

## Redutores de pH e complexantes de metais em condições de laboratório

### pH reducers and metals complexes in the laboratory

Miriam Hiroko Inoue\*<sup>1</sup> Roberto Akitoshi Komatsu<sup>2</sup>; Ricardo Ferri Tanahashi<sup>3</sup>; Ana Cássia Silva Possamai<sup>4</sup>; Rivanildo Dallacort<sup>1</sup>; Marcos Antônio Piza<sup>5</sup>

**Resumo** - O objetivo deste trabalho foi analisar, em condições de laboratório, o comportamento de diversos redutores de pH e complexantes de metais utilizados comercialmente. Foram utilizados 15 produtos comerciais, sendo 10 redutores de pH e 5 complexantes de metais, adicionados à calda de pulverização. Foram conduzidos cinco experimentos; dois visando avaliar a estabilidade de pH, após a adição de redutores de pH (Experimento 1) e complexantes de metais (Experimento 2) a 1% de concentração na calda, dois com o intuito de determinar a quantidade necessária de redutor (Experimento 3) e complexantes de metais (Experimento 4) para o pH da calda atingir valores próximos a 3,5, além de um experimento com o objetivo de avaliar a redução da atividade do cálcio em CaCO<sub>3</sub>, após a adição dos complexantes de metais (Experimento 5). No Experimento 1, os tratamentos com redutores não diferenciaram entre si e apresentaram valores de pH inferiores à testemunha. Redumax destacou-se como o complexante que proporcionou o menor pH da calda, com valor médio de pH 1,3 (Experimento 2). No experimento 3, pH Fós (0,06 L), P 30 (0,07 L) e Ubyphos (0,08 L) foram os produtos em que empregaram-se as menores doses para a redução do pH da calda. O maior volume necessário para reduzir o pH, foi observado para o NP10, com 0,8 L (Experimento 3). O produto que utilizou o menor volume no Experimento 4 foi o Redumax com 0,12 L. O complexante que necessitou de volume maior foi o L1, com 3,56 L (Experimento 4). No Experimento 5, independente do nível de dureza avaliado, não houve diferença significativa entre L1 e a testemunha, evidenciando que este produto não conferiu ação complexante.

**Palavras-chave:** Adjuvantes, calda de pulverização, dureza da água, herbicidas.

**Abstract** - The research aimed to evaluate the behavior of various pH reducers and metals complexers, under laboratory conditions. Were used 15 commercial products (10 pH reducers and 5 metals complexers), added to the spray mix. Five experiments were conducted; two to assess the stability of pH, after addition of pH reducers (Experiment 1) and metals complexers

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup> Professor(a) do Departamento de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Rodovia MT 358, Km 7, 78300-000, Tangará da Serra, MT. E-mail: miriamhinoue@hotmail.com;

<sup>2</sup> Professor do Curso de Agronomia da Faculdade Integrado de Campo Mourão; <sup>3</sup> Eng. Agro., Faculdade Integrado de Campo Mourão; <sup>4</sup> Aluna do Curso de Agronomia da UNEMAT; <sup>5</sup> Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Unidade de Campo Mourão, PR.

(Experiment 2) at 1% concentration, two to determine the necessary quantity of pH reducers (Experiment 3) and metals complexers (Experiment 4) to pH 3.5, an experiment to evaluate the reduction Ca activity in  $\text{CaCO}_3$ , after addition of metals complexers (Experiment 5). Treatments with pH reducers do not differ and were statistically lower than the control (Experiment 1). Redumax was the complexer which has the lowest pH of the solution, with pH 1.3 (Experiment 2). In Experiment 3, pH Fos (0.06 L), P 30 (0.07 L) and Ubyphos (0.08 L) were the products that were used the smaller rate to reduce pH. The largest rate necessary was observed for NP10 with 0.8 L (Experiment 3). The product that uses the smallest volume in Experiment 4 was Redumax (0.12 L). L1 was the complexer that required higher rate, with 3.56 L (Experiment 4). No significant difference between L1 and control in Experiment 5, showing that this product does not confer complexant action.

**Key-words:** Adjuvants, spray mix, water hardness, herbicides.

## Introdução

A qualidade da água nas pulverizações agrícolas nem sempre é conhecida pelos agricultores e técnicos. Por isso, devem-se levar em consideração todos os fatores relacionados à qualidade da água utilizada nas aplicações de pesticidas para que não haja interferência na rentabilidade da atividade agrícola (Bernardo, 2007).

A utilização de água com qualidade é possível, desde que seja dada a devida atenção às suas características, bem como a realização de um manejo adequado, como filtração e/ou utilização de produtos adjuvantes. Esse fato é particularmente importante nos locais em que o fornecimento de água é feito por meio de reservatórios abertos (rios, lagos, etc.), pois a qualidade dessa água sofre influência das chuvas que carregam corretivos e fertilizantes para estes reservatórios, além de detritos como argila ou compostos orgânicos, que dependendo do tamanho dessas partículas, podem causar o desgaste prematuro ou entupir os bicos interferindo na qualidade da pulverização (Theisen & Ruedell, 2004).

Segundo Kissmann (1997), o pH é dos fatores que pode influenciar na eficiência de uma aplicação. Quando o pH da água está alto, pode ocorrer a rápida degradação do herbicida

por hidrólise alcalina; visto que a constante de dissociação de moléculas iônicas depende do pH. A absorção do herbicida pelos tecidos vegetais também é variável, dependendo da molécula ser neutra ou dissociada em cátions e ânions (Wanamarta & Penner, 1989).

Azevedo (2001) relata que, na formulação dos pesticidas, são tomadas precauções para que as moléculas tolerem pequenas variações de pH, mas se forem extremas, podem afetar a estabilidade das mesmas. Para a correção da calda geralmente se busca abaixar o pH por meio da adição de um ácido fraco ou diluído. Na calda pode ocorrer a presença de um efeito tampão, a qual não sofre variação de pH quando adicionados uma pequena quantidade de ácido (Harris, 1999).

A dureza da água em pulverização é outro fator que interfere no desempenho dos pesticidas (Buhler & Burnside, 1983; Sanhotene et al., 2007). Para a correção, pode ser inserido um agente complexante de metais à calda de pulverização, antes da adição do herbicida, visando à eliminação da reatividade dos íons presentes em solução. Diversos compostos como o ácido cítrico, o ácido fenólico e o EDTA podem ser usados (Bernardo, 2007).



Com o aumento do pH de uma solução contendo glyphosate, o herbicida mais consumido no mundo, Mervosh & Balke (1991) verificaram a ocorrência de sucessiva desprotonização das moléculas do herbicida, que formam complexos estáveis, diminuindo a eficiência do produto.

Diante da carência de dados concretos referentes a produtos que são incorporados na calda de pulverização com o intuito de elevar a eficiência dos pesticidas, este trabalho objetivou analisar o comportamento de diversos redutores de pH e complexantes de

metais utilizados comercialmente, em condições de laboratório.

## Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química da Faculdade Integrado de Campo Mourão, PR, no período de Maio a Setembro de 2005. A água utilizada é proveniente do município de Luiziana, PR (Tabela 1) e possui caráter alcalino com pH acima de 7 (Harris, 1999).

**Tabela 1.** Características da amostra de água coletada em Luiziana, PR, 2005.

Parâmetros (Padrão)	Resultados
pH	7,2
Dureza Cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	10,8
Dureza de Magnésio (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	2,7
Dureza Total (mgCaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	13,5
Cálcio (mg Ca L <sup>-1</sup> )	4,32
Magnésio (mg Mg L <sup>-1</sup> )	0,66
Potássio (mg K L <sup>-1</sup> )	0,05
Sódio (mg Na L <sup>-1</sup> )	0,4
Cobre (mg Cu L <sup>-1</sup> )	ND
Ferro Total (mg Fe L <sup>-1</sup> )	0,95
Manganês (mg Mn L <sup>-1</sup> )	ND
Zinco (mg Zn L <sup>-1</sup> )	0,34
Alumínio (mg Al L <sup>-1</sup> )	ND
Alcalinidade de hidróxidos (mg CO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	0
Alcalinidade de Bicarbonatos (mg CO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	3,5
Cloreto (mg Cl L <sup>-1</sup> )	4,6

ND = Não detectado/ Metodologia Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA) (AWWA).

Foram avaliados 15 produtos comerciais, sendo 10 redutores que visam abaixar o pH da calda de pulverização (Tabela 2) e 5 complexantes de metais (Tabela 3). Inicialmente, utilizando peagâmetro (TEC-3MP), foi verificada a estabilidade do valor de pH da calda em água (Tabela 1), na qual mediram-se os valores de pH para cada tratamento nos períodos de 0, 2, 5 e 24 horas

após a adição dos redutores de pH e complexantes de metais, a 1% de concentração da calda.

Em seguida, realizou-se uma análise quantitativa de volumes adicionados dos redutores de pH e complexantes de metais, com auxílio de um micropipetador 2-20 µL (Brand), em volume de 1 litro de calda, até atingir valores próximos de pH 3,5; valor considerado



adequado a calda de pulverização para a 2002).  
aplicação do herbicida glyphosate (Prata,

**Tabela 2.** Nome comercial, fabricante e composição dos produtos redutores de pH utilizados nos experimentos.

Nome comercial	Fabricante	Composição
NP10	Inquima	N total (7%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (10%); Densidade 1,18
U10	Inquima	N total (7%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (20%); Densidade 1,18
Reduphol	Ubyfol	N total (6%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (30%); Zn (2,5%)
Ubyphos	Ubyfol	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (40%); K <sub>2</sub> O (20%)
P30	Quimifol	N total (1%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (30%)
Mago	Tec Control	N total (3%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (17%)
PH Fós	Quimifol	N total (1%), P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (50%); Densidade 1,60
Sfera	Tec Control	N total (5%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (15%)
Reduphol test	Ubyfol	N total (6%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (30%)
Lógico	BAC Sciences	N total (6%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (14%)

Portanto, foram conduzidos quatro experimentos, sendo dois visando avaliar a estabilidade de pH após a adição de redutores (Experimento 1) e dos complexantes de metais (Experimento 2) e mais dois com o intuito de determinar a quantidade necessária de redutor de pH (Experimento 3) e complexantes de metais (Experimento 4) para o pH da calda atingir valores próximos a 3,5. Nos Experimentos 1 e 2 foi utilizada também uma testemunha sem adição de produtos. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em todos os experimentos.

Realizou-se ainda um quinto experimento referente aos complexantes de metais (Tabela 3). Com a adição de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), que foi convertido para CaCO<sub>3</sub>, induziu-se níveis de dureza de 50; 100 e 200

ppm de CaCO<sub>3</sub>. A indução da água deionizada com o cloreto de cálcio ocorreu devida sua alta solubilidade, permitindo a elevação da dureza aos níveis descritos. Por outro lado, o carbonato de cálcio que é altamente insolúvel, forma precipitados nas amostras quando submetidos à indução aos níveis analisados. A variável analisada neste experimento foi a redução da atividade do Ca<sup>2+</sup>, e o método utilizado para determinação da dureza da água foi a titulação com EDTA (Harris, 1999).

Os tratamentos do Experimento 5 foram dispostos em esquema fatorial 6 x 3, delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os fatores referem-se aos cinco complexantes de metais e a testemunha sem adição de complexantes de metais, distribuídos em 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>.

**Tabela 3.** Nome comercial, fabricante e composição dos produtos complexantes de metais utilizados nos experimentos.

Nome Comercial	Fabricante	Composição
Redumax	Forquímica	N total (3%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (30%); Densidade 1,42; (complexante)
WR4	Inquima	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (10%); Alquil Aril Etoxi, (complexante)
L1	Binova	Zn (4%); EDTA (complexante)
Triomax	Quimifol	Óleo mineral (63% m/v); tamponante, (complexante) (28,9% m/v)
Fulltec	Spraytec	N total (6%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (14%); tamponante (complexante)

Os dados de todos os experimentos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAEG (SAEG, 1997).

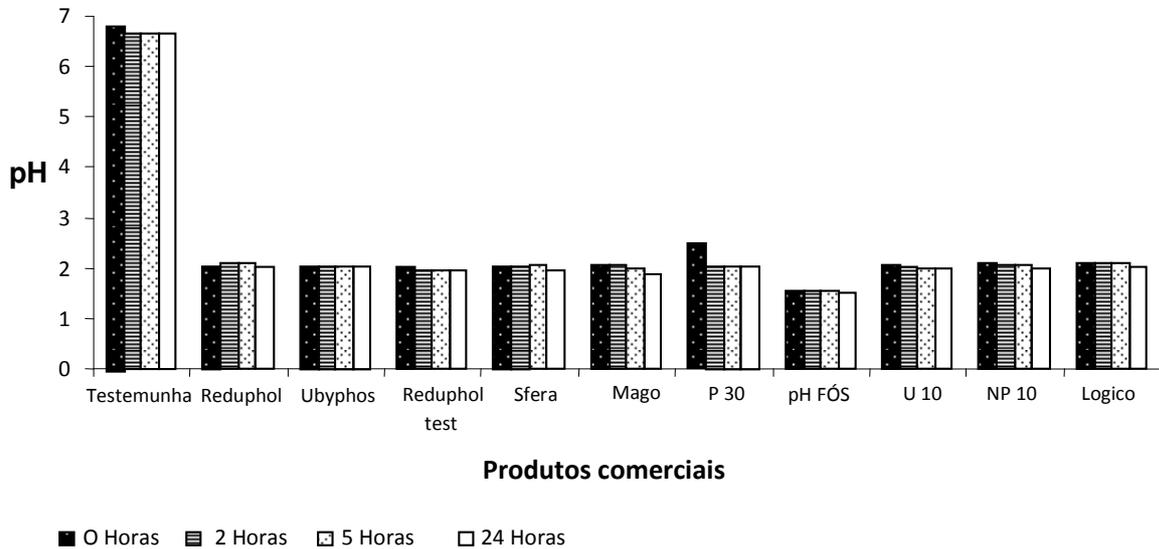
## Resultados e discussão

De acordo com a Figura 1, os agentes redutores de pH foram eficientes para reduzir o pH da calda de pulverização, em relação à testemunha. Os tratamentos com os redutores não diferiram significativamente entre si, à 5% de probabilidade (Figura 1).

Após a adição dos 10 redutores, os valores de pH das caldas já encontravam-se próximos de 2,0 e mantiveram-se estáveis nos demais períodos avaliados, confirmando a tendência esperada (Figura 1). O ácido fosfórico é utilizado para a redução do pH da

calda de pulverização (Azevedo, 2001), sendo que está presente na composição de todos os produtos avaliados nesse experimento (Tabela 2).

Semelhantes aos redutores de pH, a Figura 2 indica que os complexantes de metais também proporcionaram redução no pH da calda, em comparação à testemunha. No entanto, houve diferença significativa entre os valores de pH proporcionados pelos complexantes de metais (Figura 2). Os produtos L1 e Triomax apresentaram valores de pH próximos a 3,0. Com valores intermediários de pH em torno de 2,0 estavam os tratamentos com Fulltec e WR4. Redumax destacou-se como o complexante que proporcionou o menor pH da calda, com valor médio de pH 1,3 (Figura 2).



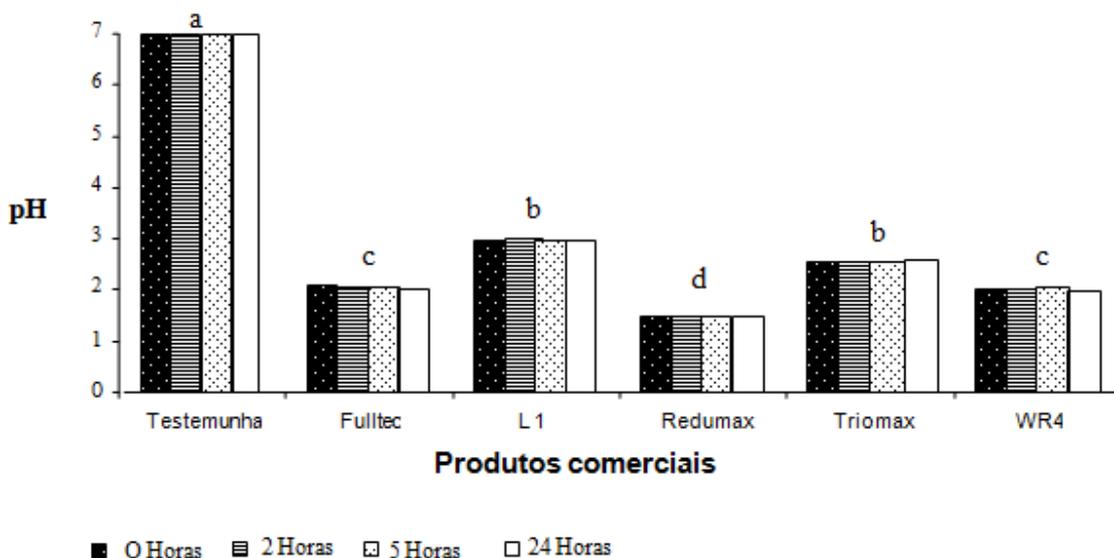
**Figura 1.** Médias dos valores de pH na calda de pulverização, após adição dos redutores de pH à concentração de 1%. Experimento 1 (C. V.= 5,36%).

Esse resultado pode ser atribuído ao fato do Redumax apresentar a maior quantidade de  $P_2O_5$  em sua composição, em relação aos demais complexantes de metais. Segundo Shaner (1989) a maior eficiência dos herbicidas no controle de plantas daninhas para caldas preparadas com água de pH ácido (menor que 4,0), em relação a águas alcalinas, deve-se à maior absorção do herbicida em pH baixo. Vargas & Roman (2003) também concluíram que herbicidas dissolvidos em condições de baixo pH são absorvidos com maior facilidade pelas plantas, pelo fato de que as moléculas se encontram na forma não dissociada.

Todos os tratamentos com complexantes de metais proporcionaram estabilidade nos valores de pH, desde a avaliação de 0 até 24 horas após a adição dos

produtos (Figura 2). Por outro lado, os tratamentos com L1 e Triomax apresentaram valores superiores de pH, em relação aos demais complexantes, possivelmente pela ausência de  $P_2O_5$  em sua composição (Figura 2 e Tabela 3).

Na Tabela 4 observa-se que houve grande variação na avaliação quantitativa entre os tratamentos com os redutores, visando reduzir valores da calda de pulverização de 7,2 para aproximadamente 3,5. pH Fós (0,06 L), P 30 (0,07 L) e Ubyphos (0,08 L) foram os produtos em que empregaram-se as menores doses para a redução do pH da calda para 3,5 (Tabela 4).



**Figura 2.** Médias dos valores de pH da calda de pulverização, após adição dos complexantes de metais à concentração de 1%. Experimento 2 (C. V.= 2,41%).

Foram utilizados 0,26 e 0,28L, respectivamente, de Reduphol e Reduphol Test para a redução do pH, volumes considerados semelhantes estatisticamente (Tabela 4). Sfera,

U10 e Lógico necessitaram do mesmo volume de 0,44 L, quantidade essa que também não diferiu estatisticamente do produto Mago com 0,48 L (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias das doses de redutores de pH utilizadas para a redução do pH da calda para 3,5. Experimento 3.

Nome comercial	Dose (L 1000L <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em (CNA + água) (%)	Dose do ácido total (L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> por dose do produto)
PH Fós	0,06 d	50	0,030
Ubyphos	0,08 d	40	0,031
P 30	0,07 d	30	0,021
Reduphol	0,26 c	30	0,078
Reduphol Test	0,28 c	30	0,084
U 10	0,44 b	20	0,088
Sfera	0,44 b	15	0,066
Mago	0,48 b	17	0,082
Lógico	0,44 b	14	0,062
NP 10	0,80 a	10	0,080

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C. V.= 5,25%

O maior volume necessário para reduzir o pH, foi observado para o NP10, com 0,8 L (Tabela 3). Nesse contexto, Theisen & Ruedell (2004) relatam que águas alcalinas

que apresentam íons e sais de Ca e Mg, desestabilizam as formulações por se ligarem às moléculas dos ingredientes ativos e afetam a eficiência dos herbicidas, o que demonstra a

importância da utilização dos complexantes de metais.

Ao analisar a concentração de  $P_2O_5$  solúvel em (CNA + água) e a dose utilizada de produtos para reduzir o pH da calda para 3,5, evidencia-se que houve uma relação inversamente proporcional (Tabela 4). Tal observação reforça que  $P_2O_5$  é um dos principais componentes que reduzem o pH (Stougaard, 1997; Azevedo, 2001).

A Tabela 5 apresenta as doses de complexantes de metais que foram necessárias para reduzir o pH da calda para valores

próximo a 3,5. Os produtos que utilizaram os menores volumes foram Redumax, WR4 e Fulltec, sendo 0,12; 0,32 e 0,48 L, respectivamente. Triomax (1,38 L) e L1 (3,56 L) foram os complexantes que necessitaram de volumes maiores (Tabela 5). Isso pode ocorrer devido ao fato desses produtos não apresentarem  $P_2O_5$  (Tabela 3). Possivelmente outros elementos químicos e/ou complexantes presentes no Triomax e L1 contribuíram para reduzir o pH da calda, sendo necessárias doses mais elevadas do que as utilizadas de outros complexantes que contém  $P_2O_5$ .

**Tabela 5.** Médias das doses dos complexantes de metais utilizadas para o abaixamento do pH da calda para 3,5. Experimento 4.

Nome comercial	Dose (L 1000L <sup>-1</sup> )	P2O5 solúvel em (CNA + água) (%)	Dose do ácido total (L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> por dose do produto)
Redumax	0,12 c	30	0,036
WR4	0,32 c	10	0,032
Fulltec	0,48 c	14	0,067
Triomax	1,38 b	-	-
L1	3,56 a	-	-

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C. V.= 6,88%

Os valores de redução da atividade do cálcio nos níveis de dureza de 50, 100 e 200 ppm de  $CaCO_3$  são apresentados na Tabela 6. Submetidos a 50 ppm de  $CaCO_3$ , verificou-se que Redumax e Triomax reduziram em, respectivamente, 80 e 74% a dureza da água, comparados à testemunha. Quando submetidos a 100 ppm de  $CaCO_3$ , esses dois produtos reduziram cerca de 86% (Tabela 6). Redumax, Fulltec, WR4 e Triomax diferiram estatisticamente da testemunha, quando submetidos a 200 ppm de  $CaCO_3$  (Tabela 6).

No entanto, independente do nível de dureza avaliado, não houve diferença significativa entre L1 e a testemunha, evidenciando que este produto não conferiu ação complexante (Tabela 6). Sabe-se que águas duras diminuem a eficiência dos herbicidas ao reagirem com os surfactantes aniônicos ( $K^+$ ,  $Na^+$ ), em que os principais íons causadores da dureza são  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ , originados de carbonatos e bicarbonatos (Buhler & Burnside, 1983).

**Tabela 6.** Redução da atividade do cálcio em  $\text{CaCO}_3$ , após adição das doses dos complexantes de metais. Dados expressos em porcentual. Experimento 5.

Tratamentos	Níveis de dureza de $\text{CaCO}_3$		
	50 ppm	100 ppm	200 ppm
Redumax	9,30 d	13.3 d	69.3 b
Triomax	12.0 d	13.3 d	72.0 b
Fulltec	32.0 c	37.3 c	80.0 b
WR4	38.6 bc	77.3 b	82.6 b
Testemunha	46.6 ab	96.0 a	186.6 a
L1	50.6 a	97.3 a	188,0 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

C. V.= 5,64%

## Conclusões

Nas condições em que os experimentos foram conduzidos, os redutores de pH foram eficientes, tanto para a redução como para manter estáveis os valores de pH da água por um período de até 24 horas. pH Fós (0,06 L), P 30 (0,07 L) e Ubyphos (0,08 L) foram os produtos em que empregaram-se as menores doses para a redução do pH da calda. Para os complexantes de metais, Redumax destacou-se como o complexante que proporcionou o menor pH da calda e utilizou 0,12 L para a redução de pH 3,5.

Na redução da atividade do cálcio em  $\text{CaCO}_3$ , independente do nível de dureza avaliado, não houve diferença significativa entre L1 e a testemunha, evidenciando que este produto não conferiu ação complexante. A partir dos resultados obtidos, evidencia-se que os produtos avaliados reduziram o pH da calda de pulverização, o que pode favorecer a absorção dos herbicidas e o manejo de plantas daninhas.

## Referências

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas: EMOPI, 2001. 230p.

BERNARDO, R. M. **Qualidade da água nas pulverizações**. Disponível em: <<http://www.carol.com.br/estilo/boletim.jsp?di=13&pag=4>>. Acesso em: 9 Set. 2007.

BUHLER, D. D.; BURNSIDE, O. C. Effect of water quality, carrier volume and acid on glyphosate phytotoxicity. **Weed Sci.**, v.31, n.1, p.163-169, 1983.

HARRIS, D. C. **Análise química Quantitativa**, 5.ed. Califórnia: LTC, 1999. 862p.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p.61-77.

MERVOSH, T. L.; BALKE, N. E. Effects of calcium, magnesium, and phosphate on glyphosate absorption by cultured plant cells. **Weed Sci.**, v.39, n.1, p.347-353, 1991.



**PRATA, F. Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina.**

Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 149p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

**SAEG - Sistema para Análises Estatísticas:** versão 7.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997.

SANCHOTENE, D. M.; DORNELLES, S. H. B.; DEBORTOLI, M. P.; CAPITANIO, JR.; MEZZOMO, R. F.; GONÇALVES, R. A. Influência de sais e do pH da água na eficiência de imazethapyr + imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.415-419, 2007.

SHANER, D. L. **Factors affecting soil and foliar bioavailability of the imidazolinone herbicide.** New Jersey: American Cyanamid Company, 1989. 24p.

STOUGAARD, R. M. Adjuvant combinations with quizalofop for wild oat (*Avena fatua*) control in peppermit (*Mentha piperita*). **Weed Tech.**, v.11, n.3, p.45-50, 1997.

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas:** teoria e prática. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. 90p.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Controle de plantas daninhas em pomares.** Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2003. 9p. (Circular Técnica 47).

WANAMARTA, G.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Sci.**, v.4, n.1, p.215-232, 1989.