

# ESTADO DA ARTE DA FERTIRRIGAÇÃO EM PASTAGEM NO BRASIL

---

Antônio Marcos Coelho<sup>1</sup>

Carlos Eugênio Martins<sup>2</sup>

## 1. Introdução

A pastagem é o principal insumo da pecuária de corte e leite, portanto, deve ser ofertado aos animais todos os dias do ano. As regiões que apresentam déficit hídrico, por um período de três ou mais meses por ano, provocando a falta de forragem, têm uma pecuária de ciclo mais longo, com menor produtividade e qualidade inferior de carne. A solução poderá vir da utilização da irrigação de pastagem, associada às técnicas de adubação e manejo. De acordo com Jacinto (2001), a pastagem irrigada é uma atividade que teve início por volta de 1991 e consolidou-se a partir de 1997. A utilização de forrageiras de alto potencial de produtividade e de técnicas de cultivo e manejo, sob fertirrigação, é cada vez mais evidente para a maior sustentabilidade na produção de carne e leite, principalmente nos trópicos.

A fertirrigação ou fertigação é definida como a aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo, por meio de sistemas de irrigação. No Brasil, somente nos últimos anos é que a fertirrigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários de sistemas de irrigação localizada e de pivô-central os que fazem uso mais freqüente dela, principalmente para a aplicação de adubos nitrogenados. Com a difusão de novas tecnologias em irrigação, a introdução de fertilizantes líquidos no mercado, o custo crescente da mão-de-obra e a necessidade de aumentar a eficiência de utilização dos insumos e implementar

---

1. Engenheiro Agrônomo, PhD, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG. amcoelho@cnpms.embrapa.br

2. Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, 36038-330 Juiz de Fora, MG. Bolsista do CNPq. caeuma@cnpq.embrapa.br

a produtividade dos sistemas de produção de leite e carne em pastagem irrigada, especialmente em áreas de cerrado, abrem-se grandes perspectivas para a utilização dessa tecnologia.

É importante salientar que, na fertirrigação, os nutrientes diluídos na água são aplicados de forma a infiltrar no solo, predominando a absorção radicular e não foliar. Nesse sentido, o conhecimento do comportamento dos nutrientes do solo, com relação a sua mobilidade, e as exigências das forrageiras durante o ciclo são fatores importantes a considerar no manejo dos fertilizantes através desse sistema. A grande vantagem desse sistema é a possibilidade de variar as quantidades de nutrientes a serem aplicadas, de acordo com a menor ou maior demanda das forrageiras em relação a suas fases de crescimento e desenvolvimento.

Este trabalho apresenta uma primeira aproximação de informações sobre a aplicação de fertilizantes via água de irrigação em pastagem, com base no conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo e na demanda e manejo das forrageiras, visando possibilitar o uso eficiente dessa tecnologia.

## **2. Qualidade da água e uniformidade de distribuição**

Para que haja sucesso no uso da técnica de fertirrigação alguns procedimentos tornam-se necessários. O primeiro deles é o conhecimento da qualidade da água utilizada na irrigação. As características da água têm maior ou menor importância em função do tipo de irrigação utilizado e do modo de aplicação. A aplicação via aspersão limita a concentração de sais como sódio, cloro, boro e flúor na água devido às injúrias que podem causar às folhas das plantas (Villas Boas et al., 1994). Altas concentrações, no entanto, podem ser toleradas se as folhas forem lavadas com água após a aplicação. Algumas de suas características de interesse como meio carregador de nutrientes são apresentadas na Tabela 1.

O segundo aspecto a ser considerado é um levantamento da uniformidade de aplicação em que o sistema está operando. Sistemas mal dimensionados, ou mesmo já em uso há algum tempo, podem apresentar-se desuniformes, ou seja, podem estar aplicando quantidades distintas de água na área, diferenças estas que devem ser as

**Tabela 1.** Características químicas e físico-químicas que devem ser consideradas na água utilizada em fertirrigação.

Análises	Níveis de danos		
	Nenhum	Alto	Severo
Nitrogênio (mg/L) <sup>1</sup>	< 5	5 a 30	> 30
Cálcio (mg/L) <sup>2</sup>	20 a 100	100 a 200	> 200
Magnésio (mg/L) <sup>2</sup>	< 63	> 63	**
Sódio (mg/L) <sup>3</sup>	< 70	70 a 180	> 180
Boro (mg/L)	< 0,5	0,5 a 2,0	> 2,0
Cloro (mg/L)	< 70	70 a 300	> 300
Ferro (mg/L) <sup>4</sup>	< 0,2	0,2 a 0,4	> 0,4
Flúor (mg/L) <sup>5</sup>	< 0,25	0,25 a 1,0	> 1,0
Bicarbonatos (mg/L)	< 40	40 a 180	> 180
Totais sólidos solúveis (mg/L)	325 a 480	480 a 1920	> 1920
pH	5,5 a 7,0	< 5,5 ou > 7,0	< 4,5 ou > 8,0
Condutividade elétrica (mmhos/cm)	0,5 a 0,75	0,75 a 3,0	> 3,0
Relação de adsorção de sódio – RAS <sup>6</sup>	< 3,0	3,0 a 6,0	> 6,0

1. Soma de nitrato e amônio. 2. Grandes quantidades de cálcio e magnésio aumentam a precipitação de fósforo. Não usar fósforo na fertirrigação se a água contiver mais que 120 mg de Ca/L e pH < 4. 3. Menos severa se o K está presente em igual quantidade ou em plantas tolerantes a sódio. 4. Concentração > 0,4 mg/L pode formar resíduo com o cloro. 5. Valores significativos para as plantas sensíveis ao flúor. 6. Calculada pela fórmula:  $RAS = Na/[(Ca + Mg)/2]^{1/2}$ , onde Na, Ca e Mg são dados em cmol/L. Fonte: Villas Boas et al. (1994).

menores possíveis. Este fato tem como conseqüência imediata a aplicação de quantidades diferentes de fertilizantes na área (Tabela 2), proporcionando desenvolvimento irregular das culturas e/ou provocando problemas de toxidez (Tangerino Hernandez, 1994). Neste caso, as vantagens da técnica ficariam comprometidas. Este levantamento deve ser realizado antes da semeadura, com tempo hábil para reparos no sistema, se houver necessidade. Considera-se que a distribuição é perfeita quando se tem valor de 100% para o coeficiente de uniformidade (Villas Boas et al., 1994). Em geral, equipamentos com uniformidade de distribuição acima de 85% são considerados adequados para aplicação de fertilizantes (Costa et al., 1994). Sempre que possível, é conveniente evitar a fertirrigação quando a velocidade do vento estiver alta, evitando-se a desuniformidade na aplicação originada pela deriva das gotas.

### 3. Mobilidade dos nutrientes no solo

Na fertirrigação, os nutrientes diluídos na água são aplicados na superfície do solo, sendo incorporados pela água de irrigação. Desde

**Tabela 2.** Divisão da área total irrigada em classes de quantidades de adubo aplicado, para uma calibração de aplicação média de 80 kg /ha de N em cobertura e sua correspondência com as áreas de influência.

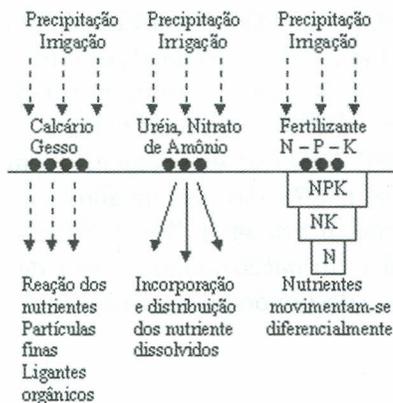
Classes de quantidade de adubo kg de N/ha	Frequência	Pm <sup>1</sup>	Área	
			ha	%
1,67 a 39,14	9	20,41	3,24	2,8
39,14 a 76,62	47	57,88	24,73	21,4
76,62 a 114,09	90	95,36	82,56	71,4
114,09 a 151,57	3	132,83	1,53	1,3
151,57 a 189,04	3	170,30	3,59	3,1

1.Pm = ponto médio da classe. Desvio padrão = 24. Fonte: Tangerino Hernandez (1994).

que a mobilidade dos nutrientes no solo tem implicações diretas no seu aproveitamento pelas plantas e reflete-se nas práticas de adubação, o conhecimento do comportamento dos nutrientes do solo, com relação a sua mobilidade, é um fator importante a considerar no manejo dos fertilizantes através deste sistema. A Figura 1 ilustra a forma de movimentação dos nutrientes no solo, de acordo com o método de aplicação.

Do ponto de vista de fertilidade do solo, são marcantes as diferenças de comportamento dos nutrientes relativamente imóveis e dos

#### FERTILIZANTE NA SUPERFÍCIE DO SOLO



#### FERTILIZANTE INCORPORADO NO SOLO



**Figura 1.** Intensidade e forma de movimentação dos nutrientes no solo, em função dos métodos de aplicação. Fonte: Coelho (2003).

relativamente móveis. O fósforo enquadra-se muito bem no conceito de nutriente imóvel, principalmente por causa das baixas concentrações do elemento que existem na solução do solo. Os micronutrientes zinco, cobre, manganês e ferro são também de baixa mobilidade em solos bem drenados e o molibdênio é considerado móvel. O potássio, cálcio e magnésio, se forem considerados apenas teores trocáveis, deveriam ter baixa mobilidade. Como ocorrem sais na solução, e deles participam esses cátions, eles sempre terão uma certa mobilidade, que será maior para concentrações mais elevadas de cátions na solução. O nitrogênio na forma de amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) comporta-se como o potássio. Os nutrientes móveis, com destaque para o nitrogênio na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e cloro na forma de cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), formas muitas móveis, o enxofre na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) e o boro, de mobilidade menor, movimentam-se com maior liberdade no solo. Na Tabela 3 são apresentadas as concentrações de P, K, Zn e B, determinadas na solução de um latossolo cultivado com milho e adubado com  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de FTE BR 9, aplicados no sulco de semeadura. Verifica-se que ao contrário do Zn, o P não foi detectado em solução, confirmando assim as diferenças na mobilidade entre os elementos.

Embora a aplicação de calcário via água de irrigação não seja recomendada, devido à baixa solubilidade em água ( $0,02 \text{ g/L}$ ) e alto risco do cálcio de provocar precipitações, a aplicação de calcário na superfície do solo, pelo método convencional, vem sendo utilizada em áreas em sistema de plantio direto já consolidado (mais de cinco anos). Nesse caso, os efeitos da aplicação superficial de calcário na correção da acidez na subsuperfície do solo são favorecidos pela apli-

**Tabela 3.** Concentração de alguns macro e micronutrientes na solução<sup>1</sup> de um latossolo vermelho-escuro, textura muito argilosa, Sete Lagoas, MG.

Profundidade do solo	Nutrientes			
	Fósforo	Potássio	Zinco	Boro
cm	$\mu\text{g ml}^{-1}$			
20	0,00	7,38	0,26	1,05
40	0,00	7,59	0,39	0,68
60	0,00	8,19	0,29	0,57

1. Solução coletada com o uso de extrator de solução do solo e analisada em espectrômetro de emissão por plasma. Fonte: Coelho (dados não publicados).

cação concomitante de gesso agrícola, por ligantes orgânicos hidrossolúveis produzidos pela reciclagem dos resíduos das culturas, depositados na superfície do solo, e pelo deslocamento de partículas (finas) de calcário, através da porosidade contínua no perfil, pela presença de canaliculos de raízes de culturas anteriores, assim como galerias da meso e macrofauna do solo.

#### **4. Acumulação de nutrientes e manejo da adubação**

Definida a necessidade de aplicação de fertilizantes para determinada cultura, o passo seguinte, de grande importância no manejo da adubação, visando a máxima eficiência, é o conhecimento da absorção e acumulação de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, identificando as épocas em que os elementos são exigidos em maiores quantidades (Coelho, 1994). Esta informação e o potencial de perdas por lixiviação de nutrientes nos diferentes tipos de solos são fatores importantes a considerar na aplicação parcelada de fertilizantes em culturas irrigadas.

Embora a marcha de absorção de nutrientes seja afetada pelo clima, cultivares e sistemas de cultivos, de modo geral, pode-se dizer que os nutrientes são absorvidos durante todo o ciclo, sendo as diferenças verificadas nas velocidades de absorção em função do ciclo e na translocação das folhas e dos colmos para os órgãos reprodutivos. Esse conceito tem sido amplamente utilizado principalmente para culturas anuais produtoras de grãos. No caso específico de pastagem irrigada, em que tanto a altura do relvado (antes da entrada dos animais) como a altura de rebaixamento (após a saída dos animais) são definidas de acordo com o número de dias do ciclo ideal de desenvolvimento de cada espécie e variedade forrageiras, deve também ser considerado no manejo dos fertilizantes.

Entretanto, é importante mencionar que entre as forrageiras, por apresentarem propriedades de perfilhamento, a resposta ao parcelamento da adubação, principalmente com N e K, é mais provável. Nesse aspecto, três fases são importantes para aplicações de fertilizantes: a) na semeadura, b) no início de crescimento rápido e c) quando a forrageira cobrir de 60 a 70 % do solo, visando ao maior aproveitamento do fertilizante.

Outro aspecto que assume grande importância é a necessidade de reposição dos nutrientes extraídos, cuja quantidade é dependente do potencial de produtividade das diferentes espécies e variedades forrageiras, conforme mostrado na Tabela 4. Verifica-se na tabela que além de existirem diferenças entre as espécies forrageiras, os nutrientes são requeridos em diferentes graus de magnitude, com destaque para o N e K, os quais são exigidos em maiores quantidades e por isso devem merecer atenção especial em um programa de adubação de pastagens.

**Tabela 4.** Extração de nutrientes por diferentes espécies forrageiras cultivadas na fazenda Acará, município de Uberaba, MG.

Forrageiras	Macronutrientes – kg/t de matéria seca					
	N	S	P	K	Ca	Mg
Mombaça	19,7	1,3	3,1	27,2	5,3	3,3
Mombaça “folha larga”	19,0	1,2	3,1	25,6	5,1	3,4
Tanzânia	16,6	1,2	2,1	20,0	4,1	2,4
Braquiarião	15,3	1,0	1,7	23,2	2,8	2,1
Forrageiras	Micronutrientes e sódio – g/t de matéria seca					
	Zn	Fe	Cu	Mn	B	Na
Mombaça	19,25	103,25	7,00	38,50	**	192,50
Mombaça “folha larga”	21,00	110,25	5,25	56,00	**	175,00
Tanzânia	15,75	164,50	7,00	54,25	**	175,00
Braquiarião	17,50	148,75	5,25	59,50	**	52,50

Os aspectos aqui discutidos evidenciam a importância de que, no manejo de fertilizantes em pastagem irrigada, o conhecimento das demandas de nutrientes durante o ciclo das espécies e variedades forrageiras contribui para uma maior eficiência da adubação. Entretanto, para muitos técnicos e produtores, a facilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação é que tem direcionado o parcelamento, principalmente das adubações nitrogenada e potássica, às vezes em número excessivo, sem levar em consideração as exigências das forrageiras em relação à curva de absorção e o potencial de perdas dos nutrientes em função de sua mobilidade nos diferentes tipos de solos. Essas informações são parâmetros que auxiliam na tomada de decisão para o manejo dos diferentes nutrientes em pastagem irrigada, definindo, por exemplo, qual o melhor modo e época de aplicação de corretivos e fertilizantes.

## 5. Nitrogênio

A utilização de adubação nitrogenada em pastagens é prática fundamental quando se pretende aumentar a produção de matéria seca, pois o nitrogênio (N) presente no solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica derivada do complexo solo-planta-animal, não é suficiente para as gramíneas de alta produção expressarem o seu potencial (Guilherme et al., 1995). Respostas lineares em produção em resposta à adubação nitrogenada têm sido observadas até doses de 600 kg/ha de N, todavia, sua eficiência na utilização pela planta nos níveis mais elevados é dependente da umidade, proveniente da irrigação ou das chuvas (Vilela & Alvim, 1998). Fernandez et al. (1986) obtiveram respostas em capim *coastcross* irrigado até a dose de 675 kg/ha de N na época chuvosa e, na seca, até a dose de 225 kg/ha de N. Observaram ainda que, mesmo com irrigação no período seco, o potencial de produção da forrageira é limitado, provavelmente devido a fatores climáticos, como luminosidade e temperatura.

O nitrogênio é o elemento mais freqüentemente aplicado via água de irrigação, tanto que esta tecnologia tem sido utilizada como sinônimo de fertirrigação. Isso se deve ao fato de que, com relação a outros nutrientes, como fósforo, potássio, cálcio e magnésio etc., apresenta maior mobilidade no solo e, conseqüentemente, maior potencial de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Com o uso dessa técnica, pode-se parcelar a aplicação dos fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda das culturas, reduzindo as perdas sem onerar o custo de produção.

Por ser um nutriente altamente móvel no solo e requerido em quantidades relativamente elevadas, deve merecer especial atenção em sistemas de cultivos irrigados, visando aumentar a eficiência de sua utilização. Portanto, além de se quantificar o nível adequado de água e nitrogênio, é necessário conhecer a magnitude e a velocidade das transformações desse nutriente no solo.

### 5.1. Transformações do nitrogênio no solo

Do nitrogênio total da camada superficial dos solos agrícolas, mais de 85% encontra-se na forma orgânica e sujeito a mineralização por processos microbiológicos, sendo convertido em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e posteriormente, pela nitrificação, transformado em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e

finalmente a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). O fertilizante aplicado é também envolvido nas várias reações do nitrogênio no solo. Por exemplo, a uréia é desdobrada pela enzima urease em  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{CO}_2$ . O amônio resultante pode ser adsorvido ao solo, absorvido pelas plantas ou microorganismos ou transformado em nitrato.

Em solos tropicais, principalmente os de cerrado, existem evidências de que o processo de nitrificação não é tão rápido, prolongando a permanência do nitrogênio na forma amoniacal, o que contribui para a redução das perdas por lixiviação de nitrato. Coelho et al. (1992a) verificaram em um latossolo vermelho, textura argilosa ( $\text{pH}_{\text{água}} = 5,6$ ), cultivado com milho irrigado e que havia recebido adubação nitrogenada de cobertura nas doses de 60 e 240 kg/ha, predominância de  $\text{N-NH}_4^+$  até 61 dias após a aplicação da uréia. Nesse experimento, a proporção relativa de amônio  $\{\text{NH}_4 / (\text{NH}_4 + \text{NO}_3)\}$  foi superior a 80%, com pouca movimentação desses íons no perfil do solo e maior acúmulo até a profundidade de 40 cm. Elevadas proporções de  $\text{N-NH}_4^+$  foram também verificadas em pesquisas realizadas por Brito (1988), Coelho (1992) e Mello Jr. et al. (1994).

As pesquisas mencionadas têm mostrado também grande estabilidade do nitrogênio no solo durante o período de desenvolvimento das culturas, sem evidências de alto potencial de perdas por lixiviação no perfil do solo. Esses resultados encontram suporte nos experimentos realizados por Moraghan et al. (1984), Coelho et al. (1991a) e França et al. (1994), que, utilizando a metodologia do  $^{15}\text{N}$ , não verificaram intensa movimentação do N-uréia no perfil de três solos cultivados com milho e sorgo, com a aplicação de doses variando de 60 a 100 kg de N/ha. Nesses experimentos, do nitrogênio que permaneceu no perfil dos solos (27 a 39%) após a colheita das culturas, a maior proporção encontrava-se na camada superficial de 0 a 30 cm, essencialmente na forma orgânica. A recuperação pelas culturas variou de 53 a 64% das doses de N-uréia aplicadas.

## 5.2. Parcelamento e época de aplicação

No Brasil, existe o conceito generalizado, entre técnicos e produtores, de que, aumentando o número de parcelamento da adubação nitrogenada, aumenta-se a eficiência de uso do nitrogênio e reduzem-se as perdas, principalmente por lixiviação. Como consequên-

cia, e devido às facilidades que os sistemas de irrigação oferecem para a aplicação de fertilizantes via água, é comum o parcelamento do fertilizante nitrogenado em quatro, seis ou até oito vezes durante o ciclo das culturas.

Entretanto, conforme discutido anteriormente, a baixa intensidade de nitrificação e de perdas por lixiviação nos perfis dos solos poderia explicar, por exemplo, por que a aplicação parcelada de nitrogênio em duas, três ou mais vezes, para a cultura do milho, com doses variando de 60 a 120 kg/ha, em solos de textura média e argilosa, não refletir em maiores produtividades, com relação a uma única aplicação na fase inicial, de maior exigência da cultura, ou seja, 35 a 40 dias após o plantio, conforme mostram os resultados obtidos por Neptune (1977) e Grove et. al. (1980) e Alves et al. (1992).

Para as condições do Brasil, de acordo com as informações disponíveis, Coelho et al. (1991b) mencionam que, em geral, deve-se usar maior número de parcelamentos para a cultura do milho, sob as seguintes condições: a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg/ha); b) solos de textura arenosa; c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação deve ser feita sob as seguintes condições: a) doses de nitrogênio baixas ou médias (60 a 100 kg/ha); b) solos de textura média e/ou argilosa; c) plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

Em pastagem irrigada, em que a cultura é explorada intensivamente durante todo o ano, e considerando que o nitrogênio é importante para determinar o ritmo de crescimento e qualidade das gramíneas forrageiras, o manejo da adubação nitrogenada deve ser baseado na frequência de sua utilização. Assim, tem-se recomendado sua aplicação imediatamente após o pastejo. A necessidade de aplicações parceladas durante o desenvolvimento da forrageira vai depender da velocidade de crescimento da gramínea utilizada, dose a ser aplicada e tipo de solo (solos arenosos – maior potencial de perdas por lixiviação).

### **5.3. Modo de aplicação e perdas por volatilização de amônia**

O modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados tem recebido considerável atenção, com particular importância para a uréia e outros produtos contendo esse fertilizante, como por exemplo o uran, que é uma solução de uréia e nitrato de amônio em meio aquoso.

Devido à rápida hidrólise da uréia para carbonato de amônio e ao subsequente potencial de perdas de nitrogênio por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ), tem-se recomendado, no manejo desse fertilizante, a incorporação ao solo a uma profundidade de aproximadamente 5 a 10 cm.

Quando não for possível fazer a incorporação, as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$  podem ser minimizadas misturando-se o fertilizante com a camada superficial do solo através de operação de cultivo. Por outro lado, as perdas de nitrogênio por volatilização de  $\text{NH}_3$  são reduzidas quando ocorrem chuvas após aplicação da uréia na superfície do solo.

Sendo assim, quando esses fertilizantes são aplicados via água de irrigação elimina-se praticamente o problema. Nesse caso, o uso de irrigação possibilita a movimentação dos nutrientes na solução do solo até uma certa profundidade e a redução das perdas, conforme sugerem os dados obtidos por Katyal et al. (1987), que mostram o efeito da seqüência fertilização/irrigação nas perdas de N-uréia, atribuídas à volatilização de  $\text{NH}_3$ . Neste experimento, as perdas de N-uréia foram reduzidas de 42% para 16%, aplicando-se uréia antes da irrigação.

#### 5.4. Fertilizantes nitrogenados

Os fertilizantes nitrogenados sólidos são usados de quatro formas: amoniacal (sulfato de amônio), nítrica (nitrato de sódio), nítrico-amoniacal (nitrato de amônio, nitrocálcio) e amídica (uréia). Mais recentemente tem sido comercializada no Brasil uma solução de uréia e nitrato de amônio em meio aquoso, conhecida como uran. Os fertilizantes nitrogenados, na forma sólida, são altamente solúveis em água, não apresentando problemas para utilização via água de irrigação (Vitti et al., 1993). Há inúmeros fertilizantes no mercado, conforme apresentado na Tabela 5.

Do ponto de vista agrônômico, diversos estudos foram conduzidos no Brasil visando a comparação das principais fontes de nitrogênio (Grove et al., 1980; Coelho e Silva, 1986; Coelho et al., 1992b). Esses trabalhos revelaram que, de modo geral, todas as fontes solúveis de nitrogênio, quando adequadamente manejadas, têm apresentado comportamento similar. As diferenças observadas ocasionalmente entre as fontes solúveis de nitrogênio podem estar relaciona-

**Tabela 5.** Solubilidade e composição dos fertilizantes nitrogenados.

Fertilizante	Fórmula	Concentração	P.S. <sup>1</sup>	Índice salino	Corrosão relativa <sup>2</sup>
Sulfato de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20% N, 24% S	71	69	BC
Nitrato de amônio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34 % N	118	105	BC
Nitrato de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	20% N, 2 a 8% Ca	102	61	SC
Uréia	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	45% N	78	75	C
Uran	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	32% N	—	—	C
Nitrato de sódio	$\text{NaNO}_3$	16% N	73	100	C

1. Partes solubilizantes em 100 partes de água. 2. Corrosão relativa em material de alumínio: BC = baixa corrosão; SC = sem corrosividade; C = corrosividade a elevada concentração.

das com a presença de outros elementos nos fertilizantes, como é o caso do enxofre no sulfato de amônio, ou com o efeito que alguns fertilizantes nitrogenados exercem sobre a reação do solo.

O efeito acidificante do sulfato de amônio, uréia e outros compostos que contêm ou produzem amônia pode ser importante em solos manejados no sistema de plantio direto e adubados anualmente com altas doses de nitrogênio, mas deve ser menos acentuado em solos revolvidos anualmente através de arações e gradagens. Em ambos os casos, a aplicação de calcário corrige a acidez causada pelos fertilizantes.

## 6. Fósforo

Nenhum nutriente teve seu comportamento tão bem estudado quanto o fósforo e muito se aprendeu sobre a dinâmica desse nutriente no solo. Do ponto de vista de manejo dos fertilizantes fosfatados, os princípios básicos de particular importância são: a) o fósforo encontra-se no solo em diversas combinações químicas, a maioria de baixa solubilidade em água; b) a taxa de recuperação do P-fertilizante pelas culturas no primeiro ano é muito baixa; c) no solo, o fósforo não se move a longas distâncias do local onde é colocado; d) a lixiviação de fósforo pela água de percolação praticamente inexiste em solos minerais. Devido a todos esses fatores, a adubação fosfatada apresenta grande efeito residual e de longa duração.

Assim, ao contrário da comprovada eficiência da aplicação dos fertilizantes nitrogenados via água de irrigação, devido a sua alta solubilidade e mobilidade no solo, a aplicação dos fertilizantes fosfatados é questionável, em função da baixa difusão do elemento no solo. Para

ser absorvido pelas plantas, o fósforo deve difundir-se para a superfície das raízes ou estas se desenvolverem rumo ao nutriente.

Experimentos visando comparar a utilização do fósforo pelo milho e a movimentação desse nutriente no perfil do solo quando aplicado via água de irrigação e no solo, pelo método convencional, foram realizados por Herget e Reuss (1976), em solo argiloso e arenoso. No solo arenoso, não observaram diferenças significativas na produção do milho com a aplicação do fósforo a lanço e incorporado ao solo antes do plantio e via água de irrigação, em aplicação única ou parcelada, após a emergência das plântulas. Entretanto, no solo argiloso, houve melhor desenvolvimento vegetativo inicial da cultura e maior produtividade de grãos quando o fósforo foi aplicado a lanço e incorporado ao solo em pré-plantio. De acordo com esses resultados e devido à incerteza quanto ao tempo requerido para esse nutriente movimentar-se em direção às raízes, mesmo no solo arenoso, quando aplicado via água de irrigação, os autores sugerem a sua aplicação no solo.

Um interessante efeito da aplicação do fertilizante fosfatado via água de irrigação, nos experimentos de Herget e Reuss (1976), foi a profundidade de distribuição do fósforo no perfil do solo. No solo argiloso, o fósforo apresentou baixa movimentação, acumulando-se na camada superficial (< 4 cm). Assim, se o fósforo for aplicado via água de irrigação, em solos argilosos, ele tende a permanecer em uma fina camada de solo, de poucos centímetros, e, no ano de aplicação, poderá ser menos eficiente do que quando adequadamente aplicado no sulco de semeadura. Entretanto, no solo arenoso, os dados mostram haver movimentação do nutriente até 18 cm de profundidade, com a fertirrigação. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria e Pereira (1993) em ensaio de laboratório em colunas lixiviadoras com solos da Região Nordeste do Brasil.

Em experimento conduzido em latossolo vermelho-escuro textura argilosa, Soares et al. (2000) compararam a eficiência do superfosfato triplo, aplicado a lanço na superfície e incorporado ao solo com grade aradora, na recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* (Tabela 6). Embora a aplicação do superfosfato a lanço na superfície do solo tenha apresentado resultados de produção de matéria seca similares ao método de incorporação no solo (Tabela 6), não se pode afirmar que a aplicação na fertirrigação, em que o fertilizante fosfatado é

distribuído de maneira similar na superfície do solo, teria o mesmo comportamento da distribuição mecânica. Este é um questionamento que necessita ser pesquisado. Por outro, lado verifica-se pela Tabela 6 que a resposta da gramínea ao fósforo foi altamente dependente da adubação complementar com outros nutrientes, indicando a importância da adubação balanceada na produção das pastagens.

Embora existam evidências da eficiência da adubação fosfatada aplicada na superfície, principalmente em solos arenosos, com baixa capacidade de adsorção de fósforo, a pouca mobilidade deste nutriente no solo e a maior exigência das culturas na fase inicial de crescimento não justificam a recomendação generalizada de sua aplicação via água de irrigação. Aliadas a esse aspecto, a baixa solubilidade da maioria dos adubos fosfatados e a facilidade de precipitação, que causam entupimento nos aspersores, são também restrições para sua utilização na fertirrigação (Hernandez Abreu et al., 1987).

No Brasil, alguns produtores têm utilizado a aplicação de fósforo via água de irrigação, utilizando o fosfato de amônio (MAP e DAP), devido a sua maior solubilidade (38 e 70 g/100mL de água a 20°C) em relação a outras fontes. Embora existam no mercado nacional fertilizantes fluidos em forma de suspensão coloidal (ácido fosfórico + amônia anidra 10-30-00) e misturas em suspensão (03-15-10) contendo fósforo, o comportamento desse nutriente no solo, conforme discutido anteriormente, o custo mais elevado (15 a 25%) em relação às fontes convencionais e, principalmente, a falta de resultados de pesquisas para as condições do Brasil sobre a eficiência da aplicação do fósforo na fertirrigação são restrições à recomendação dessa tecnologia como alternativa de manejo do fertilizante fosfatado em substituição aos métodos convencionais.

**Tabela 6.** Produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, referente a um corte feito aos 60 dias após corte de uniformização, em resposta à aplicação de superfosfato aplicado a lanço com ou sem incorporação no solo.

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Lanço na superfície		Lanço na superfície e incorporado	
	+AC <sup>1</sup>	-AC <sup>2</sup>	+AC	-AC
	Matéria seca - t/ha			
0	1,98	1,05	1,87	1,29
100	4,47	1,53	4,54	1,31

1. +AC = adubação complementar com Ca, Mg, S, N, Zn, B, Cu e Mo; 2. -AC = sem adubação complementar.  
Fonte: modificada de Soares et al. (2000)

## 7. Potássio

A aplicação de potássio junto com o nitrogênio, via água de irrigação, é prática bastante utilizada pelos agricultores. Na recuperação de pastagens degradadas ou em sistemas de exploração intensiva, as quantidades de cloreto de potássio (KCl) empregadas são relativamente altas. O parcelamento da adubação potássica associada às coberturas nitrogenadas com uréia é de fácil adoção, sem custos adicionais. É importante mencionar que vários trabalhos relatam que a aplicação de uréia associada com cloreto de potássio pode melhorar a eficiência da uréia.

De acordo com Vitti et al. (1993), a aplicação de potássio através da fertirrigação praticamente não apresenta problemas, devido à alta solubilidade da maioria dos sais de potássio. A utilização do sulfato de potássio é limitada, em relação ao cloreto ou ao nitrato, uma vez que, na presença de grandes concentrações de cálcio na água, ocorre a formação de precipitado de sulfato de cálcio (Hagin e Tucker 1982, citados por Vitti et al., 1993). As principais características dos fertilizantes potássicos são apresentadas na Tabela 7.

Desde que os fertilizantes potássicos não apresentem problemas para aplicação via água de irrigação, o ponto crucial é definir em que condição deve-se fazer o parcelamento desse nutriente. Neste sentido, dois aspectos devem ser levados em consideração: o potencial de perdas por lixiviação em função de sua mobilidade nos diferentes tipos de solos e as exigências das espécies forrageiras em relação à curva de absorção.

Com relação à movimentação no solo, Pushparajah et al. (1977), citados por Vilela et al. (1986), verificaram que as perdas de potássio

**Tabela 7.** Composição e solubilidade dos fertilizantes potássicos.

Fertilizante	Fórmula	Concentração	P.S. <sup>1</sup>	Índice salino
Cloreto de potássio	KCl	60% K <sub>2</sub> O, 48% Cl	34	115
Sulfato de potássio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50% K <sub>2</sub> O, 17% S	11	46
Nitrato de potássio	KNO <sub>3</sub>	44% K <sub>2</sub> O, 14% N	32	31
Nitrato de sódio e potássio	KNaNO <sub>3</sub>	14% K <sub>2</sub> O, 14% N	—	31
Sulfato de potássio e magnésio	(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MgSO <sub>4</sub>	22% K <sub>2</sub> O, 11% Mg, 22% S	29	43

1. Partes solubilizantes em 100 partes de água

por lixiviação variaram com a textura dos solos. As maiores perdas ocorreram em solos arenosos e as menores, em solos de textura média e argilosa. Em latossolo vermelho-escuro, textura argilosa, submetido a cultivos sucessivos de milho e feijão irrigado, Coelho e França (1994) verificaram que a lixiviação de potássio para as camadas inferiores (40 a 60 cm) do perfil do solo somente ocorreu com a aplicação de 120 kg de  $K_2O/ha$ , no sulco de semeadura.

A aplicação de uma alta dose de potássio no sulco, ocupando menor volume de solo, pode gerar uma maior concentração de  $K^+$  na solução do solo, o que provoca maiores perdas desse elemento por lixiviação. Nessa condição, o parcelamento da adubação potássica é uma alternativa para reduzir as perdas. Em solos de textura arenosa, que normalmente apresentam baixa CTC efetiva e alto potencial de perdas por lixiviação, a aplicação de potássio via água de irrigação apresenta-se como técnica altamente vantajosa, visando maior eficiência no manejo desse nutriente. Neste caso, a época de aplicação e o número de parcelamento vão depender da dose a ser aplicada e da demanda de cada cultura, de acordo com a curva de absorção, conforme mencionado no início deste trabalho.

## 8. Cálcio, magnésio e enxofre

A nutrição com cálcio e magnésio não constitui geralmente grande preocupação nos programas de adubação, tendo em vista que a prática de calagem ainda é a maneira mais usual de fornecimento desses nutrientes às plantas. Em regiões onde não haja disponibilidade de calcários magnesianos ou dolomíticos, pode-se utilizar o calcítico a lanço, com posterior adição de magnésio no sulco de semeadura ou aplicado via água de irrigação, na forma de sulfato de magnésio (9,67% Mg), devido a sua alta solubilidade (71 g/100 mL de água a 20°C).

A exemplo do nitrogênio, o fornecimento de enxofre às culturas através da fertirrigação não apresenta problemas, em função da mobilidade do íon sulfato ( $SO_4^-$ ) para a camada sub-superficial do solo e da existência, no mercado, de fertilizantes que contêm esse nutriente, com alta solubilidade em água.

As necessidades de enxofre das culturas são, em geral, supridas via fornecimento de fertilizantes carreadores de macronutrientes pri-

mários e também portadores de enxofre. O sulfato de amônio, que contém 24% de enxofre, é a fonte mais comum desse nutriente. As fábricas nacionais de fertilizantes fluidos produzem a fórmula 20-00-00 + 4% S, que é obtida pela adição de sulfato de amônio ao uran. Esse fertilizante é uma solução verdadeira, utilizada para a adubação de cobertura de cana-de-açúcar e de culturas anuais como o milho, algodão e tomate.

## 9. Micronutrientes

Na aplicação via água de irrigação, as fontes de micronutrientes são diluídas em água, formando soluções ou suspensões e, a seguir, são distribuídas através da aspersão sobre o solo. Assim, os mesmos princípios apresentados para a aplicação dos macronutrientes, ou seja, a solubilidade, a compatibilidade e a mobilidade no solo, devem ser considerados.

Entre as fontes de micronutrientes, além dos compostos inorgânicos, as formas orgânicas constituídas por quelatos podem ser aplicadas de forma eficiente. A recomendação é normalmente de se trabalhar com fontes de micronutrientes solúveis que fornecem líquidos claros, evitando-se o uso de suspensões. Na Tabela 8 são apresentados alguns fertilizantes que contêm micronutrientes e suas principais características.

Com exceção do molibdênio, que se move livremente na solução do solo em direção às raízes, e do boro, em solos arenosos, a baixa difusão no solo dos demais micronutrientes (zinco, cobre, ferro e manganês) deixa dúvidas quanto à eficiência da aplicação desses nutrientes na superfície do solo, com o uso da fertirrigação.

Experimentos para verificar a distribuição do zinco no perfil de dois solos de textura diferente e sua eficiência para o milho quando aplicado via água de irrigação foram realizados por Hergert e Reuss (1976). De acordo com os autores, a movimentação do zinco, quando aplicado na forma de sulfato, não foi afetada pela textura do solo, com maior acúmulo na camada superficial de 5 cm. Nessa condição, a aplicação do zinco no solo, em pré-semeadura, foi mais eficiente na produção do milho, devido à maior demanda no estágio inicial de desenvolvimento da cultura, quando o sistema radicular é ainda pouco desenvolvido.

**Tabela 8.** Composição e solubilidade de fertilizantes que contêm micronutrientes.

Fertilizante	Fórmula	Concentração	P.S. <sup>1</sup>
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25% Cu	22
Sulfato de manganês	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	28% Mn	105
Molibdato de sódio	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39% Mo	56
Molibdato de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	48% Mo	40
Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4$	22% Zn	75
Ácido bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	16% B	5
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	20% B	22
Quelato de Zn	DTPA e EDTA	5 a 14% Zn	Muito solúvel
Quelato de Cu	DTPA e EDTA	5 a 14% Cu	Muito solúvel
Quelato de Mn	DTPA e EDTA	5 a 12% Mn	Muito solúvel
Quelato de Fe	DTPA, EDTA e EDDHA	4 a 14% Fe	Muito solúvel

1. Partes solubilizantes em 100 partes de água.

Quando o zinco foi aplicado na forma de quelato (Zn-EDTA), em solo arenoso, foi detectada uma movimentação até a profundidade de 10 cm. Entretanto, a incorporação do zinco na profundidade observada só será eficiente para atender ao requerimento do milho se esta ocorrer no estágio inicial da cultura. Os autores concluíram que devido à pouca movimentação desse nutriente tanto no solo argiloso como no arenoso, parece ser mais adequada sua aplicação no solo por ocasião da semeadura.

A aplicação em sulco, por ocasião da semeadura, é, geralmente, mais eficiente para os fertilizantes que contêm manganês e ferro, uma vez que as formas solúveis em água desses micronutrientes oxidam rapidamente com as aplicações a lanço, com acentuada redução na eficiência agrônômica. A tendência atual é utilizar adubos NPK granulados contendo micronutrientes nos grânulos, para adubação no solo, o que facilita a aplicação uniforme na lavoura.

## 10. Manuseio dos fertilizantes químicos

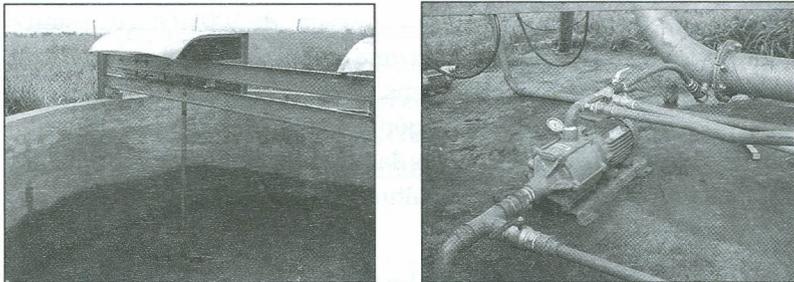
Conforme discutido anteriormente, em sistemas de irrigação de pastagens é possível a aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Existem fertilizantes líquidos e sólidos. Os fertilizantes líquidos são produtos que contêm nutrientes em suspensão ou em solução, podendo conter um único elemento ou uma combinação deles. Infelizmente, no Brasil, o preço dos fertilizantes líquidos é consideravelmente alto. Os fertilizantes sólidos são mais utilizados pela facilidade

de aquisição e pelo menor preço, quando comparado com os fertilizantes líquidos. No mercado existem vários fertilizantes sólidos que contêm N, P, K, S e micros, os quais são dissolvidos e aplicados no fluxo de água via irrigação. Esses adubos podem provocar danos ao sistema de irrigação, por não serem 100% solúveis em água, principalmente no caso da fonte de potássio e de fósforo. Deve-se misturar bem os fertilizantes com água, diluindo o máximo possível. Quando se utiliza mais de um fertilizante recomenda-se observar a compatibilidade entre eles, para que não ocorram precipitações.

Dentre os métodos de injeção de adubos em áreas de pastagens irrigadas, as bombas centrífugas multiestágios têm sido as mais usadas. Para utilização dessas bombas, deve-se construir uma caixa de cerca de 5 a 6 mil litros, onde será preparada a solução de fertilizantes (Figura 2). Normalmente essa caixa e a bomba de injeção são colocadas junto à base do pivô. Este processo apresenta um inconveniente, que é o desgaste prematuro da bomba multiestágio, principalmente dos rotores, devido ao pH e à abrasão da solução de fertilizantes. Devido a isso, recomenda-se efetuar uma boa lavagem dessa motobomba após a fertirrigação.

## 11. Uso de dejetos líquidos animais na fertirrigação

Com a intensificação da suinocultura e bovinocultura de leite tecnificadas em algumas regiões do Brasil, verificou-se considerável



**Figura 2.** Detalhe da caixa e da bomba multiestágio utilizados na mistura e injeção de fertilizantes na fertirrigação. Fotos: Adilson de Paula Almeida Aguiar e Luiz César Dias Drummond – Universidade de Uberaba, MG.

aumento na produção de águas residuárias com apreciável potencial fertilizante. Estas águas residuárias, normalmente consideradas poluidoras do meio ambiente, devem e podem ser recicladas de forma que sejam transformadas em insumo agrícola útil e econômico com um mínimo de agressão ambiental.

Atualmente, as alternativas de utilização destas como insumos mais conhecidas e praticadas no Brasil são através da integração com a produção de grãos, forragens e pastagens. Entretanto, para sua utilização, necessário se torna conhecer o volume e a composição dos dejetos produzidos pelos diversos sistemas ou núcleos de produção. Na Tabela 9 são apresentadas as composições em nutrientes de dejetos líquidos de suínos e bovinos de leite, de amostras coletadas na região de Sete Lagoas, MG.

Embora essas concentrações (Tabela 9), apresentem grandes variações, dependendo da diluição causada pelo uso de maior ou menor quantidade de água no sistema de higienização adotado, pode-se dizer que o dejetos líquido contém uma quantidade apreciável de nutrientes. Por exemplo, com a aplicação de 100 m<sup>3</sup>/ha/ano de esterco líquido de bovino, as quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O seriam, respectivamente, de 43, 103 e 128 kg/ha. Destes nutrientes, cerca de 50% do N está na forma mineral, e ao ser aplicado tem efeito imediato no crescimento das plantas. Aproximadamente 2/3 do P presente no esterco líquido está numa forma não solúvel em água, fazendo parte de estruturas orgânicas, as quais propiciam efeito residual ao esterco. O K se encontra totalmente na forma mineral, solúvel e, por isso, seu efeito residual é muito curto.

Por outro lado, verifica-se que a aplicação de 100 m<sup>3</sup>/ha de esterco líquido de bovino não proporciona uma adubação equilibrada de acordo com as exigências das pastagens, devendo assim ser complementada, principalmente com o nitrogênio. Esta é uma característica que tem sido observada nos resultados das análises de amostras de dejetos líquidos provenientes da suinocultura e bovinocultura.

## 12. Recomendações de adubação

As recomendações oficiais de adubação das pastagens evoluíram sensivelmente no Brasil na década de 1990, acompanhando os dados

**Tabela 9.** Resultados analíticos de dejetos líquidos de suínos e bovinos de leite

Parâmetros <sup>1</sup>	Bovinos <sup>2</sup>	Suínos <sup>3</sup>
N (kg/m <sup>3</sup> )	0,435	0,789
S (kg/m <sup>3</sup> )	0,053	0,087
P (kg/m <sup>3</sup> )	0,450	0,196
K (kg/m <sup>3</sup> )	1,076	0,630
Ca (kg/m <sup>3</sup> )	0,319	0,416
Mg (kg/m <sup>3</sup> )	0,092	0,068
Na (kg/m <sup>3</sup> )	0,114	0,163
C (kg/m <sup>3</sup> )	1,412	0,593
Relação C:N	3	0,75
Matéria seca (kg/m <sup>3</sup> )	6	8
pH	7,20	7,50

1. Análises realizadas no Laboratório de Embrapa Milho e Sorgo. 2. Amostra coletada na Fazenda Experimental da Epamig – Sete Lagoas, MG. 3. Amostra coletada na Fazenda Barreirinho – Sete Lagoas, MG.

de pesquisas mais recentes e a melhoria geral das condições de cultivo, que incluem novas espécies e variedades e melhores práticas de manejo.

Entre as inovações mais importantes está a segmentação de doses de nutrientes levando em consideração o nível tecnológico ou a intensidade de uso do sistema de produção, o qual pode ser elástico devido às diferenças de solo, manejo, material genético e época de plantio. Este conceito está estreitamente relacionado ao fato de as culturas com maiores rendimentos extraírem e exportarem maiores quantidades de nutrientes e, portanto, necessitarem de doses diferentes de adubos. Isso se aplica mais apropriadamente a nutrientes como o nitrogênio e o potássio, extraídos em grandes quantidades, mas também é válido para o fósforo e, de certo modo, para o enxofre. Outra modificação introduzida nas tabelas é a inclusão dos micronutrientes. As novas tabelas apresentam recomendações de doses de N e K bem maiores do que as antigas. O conceito é menos importante para cálcio e magnésio, cujos teores nos solos com acidez adequadamente corrigida devem ser suficientes para as culturas com altas produtividades.

### 13. Considerações finais

Embora a fertirrigação em pastagem venha sendo implementada, muitas dúvidas ainda persistem em relação ao uso da tecnologia e por isso mesmo é que muitos erros estão sendo cometidos, tais como

dosagens, tipos de fertilizantes, épocas de aplicação, baixos níveis de adubação e desequilíbrio entre nutrientes. Acrescentem-se a esses outros fatores, tais como: irrigação feita sob baixas temperaturas, aplicação excessiva de água, acarretando as perdas de nutrientes por lixiviação, diminuição na aeração do solo e sua compactação, consumo excessivo de energia elétrica ou diesel, erros de manejo da pastagem com sub ou superpastejo.

Ressalte-se que ainda há muito a se pesquisar principalmente sobre a eficiência da aplicação de fertilizantes na água de irrigação quando comparada aos métodos convencionais, como a aplicação na superfície do solo a lanço ou localizada. Um exemplo típico refere-se ao fósforo, que por apresentar baixa mobilidade em solos minerais, sua eficiência, quando aplicado na fertirrigação, tem sido questionada. Outro aspecto refere-se ao potencial das espécies e variedades forrageiras quando as tratamos como uma cultura, atendendo a todas as suas necessidades de nutrientes e água.

#### 14. Referências bibliográficas

- ALVES, V. M. C.; FRANÇA, G. E. de; RESENDE, M.; COELHO, A. M.; SANTOS, N. C. dos; PRADO LEITE, C. E. do. Aplicação de fertilizantes nitrogenados via água de irrigação. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, v. 6, p. 32-34, 1992.
- BRITO, R. A. L. Irrigação plena e suplementar nos cerrados do Centro-Oeste de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABID/CIC, 1988. p. 139-160.
- COELHO, A. M. Fertirrigação. Cap.8. p.201-227. In: Costa et al. (eds.) **QUIMIGAÇÃO: Aplicação de Produtos Químicos e Biológicos Via Irrigação**. Brasília, Embrapa/SPI, 1994. 315p.
- COELHO, A. M. Mineralização e nitrificação do nitrogênio em amostras do perfil de um latossolo vermelho-escuro fase cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**. Sete Lagoas, Embrapa/CNPMS, v. 6, p. 216, 1992.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES, G. A. Balanço de nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) em um latossolo vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.15, n.2, p.187-193, 1991a.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Milho para silagem**: Tecnologias, sistemas e cus-

- to de produção. Sete Lagoas; 1991 b. p 29-33. (Embrapa/CNPMS. Circular Técnica,14)
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C. Dinâmica do nitrogênio em um latossolo vermelho-escuro, fase cerrado, cultivado com milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1988-1991**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, v. 6, p. 215, 1992a.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas: v.16, n. 2, p. 61- 67, 1992b.
- COELHO, A. M.; SILVA, B. G. da. Fontes de nitrogênio na consorciação milho verde e feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15, Maceió, **Anais...** Brasília: Embrapa/EPEAL, 1986. p. 323 - 330.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Adubação potássica em cultivos sucessivos de milho e feijão sob irrigação. Produção de grãos e silagem. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, v. 6, p. 36-38, 1994.
- COELHO, A. M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. **Irrigação & Tecnologia Moderna – ITEM**, n.º 58, p. 44-55, 2003.
- COSTA, E. F. da; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: TANGERINO HERNANDES, F. B. T.; MORAES, J. F. L. de; LEANDRO, W. M. (eds.). **Irrigação: momento atual e perspectivas**. Jaboticabal, Unesp/FCAV, 1987. p. 51-71.
- FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R. Movimento de fósforo e seu modo de aplicação no tomateiro rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1363-1370, 1993.
- FERNANDEZ, D.; GOMEZ, I.; PARETAS, J. J. Fertilización nitrogenada en bermeuda cruzada n. 1 (*Cynodon dactylon*) sobre suelo pardo tropical. **Pastos y Forrajes**, v. 6, n. 1, p. 27-49, 1986.
- FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M.; BAHIA FILHO, A. F. C. Balanço de nitrogênio (<sup>15</sup>N) em dois latossolos cultivados com milho sob irrigação. In: RUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994. Petrolina, PE. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994, p. 93-95.
- GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1995. 171p.
- GROVE, L. T.; RITCHEY, K. D.; NADERMAN JR., G. C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 27, n. 2, p. 261-265, 1980.
- HERGET, G. W.; REUSS, J. O. Sprinkler application of P and Zn fertilizers. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 5-8, 1976.
- HERNANDEZ ABREU, J. M.; RODRIGO LOPEZ, J.; PEREZ REGALADO, A.; GONZALEZ HERNANDEZ, J. F. **El riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1987. 317p.
- JACINTO, L. U. A pecuária do futuro com irrigação. **Irrigação & Tecnologia Moderna – ITEM**, n.º 51, p. 50-54, 2001.

- KATYAL, J. C.; SINGH, B.; VLEK, P. L. G.; BURESCH, R. J. Efficient nitrogen use as affected by urea application and irrigation sequence. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 51, p. 366-370, 1987.
- MELLO JR.; COELHO, A. M.; ALBUQUERQUE, P. E. Níveis de água e nitrogênio na movimentação e recuperação do N em latossolo cultivado com trigo. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, v. 6, p. 32-34, 1994.
- MORAGHAN, J. T.; REGO, T. J.; BURESH, R. J. Labeled nitrogen fertilizer research with urea in the semi-arid tropics. III. Field studies on alfisol. **Plant and Soil**, The Hague, v. 82, n. 2, p. 193-203, 1984
- NEPTUNE, A. M. L. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação do nitrogênio na produção do milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar utilizando sulfato de amônio -  $^{15}\text{N}$ . **Anais da Esalq**, Piracicaba, v. 34, n. 1, p. 515-539, 1977.
- SOARES, W. V.; LOBATO, E.; SOUZA, D. M. G.; REIN, T. A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em latossolo vermelho-escuro. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 819-825, 2000.
- TANGERINO HERNANDEZ, F. B. Potencialidades da fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Coord.) **Fertilizantes fluidos**, Piracicaba: Potafós, 1994. p. 215 - 225.
- VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Coord.) **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafós, 1994. p. 284 - 308.
- VILELA, L.; SILVA, J. E. da; RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G. de. Potássio. In: GOEDERT, W. J. (ed.). **Solos dos cerrados**; tecnologias e estratégias de manejo. Brasília: Embrapa/CPAC, 1986. p. 203-222.
- VILELA, D.; ALVIM, J. M. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. p. 23-54.
- VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS. Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: Esalq/Cena, Potafós, 1993. p. 233-256.