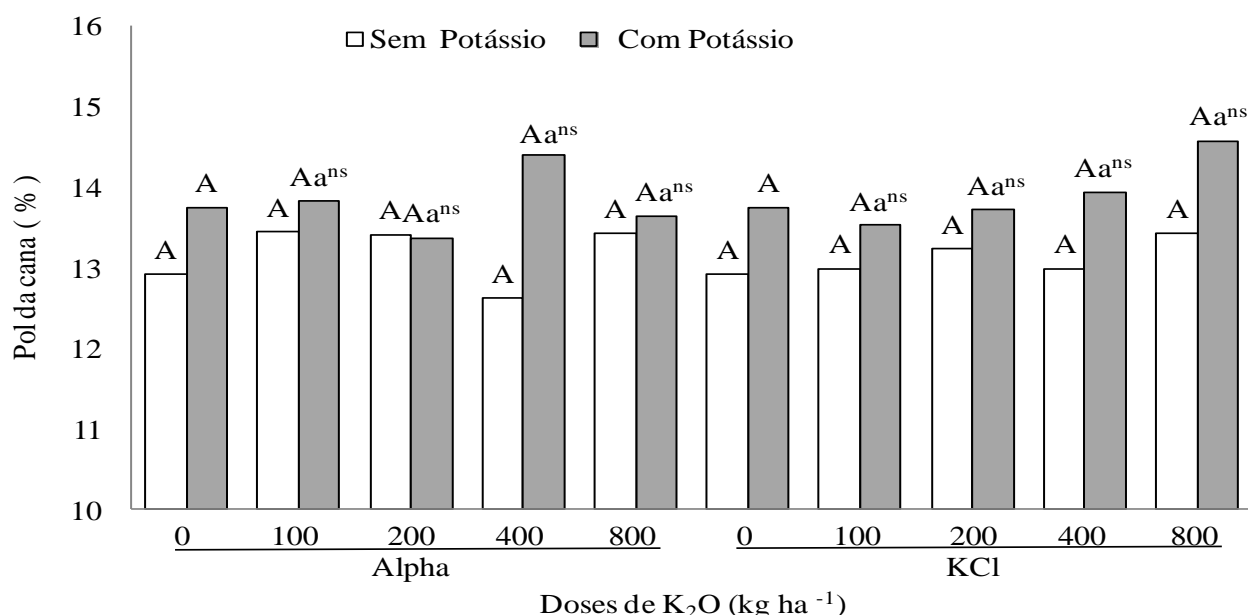


Figura 93. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o pol da cana.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=1,03).² Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,55).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=1,53).

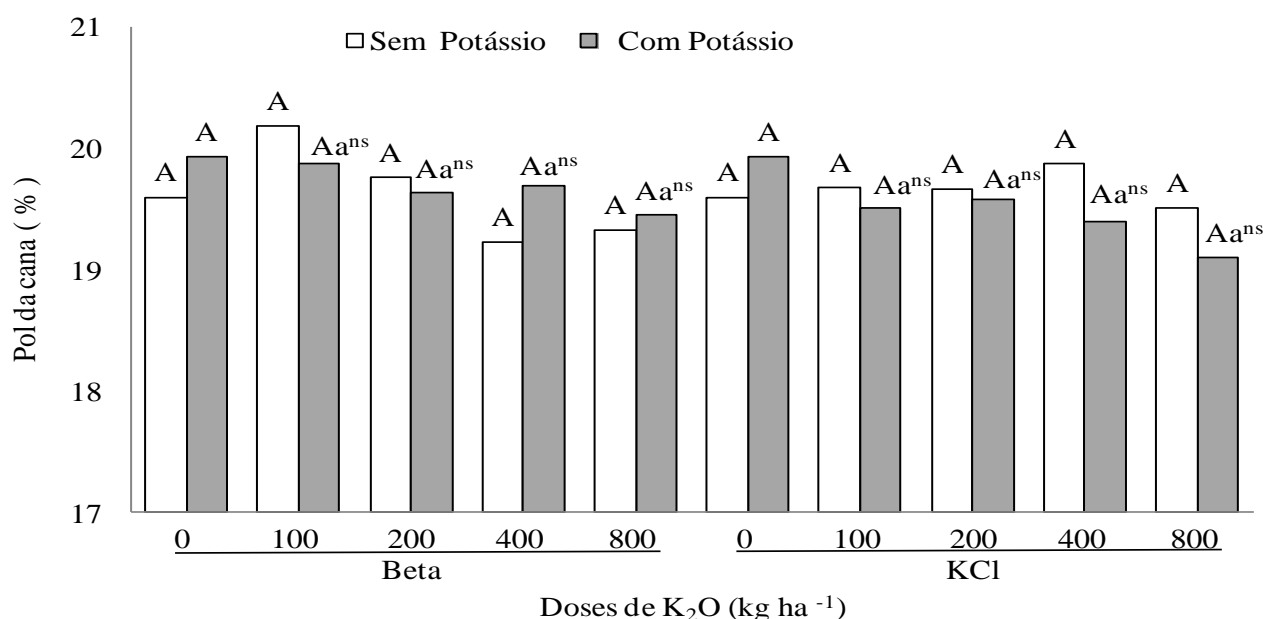


Figura 94. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guáira sobre o pol da cana.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=0,71). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=0,35).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=0,98).

Tabela 51. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o ATR.

Doses K ₂ O	1º corte				2º corte					
Cana planta	Alpha	KCl		Média	Alpha	KCl		Média		
- kg ha ⁻¹ -	----- ATR, kg t ⁻¹ -----									
Usina Aroeira										
0	128,40				123,16					
100	129,21	ns	121,84	ns	125,53	128,04	ns	123,79	ns	125,91
200	127,43	ns	128,75	ns	128,09	127,80	ns	126,03	ns	126,91
400	130,84	ns	126,28	ns	128,50	120,24	ns	123,82	ns	122,03
800	124,33	ns	127,42	ns	125,87	127,88	ns	127,84	ns	127,86
Média	127,95	A	126,07	A		125,99	A	125,37	A	
CV= 3,87 %; DMS fonte=3,59 ;Dunnett= 9,46					CV=5,18 %; DMS fonte= 4,72; Dunnett= 13,09					
Usina Guáira										
	Beta	KCl		Média	Beta	KCl		Média		
0	155,30				168,85					
100	158,98	ns	156,49	ns	157,73	167,47	163,50	165,49		
200	159,51	ns	158,01	ns	158,76	163,61	164,86	164,23		
400	160,26	ns	155,96	ns	158,11	160,84	164,63	162,73		
800	155,78	ns	158,95	ns	157,37	160,84	163,68	162,26		
Média	158,63	A	157,21	A		163,19	A	164,17	A	
CV= 5,94 %;DMS fonte=2,23;Dunnett= 6,18					CV=4,32 %; DMS fonte=2,77; Dunnett= 7,68					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

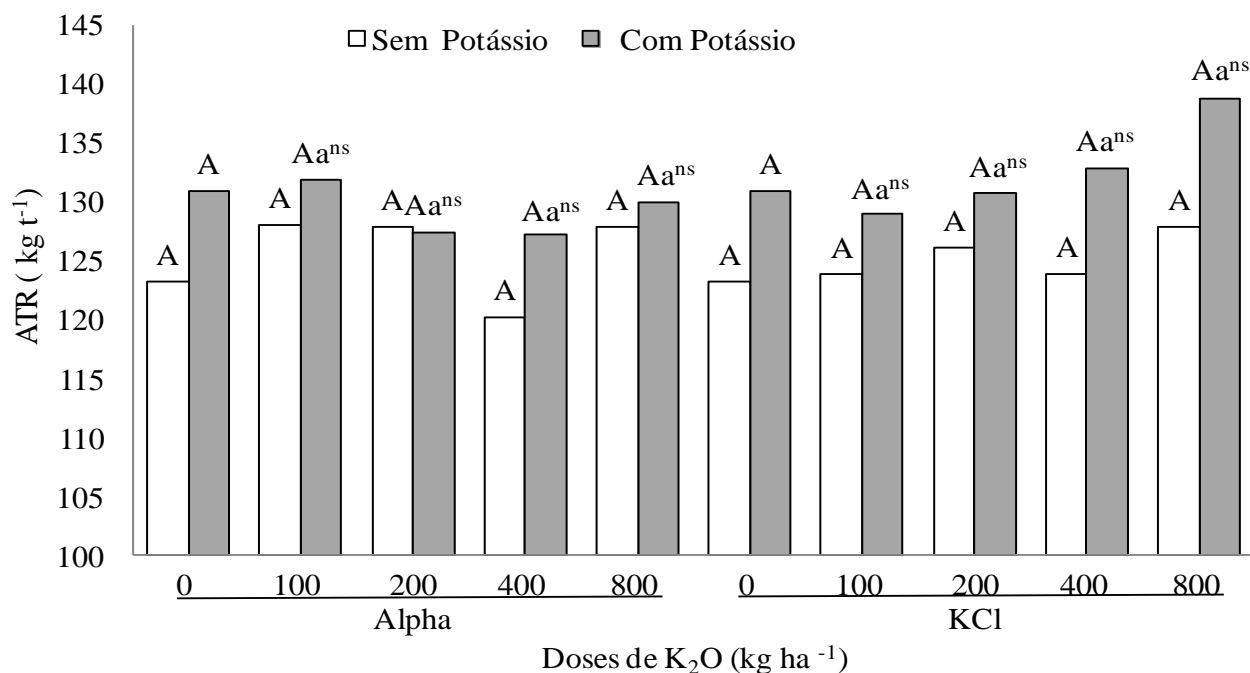


Figura 95. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre o ATR.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=9,0). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=5,29).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=14,66).

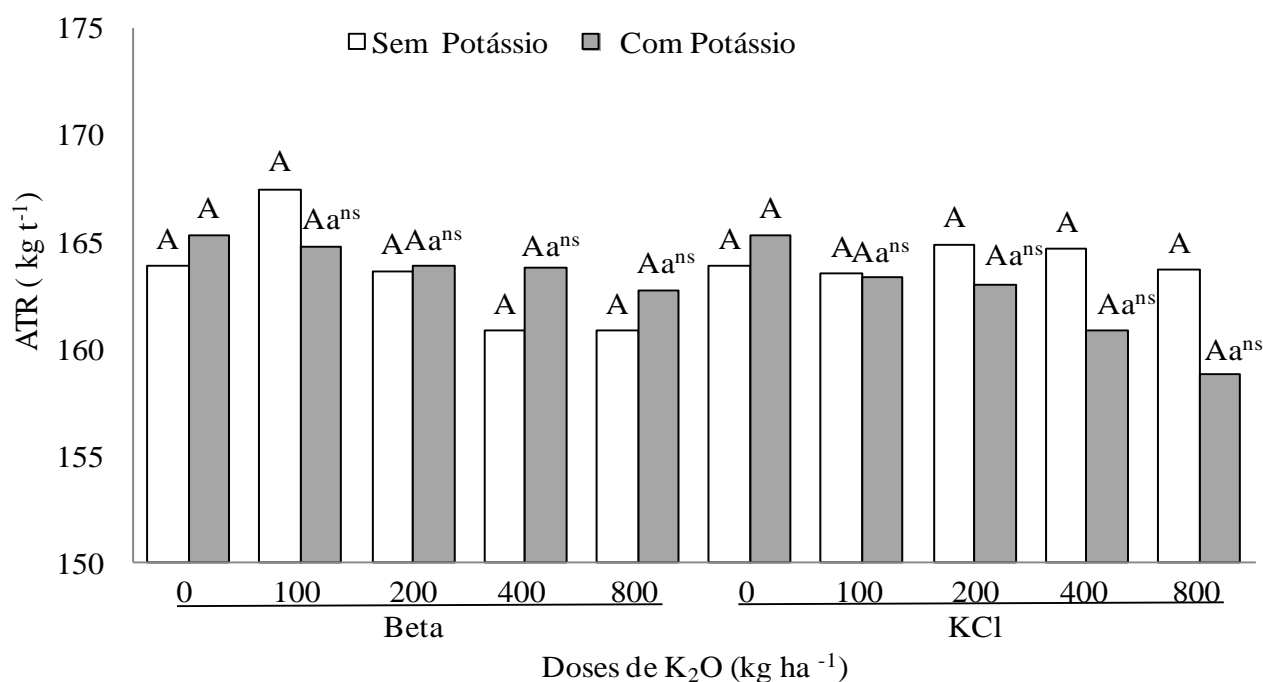


Figura 96. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre o ATR.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=5,83). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=2,99).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=8,30).

Tabela 52. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a TAH

Doses K ₂ O	1º corte					2º corte				
Cana planta	Alpha		KCl		Média	Alpha		KCl		Média
- kg ha ⁻¹ -	----- TAH, t ha ⁻¹ -----									
Usina Aroeira										
0			16,57					13,10		
100	17,54	A ^{ns}	16,86	A ^{ns}	17,20	13,94	^{ns}	13,38	^{ns}	13,66
200	17,70	A ^{ns}	18,87	A [*]	18,29	14,73	^{ns}	14,08	^{ns}	14,40
400	18,30	A [*]	18,89	A [*]	18,59	15,91	*	16,63	*	16,27
800	17,38	B ^{ns}	20,03	A [*]	18,72	17,05	*	19,68	*	18,37
Média	17,73		18,66			15,41	A	15,94	A	
CV= 5,37 %; DMS fonte=1,40 ; Dunnett= 1,70					CV=11,63 %; DMS fonte=1,30; Dunnett= 2,61					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			18,51					24,42		
100	19,20	^{ns}	19,03	^{ns}	19,12	25,02	^{ns}	24,17	^{ns}	24,60
200	19,45	^{ns}	19,22	^{ns}	19,33	24,81	^{ns}	25,31	^{ns}	25,06
400	19,86	^{ns}	19,33	^{ns}	19,60	24,63	^{ns}	25,88	^{ns}	25,25
800	19,49	^{ns}	20,60	^{ns}	20,04	25,30	^{ns}	26,18	^{ns}	25,74
Média	19,50 A		19,55 A			24,94 A	A	25,38 A	A	
CV= 5,04%; DMS fonte=0,71 ;Dunnett= 2,10					CV= 7,38%; DMSfonte=1,35;Dunnett=3,75					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

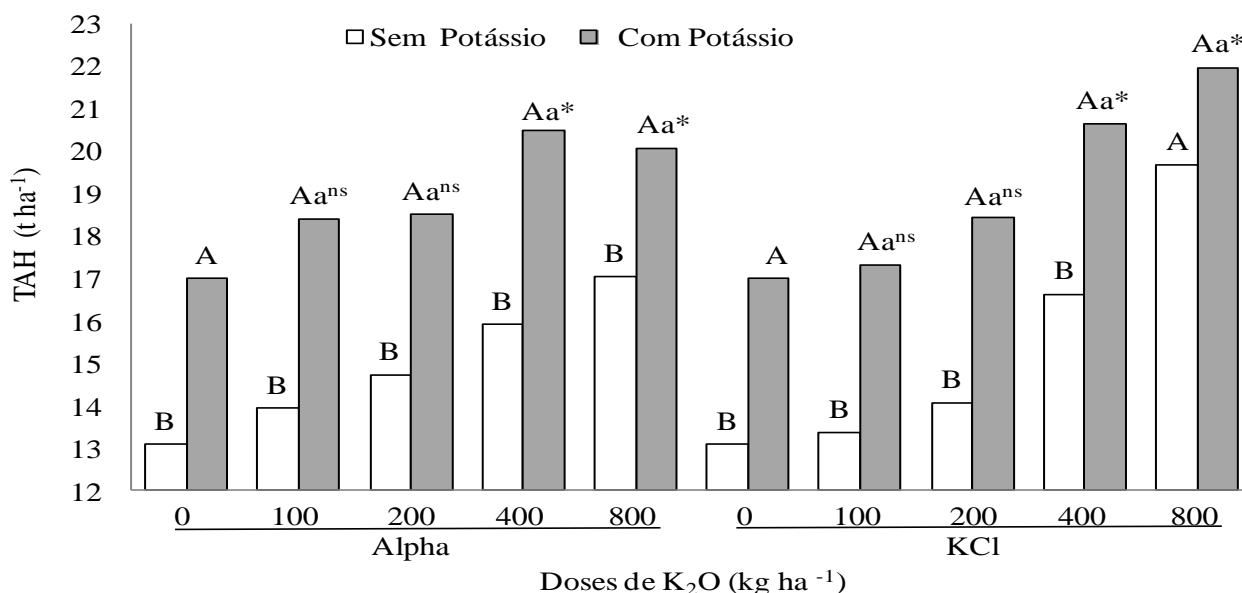


Figura 97. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a produção de açúcar. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=2,39). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=1,16).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=2,21).

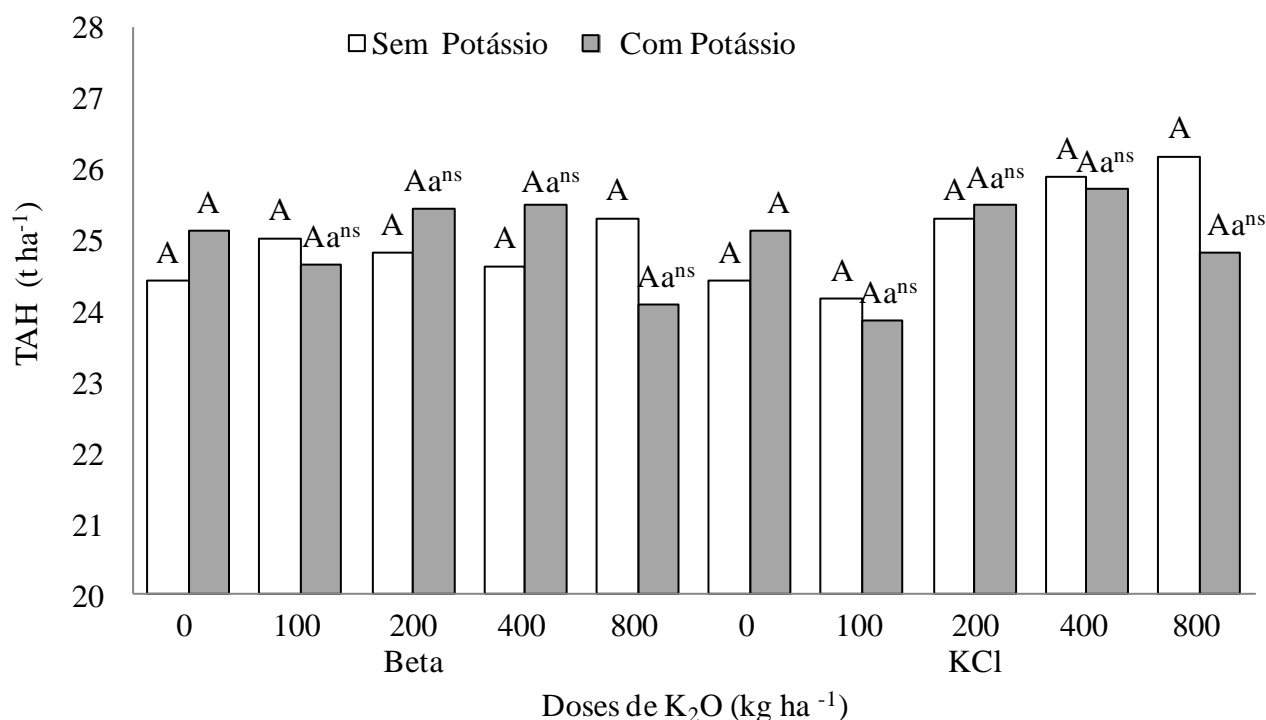


Figura 98. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a produção de açúcar. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=3,02).² Médias seguidas de letras minúsculas distintas, , entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=1,42) *: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=3,95).

Em relação às doses, verifica-se na Usina Aroeira que não houve ajuste para pol, brix e ATR. Entretanto, para a produção de açúcar, após primeiro corte, houve ajuste linear com o KCl e ajuste quadrático com o Alpha .Entretanto, após o segundo corte (com e sem reaplicação de K) houve ajuste linear e independente da fonte de potássio utilizada o incremento na produção de açúcar foi diretamente proporcional à dose de Potássio aplicada (FIGURA 99 A e B).

Esses dados estão de acordo com Otto *et al.*, 2010 os quais independente da forma de aplicação do potássio no solo não observaram efeito das doses para brix e pol da cana. Entretanto, as doses de potássio promoveram efeito quadrático na produção de açúcar tanto para a aplicação única do potássio no sulco como para a aplicação parcelada.

Na Usina Guaíra, para produção de açúcar após o primeiro corte houve ajuste linear em relação às doses de potássio (FIGURA 99 C). Para a brix, pol e ATR após o segundo corte (com reaplicação de potássio) independente da dose de K₂O houve diminuição dessas variáveis com aumento da dose de potássio (FIGURA 100). Isso demonstra que potássio em excesso pode afetar negativamente as variáveis tecnológicas da cana.

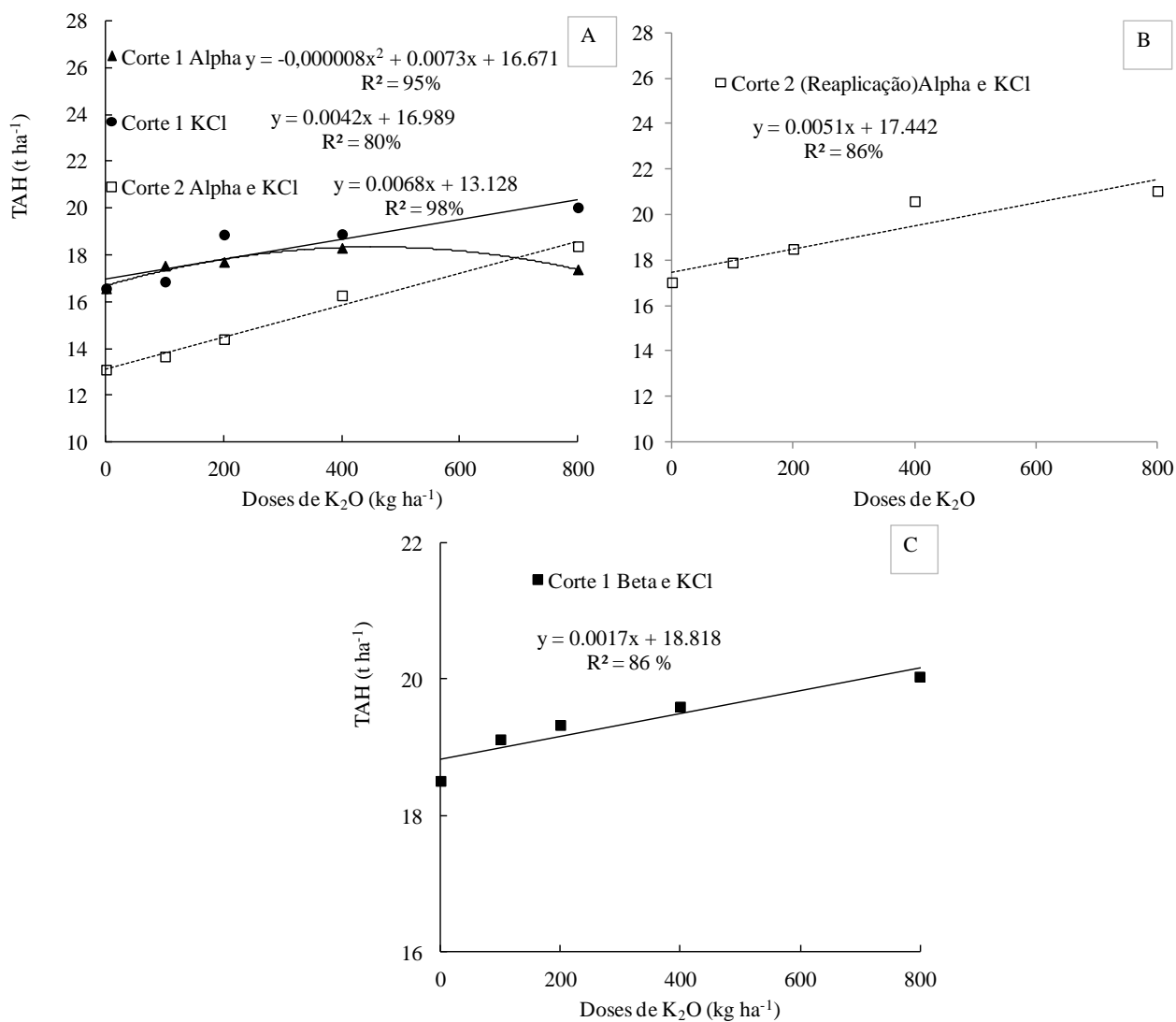


Figura 99. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a produção de açúcar.
A-Usina Aroeira; B- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O) na Usina Aroeira, C- Usina Guaíra.
Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

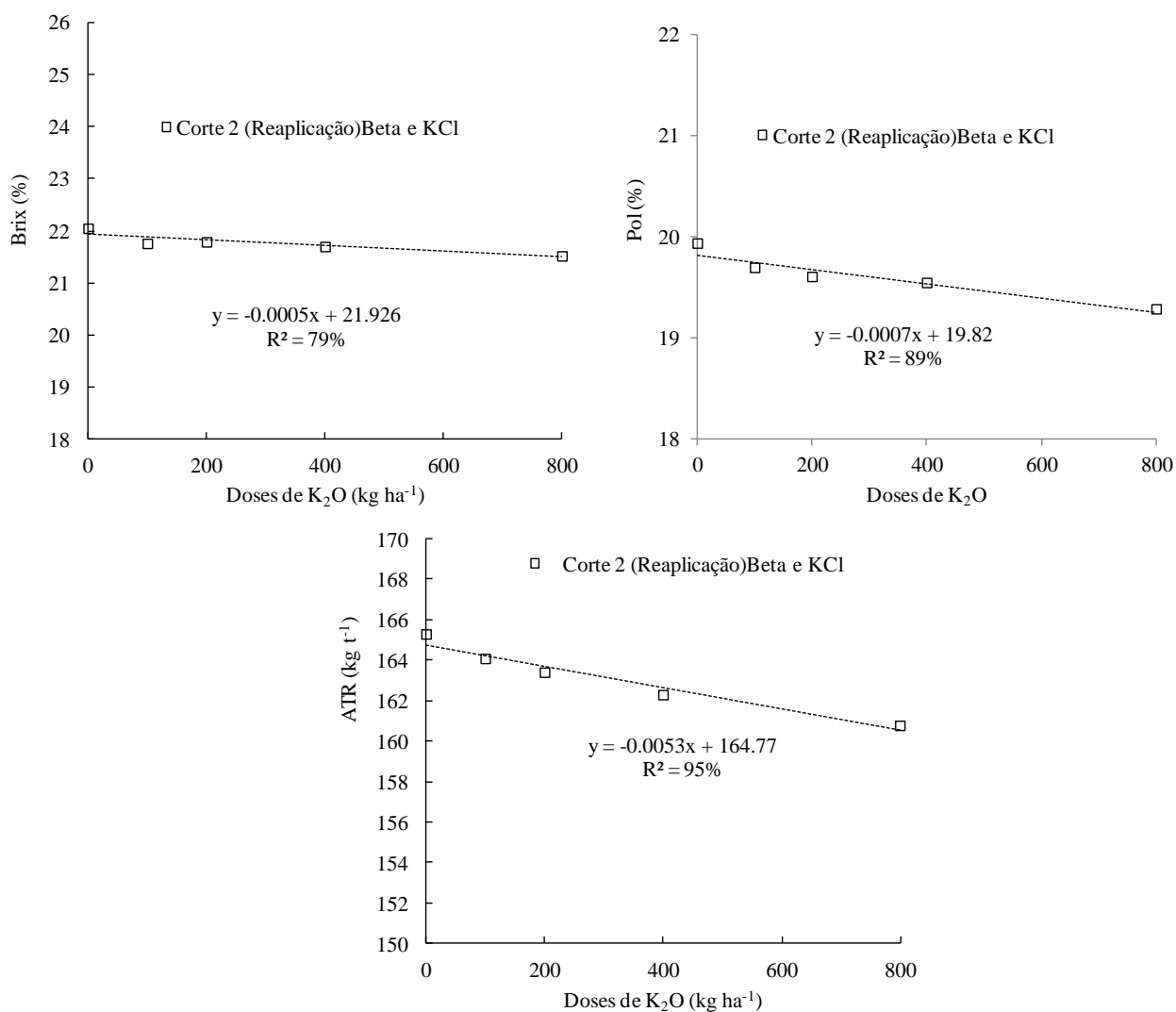


Figura 100. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o ATR,BRIX e POL na Reaplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O na Usina Guaíra. Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

Na comparação da reaplicação do potássio na cana soca da Usina Aroeira, verificou-se que para o brix do caldo (FIGURA 91) não houve diferença e que para o pol da cana (FIGURA 93) bem como o ATR (FIGURA 95) a aplicação de potássio aumentou essas variáveis. O pol da cana foi maior com KCl na dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O e com o Alpha na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O .Para a variável ATR isso ocorreu para o KCl na dose de 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O . Em relação ao TAH a reaplicação de potássio para todos os tratamentos aumentou a quantidade de açúcar. (FIGURA 97).

Na Usina Guaíra não houve diferença estatística entre a aplicação de 0 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na soqueira da cana para o brix do caldo (FIGURA 92), o pol da cana (FIGURA 94), ATR (FIGURA 96) e TAH (FIGURA 98).

3.13 Produtividade dos colmos

No primeiro corte da cana na Usina Aroeira, verifica-se que, com a dose de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, o Alpha foi estatisticamente semelhante ao KCl, entretanto, nas outras doses ($200, 400$ e $800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) a produtividade dos colmos da cana adubada com o KCl foi superior a aquelas que receberam Alpha. Todos os tratamentos foram diferentes estatisticamente da testemunha exceto o Alpha aplicado na dose de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ (TABELA 53).

Tabela 53. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre o a produtividade dos colmos.

Doses K ₂ O		1º corte				2º corte				
Cana planta	Alpha	KCl		Média	Alpha	KCl		Média		
- kg ha ⁻¹ -	-----Produtividade, t ha ⁻¹ -----									
Usina Aroeira										
0	128,43				101,14					
100	135,11	A ^{ns}	138,54	A *	136,82	103,59	ns	102,82	ns	103,21
200	138,64	B *	146,02	A *	142,33	109,86	ns	106,80	ns	108,33
400	138,99	B *	149,30	A *	144,15	126,10	*	127,80	*	126,95
800	139,52	B *	156,60	A *	148,06	126,72	*	146,67	*	136,70
Média	138,06		147,62			116,57	A	121,03	A	
CV= 2,97 %;DMS fonte=6,12;Dunnett=8,48					CV=10,02%;DMSfonte=8,54;Dunnett=23,68					
Usina Guaíra										
	Beta		KCl		Média	Beta		KCl		Média
0			101,81					124,56		
100	102,30	ns	103,63	ns	102,94	123,88	ns	122,87	ns	123,37
200	104,45	ns	103,72	ns	104,08	125,56	ns	128,83	ns	127,20
400	105,54	ns	105,70	ns	105,62	127,97	ns	130,24	ns	129,11
800	106,47	ns	111,22	ns	108,84	130,83	ns	134,35	ns	132,58
Média	104,69	A	106,07	A		127,06	A	129,07	A	
CV=4,87%,DMSfonte=3,72DMSDunnett=10,33					CV=9,07%;DMSfonte=6,9DMSDunnett=19,12					

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 % de significância. Alpha, Beta= termopotássio; KCl= Cloreto de potássio.

*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

No segundo corte sem potássio na Usina Aroeira, independente da dose de potássio utilizada não houve diferença estatística entre Alpha e KCl. A aplicação de 400 e $800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ com Alpha e KCl foram os únicos tratamentos que diferiram estatisticamente da testemunha (TABELA 53).

Na Usina Aroeira no segundo corte com potássio, não houve diferença estatística entre as fontes de potássio. Houve diferença estatística em relação com a testemunha com a aplicação de $200, 400$ e $800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ tanto com Alpha e KCl (FIGURA 105).

No acumulado (1^o + 2^o corte) da Usina Aroeira, houve interação entre fonte e dose sendo que na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O a cana adubada com KCl produziu mais do que a adubada com Alpha, entretanto, nas outras doses não houve diferença estatística entre as fontes de potássio. Houve diferença em relação à testemunha para os tratamentos com Alpha e KCl nas dose de 400 e 800 kg ha⁻¹ K₂O (FIGURA 101).

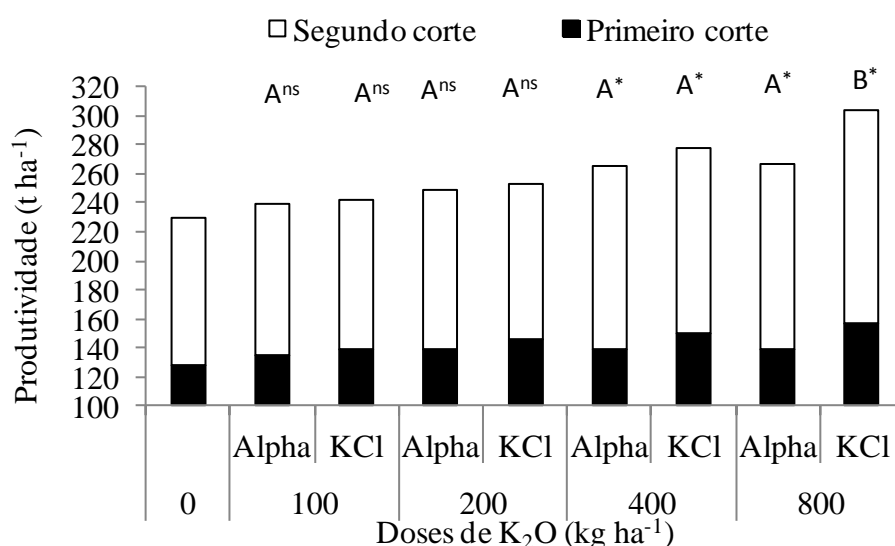


Figura 101. Somatório da Produtividade (1+2^o. corte) na Usina Aroeira

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS 18,01); ;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett=25,04)

Na Usina Guaíra, independente da dose de potássio aplicada não houve diferença estatística entre as fontes de potássio tanto no primeiro como no segundo corte (com e sem reaplicação de K) nem entre cada tratamento e a testemunha (FIGURA 106). No 1^o + 2^o corte independente da dose de potássio aplicada não houve diferença estatística entre as fontes de potássio nem entre o tratamento testemunha (FIGURA 102).

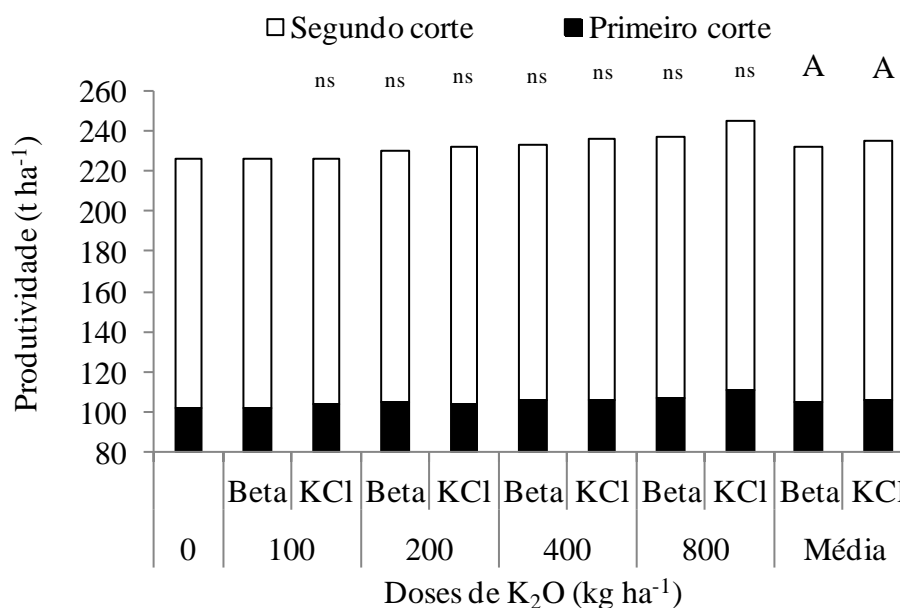


Figura 102. Somatório da Produtividade (1+2º. corte) na Usina Guaíra

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS 7,77);*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ns : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS Dunnett=21,54).

Em relação às doses, em ambas as usinas, verifica-se que houve ajuste linear em todos os cortes. Independente da fonte de potássio utilizada, à medida que aumenta dose de K₂O aumenta a produtividade da cana. Na Usina Aroeira, isso ocorreu no primeiro corte com o KCl e no segundo corte sem reaplicação de potássio (FIGURA 103 A) e segundo corte com reaplicação de potássio (FIGURA 103 C) bem como após (1+2º. Corte) tanto com KCl quanto com o Alpha (FIGURA 103 B). Na usina Guaíra isso ocorreu após primeiro e segundo corte sem potássio (FIGURA 104 A) bem como após após (1+2º. corte) com ambas as fontes de potássio (FIGURA 104 B).

Diferente deste trabalho, Otto *et al.* (2010) observaram efeitos significativos na produção de colmos em função da aplicação de Potássio no solo, obtendo produção máxima (160 t ha⁻¹ de colmos) com o uso da dose de 150 kg ha⁻¹ de K₂O, quando aplicado uma única vez. Com doses acima dessa, a produtividade tende a diminuir, pois altas doses de potássio no solo aplicadas no fundo do sulco de plantio da cana, além de favorecerem a lixiviação, podem causar salinização da região que recebe o fertilizante, podendo causar toxidez às raízes das plantas.

Entretanto isso não foi verificado neste experimento, pois a aplicação do fertilizante foi a lanço em área total e não concentrado no sulco de plantio da cana.

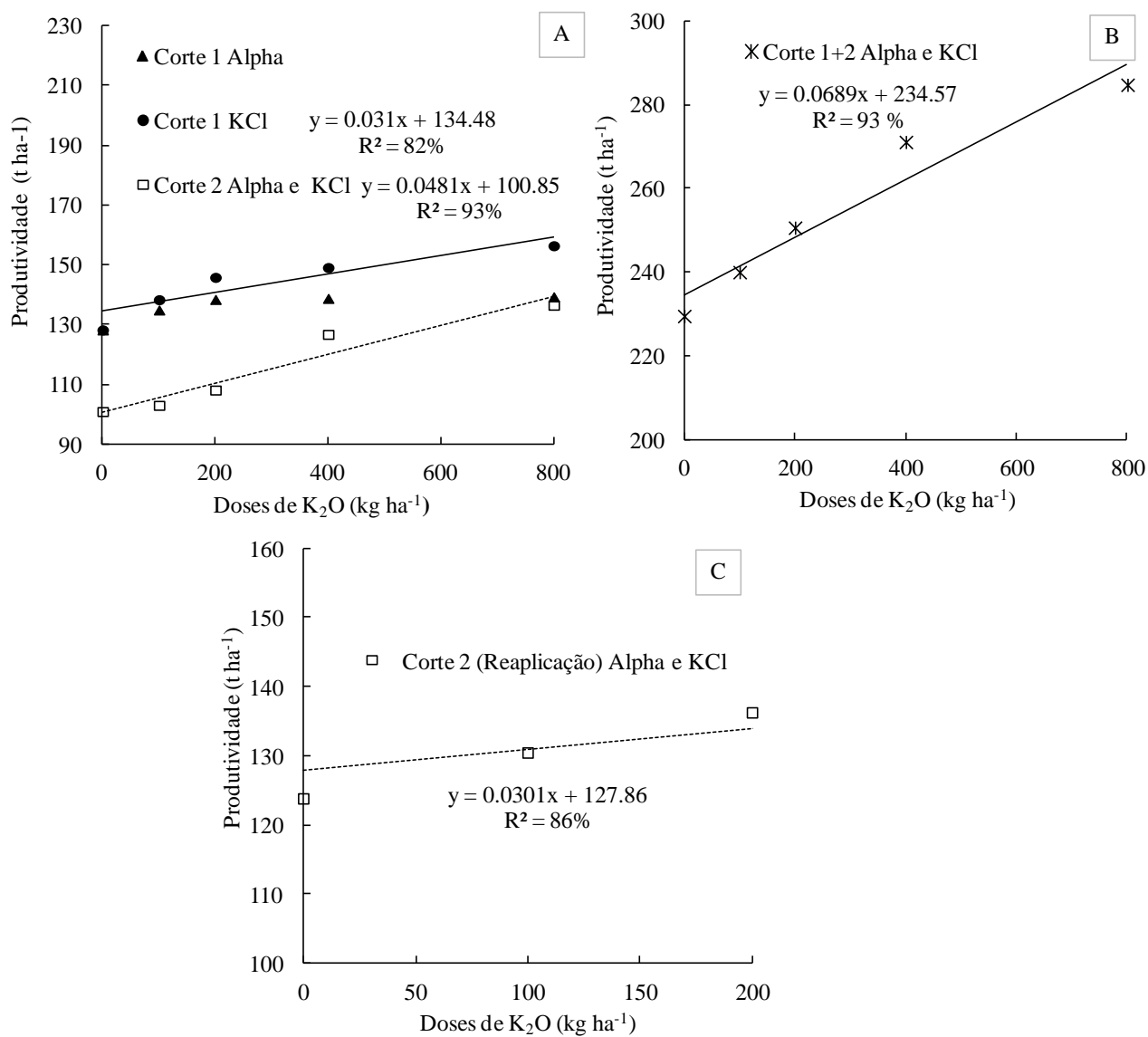


Figura 103. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Aroeira.

A- Corte 1 e Corte 2; B-Somatório (corte 1 + corte 2), C- Reaplicação de Potássio (120 kg ha⁻¹ de K₂O).
Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

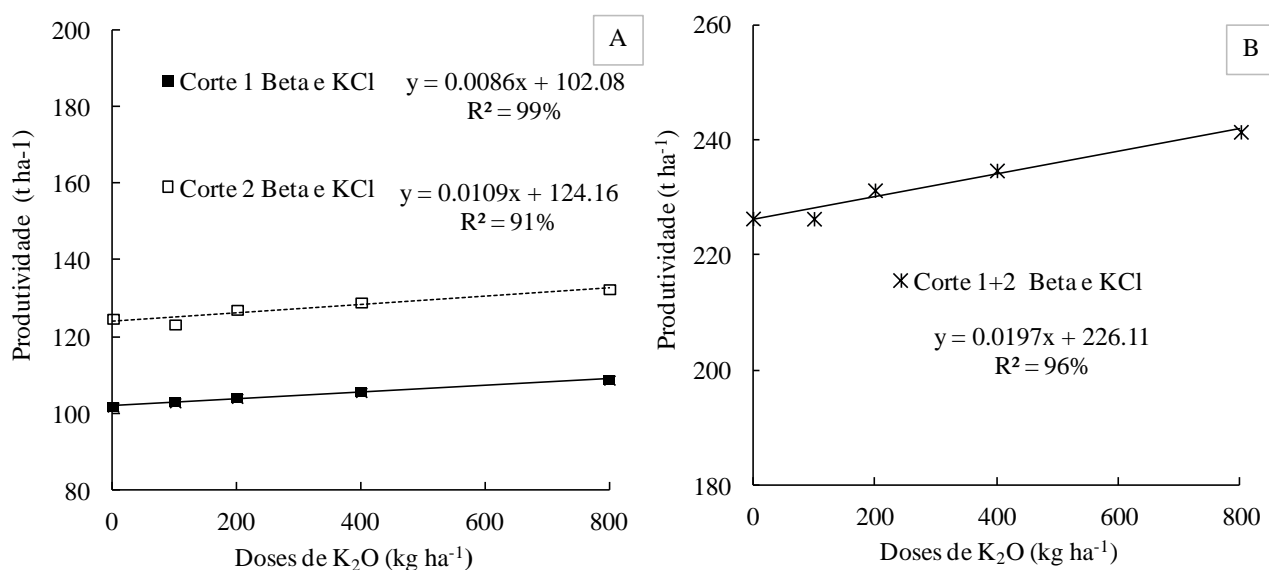


Figura 104. Doses e fontes de potássio, aplicadas na superfície do solo antes do plantio da cana planta, sobre a produtividade na Usina Guaíra.

A-Corte 1 e Corte 2; B-(corte 1 + corte 2).

Termopotássio = Alpha e Beta; Cloreto de potássio=KCl

A aplicação potássio na cana soca, Usina Aroeira, proporcionou maior produtividade do que ausência de potássio em todos os tratamentos exceto na dose de 800 kg ha⁻¹ K₂O com KCl (FIGURA 105). Na Usina Guaíra, não houve diferença estatística para produtividade entre a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de K₂O na cana soca para todos os tratamentos (FIGURA 106).

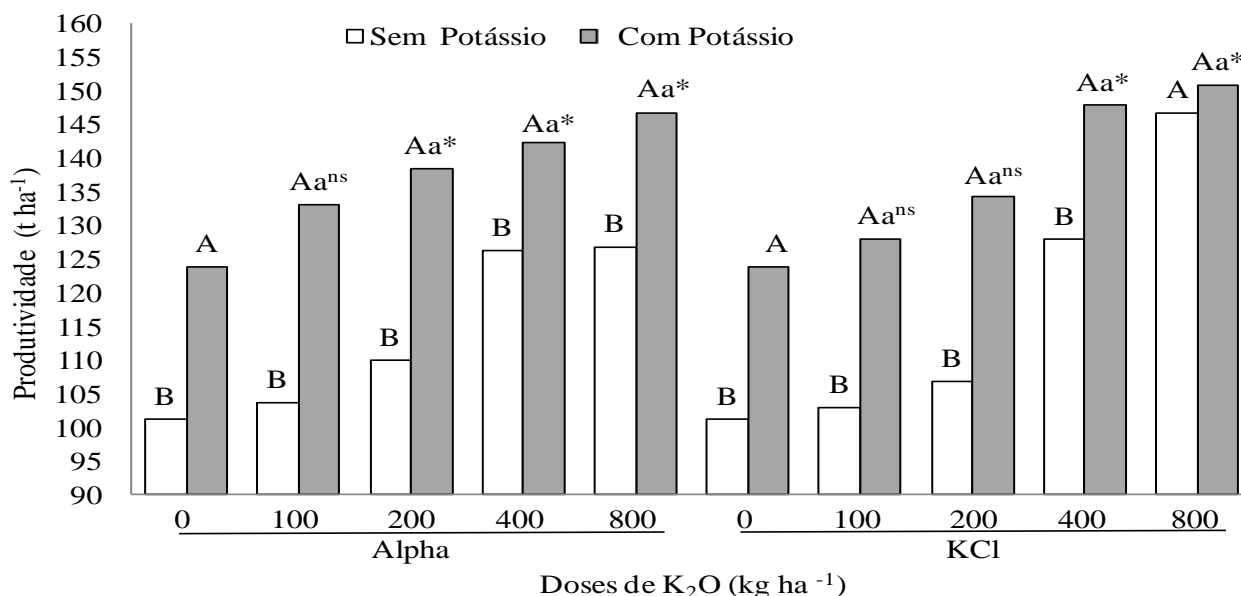


Figura 105. Aplicação de 120 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Aroeira sobre a produtividade.

Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=14,07). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=5,26).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=14,57).

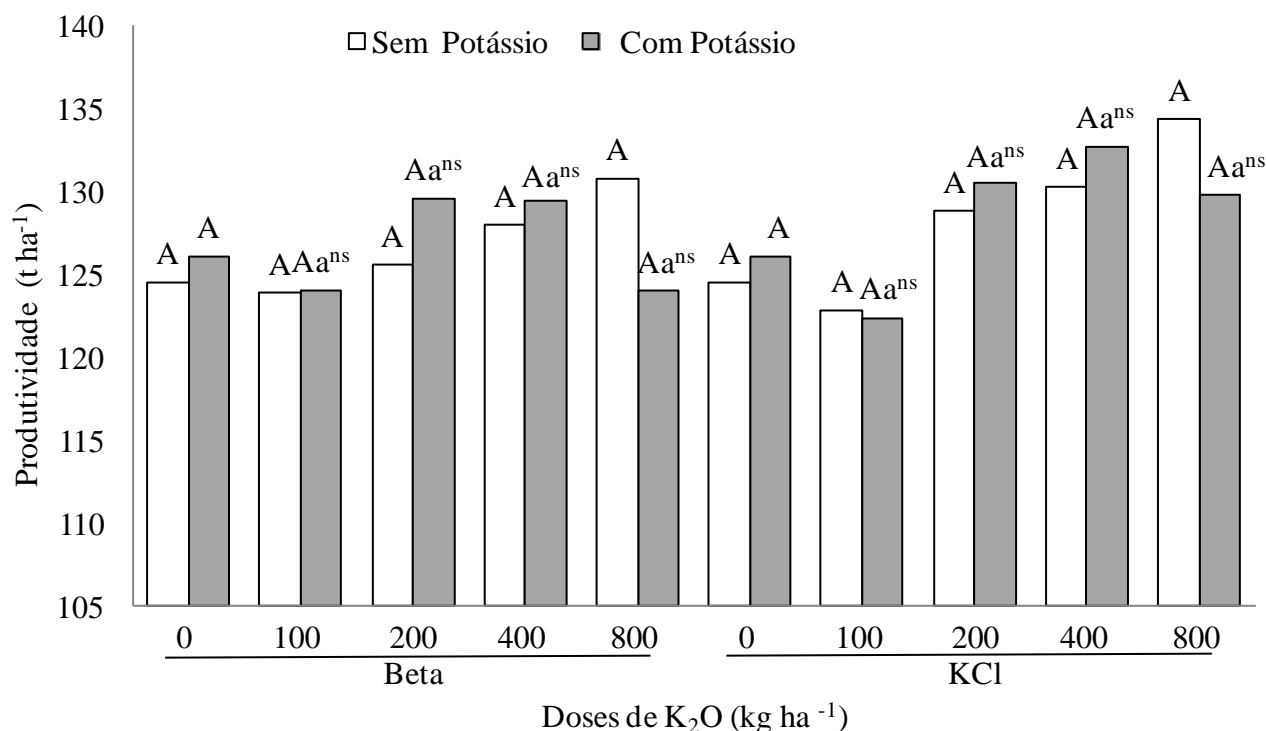


Figura 106. Aplicação de 80 kg ha⁻¹ K₂O na cana soca da Usina Guaíra sobre a produtividade. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, entre sem e com potássio para cada dose K₂O, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto à reaplicação de Potássio (DMS=9,59). Médias seguidas de letras minúsculas distintas, entre as doses para cada fonte de potássio, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância quanto às fontes de Potássio. (DMS=7,49).*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (DMS=19,05).

3.14 Eficiência Agronômica relativa (EAR)

Na Usina Aroeira, a eficiência agronômica do Alpha em relação ao KCl variou de acordo com a dose de potássio aplicada (TABELA 54 e FIGURA 107). Para dose de 100 kg ha⁻¹ K₂O no primeiro corte o Alpha foi 34% inferior ao KCl e no segundo corte foi 45,83% superior ao KCl. Na dose de 200 kg ha⁻¹ K₂O o Alpha foi 42% inferior ao KCl (primeiro corte) e 54,06 % superior ao KCl segundo corte. Com a aplicação do Alpha na 400 kg ha⁻¹ K₂O, tanto no primeiro como no segundo corte foi inferior ao KCl sendo respectivamente 49,41 e 6,38%. O mesmo ocorreu com a dose 800 kg ha⁻¹ K₂O, entretanto, o Alpha foi respectivamente 60,64 % e 43,82% inferior ao KCl.

Isso demonstra que o efeito imediato e residual do Alpha não aumenta com aumento da dose de potássio aplicada, pelo contrário, a partir da dose de 400 kg ha⁻¹ K₂O a eficiência dessa fonte tende a diminuir tanto no primeiro como no segundo corte da cana. Entretanto, a eficiência do Alpha aumentou durante o ciclo da cultura como as fontes insolúveis de fosforo.

Em solos com baixa CTC e baixa reserva de potássio (K- não trocável) como os Latossolos o efeito residual do potássio se deve principalmente ao K-trocável visto, que a quantidade de

minerais primários e secundários do tipo 2:1 nesses solos é baixa (RAJI,2011) como pode ser observado com a aplicação do Alpha que é uma forma de aumentar o K-trocável da solução do solo.

Tabela 54. Eficiência agronômica relativa do Termopotássio Alpha na Usina Aroeira

Dose	Fonte de Potássio	Primeiro Corte		Segundo Corte	
		Prod. t ha ⁻¹	EAR* - %-	Prod. t ha ⁻¹	EAR* - %-
100	Testemunha	128,43		101,14	
	Alpha	135,11	66,07	103,59	145,83
	KCl	138,54	100	102,82	100
	Alpha- Testemunha	6,68		2,45	
	KCl – Testemunha	10,11		1,68	
200	Testemunha	128,43		101,14	
	Alpha	138,64	58,04	109,86	154,06
	KCl	146,02	100	106,80	100
	Alpha- Testemunha	10,21		8,72	
	KCl – Testemunha	17,59		5,66	
400	Testemunha	128,43		101,14	
	Alpha	138,99	50,59	126,10	93,62
	KCl	149,30	100	127,80	100
	Alpha- Testemunha	10,56		24,96	
	KCl – Testemunha	20,87		26,66	
800	Testemunha	128,43		101,14	
	Alpha	139,52	39,36	126,72	56,18
	KCl	156,60	100	146,67	100
	Alpha- Testemunha	11,09		25,58	
	KCl – Testemunha	28,17		45,53	
Média	Testemunha	128,43		101,14	
	Alpha	138,06	50,18	116,57	77,57
	KCl	147,62	100	121,03	100
	Alpha- Testemunha	9,63		15,43	
	KCl – Testemunha	19,19		19,89	

*EAR= [(Prod. TK- Prod. testemunha/ Prod. KCl- Prod. testemunha) *100]. Sendo EAR= Eficiência Agronômica Relativa, Prod.= Produtividade, Alpha= Termopotássio e KCl= Cloreto de potássio.

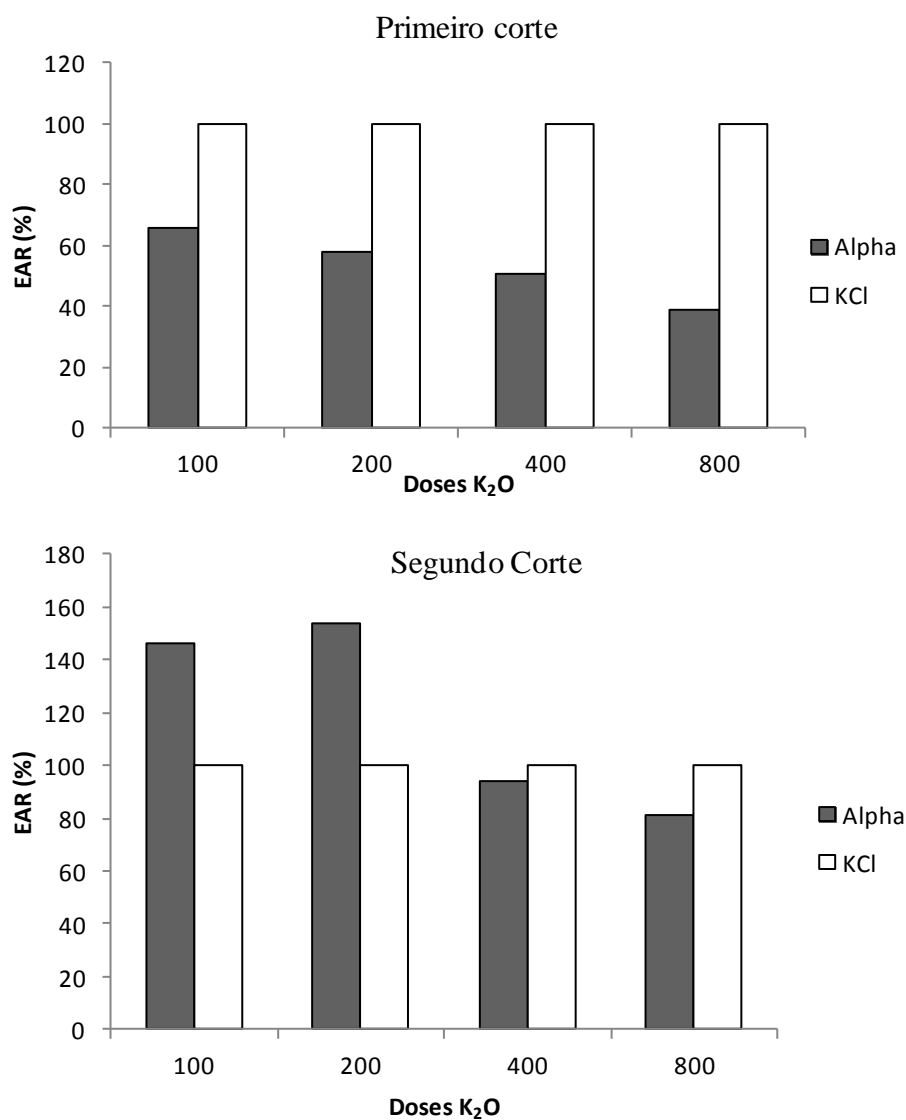


Figura 107. Eficiência Agronômica Relativa do termopotássio alpha, aplicado na superfície do solo antes do plantio da cana planta, na Usina Aroeira.
Termopotássio = Alpha; Cloreto de potássio=KCl

A eficiência agronômica do Beta em relação ao KCl, na Usina Guaíra, variou de acordo com a dose de potássio aplicada (TABELA 55 e FIGURA 108). O Beta foi mais eficiente que o KCl apenas no primeiro corte na dose de 200 kg ha⁻¹K₂O.

Tabela 55. Eficiência agronômica relativa do Termopotássio Beta na Usina Guaíra

Dose	Fonte de Potássio	Primeiro Corte		Segundo Corte	
		Prod. t ha ⁻¹	EAR* - % -	Prod. t ha ⁻¹	EAR* - % -
100	Testemunha	101,81		124,56	
	Beta	102,3	27	123,88	0
	KCl	103,63	100	122,87	100
	Beta- Testemunha	0,49		-0,68	
	KCl – Testemunha	1,82		-1,69	
200	Testemunha	101,81		124,56	
	Beta	104,45	138	125,56	23,42
	KCl	103,72	100	128,83	100
	Beta- Testemunha	2,64		1,00	
	KCl – Testemunha	1,91		4,27	
400	Testemunha	101,81		124,56	
	Beta	105,54	96	127,97	60,04
	KCl	105,7	100	130,24	100
	Beta- Testemunha	3,73		3,41	
	KCl – Testemunha	3,89		5,68	
800	Testemunha	101,81		124,56	
	Beta	106,47	50	130,83	64,04
	KCl	111,22	100	134,35	100
	Beta- Testemunha	4,66		6,27	
	KCl – Testemunha	9,41		9,79	
Média	Testemunha	101,81		124,56	
	Beta	104,69	68	127,06	55,43
	KCl	106,07	100	129,07	100
	Beta- Testemunha	2,88		2,50	
	KCl – Testemunha	4,26		4,51	

*EAR= [(Prod. TK- Prod. testemunha/ Prod. KCl- Prod. testemunha) *100]. Sendo EAR= Eficiência Agronômica Relativa, Prod.= Produtividade, Beta= Termopotássio e KCl= Cloreto de potássio.

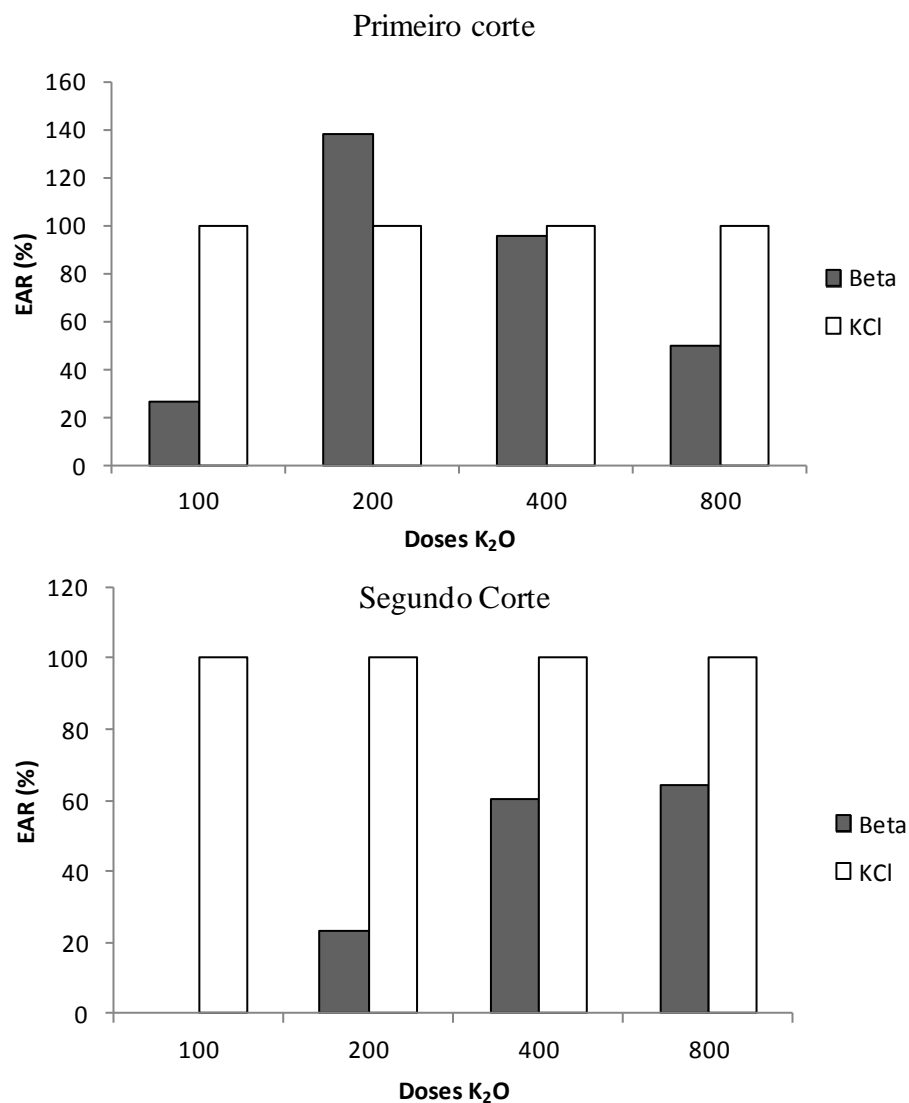


Figura 108. Eficiência Agronômica Relativa do termopotássio Beta, aplicado na superfície do solo antes do plantio da cana planta, Usina Guaíra.
Termopotássio = Beta; Cloreto de potássio=KCl

Conclusões

Alpha e Beta traz benefícios à cana planta e demonstrou efeito residual na cana soca.

A eficiência agronômica do Alpha foi maior que a eficiência do KCl após segundo corte da cana quando aplicado na dose de 100 e 200 kg ha⁻¹ K₂O na superfície do solo da cana planta. A eficiência agronômica do Alpha diminuiu para doses acima 200 kg ha⁻¹ K₂O.

A eficiência agronômica do Beta foi maior que a eficiência do KCl após o primeiro corte da cana quando aplicado na dose de 200 kg ha⁻¹ K₂O na superfície do solo da cana planta.

Tanto o Alpha e Beta bem como o KCl, quando aplicados na superfície do solo da cana planta, aumentam a produtividade da cana planta e cana soca a medida que aumentam as doses de potássio.

Além de potássio, o Alpha e Beta disponibilizou para o solo cálcio, magnésio e silício.

A reaplicação do potássio na cana soca diminuiu a absorção de silício e magnésio pela cana.

Referências

- ASHRAF, M.; RAHMATULLAH; AHMAD, R.; AFZAL, M.; TAHIR, M. A.; KANWAL, S.; MAQSOOD, M. A. Potassium and silicon improve yield and juice quality in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Cairo, v. 195, p. 284-291, 2009
- BORGES, W.L.; PASSOS, S.R.; ALMEIDA, A.M.; PEIXOTO, R.T.G.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Efeito da aplicação de rochas silicáticas sobre a comunidade microbiana durante o processo de compostagem. **Espaço & Geografia**, Brasília, v.9, p. 195- 214,2006.
- COUTINHO NETO, A.M.; ORIOLI JÚNIOR, V. CARDOSO, S. S.; SILVEIRA NETO, V. G. da; STEFAROLI, F. P; COUTINHO, E. L.M. eficiência do Termofosfato magnésiano potássico para a alfafa. **Nucleus**, Ituverava, v.7, n.2, out.2010.
- DEMATTÊ, J. L. I. Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 24 p. (**Informações Agronômicas**, 111).
- DEMATTÊ, J. L. I; PAGGIARO, C.M.; BELTRAME, J.A.; RIBEIRO, S.S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.133, p. 7-12, 2011.
- DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ V., V. H.; FERREIRA, P. A.; CANTARUTTI, R. B.; SILVA, A. T.; FIGUEIREDO, G. C. Distribuição do amônio, Nitrato, Potássio e Fósforo em colunas de latossolos fertirrigadas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.32, p.2493-2504, 2008.
- DUARTE, I. N. **Termopotássio**: fertilizante alternativo para a agricultura brasileira. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013, 353 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Rio de Janeiro, 1999, 212p.
- ENGELSTAD, O.P., A. JUGSUJINDA, S.K. DE DATTA. Response of flooded rice to phosphate rocks varying in citrate solubility. **Soil Science Society America Proceedings**, vol.38: p.524 – 529,1974.
- EPA- Environmental Protection Agency, USA. **Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices (METHOD 3052)**. U.S. EPA, December,1996.20p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>> Acesso em: 20 set. 2013.
- FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba: STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. 2003. 240p.

- FLORES,R.A, PRADO,R.de M, POLITI,L.S; ALMEIDA,T.B.F. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 106-111, jan./mar. 2012
- HARUTA, M.; SUSSMANN, M. R. The effect of a genetically reduced plasma membrane protonmotive force on vegetative growth of Arabidopsis. **Plant Physiology**, Glasgow ,v. 158, p. 1158-1171. 2012.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA. H. S.; NOLLA. A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).
- KORNDORFER, G.H.; RAMOS, L.A. Diagnose Foliar em Cana-de-açúcar. In: PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D.W.; CORREIA, M.A.R. ; SOUZA, H.A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2008. v.1. 301p.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília, DF, Brasil, 2007.
- MELAMED, R.; GASPAR, J. C., MIEKELEY, N. Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. IN: LAPIDO LOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.) **Fertilizantes:agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 385-395.
- MOURA FILHO, G.. ALBUQUERQUE,A.Wde; MOURA,A.B; SANTOS,A.C.I;FILHO,M.dos S.; SILVA,L.C da. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolos.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campo Grande, v.18, n.11, p.1102–1109, 2014.
- OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P. Degradação da palha de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 803-809, 1999.
- OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1137-1145, 2010.
- PANCELLI, M.A. **Nutrição potássica e produção da soqueira de cana-de-açúcar no sistema de cana crua**. 2011.101 f.Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2011.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicba-SP, International Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.
- REIS,J.J.D.; TOKURA ALOVISI,A.M.T; FERREIRA,J.A.A; ALOVISI,A.A; GOMES,C.F. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de Cálcio **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal,v.36 n. 1:p.3-9,2013.
- SANTOS, G.A; PEREIRA, A.B.; KORNDÖRFER ,G.H. Uso do sistema de análises por infravermelho próximo (nir) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares de Silício e Nitrogênio em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 100-108, Jan./Feb. 2010.

SCHLINDWEIN, J. A, BORTOLON, L.; GIANELLO, C Calibração de métodos de extração de Potássio em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35 p.1669-1677, 2011.

SILVA, F. A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7,2009, **Anais...** Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

THEODORO, S.H; LEONARDOS,O; ROCHA,E.L ; REGO,K.G Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço & Geografia**, Brasília, vol.9, n. 2 , p.263-292, 2006.

THEODORO, S.H; TCHOUANKOUE, J.P;GONÇALVES, A.O; LEONARDOS,O.; JULIA HARPER,J. A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife ,v.6 p. 1390-1407, 2012.