



RESIDUAL DE MODOS DE APLICAÇÃO E REAPLICAÇÃO E DOSES DE CALCÁRIO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO MILHO

Tiago de Lisboa Parente¹, Edson Lazarini², Sheila Caioni¹, Raul Sobrinho Pivetta¹, Wandemberg Assis Silva Oliveira³

1. Pós-graduando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus de Ilha Solteira, Brasil.
2. Professor Dr.º adjunto da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campos de Ilha Solteira, Brasil.
3. Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus de Ilha Solteira, Brasil.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

A utilização do calcário em Sistema Plantio Direto é uma temática que ainda levanta muitos questionamentos em relação à eficiência do uso deste corretivo na aplicação superficial, bem como a sua resposta com o passar do tempo. Assim o presente trabalho objetivou testar diferentes modos de aplicação e reaplicação de calcário na cultura do milho em uma área com dez anos de plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial 3x4, ou seja, três modos de aplicação (calcário incorporado, em cobertura e ausência de calcário) e quatro épocas de reaplicação ao longo dos dez anos. Foram testadas ainda seis doses de calcário (0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 vezes a dose indicada). A área em estudo foi cultivada durante dez anos no SPD e a partir da implantação (safra 99/00) foi repetida a calagem a cada três anos. As avaliações foram feitas nas safras 08/09 09/10 e 10/11, avaliando-se os componentes morfológicos e produtivos da cultura. Não houve alteração na produtividade do milho em relação às doses utilizadas em nenhuma das safras, e para os diferentes manejos de aplicação, o tratamento com incorporação do calcário foi o menos produtivo no primeiro ano avaliado, já nos dois anos subsequentes não houve diferença significativa entre as três formas de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Calagem superficial, fertilidade do solo, *Zea mays*.

RESIDUAL OF MODES OF APPLICATION AND REAPPLICATION AND DOSES OF LIME UNDER NO-TILLAGE SYSTEM IN THE MAIZE CROP

ABSTRACT

The use of lime in No-Tillage System is an issue that still raises many questions regarding the efficiency of the use of this correction in surface application, as well as their answer over time. Thus the present study aimed to test different methods of application and reapplication of lime in corn in an area with ten years of tillage. The experimental design was a completely randomized block design with four replications in a 3x4 factorial design, ie three application modes (lime incorporated in coverage and absence of lime) and four times reapplication over the ten year. Six doses of lime (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 times the indicated dose) were also tested. The study area was cultivated for ten years in the SPD and from deployment (season 99/00)

was repeated liming every three years. The assessments were made in the harvests 08/09 09/10 and 10/11, to evaluate the morphological and productive components of culture. There was no change in the productivity of maize in relation to doses used in any of the seasons, and the different management application, treatment with lime incorporation was the least productive in the first reporting year, as the subsequent two years there was no significant difference between the three application forms.

KEYWORDS: Liming on surface, Zea mays, soil fertility.

INTRODUÇÃO

Na safra 2012/13 o Brasil produziu mais de 81.344 mil toneladas de milho entre safra e safrinha, produzindo cerca de 11,5% a mais do que a safra anterior (CONAB, 2013). Boa parte dos recordes anuais de produção brasileira se deve à possibilidade de cultivo de duas safras a cada ano agrícola, condição que passou a ser melhor aproveitada com o Sistema Plantio Direto (SPD), dispensando os tratos culturais de aração de gradagem (MELO JUNIOR, 2011), possibilitando ganho de tempo ao produtor, que pode implantar a cultura no campo mais cedo.

De acordo com a FEBRAPDP (2012) a área cultivada sob plantio direto no Brasil na safra 2011/12 foi de aproximadamente 31,8 milhões de hectares, cerca de 6,3 milhões mais que em 2005/06. Junto com o crescimento desta forma de cultivo vem crescendo também a utilização da calagem em superfície nestas mesmas áreas, devido à necessidade de não revolver o solo para preservar sua estrutura, que é um dos fundamentos básicos do SPD.

Em relação à eficiência da aplicação de corretivo em superfície, ELTZ et al. (1989) afirmam que o calcário utilizado dessa forma pode mover-se para camadas mais profundas por meio de macroporos contínuos decorrentes de raízes senescente e da micro e macrofauna do solo.

A correção prévia da acidez do perfil do solo é uma das premissas do SPD. No entanto, a acidificação do solo é um processo contínuo, que persiste mesmo após ter sido corrigida por meio da calagem. Com o passar dos anos, geralmente após quatro a cinco anos de cultivo, poderá ser necessária nova calagem, para reposição dos níveis de Ca e Mg e correção da acidez naturalmente desenvolvida com o tempo (BARBOSA FILHO et al., 2005)

Em estudos realizados com culturas anuais, entre elas o milho, Cravo et al. (2012) reforçam essa afirmação ao concluírem que após a calagem, com o passar do tempo, houve diminuição dos teores de Ca + Mg e aumento da saturação por Al no solo. Este seria um dos fatores que nos levaria à necessidade de incorporar o corretivo mesmo em plantio direto para melhor correção da fertilidade em subsuperfície. O que poderia ser feito com preparo mínimo através de escarificador ou subsolador.

Embora haja dados que comprovam a eficácia e a necessidade da correção do solo em superfície no plantio direto, há também estudos mostrando que o comportamento da frente de alcalinização no perfil pode mudar de acordo com o tipo de solo e principalmente a cobertura morta nele presente. Em relação a isso, BARBOSA FILHO et al. (2005) afirmam que a decomposição da matéria orgânica é um dos principais processos de adição de íons de H⁺, que podem aumentar a acidez do solo de forma variada de acordo com a qualidade e quantidade no solo.

Trabalhos desenvolvidos para testar o efeito da calagem em culturas anuais no SPD têm demonstrado em muitos casos que não há alteração na produtividade, e outros com resposta pouco expressiva à aplicação superficial na cultura do milho (CAIRES et al., 2002; ALLEONI et al., 2003), mesmo em solos com

pH ácido. No entanto, devemos ressaltar que neste sistema há maiores valores de matéria orgânica e nutrientes na superfície, e estes dois fatores reduzem o potencial de atividade do Al.

Com isso temos a hipótese de que a reaplicação do calcário em SPD com incorporação pode proporcionar melhorias na fertilidade do solo e conseqüentemente aumentar a produtividade.

O objetivo deste trabalho foi testar a reaplicação de calcário a cada três anos com três manejos de aplicação diferentes (incorporado, em superfície e ausência de calcário) e sei doses do corretivo, em uma área de cultivada sob SPD a dez anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental da FE/UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS. O clima da região é tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura e precipitação média anual de 24,5°C, 1370 mm respectivamente (HERNANDEZ et al., 1995). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2013).

O experimento teve início no ano agrícola 1999/00, com modos de aplicação de calcário na implantação do Sistema Plantio Direto. Sendo testadas as aplicações de calcário em superfície, incorporada e ausência do corretivo. Foi utilizado para produção de palhada o milheto (*Pennisetum americanum* L. Leeke) antes do plantio do milho.

Para início no Sistema Plantio Direto a área experimental foi preparada com sistema convencional. Antes do preparo foram feitas amostragens de solo a 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, para caracterização química, cujos dados estão na Tabela 1.

TABELA 1. Resultado da análise química do solo da área experimental, realizada antes da instalação do experimento no ano agrícola 1999/00.

Prof. cm	P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
				mmol _c dm ⁻³							
0 - 20	22	23	4,9	1,2	21	6	28	1	28,2	56,2	50
20 - 40	5	16	4,6	0,6	13	3	31	4	16,6	47,7	36

O preparo foi realizado com uma aração e duas gradagens. Nos tratamentos com incorporação, o calcário foi aplicado a lanço, 50% antes da aração e 50% após a aração e antes da primeira gradagem no mês de agosto de 1999, com a segunda gradagem realizada pouco antes da semeadura das culturas de cobertura do solo. Nos tratamentos com aplicação em superfície, esta foi realizada imediatamente após a semeadura das culturas de cobertura, que foi realizada em 17/08/99.

Nos tratamentos que receberam calagem, o calcário foi distribuído a lanço e pretendeu-se elevar a 70% a saturação por bases, aplicando-se assim 1.235 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 91%. A quantidade de calcário a ser utilizada foi calculada pelo método da saturação por bases (SOUSA & LOBATO, 2004).

Para implantação dos tratamentos, no sentido transversal da área foram alocados os modos de aplicação de calcário e, no sentido longitudinal, a área foi primeiramente semeada com milheto, para posterior plantio do milho. A adubação para esta cultura seguiu as recomendações de RAIJ & CANTARELLA (1996).

Ao final de novembro de 2001 o milho foi plantado novamente. Em agosto de 2002 realizou-se amostragem de solo (0-10 cm) em todas as parcelas onde houve ou não aplicação de calcário em 1999. Calculou-se a dose de calcário a ser

reaplicada, pelo método de elevação da saturação por bases, objetivando elevar o valor de V% a 70, estipulando como dose máxima 2,5 t ha⁻¹.

Assim, os tratamentos com modos de aplicação de calcário utilizados no início do experimento foram subdivididos em quadro, onde instalou-se os tratamentos com reaplicação ou não de calcário e na presença ou ausência de escarificação. Cada parcela passou a possuir as dimensões de 4,5 m de largura e 22,5 m de comprimento.

Nos tratamentos onde houve escarificação (com ou sem reaplicação do calcário) foi realizada com arado escarificador, a uma profundidade máxima de 30 cm. Objetivou-se com a escarificação promover uma descompactação superficial do solo e auxiliar na incorporação do calcário reaplicado em superfície e nos tratamentos sem reaplicação de calcário, isolar o efeito desta operação, em função da compactação superficial que ocorre em áreas onde se utiliza plantio direto há alguns anos.

A reaplicação do calcário foi realizada no início de setembro de 2002. Nos anos agrícolas 02/03, 03/04 e 04/05 o milho foi novamente semeado antes do milho, e a adubação da cultura sempre seguiu a recomendação de RAIJ & CANTARELLA (1996), utilizando-se 250 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16.

No ano agrícola 2005/06, manteve-se os modos de aplicação de calcário utilizados na instalação do experimento e reaplicou-se o mesmo em outubro de 2005 para elevar a saturação por bases para 60%. Neste mesmo ano, em um local da mesma área que também estava sendo submetido às reaplicações foram testadas doses diferentes doses de reaplicação do corretivo. Assim nas parcelas onde reaplicou - se doses do corretivo, foi reaplicado novamente 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 vezes a dose do calcário (PRNT 81,9%) necessária para elevar o V% a 60. Com isso objetivou-se comparar doses de calcário aplicadas em superfície após a implantação do sistema. Após este procedimento o milho foi novamente semeado para formação de palhada para o cultivo de milho, o que se repetiu em 06/07 e 07/08.

Para safra 08/09 foi realizada novamente a amostragem de solo, e feita nova reaplicação de calcário para elevar a saturação por bases a 70%. A dose recomendada (2.070 kg ha⁻¹), foi parcelada nas safras 2008/09, 2009/10 e 2010/11.

Antes do plantio do milho a dessecação da cultura do milho foi realizada utilizando os herbicidas glyphosate na dose de 1.440 g i.a. ha⁻¹ e 2,4 D na dose de 670 g i.a. ha⁻¹. Sendo o milho manejado mecanicamente com rolo faca posteriormente.

Realizou-se a semeadura do milho com o auxílio de uma semeadora - adubadora de precisão, para plantio direto, com 4 linhas com disco de corte frontal para corte de cobertura morta e haste para deposição do adubo. O espaçamento utilizado foi de 0,90 m, com 5,4 sementes por metro de linha. A adubação foi realizada com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-20-20, no sulco de semeadura. Esta formulação foi aplicada em toda área visando manter homogênea a quantidade de fósforo e potássio adicionados no local. Na adubação em cobertura foram utilizados 150 kg ha⁻¹ de uréia, sendo que nessa mesma data foi realizada a aplicação de inseticidas no milho, metomil (215 g i.a. L⁻¹) + triflumurom (480 g i.a. L⁻¹), na dose de 0,6 + 0,05 L p.c. ha⁻¹, respectivamente. As sementes foram tratadas com inseticida imidacloprido (150 g i.a L⁻¹), na dose de 300 mL p.c. 60000 sementes⁻¹. Foi utilizado o híbrido simples AG 8088 em 2008/09 e o híbrido simples 2B710 nas duas safras seguintes.

Quanto ao manejo de plantas daninhas na cultura do milho, foi realizada aplicação de nicossulfuron (40 g i.a. L⁻¹) na dose 0,5 L p.c. ha⁻¹ + atrazine (500 g i.a. L⁻¹) na dose 2,0 L p.c. ha⁻¹.

As avaliações realizadas seguiram a metodologia: quanto a altura de plantas e de inserção da espiga, com o auxílio de uma régua graduada de madeira (3,0 m de comprimento), mediu-se a distância do solo à base da espiga e do solo à inserção da última folha, em 5 plantas em sequência de duas linhas, na área útil da parcela. Para Massa de mil grãos e produtividade, Na área útil de cada parcela coletou-se as espigas das plantas em 2 linhas com 3,0 m de comprimento para cada repetição, onde estas foram trilhadas e os grãos pesados em balança de precisão. Após a pesagem foi determinada a umidade através de aparelho digital e os dados transformados em produtividade por hectare a 13% de umidade (base úmida). Nos grãos obtidos, também foi avaliada a massa de 1.000 grãos, sempre corrigindo as pesagens para 13% de umidade. A determinação da população de plantas foi feita através da contagem das mesmas na área útil, bem como o número de espigas por planta, também através da contagem e divisão em relação ao número de plantas na área útil da parcela.

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos componentes morfológicos e produtivos da safra 2008/09 em relação às doses de calcário podem ser observados na Tabela 2.

É possível observar que não houve diferença significativa para nenhum dos componentes avaliados, não havendo ajuste para regressão linear ou quadrática. Resultados semelhantes a estes foram encontrados em estudos realizados por MOREIRA et al. (2001) e MIRANDA (2007). Mesmo assim a produtividade de grãos obtida foi em média de 8.500 kg ha⁻¹, estando acima da média nacional para esta safra, que foi de 3.640 kg ha⁻¹ (CONAB, 2009).

TABELA 2. Valores de F e médias obtidas na análise de regressão dos dados de população de plantas, altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos (x a dose indicada). Selvíria - MS, 2008/09.

Tratamento ⁽¹⁾	População (plantas ha ⁻¹)	Altura planta (m)	Altura espiga (m)	Massa mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Dose 0	64583	1,97	0,94	307,50	8823,42
Dose 0,5	60416	1,94	0,95	323,78	8781,27
Dose 1,0	67708	2,02	0,93	323,85	9358,05
Dose 1,5	75000	1,97	0,95	315,63	9788,71
Dose 2,0	65625	1,94	0,94	313,78	9025,70
Dose 2,5	69791	2,00	0,95	315,20	9849,48
Teste F					
R. Linear	2,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,04 ^{ns}
R. Quadrática	0,46 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,05 ^{ns}
CV %	12,04	3,43	5,08	4,67	11,35

⁽¹⁾ dose 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 vezes a dose calculada para aplicação.

ns = não significativo a 5% no teste F.

Em relação às reaplicações de calcário, pode-se ver na Tabela 3 que nenhum dos caracteres diferiu, o que nos indica que até então, apenas a calagem na implantação juntamente com a renovação da cobertura vegetal do solo todos os anos com milho foi suficiente para promover índices de fertilidade satisfatórios.

Ao compararmos os modos de aplicação de calcário, vemos que não houve alteração no que diz respeito à altura de inserção da espiga e população de plantas, enquanto que para altura de planta, o uso de corretivo em superfície ou incorporado foram igualmente superiores à não aplicação do mesmo.

Para massa de mil grãos e produtividade, a calagem superficial ou ausência desta não apresentou diferenças, indicando que o solo já se encontrava em boas condições de fertilidade após dez anos de cultivo no SPD. O tratamento com incorporação foi o que apresentou os piores resultados para estes dois caracteres. Diferente do que foi observado por FAGERIA (2001) verificando incremento de produtividade na ordem de 23%, no entanto utilizando quatro vezes mais a dose do presente trabalho.

TABELA 3. Valores de F e médias obtidas na análise de variância dos dados de população de plantas, altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2008/09.

Tratamento	População (plantas ha ⁻¹)	Altura Planta (m)	Altura Espiga (m)	Massa mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Incorporado	65083	1,94 ab	0,93	299,36 b	8125,89 b
Superfície	66125	2,02 a	0,95	312,97 a	8961,33 ab
Sem calcário	69541	1,93 b	0,89	318,85 a	9093,56 a
Reaplicação 1*	68041	2,00	0,94	309,13	8536,24
Reaplicação 2*	66291	1,94	0,91	312,84	9004,53
Reaplicação 3*	64916	1,96	0,93	312,46	8712,04
Reaplicação 4*	68375	1,96	0,92	307,14	8654,90
Teste F					
Manejo (M)	1,75 ^{ns}	3,74 [*]	2,65 ^{ns}	8,07 ^{**}	4,20 [*]
Reaplicação (R)	0,64 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,45 ^{ns}
M x R	1,40 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,33 ^{ns}	4,75 ^{**}	1,61 ^{ns}
CV %	10,46	5,51	7,79	5,32	11,73

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (*) ou 1% de probabilidade (**).

*Reaplicação 1: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09;

*Reaplicação 2: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09, calcário 2009/10 e calcário 2010/11;

*Reaplicação 3: Calcário 1999/00 e calcário 2005/06;

*Reaplicação 4: Calcário 1999/00;

Ainda na Tabela 3, vê-se que houve interação entre modos de aplicação e reaplicações de calcário, e o desdobramento é demonstrado a seguir na Tabela 4. Nela podemos ver que para ausência de calcário na implantação do sistema, não houve nenhuma diferença significativa para as reaplicações. E em relação à reaplicação 4 (calcário apenas no primeiro ano e nenhuma reaplicação subsequente) nenhuma das três formas de manejo diferiu estatisticamente, demonstrando as boas condições que o sistema proporcionou à cultura, sem a

necessidade de nova calagem.

Algo semelhante pode ser observado também na reaplicação 2, onde a calagem foi repetida com a maior frequência ao longo dos dez anos de cultivo.

TABELA 4. Desdobramento da interação modo de aplicação x reaplicações, significativo para massa de 1000 grãos, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2008/09.

	Reaplicação 1	Reaplicação 2	Reaplicação 3	Reaplicação 4
Incorporado	279,22 bB	296,25 bAB	315,95 abA	306,02 a AB
Superfície	323,85 aA	324,27 aA	296,27 bB	307,50 a AB
Sem Calcário	324,32 aA	318,00 abA	325,17 aA	307,90 a A

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Para a safra seguinte (2009/10), tem-se as médias de altura de planta, altura de inserção da espiga, prolificidade, massa de mil grãos e produtividade apresentados na Tabela 5. Verifica-se novamente que altura das plantas apresentou diferença significativa semelhante à safra anterior com os modos de aplicação em superfície e incorporado se destacando em relação à ausência de calcário. Porém desta vez, todos os demais caracteres avaliados não diferiram em relação aos três manejos de aplicação.

Em relação às reaplicações ao longo do tempo, também não houve diferença significativa para massa de mil grãos, produtividade e altura de inserção da espiga. Diferentemente dos modos de aplicação, as reaplicações não diferiram para altura de planta, já o número de espigas por planta foi mais expressivo com as reaplicações 1 e 2. Dessa forma, a calagem realizada mais vezes ao longo do tempo tende a melhorar a prolificidade da cultura, no entanto isso não melhorou a produtividade. Não houve interação entre modos e reaplicações para esta safra.

TABELA 5. Altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2009/10.

Tratamentos	Altura de planta (m)	Altura de inserção (m)	Espiga/planta	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Incorporado	210,2 a	102,7	1,03	240,1	5404
Superfície	202,0 ab	103,4	1,02	241,1	6053
Sem Calcário	197,4 b	99,4	1,00	239,7	5987
Reaplicação 1*	204,2	102,2	1,05 a	241,4	5964
Reaplicação 2*	203,3	101,8	1,01 ab	245,7	5633
Reaplicação 3*	201,3	101,9	1,00 b	239,1	5685
Reaplicação 4*	204,2	101,5	1,00 b	235,0	5978
Teste F					
Manejo (M)	5,80**	2,36 ns	1,19 ns	0,02 ns	2,81 ns
Reaplicação (R)	0,19 ns	0,03 ns	3,02*	0,76 ns	0,54 ns
M*R	1,37 ns	1,09 ns	1,19 ns	0,97 ns	0,80 ns
DMS					
Manejo (M)	9,3	4,9	0,04	15,4	740
Reaplicação (R)	11,8	6,2	0,05	19,6	942
CV %	5,3	5,5	4,7	7,4	14,7

NS - não significativo pelo teste F; Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% (*) de probabilidade, e 1% (**) de probabilidade.

*Reaplicação 1: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09 (dose total);

*Reaplicação 2: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário), calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (1/3), calcário 2009/10 (1/3);

*Reaplicação 3: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário) e calcário 2005/06;

*Reaplicação 4: Calcário 1999/00 (não aplicado para o modo sem calcário).

Em relação às diferentes doses utilizadas, apesar da massa de mil grãos ter sido significativa (Tabela 6) aumentando linearmente de acordo com o aumento da dose de calcário, isso não afetou diretamente a produtividade. Mariano (2008) e Oliveira (2009) também não encontraram diferença significativa para produtividade de milho em função do efeito residual do calcário.

TABELA 6. Alturas de planta, altura de inserção da primeira espiga, número de espigas por planta, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de Milho em função de diferentes doses de calcário. Selvíria – MS, 2009/10.

Tratamento (1)	Altura de plantas (cm)	Altura de inserção (cm)	Espigas/ planta	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Dose 0,0	204,0	103,8	1,0	236,6	5627
Dose 0,5	214,0	104,0	1,0	221,3	5731
Dose 1,0	207,0	101,0	1,0	249,2	5618
Dose 1,5	207,0	105,0	1,0	268,7	7654
Dose 2,0	209,0	108,4	1,0	251,2	4091
Dose 2,5	208,0	103,0	1,0	282,6	5438
Teste F					
R. Linear	0,01 ^{ns}	0,09 ns	0,00 ns	5,11 ^{*(2)}	0,39 ns
R. Quadrát.	0,12 ^{ns}	0,00 ns	0,00 ns	0,10 ns	1,28 ns
CV %	3,20	5,60	4,30	8,10	14,10

(1) dose 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 vezes a dose calculada para aplicação.

(2) $y = 0,00935 x + 227,3962$ ($R^2 = 0,68$).

A avaliação das doses (safra 2010/11) é demonstrada na Tabela 7, semelhante ao que ocorreu nas safras anteriores a produtividade não diferiu estatisticamente, o mesmo ocorreu para altura de inserção da espiga. Para massa de mil grãos também não houve diferença significativa, semelhante ao que foi verificado por GONÇALVES (2003). O caracter população plantas também não apresentou diferença significativa, bem como altura de planta.

Os valores bem uniformes encontrado na população de plantas reflete diretamente na produtividade da cultura, sendo esta uma das explicações da produtividade não ter diferido. Sabe-se que o milho é uma das gramíneas mais sensíveis à alteração da densidade populacional.

Devido a isto, o aumento da densidade é uma técnica utilizada para elevar o rendimento de grãos da cultura, até certo ponto. No entanto, essa relação de plantas para produtividade é variável, uma vez que o milho altera o rendimento de grãos de acordo com a competição intraespecífica proporcionado pela densidade de plantas (CRUZ et al., 2012).

TABELA 7. Valores de F e médias obtidas na análise de regressão dos dados de população de plantas, altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento ⁽¹⁾	População (plantas ha ⁻¹)	Altura planta (cm)	Altura inser. espiga (cm)	Massa mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Dose 0	64583	206,75	107,00	259,72	6637
Dose 0,5	60416	201,25	105,50	267,82	5130
Dose 1,0	67708	211,25	109,75	268,20	6586
Dose 1,5	75000	212,00	108,50	269,77	6944
Dose 2,0	65625	207,00	107,50	281,15	7205
Dose 2,5	69791	214,50	110,50	269,70	7148
Teste F					
R. Linear	2,09 ^{ns}	6,90 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,61 ^{ns}	2,46 ^{ns}
R. Quadrát.	0,46 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,24 ^{ns}
CV %	12,04	2,47	5,22	6,38	19,86

⁽¹⁾ dose 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 vezes a dose calculada para aplicação.

* e ns são, respectivamente, significativo e não significativo a 5% no teste F.

Na Tabela 8 temos os modos de aplicação e as reaplicações para a última safra avaliada (2010/11). É possível observar que não ocorreu nenhuma diferença estatística para os caracteres avaliados, embora seja verificada uma relação entre os valores numéricos para modos de aplicação, onde a ausência de corretivo apresentou valor numérico mais alto que os demais, e o maior valor numérico para produtividade também foi verificado neste tratamento.

Em estudos realizados por PIRES et al. (2003) com aplicação de calagem no sulco de semeadura e na superfície em área total também não foi observado incremento na produtividade de milho. LEAL et al. (2013) também corroboram com estes resultados, pois em estudo de diferentes modos de calagem na implantação do sistema não obtiveram aumento de produtividade.

TABELA 8. Valores de F e médias obtidas na análise de variância dos dados de população de plantas, altura de plantas e altura de inserção da espiga (m), massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho em função dos tratamentos. Selvíria - MS, 2010/11.

Tratamento	População (plantas ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Altura ins. espiga (m)	Massa mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Incorporado	65083	206,56	104,37	267,19	7067
Superfície	66125	208,93	107,87	264,65	6707
Sem calcário	69541	205,25	106,31	270,05	7068
Reaplicação 1*	68041	209,33	108,08	269,95	6686
Reaplicação 2*	66291	207,25	107,16	270,00	6975
Reaplicação 3*	64916	205,00	104,66	266,20	6870
Reaplicação 4*	68375	206,08	104,83	263,05	7258
Teste F					
Manejo (M)	1,75 ^{ns}	1,67 ^{ns}	2,31 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Reaplicação (R)	0,64 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,93 ^{ns}
M x R	1,40 ^{ns}	1,81 ^{ns}	4,63 ^{**}	0,09 ^{ns}	1,53 ^{ns}
CV %	10,46	2,79	4,34	6,04	12,32

ns e ** são, respectivamente, não significativo e significativo a 1% pelo teste F.

* Reaplicação 1: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06 e calcário 2008/09;

* Reaplicação 2: Calcário 1999/00, calcário 2002/03, calcário 2005/06, calcário 2008/09 (1/3 da dose), 2009/10 (1/3 da dose) e 2010/11 (1/3 da dose);

* Reaplicação 3: Calcário 1999/00 e calcário 2005/06;

* Reaplicação 4: Calcário 1999/00;

Ainda na Tabela 8 vê-se que ocorreu interação entre modos de aplicação e reaplicação para o componente altura de planta, o qual as médias são apresentadas na Tabela 9. Ao analisar os três modos de aplicação, vemos que não houve diferença significativa para nenhuma das reaplicações. Avaliando-se as reaplicações, apenas a reaplicação 2 apresentou diferença, assim vemos que a dose mais elevada de calcário aplicada com incorporação comprometeu o crescimento das plantas. No entanto isso não afetou a produtividade.

TABELA 9. Desdobramento da interação modo de aplicação x reaplicações de calcário, significativo para altura de inserção da espiga, na cultura do milho. Selvíria – MS, 2010/11.

	Reaplicação 1	Reaplicação 2	Reaplicação 3	Reaplicação 4
Incorporado	106,25 aA	98,75 aB	106,00 aA	106,50 aA
Superfície	109,75 aA	114,00 aA	100,75 aA	107,00 aA
Sem Calcário	108,25 aA	108,75 aA	107,25 aA	101,00 aA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Com as avaliações das três safras, vemos que a necessidade de calagem reduz com o passar do tempo em que a área se encontra neste sistema de cultivo, isso é explicado por muitos autores devido à "estabilização" da fertilidade no plantio direto.

Porém esta condição de ajuste no solo com a adoção de sistemas conservacionistas está relacionada com muitos outros fatores. BRIEDIS et al. (2012) por exemplo, encontraram correlação positiva entre o teor de C orgânico total no solo e as doses de calcário, os autores afirmam que o Ca proveniente da calagem atua como cimentante entre partículas de argila e a matéria orgânica do solo, promovendo maior sequestro de carbono. Outro fator também importante é discutido por COSTA et al. (2009), que se refere à mudanças ocorridas na dinâmica do P.

Além disso, alguns compostos orgânicos também atuam na complexação de formas monoméricas do Al, o que segundo VIEIRA et al. (2009) contribui para boas produtividades das culturas também em solos com pH ácido.

Após dez anos em SPD, verificou-se que as reaplicações de calcário a cada três anos apresentaram resultados semelhantes à correção de acidez apenas na implantação do sistema. Isso nos leva a concluir que o intervalo de reaplicação pode ser maior.

CONCLUSÃO

A aplicação de calcário em quantidades além do que é recomendada não aumenta a produtividade do milho em áreas já cultivadas com plantio direto a longo prazo, bem como os demais componentes de produção. A primeira safra avaliada foi a única que apresentou diferença entre os modos de aplicação, sendo que a calagem com incorporação apresentou desenvolvimento inferior à calagem superficial e sem calagem. Dessa forma, a hipótese de incorporação do calcário para aumentar a produtividade do milho pode ser descartada. Em ocasiões que foi necessária aplicação de corretivo em plantio direto, este deve ser feito em superfície.

Em Sistema Plantio Direto conduzido a vários anos a necessidade de correção da fertilidade com calcário diminui muito, devido aos benefícios que esta modalidade de cultivo proporciona com a manutenção da estrutura do solo e da cobertura morta.

REFERENCIAS

ALLEONI, L. R. F.; ZAMBROSI, F. C. B.; MOREIRA, S. G.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Liming and electrochemical attributes of an Oxisol under no tillage. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, p.119-123, 2003.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.1011-1022, 2002.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, safra 2012/2013**. Brasília: 12º levantamento, 2013, 29p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, safra 2008/2009**. Brasília: 11º levantamento, 2009, 39p.

COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; CAO, E.G.; HOLZSCHUH, M. J. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to longterm tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1237-1247, 2009.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em Latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.895-907, 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; METRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo: Sistema de produção I, ed.8, 2012. Disponível em < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/manejomilho.htm > Acessado em: 10/04/2014.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo de solo nas características físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2013. 353p.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área cultivada no Sistema de Plantio Direto na palha - Brasil**. 2012. Disponível em: http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.1.pdf.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GONÇALVES, J. R. P. **Variações nas propriedades químicas do solo, no desenvolvimento e produção do milho sob cultivo convencional e semeadura direta em função da aplicação de calcário dolomítico com diferentes granulometrias e doses**. 2003, 162 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

HERNANDEZ, F. B. T. et al. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS - Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p. (Série irrigação, 01).

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.491-501, 2013.

MARIANO, E. **Modos e aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em plantio direto: efeito residual**. 2008. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual paulista, Ilha Solteira, 2008.

MELO JÚNIOR, H. B.; CAMARGO, R.; WENDLING, B. Sistema de plantio direto na conservação do solo e água e recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, p.01-12, 2011.

MIRANDA, L. N. MIRANDA, J. C. C. **Efeito residual d calcário para o milho sob plantio direto e convencional em solo de cerrado**. Comunicado Técnico 133. Embrapa, Planaltina, 2007.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I. ; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.71-81, 2001.

OLIVEIRA, W. A. S. **Modos e aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em plantio direto: efeito residual**. 2009. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual paulista, Ilha Solteira, 2009.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; QUEIROZ, D. M.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.. Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agrônômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.121-131, 2003.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, ed.2, 1996. p.56-59.

VIEIRA, F. C. B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.; ERNANI, P. R. Organic matter kept Al toxicity low in a subtropical no-tillage soil under long-term (21-year) legume-based crop systems and N fertilisation. **Australian Journal of Soil Research**, v.47, p.707-714, 2009.