



## SOLUBILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES POR ACIDIFICAÇÃO DE CALDAS QUIMIGANTES COM ÁGUAS SUPERFICIAIS, SUBTERRÂNEAS E SUA MISTURA

*Fábio Henrique de Souza Faria, Cássio Gonçalves Pereira, Nelson de Abreu Delvaux Júnior, Luiz Antonio Lima, Mauro Koji Kobayashi*

### 1. INTRODUÇÃO

A FAO (2014) relata que a população do ano 2000 de 6,2 bilhões de pessoas demandou 2,5 bilhões de T de alimentos, expressa pela produtividade atingida de  $2,9 \text{ T ha}^{-1}$ . O desafio para o ano 2025 é de saciar a fome de 8,3 bilhões de pessoas com 4 bilhões de T, possível apenas com a produtividade de  $4,5 \text{ T ha}^{-1}$ , ou aumento significativo de área plantada, alternativa improvável. Buscando-se trabalhar a opção do aumento de produtividade temos como fatores da função de produção (Frizzone, 1992) que a promova apenas os fertilizantes, água (irrigação) e melhoramento genético de material propagativo. Atendo-se aos fertilizantes vemos que sua eficiência pode ser potencializada através da acidificação de caldas quimigantes. Os fertilizantes aplicados normalmente na quimigação são solubilizados parcialmente em água e, na maioria dos casos, com baixa dissolução dos nutrientes, ficando em suspensão, o que pode levar a elevadas perdas e consequente contaminação ambiental por lixiviação dos nutrientes nos solos (Pinto et al., 2002). As águas subterrâneas, bem como as superficiais, naturalmente induzem a baixa dissolução dos nutrientes dos adubos devido o pH elevado da solução. Na formação das caldas quimigantes com fertilizantes a adição de ácidos oriundos de rejeitos pode atender com excelência a maioria dos parâmetros que promova incrementos de solubilidade: pH, concentração elementar, atividade iônica, força iônica, pares iônicos, temperatura e pressão (Ferreira, 1997). Podem ser estudados como acidificantes das caldas o ácido cítrico do rejeito de limões de casas de embalagem, vinhaça do rejeito de destilaria e ácido fosfórico, convencionalmente aplicado na limpeza de equipamentos de irrigação (Figueiredo, 2004). Os rejeitos orgânicos ácido cítrico e vinhaça e o ácido fosfórico são ácidos de baixo peso molecular, alta solubilidade e são agentes de alto poder de solubilização. Contudo, a concentração de elementos aplicados em fertirrigação deve ser controlada, pois com o aumento da condutividade elétrica (CE), eleva-se o potencial osmótico da solução do solo e consequentemente seu potencial hídrico, dificultando-se sua absorção pelas plantas (Dimenstein, 2004). As caldas quimigantes estudadas utilizarão águas superficiais (rio), águas subterrâneas de poços tubulares, representativas e significativas na região norte Mineira (Faria et al., 2009); bem como sua mistura (50%), e os fertilizantes comumente utilizados na quimigação: uréia, MAP granulado e cloreto de potássio. Devido aos elevados preços dos fertilizantes, os prováveis resultados obtidos com a quimigação acidificada podem ser altamente significativos na atual conjuntura econômica. A eficiência da fertilização acidificada pode ocasionar incrementos de disponibilidade dos nutrientes e, consequentes aumentos de produtividade. Soma-se o fato de que a receita de água resultante da mistura das águas superficiais e subterrâneas pode propiciar maior área irrigada ou irrigação em maior período na tarifa de energia reduzida (noturna), realidade da região e prática da irrigação, haja vista o custo da energia.

### 2. OBJETIVOS

**Objetivos Gerais:** Estudar a aplicação de ácidos orgânicos e sua validação na fertirrigação com alternativas de tipos de águas, - Estudar as concentrações otimizadas de fertilizantes via fertirrigação para reduzir seu potencial osmótico, para fracionar a fertirrigação; - Aumentar a solubilização dos elementos na fertirrigação com águas superficiais e subterrâneas através da acidificação; - Aumentar a concentração de elementos aplicados na fertirrigação, otimizando-a.

**Objetivos Específicos :** - Mensurar a CE e o ppm das concentrações de elementos estabelecidas para realizar o fracionamento da fertirrigação; e - Mensurar os pH resultantes dos tratamentos ministrados, como indicador de dissolução.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram calculadas as concentrações empregadas nos ensaios baseando-se na solubilidade referencial da literatura e da fixação de uma condutividade elétrica (CE) das soluções (Ayers & Westcott, 1991; Villas Boas et al., 1994), referencial calculado como limite da solução de quimigação final em  $CE = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , para os fertilizantes empregados – uréia (U), MAP (fosfato monoamônio) e Cloreto de Potássio (KCl), e obtidos seus respectivos potenciais osmóticos por cálculos empíricos. Tais tratamentos



de uso de concentrações de fertilizantes e ácidos (solutos) compuseram soluções utilizando-se como solventes água deionizada (referencial, não testemunha), água subterrânea (AS) com  $CE = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , e água do Rio Gortutuba (AR) com  $CE = 0,05 \text{ dS m}^{-1}$  e a misturas delas em 50% (MIX). Foram obtidas as concentrações empregadas dos ácidos solubilizadores: através de testes de pH das soluções de ácido cítrico (AC) e da vinhaça (V), e ácido fosfórico (AF), adotando-se como pH referencial máximo o valor 7 (integral). Os tratamentos ministrados compreenderam esquema fatorial 3 ácidos, 3 águas, 3 fertilizantes e 3 repetições com total de 81 amostras. Foram realizadas leituras de CE, ppm e pH das soluções elaboradas com peagâmetro e condutivímetro portátil. Foi verificada a temperatura ambiente dos ensaios com termômetro portátil, que se manteve entre 21 e 25°C. Quando as medições de CE excediam o limite do condutivímetro portátil ( $4 \text{ dS m}^{-1}$ ) media-se apenas o pH porque era o único parâmetro que se situava dentro do limite do aparelho. Os valores de ppm tem uma relação constante com CE (0,64 em média), o que o eximia de medição. As diluições se processavam em divisão por dígito subsequente (10 e 100 x), tomando-se a décima parte da solução e completando-se com solvente. Os dados obtidos foram tabulados e realizadas análises estatísticas descritivas dos mesmos. Foram elaboradas tabelas de resultados medidos e de índices referenciais. As amostras testadas continham volume de 250 mL para os testes com solvente e solutos em percentagens proporcionais a litro. Resultados de CE foram expressos em  $\text{dS m}^{-1}$ , ppm ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e pH. Foram usadas quantidades diluídas de solutos ácidos (1;0,1 e 0,01%) por litro de solvente, e calculados em peso através das densidades. Calcário  $14,4 \text{ g}$ ; uréia  $9,2 \text{ g}$ ; KCl  $8,8 \text{ g}$ ; MAP-  $10 \text{ g}$ . As densidades aparentes são: AF- $1,88 \text{ g cm}^{-3}$ ; V- $1,14 \text{ g cm}^{-3}$ ; U-  $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ ; AC –  $1,66 \text{ g cm}^{-3}$ ; KCl –  $1,98 \text{ g cm}^{-3}$ ; calcário –  $1,7 \text{ g cm}^{-3}$ ; e MAP - $1,8 \text{ g cm}^{-3}$ . A solubilidade natural da U é de  $1000 \text{ g L}^{-1}$ , do MAP é de  $220 \text{ g L}^{-1}$ , do KCl é de  $340 \text{ g L}^{-1}$ , e a do calcário  $0,013 \text{ g L}^{-1}$ , utilizadas como referenciais.

#### 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 expressa dados de CE, pH e ppm registrados. Eles indicam as diluições realizadas com os diversos ácidos nos diferentes solventes para as amostras de fertilizantes e calcário padrão. Conforme a Tabela 2, que conclue a Tabela 1, o calcário obteve os maiores índices de solubilidade referenciais em AF, igualmente em AR e AP, e isso se deveu a sua baixíssima solubilidade em água ( $0,013 \text{ g L}^{-1}$ ). A uréia obteve maiores índices de solubilidade referenciais em AC (0,1%), provavelmente devido à sua condição amídica sinérgica com o ácido. Mas, em AF é que os dados mostraram maior solubilidade (0,01%) o que indica redução de custos. O KCl obteve também altos índices referenciais de solubilidade em AF, contudo, obteve maior regularidade de altas solubilidades para os ácidos usados nos testes, e dois índices a 0,1%, o que configura boa redução de custos de aplicação.. O MAP foi destacadamente o fertilizante de maior solubilização em ácidos, com dois índices a 0,1%, e um índice a 0,01% em AF, o que o entitula como o melhor ácido solubilizador. Ele reúne a condições de proporcionar P aos cultivos, praticidade e facilidade de obtenção, apesar de seu alto custo. (20 L = R\$ 150). Afortunadamente, para o Norte de Minas, as AP se mostraram como as melhores solubilizadoras, quando comparadas às AR. Dos ácidos utilizados, a vinhaça se mostrou a pior solubilizadora de fertilizantes e calcário.

#### 5.CONCLUSÃO

O ácido fosfórico se mostrou o mais eficiente dos ácidos e o mais solúvel e, promoveu solubilização em grandes percentuais de teores de todos os fertilizantes e calcário, bem como a água de poço se mostrou mais eficiente em solubilização que a de rio e da mistura delas. O parâmetro pH mostrou-se de muita importância, haja visto que sua grandeza é a que representa a solubilidade da solução, e o ácido fosfórico manteve-o a baixos valores mesmo nas maiores diluições. Dos fertilizantes, o MAP e o KCl se mostraram mais eficientes em diluição e solubilização.

#### 6. REFERÊNCIAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 29).
- DIMENSTEIN, L. Nutrição Vegetal e Fertirrigação em cultivos. Instituto Frutal, Fortaleza. 2004. 136 p.
- FAO. Demanda de alimentos no mundo. Disponível em <https://www.fao.org.br/FAOddma.asp>. Acessado em 10.10.2014.
- FARIA, F. H. DE S.; LIMA, L.A. DE ; RIBEIRO, M. S.; SANTOS, S. R.; RIBEIRO, K. M. Avaliação da salinidade, sodicidade e alcalinidade das águas subterrâneas para irrigação em Jaíba e Janaúba, Minas Gerais. Irriga, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 299-313, julho-setembro, 2009.



# FEPEG

FÓRUM DE ENSINO,  
PESQUISA, EXTENSÃO  
E GESTÃO

TRABALHOS CIENTÍFICOS APRESENTAÇÕES ARTÍSTICAS E CULTURAIS DEBATES MINICURSOS E PALESTRAS

23 A 26 SETEMBRO DE 2015  
Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro

ISSN 1806-549X

A HUMANIZAÇÃO NA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

REALIZAÇÃO:



APOIO:



FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos dos solos. In: Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. UFPB/SBEA. Campina Grande-PB.pág.37-67, 1997.

FIGUEIREDO, L. P. et al. Uso de ácido cítrico e complexo enzimático na prevenção de obstrução de vazão em simulação de fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8., 2004, Lages. Anais... Lavras: UFLA, 2004. CD-ROM.

FRIZZONE, J. A.. Função de produção. In: FARIA, M. A. DE; SILVA, E. L. DA; VILELA, L. A. A. & . (eds.) Simpósio : Manejo de Irrigação. XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. UFLA/SBEA. Poços de Caldas-MG, 1998. 368 p.

PINTO, J.M.; FEITOSA FILHO, J.C. Fertirrigação na fruticultura. ITEM. n. 55, p.70-74, 2002.

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; WITTI, G. C. Aspectos da fertilização. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS. Piracicaba: Potafos, 1994.p. 284-308.

Tabela 1. Solubilização de calcário e fertilizantes NPK elementar via acidificação com rejeitos e ácido fosfórico utilizando como solventes águas superficiais, águas subterrâneas e da mistura delas.



			ÁCIDOS			FERTILIZANTES			ÁGUAS			SEM ÁCIDO			% DE DILUIÇÕES DE ÁCIDOS								
			1%			0,1%			0,01%			1%			0,1%			0,01%					
			CE	pH	ppm	CE	pH	ppm	CE	pH	ppm	CE	pH	ppm	CE	pH	ppm	CE	pH	ppm			
ÁGUA DE RIO_E	CALCÁREO	POÇO	8.72	7.33	1360																		
		MIX_50%	4,42	7.11	940																		
		RIO	2.21	6.95	670																		
	URÉIA	POÇO	1.39	7.04	900																		
		MIX_50%	0.80	6.63	511																		
		RIO	0.15	6.78	930																		
	MAP	POÇO	-	5.34	-	2.16	6.18	1322															
		MIX_50%	-	5.10	-	1.61	5.69	942															
		RIO	-	4.74	-	0.86	5.05	584															
	CLORETO DE POTÁSSIO	POÇO	2.85	7.48	1902																		
		MIX_50%	2.37	7.29	1523																		
		RIO	1.89	7,00	1306																		
VINHAÇA	CALCÁREO	POÇO				1.47	6.88	908															
		MIX_50%				0.69	7.05	460															
		RIO				0.20	6.42	124															
	URÉIA	POÇO				1.29	7.07	837															
		MIX_50%				0.85	7.49	546															
		RIO				0.14	6.68	392															
	MAP	POÇO				-	5.53	-	1.67	6.39	1039												
		MIX_50%				-	5.32	-	1.48	6.11	925												
		RIO				-	5.08	-	0.56	6.15	362												
	CLORETO DE POTÁSSIO	POÇO				-	7.10	-	2.65	7.91	1710												
		MIX_50%				-	7.12	-	2.15	8.09	1312												
		RIO				-	7.01	-	1.59	6.94	990												
ÁCIDO CÍTRICO	CALCÁREO	POÇO				1.55	6.08	895															
		MIX_50%				1.05	6.26	672															
		RIO				0.53	6.23	373															
	URÉIA	POÇO				1.35	3.80	87															
		MIX_50%				0.87	3.37	54															
		RIO				3.68	3.01	227															
	MAP	POÇO				-	4.15	-	1.83	6.2	1143												
		MIX_50%				-	3.85	-	1.8	7.38	504												
		RIO				-	3.64	-	1.6	6.11	1032												
	CLORETO DE POTÁSSIO	POÇO				-	3.79	-	3.16	6.58	1835												
		MIX_50%				-	3.35	-	2.13	6.31	1360												
		RIO				-	2.93	-	1.77	4.91	1085												
ÁCIDO FOSFÓRICO	CALCÁREO	POÇO				-	3.51	-	1.94	5.64	1185												
		MIX_50%				-	3.54	-	1.41	5.32	850												
		RIO				-	3.64	-	0.89	4.93	519												
	URÉIA	POÇO				-	1.55	-	2.58	2.16	1668												
		MIX_50%				-	1.54	-	2.25	2.09	1450												
		RIO				-	1.64	-	2.11	2.04	1345												
	MAP	POÇO				-	2.00	-	2.16	6.18	1322	*	*	*									
		MIX_50%				-	1.40	-	0.79	5.93	509												
		RIO				-	1.54	-	0.86	5.69	584												
	CLORETO DE POTÁSSIO	POÇO															1.52	6.2	932				
		MIX_50%															3.93	5.64	598				
		RIO															5.79	2.75	368				

(\*). Ácido que obteria solubilização mais viável se mais diluído, mas os testes não avançaram nesse sentido. Os traços (-) indicam que não houve leitura em medidor portátil devido aos limites destes parâmetros e procedeu-se a diluição por 10 para obtenção de leitura. Foram usadas soluções com 250 mL nos testes, mas solvente e soluto em percentagem proporcional a litro, e convertida de volume para peso multiplicando-se pela densidade. Valores internos de CE em  $dS\ m^{-1}$ , ppm em  $mg\ L^{-1}$ , e pH.

Tabela 2. Índices de incrementos de solubilização dos teores de calcáreo e fertilizantes por acidificação (número de x)

	CaCO <sub>3</sub>				URÉIA CO(NH) <sub>2</sub>				C. DE POTÁSSIO KCl				MAP		MON. AMÔNIO			
	A	V	AC	AF	A	V	AC	AF	A	V	AC	AF	A	V	AC	AF		
R	20	15	40	270	10	10	262	117	75	63	70	231	19	13	35	19		
P	430	113	119	280	100	92	96	110	114	106	126	60	48	37	40	48		
C	1	1	1	1	1	0,1	1	0,01	1	0,1	0,1	1	1	0,1	0,1	0,0		

C – concentração usada de ácidos (%) convertida pela densidade; A – águas; R – água de rio; P – de poço; V – vinhaça; AC – ác. cítrico; AF – ác. fosfórico. CaCO<sub>3</sub> foi utilizado como fertilizante referencial.