

## AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO MILHO CULTIVADO COM DIFERENTES DOSES DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO

MONALISA SOARES COSTA<sup>1</sup>; ZAILTON VAGNER BARRETO DA COSTA<sup>2</sup>;  
SANDRA MARIA CAMPOS ALVES<sup>3</sup>; MIGUEL FERREIRA NETO<sup>4</sup>; MILKIA  
JANNE C. MARINHO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Estudante de graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), [monalisa\\_sc@hotmail.com](mailto:monalisa_sc@hotmail.com).

<sup>2</sup>Mestre em Ciência do Solo, LASAP/UFERSA, Mossoró, RN.

<sup>3</sup>Bolsista DCR/FAPER/UFERSA, Mossoró, RN.

<sup>4</sup>Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, LASAP/UFERSA, Mossoró, RN.

<sup>5</sup>Eng. Agrônoma, EMPARN, Apodi, RN.

### 1 RESUMO

No nordeste brasileiro há uma grande demanda na produção de grãos e sementes de milho, sendo considerada uma cultura de importância primária para a região. O uso de efluente doméstico tratado é uma alternativa sustentável, dando suporte hídrico e nutricional aos cultivos, promovendo um ambiente mais ecológico e sustentável. Objetivou-se com este trabalho avaliar o estado nutricional da cultura do milho submetido à irrigação com níveis crescentes de água residuária. As plantas irrigadas com maiores concentrações de água residuária apresentaram teores de macro e micronutrientes mais próximos ou dentro da faixa ideal para a cultura. O uso de efluente doméstico na irrigação do milho supre a demanda nutricional exigida pela cultura, onde a produção de milho pode ser viabilizada com ganhos econômicos, sociais e ambientais.

**Palavras-Chave:** *Zea mays*; esgoto doméstico; nutrientes.

**COSTA, M. S.; COSTA, Z. V. B da; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; MARINHO, M. J. C. NUTRITIONAL ASSESSMENT OF CORN WITH DIFFERENT INTAKES OF TREATED DOMESTIC EFFLUENT.**

### 2 ABSTRACT

In the Brazilian northeast region there is a great demand for the production of corn grains and seeds and it is considered of primary importance for the region. The use of treated wastewater reuse is a sustainable alternative promoting a greener environment and sustainable development. The objective of this study was to evaluate the nutritional status of maize under different concentrations of wastewater. Plants irrigated with higher concentrations of wastewater showed levels of macro and micronutrients closer or within the ideal range for the crop. Thus, we have corn production viable through the use of treated wastewater reuse in irrigation.

**Keywords:** *Zea mays*; domestic sewage; nutrients.

### 3 INTRODUÇÃO

A oferta de água no mundo tem relação estreita com a segurança alimentar, o estilo de vida das pessoas, o crescimento industrial e agrícola, e a sustentabilidade ambiental. Insumo básico do século e de quase todos os processos produtivos, a água é vital para a produção de alimentos para atender a população neste cenário de crescimento. Ao mesmo tempo em que esta população vem demandando cada vez mais água em quantidade e qualidade para o consumo.

Apesar de a população mundial estar quase igualmente dividida entre habitantes urbanos e rurais, a grande maioria dos que não têm acesso a água e saneamento vive nas áreas rurais. Sete em cada dez pessoas sem acesso ao saneamento básico são habitantes rurais e mais de oito em cada dez pessoas sem acesso a fontes melhoradas de água potável vivem em áreas rurais.

No ambiente semiárido a irrigação é condição *sine qua non* para produção agrícola fora do período chuvoso. O destino prioritário para água existente é sem dúvida o consumo humano. Deste modo, torna-se evidente/premente considerar o uso de águas servidas nessa condição climática, garantindo a produtividade em áreas impossibilitadas de cultivo pela escassez hídrica. O formato social utilizado e difundido no nordeste brasileiro pelo INCRA, com base no programa de reforma agrária brasileiro, preconiza as residências dos assentamentos em modelo de Agrovilas. Isto gera a possibilidade de produção concentrada de um volume considerado de esgoto doméstico, semelhante aos perímetros urbanos. Geralmente o destino do esgoto ocorre nos moldes de efluente aos corpos hídricos. Podendo, portanto, ser dado um destino mais nobre, com aumento na produção de água e conseqüentemente na produção vegetal, além dos ganhos com saúde humana e ambiental.

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização de resíduos orgânicos é um desafio para os pesquisadores e para as regiões com alta concentração populacional, assim como, de produção agropecuária como no nordeste Brasileiro, considerado o mais populoso do mundo.

A produção de culturas com água residuária tem se mostrado uma alternativa sustentável de modo social, econômico e ambiental, pois em sua constituição traz grande aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Estes dois elementos são considerados de alta exigência no cultivo do milho. Portanto, o uso de esgoto doméstico tratado se assemelha ao uso de uma solução nutritiva. Este fato, associado ao poder de lixiviação de nutrientes no solo, são fatores importantes a considerar na aplicação parcelada de fertilizantes para a cultura sob irrigação.

A utilização de água proveniente de reúso é diferenciada para irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes) e comestíveis (nas formas cruas e cozidas), necessitando estas de um nível maior de qualidade.

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é considerada uma das principais espécies de cereais utilizadas no mundo. Anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de, aproximadamente, 668 milhões de toneladas de grãos (AGRIANUAL, 2006). Tem como destino tanto a alimentação animal quanto humana, bem como no uso industrial, sendo o constituinte básico para vários tipos de alimento e produtos nas indústrias química, farmacêutica, têxtil, automobilística, entre outras subáreas. Ao milho deve-se o aumento da produção de animais que dele se alimentam, como aves e suínos, sendo cerca de 70% de sua produção mundial destinada a esse fim (EMBRAPA, 2006). É fonte principalmente de carboidratos e lipídeos, sendo considerado um alimento energético, muito consumido na zona rural do Brasil, sendo também utilizado em uma ampla variedade de

pratos (Naves et. al., 2004). O milho assume importância ainda maior na contextualização da agricultura familiar, sendo um dos pilares do cultivo de subsistência e da alimentação das famílias, fortalecendo a economia solidária.

Grande parte do insucesso da produção de milho é atribuída a baixa fertilidade dos solos. Soma-se a isto o manejo inadequado de adubação e aplicação de corretivos. A cultura do milho é considerada de grande poder de extração de nutrientes do solo. Portanto a avaliação nutricional informará a quantidade de nutrientes exigidos pela planta durante seu ciclo. Tendo como base seu rendimento e a concentração dos nutrientes no material vegetal.

Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o estado nutricional da cultura do milho submetido à irrigação com níveis crescentes de água residuária.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2011, no projeto de Assentamento Rural Milagres em Apodi-RN, coordenado pelo INCRA/RN, situado a 5°35'17" de latitude sul e 37°54'07" de longitude oeste, com altitude de 153 m. O clima da região é do tipo BSw'h', ou seja, tropical quente semi-árido. A temperatura média anual é de 28,5°C, com mínima de 22°C e máxima de 35°C. A precipitação média anual é 772 mm, registrando-se uma distribuição de chuvas muito irregular, espacial e temporariamente. A umidade relativa média é de 62%. Os ventos sopram a uma velocidade média de 7,5 m/s e a evapotranspiração atinge a média anual de 3.215 mm.

O assentamento possui 28 residências que dispõe de rede coletora e interceptora de esgoto, além de uma estação para tratamento do esgoto doméstico bruto. Tal sistema de tratamento envolve um reator anaeróbio do tipo decanto-digestor, seguido de filtros anaeróbios de fluxo descendente onde anexo encontra-se um wetland (alagado construído, tratamento secundário) e uma cisterna para armazenamento da água tratada. Na Tabela 1 é apresentada a análise química e microbiológica da água de esgoto e da água de abastecimento. O volume médio diária de esgoto produzido girou em torno de 25 m<sup>3</sup>. Esta benfeitoria é originada de ação de pesquisa, fomentada pelo CNPq, tendo como objetivo o reuso de esgoto doméstico tratado em áreas de assentamento rural no semiárido brasileiro.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 5 repetições totalizando 25 parcelas distribuídas no formato 5 x 2,5 m, contendo cada parcela 40 plantas. Os tratamentos foram distribuídos em concentrações crescentes de esgoto doméstico tratado (AR) na água de irrigação, referente a cinco níveis: 100%; 75%; 50%; 25% e 0,0%, obtidos a partir da diluição de uma água residuária tratada proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE), com água potável originária de um poço artesiano profundo (AP). A área destinada ao experimento está assentada em um Argissolo distrófico profundo, vizinho a ETE, onde anteriormente era destinada a cultivos de subsistência pela comunidade.

A distribuição dos tratamentos se deu através de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, automatizado, com linhas de 16 mm independentes para cada concentração de água de irrigação, sendo acoplados emissores com vazão de 4,0 L h<sup>-1</sup>. Para o controle da irrigação, a evapotranspiração de referência foi estimada pelo método FAO Penman-Montheith, a partir de dados climáticos coletados em estação climática instalada no local do estudo. A área recebeu irrigações diárias para assegurar ao solo condições inerentes a uma boa germinação das sementes e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da cultura, tendo como base a curva de retenção de água no solo determinada previamente ao plantio.

**Tabela 1.** Análise química e microbiológica da água de esgoto e da água de abastecimento utilizada.

<b>Esgoto primário</b>	<b>Concentração</b>	<b>Água limpa</b>	<b>Concentração</b>
CE (dSm <sup>-1</sup> )	1,2	CE (dSm <sup>-1</sup> )	0,10
pH	7,3	pH	7,0
SS (mgL <sup>-1</sup> )	44	SS (mgL <sup>-1</sup> )	0
SD (mgL <sup>-1</sup> )	350	SD (mgL <sup>-1</sup> )	50
Fe (mgL <sup>-1</sup> )	0,60	Fe (mgL <sup>-1</sup> )	0,40
Mn (mgL <sup>-1</sup> )	0,20	Mn (mgL <sup>-1</sup> )	0,07
Ca <sup>2+</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	0,80	Ca <sup>2+</sup>	0,30
Mg <sup>2+</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	0,70	Mg <sup>2+</sup>	0,50
Cu (mgL <sup>-1</sup> )	0,06	Cu (mgL <sup>-1</sup> )	
Zn (mgL <sup>-1</sup> )	0,09	Zn (mgL <sup>-1</sup> )	
DQO (mgL <sup>-1</sup> )	60,00	DQO (mgL <sup>-1</sup> )	-
DBO (mgL <sup>-1</sup> )	19,40	DBO (mgL <sup>-1</sup> )	-
N total (mgL <sup>-1</sup> )	72,00	N total (mgL <sup>-1</sup> )	0
P total (mgL <sup>-1</sup> )	7,5	P total (mgL <sup>-1</sup> )	
N-NO <sub>3</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	0,10	N-NO <sub>3</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	0
Cl <sup>-</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	2,40	Cl <sup>-</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	
Coliformes termotolerantes (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	8,6x10 <sup>4</sup>	Coliformes termotolerantes (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	0

Utilizou-se a variedade de milho BRS 5037- Cruzeta, desenvolvida pela empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Por ser uma variedade superprecoce, a BRS 5037- Cruzeta tem importância expressiva para as regiões semiáridas, as quais são caracterizadas por problemas relacionados à insuficiente disponibilidade de água e, principalmente, por uma distribuição irregular das chuvas, que impõe severas restrições à produção agropecuária. O cultivo apresentou um ciclo de 80 dias após a emergência das plântulas.

A diagnose foliar é a forma mais difundida para indicar a absorção de nutrientes pela planta, talvez por representar a sede do metabolismo e expressa bem, na sua composição e aparência, as mudanças na nutrição. Para o milho, a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) é comumente utilizada para avaliar o estado nutricional dessa cultura. Com isso após 60 dias de iniciado o plantio, retirou-se cerca de 30 folhas de modo aleatório na área desejada (Ribeiro et al., 1999). Em seguida, estas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa e moídas para prosseguir com as análises de macro e micronutrientes.

Nas análises foliares, foi adotada a metodologia da Embrapa Solos, em que a determinação dos elementos se baseia na digestão ácida. Foram determinados os seguintes elementos: nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, cobre, manganês, ferro e zinco.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise Nutricional da Cultura do Milho

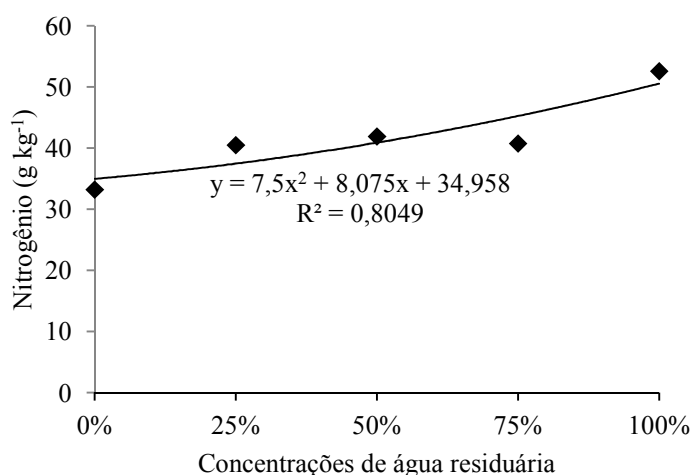
O nitrogênio é um fertilizante imprescindível para a produtividade e crescimento do milho sendo o nutriente mais exigido pela cultura. Entretanto, a economicidade e o impacto ambiental da adubação nitrogenada dependem diretamente da eficiência de uso pela planta.

Segundo Gloaguen (2006), a irrigação quando realizada com efluente doméstico tratado, favorece o crescimento das plantas, principalmente pela absorção de nitrogênio, promove a desnitrificação desse e ainda sua volatilização, mas também quando este é aplicado além da capacidade de campo do solo, o nitrogênio traz riscos de lixiviação.

No plantio do milho com base nos resultados analisados na folha diagnose, os teores de nitrogênio em 100% de adição de AR apresentaram os valores superiores ao tratamento T5 (Figura 1), com médias de 52,59 e 33,25 g/kg, respectivamente, se inserindo acima do teor médio, dando a conotação de consumo de luxo pelas plantas, pois estão acima da faixa indicada para uma nutrição adequada, sem apresentar toxidez (Tabela 2). As doses crescentes de efluente doméstico proporcionaram um aumento no teor de nitrogênio nas folhas, o que indica a eficiência e disponibilidade no uso de efluente doméstico como fonte de nitrogênio para as plantas, podendo ser observado pela Figura 1.

Araújo et al. (2004) relata que doses crescentes de fertilizante nitrogenado elevou os teores de N na folha do milho de forma proporcional ao aumento das doses na adubação. Para Gomes *et. al.* (2007) a produção de milho com doses crescentes de lodo proporcionou maior absorção de nitrogênio nas plantas, contudo não se mostraram suficientes para boa condição nutricional das plantas.

É bom lembrar que neste sistema como também na proposta levantada no trabalho em apreço não há aporte de capital, vindo a minimizar consideravelmente os gastos com adubação nitrogenada convencional. Pelo lado econômico, é importante considerar que os custos de produção vêm crescendo, o que coloca em risco a capacidade do agricultor de investimento em tecnologias e insumos. O uso do efluente possibilita de forma direta o maior parcelamento na dose de nitrogênio total requerida pelo cultivo, diminuindo os riscos de contaminação e aumentando a eficiência da adução.



**Figura 1.** Teor de nitrogênio em função da aplicação de doses de água residuária.

Observa-se (Tabela 2) que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se eleva conforme o aumento na dosagem de água residuária na irrigação, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, fósforo e magnésio.

Os solos da área da chapada do Apodi, são de origem calcária, representando a maior porção de solos desta natureza em todo território nacional. Os íons cálcio e magnésio se inter-relacionam devido a propriedades químicas similares entre eles, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, resultando em uma competição pelos sítios de adsorção no solo, e conseqüente absorção de nutrientes pelas raízes (Medeiros et al., 2008).

A relação cálcio/magnésio no solo tem efeito direto na Capacidade de Troca de Cátions (CTC) do solo. Contribui com a sua fertilidade e uma das condições que o solo oferece à planta na absorção de nutrientes, porém não se sabe ao certo até quando a relação cálcio/magnésio na CTC vai afetar as plantas de modo negativo. Na literatura são encontrados valores bastante contraditórios, como os encontrados por Oliveira & Parra (2003), em que esta relação não contribuiu significativamente na produção de matéria seca no feijão, em que a relação Ca/Mg chegou a ser de até 8,30, enquanto que na condição do estudo a maior relação encontrada foi de 4:1 quando da aplicação de 100% de água residuária.

Porém, quando se analisou as médias encontradas em cada tratamento pela Tabela 2 de referência, constatou-se que os valores de cálcio estavam todos acima do limite superior indicado, representando valores que se encontram dentro da faixa de consumo de luxo para a cultura, enquanto que os teores encontrados para magnésio estavam abaixo do limite mínimo de referência, indicando deficiência desse nutriente na planta (Tabela 2), resultando em uma relação desequilibrada desses nutrientes, sendo um em excesso e outro em falta. Isso geralmente ocorre quando há excesso de cálcio no solo, que prejudica a absorção de magnésio pela planta.

Enquanto que a água residuária mostrou essa relação desbalanceada de Ca e Mg, o calcário proporcionou um equilíbrio entre esse nutrientes na planta, pois os teores de magnésio encontrados por Medeiros et al. (2008) na parte aérea do milho cultivado sob variadas proporções de Ca:Mg, variaram de 0,9 a 2,2 g/kg e o cálcio variou de 1,2 a 3,2 g/kg, enquanto que os valores obtidos teve uma oscilação entre 0,75 a 1,12 g/kg no magnésio e 4,5 a 4,1 g/kg no cálcio.

### 5.1.3 Fósforo

A absorção de fósforo pela planta depende do pH, assim como todos os outros nutrientes também dependem, mas a este em especial pois é grande a influência exercida. O pH vai determinar a sua solubilidade e capacidade de adsorção pelas plantas quando é utilizado em composição com outros nutrientes, como nos compostos sulfatados. O calcário é um elemento que contribui para uma maior absorção de fósforo (Andreotti et al., 2001), assim como eleva o pH do solo, cuja função também é atribuída à água residuária, pois esta sempre possui um pH acima de 7,0, e quando é adicionado à outras soluções, contribui para elevação do pH desta, representando poder tampão.

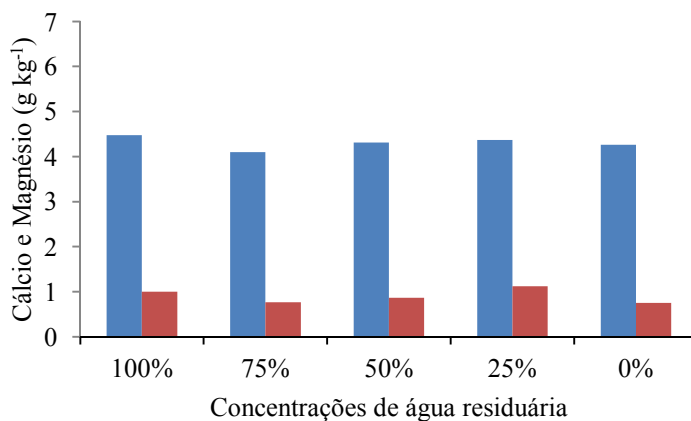
Na planta o fósforo atua no sistema radicular, e é um elemento imprescindível ao desenvolvimento das plantas, porém no nordeste do Brasil este é um elemento que a maioria dos solos apresenta deficiência, assim o desenvolvimento das plantas nessa região se dá devido a vários fatores adaptativos, como a tolerância da cultura à falta deste elemento ou à sua baixa concentração nos solos, ou ainda a raiz ter uma morfologia modificada neste tipo de situação.

**Tabela 2.** Resultado da análise foliar feita em milho (*Zea mays*) irrigado com água residuária e sua comparação com os limites estabelecidos pelo livro de Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	
	-----g/kg-----					-----mg/kg-----				
Limite Inferior	2,75	0,25	1,75	0,25	0,25	6	20	20	20	
Tratamentos	1	52,59▲	2,69●	62,60▲	4,48▲	1,00■	21,47▲	171,45●	189,13▲	58,05●
	2	40,76▲	1,23■	57,63▲	4,10▲	0,76■	18,97●	159,70●	130,30●	63,43●
	3	41,92▲	0,87■	63,54▲	4,31▲	0,86■	18,50●	158,38●	124,45●	67,81●
	4	40,51▲	1,22■	60,41▲	4,37▲	1,10■	19,65●	197,00●	174,58▲	75,25▲
	5	33,25▲	0,46■	61,60▲	4,26▲	0,75■	5,83■	70,53●	30,95●	16,00■
Limite Superior	3,25	0,35	2,25	0,40	0,40	20	250	150	70	

■ – abaixo do limite inferior: deficiência do nutriente ; ● – dentro do intervalo: nutrição adequada; ▲ – acima do limite superior: absorção de luxo ou, se apresentar sintomas, toxidez.

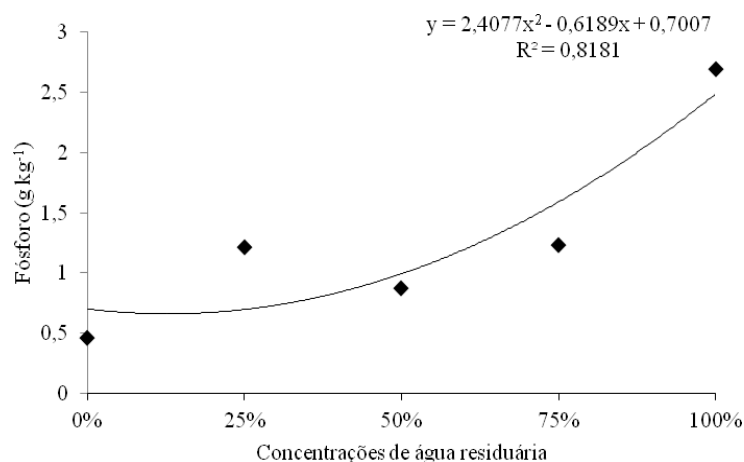
Os teores de cálcio e magnésio praticamente não apresentaram variação significativa entre os tratamentos, não havendo diferença estatística significativa entre esses, sendo ambos seguindo uma mesma linha de tendência (Figura 2).



**Figura 2.** Teores de cálcio e magnésio no milho em função da aplicação de doses de água residuária.

Fernandes & Muraoka (2002) avaliando diferentes variáveis de milho cultivados no solo do cerrado sem receber adubações fosfatadas, analisou variáveis que podem ser bastante adaptativa ao solo da região, pois conseguiu obter concentração de até 2,41 g/kg de fósforo na planta, basicamente comparável com o resultado encontrado aqui, pois o teor mais alto de fósforo encontrado foi de 2,69 g/kg, apresentando uma diferença muito pequena

para um solo que não recebeu fósforo na sua adubação e para um que recebeu solução contendo este elemento, logo a água residuária não fornece fósforo às plantas em grandes quantidades, mas que este reflete na sua variação. Ambos indicaram uma nutrição adequada à planta quanto à este critério. A água residuária favoreceu ao aumento na absorção do fósforo pela planta (Figura 3). Este fato é comprovado quando se compara os teores de fósforo no tratamento T1 (100%) em relação ao T5 (0%), com médias de 2,69 e 0,46 g/kg. A Figura 3 revela que o fósforo apresenta comportamento similar ao nitrogênio quanto a absorção e aceitação pela planta quando irrigada com água residuária.



**Figura 3.** Teor de fósforo em função da aplicação de doses de água residuária.

Prado et al. (2001a), observaram teores máximos de 18,76 g/kg de fósforo nas folhas do milho com o aumento na dosagem até 135 kg/ha, enquanto observou-se que no uso exclusivo de água residuária é alcançada a concentração de fósforo exigida para a cultura do milho (Tabela 2). Pode-se dar preferência a diluição dessa dosagem desde que se complemente com adubação mineral, evitando deficiência, como nutrição adequada para as plantas.

Flores-Aylas (2003), analisando o efeito do fósforo e a inoculação em espécies arbóreas, verificou que há uma influência entre ambos, sendo que a inoculação contribuiu para uma maior absorção de fósforo pelas plantas arbóreas, o que não deve ser diferente no milho, pois por esta espécie pertencer à família das gramíneas, tem facilidade em nodulação, havendo simbiose com nitrogênio.

#### 5.1.4 Potássio

O potássio participa de vários processos enzimáticos e metabólicos na planta, é um nutriente elementar, e uma de suas funções mais conhecidas, a abertura e fechamento dos estômatos, onde regula entrada e saída de água da planta, processo conhecido como transpiração. A absorção de potássio apresenta um padrão diferente em relação ao nitrogênio e ao fósforo, com a máxima absorção ocorrendo no período de desenvolvimento vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento, com taxa de absorção superior ao de nitrogênio e fósforo (Figura 2), sugerindo maior necessidade de potássio na fase inicial. Os sintomas de deficiência do potássio são clorose nas pontas e



margens das folhas mais velhas seguida por secamento, necrose, dilaceração do tecido e colmos com internódios mais curtos.

Dos nutrientes analisados, o potássio foi um dos que não apresentou diferença estatística entre as doses de efluente aplicado comprovada pelos teores de K encontrado na folha do milho (Tabela 3), não havendo influência significativa dos tratamentos aplicados na concentração deste nutriente nas folhas. Isto porque, o potássio é um dos nutrientes contidos em menor proporção nas águas originadas de esgoto doméstico. Este fato, servirá de alerta para composição da solução nutritiva disponibilizada ao cultivo de milho. Doses crescentes de potássio no cultivo de maracujazeiro-amarelo foi proporcional ao aumento do potássio na matéria seca da parte aérea desta cultura (Prado et al., 2004b). Isto indica que a água residuária não é uma fonte de potássio em potencial para as plantas e que a concentração na folha desse elemento, dentro da faixa ótima, foi proveniente de outras fontes além do efluente, como o solo, já que o local do experimento serve como área de produção aos agricultores.

Prado et al. (2004b), afirmam que as maiores doses de potássio aplicadas implicaram no decréscimo de cálcio e magnésio acumulados na planta, porém não foi observado essa relação no estudo em apreço.

O inverso desta relação é mostrado por Medeiros et al. (2008), onde revela que o aumento de cálcio e magnésio no solo implica na diminuição de absorção do potássio, diminuindo seu teor na parte aérea da planta.

Vilela & Büll (1999) avaliando plantas de milho sob estresse hídrico, comentaram que este não interferiu nas concentrações de potássio na folha do milho, e que os valores encontrados por eles foi de 17,9 g/kg, cujo foi cerca de 3 vezes inferior ao encontrado aplicando-se efluente doméstico, apesar de ser sido usado aplicação variada de doses de potássio.

## 5.2 Micronutrientes

### 5.2.1 Cobre

Os micronutrientes de um modo geral são necessários às plantas, mesmo que requerido em pequenas quantidades em relação ao nitrogênio, por exemplo, torna-se necessária à sua produtividade e seu desenvolvimento vegetativo. O fornecimento desse nutriente à planta se dá de várias formas, pode ser na adubação de fundação, cujo é feito antes da semeadura, depois de implantado à cultura, através da adubação foliar, e, ainda, aplicando diretamente na semente (Luchese et al., 2004).

Grande parte das informações sobre os micronutrientes, nas condições brasileiras, são referentes a trabalhos conduzidos no Estado de São Paulo e na Região Sul do Brasil, o que não reflete a realidade de outras regiões, como a Região Semiárida. Poucos trabalhos foram realizados com levantamento dos teores de micronutrientes nessa região e, menos ainda, sobre sua disponibilidade.

A absorção de cobre pela planta se dá pela sua forma como íon ( $\text{Cu}^{2+}$ ) ou ainda na formado composto com outros nutrientes. É um nutriente pouco móvel na planta, mas ainda se transloca da folha mais velha para a mais nova. É pouco comum casos de toxidez desse nutriente.

O teor de cobre encontrado na planta do T1 foi acima do normalmente encontrado em uma planta normal, 21,48 mg/kg, e no T5, o teor foi abaixo do normal, com 5,83 mg/kg, o que indica que os tratamentos aplicados são uma fonte variável de cobre, principalmente a água

residuária, cujo apresentou altos teores na planta, sendo uma nutrição de absorção de luxo ou toxidez (Tabela 2), enquanto que no T5 foi constatado deficiência. Nos demais tratamentos, a nutrição de cobre estava adequada, sendo estes o mais indicado para uma nutrição equilibrada. Enquanto que aqui houve essa variação, Leite et al. (2003), analisou variância de cobre que foram de 0,84 a 8,83 mg/kg de cobre no milho, sendo este alto índice obtido através da aplicação de cobre em uma dose de 16 mg/kg, e o menor obtido pela não aplicação deste nutriente, sendo uma relação linear na variação das doses, assim como também houve aqui, a excessão do T4, que na invés de ter diminuído seu teor proporcional aos demais tratamentos, teve este elevado, sendo significativo, assim como o T1 e T2 também foram (Tabela 2).

**Tabela 3.** Concentração de nutrientes em tecido de milho (*Zea mays*) irrigado com água residuária (AR).

Proporções de AR	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g/kg-----					-----mg/kg-----			
100%	52,59a	2,69a	62,60a	4,48a	1,00a	21,47a	171,45ab	189,13a	58,05ab
75%	40,77ab	1,23ab	57,63a	4,10a	0,76a	18,97a	159,70ab	130,30ab	63,43ab
50%	41,91ab	0,87ab	63,54a	4,31a	0,86a	18,50ab	158,38ab	124,45ab	67,81ab
25%	40,51ab	1,22ab	60,41a	4,37a	1,12a	19,65a	197,00a	174,58a	75,25a
0%	33,25b	0,46b	61,60a	4,26a	0,75a	5,83b	70,53b	30,95b	16,00b

Mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

### 5.2.2 Manganês

A quantidade de manganês encontrado nos solos é suficiente para nutrição das plantas, sendo mais fácil encontrar um caso de toxidez nas plantas do que deficiência nos solos do Brasil (Leite et al., 2003). O manganês juntamente com o cobre participa dos mecanismos de defesa dos vegetais atuando na resistência da planta à infecções na presença do patógeno.

Não foi detectado deficiência de manganês nas plantas. Os teores estavam acima do normal e dentro da faixa indicada (Tabela 2), sendo respectivamente os tratamentos 1 e 4 os que apresentaram grande quantidade desse nutriente no tecido foliar do milho, em relação ao T5, cujo valor foi baixo, porém representando nutrição adequada. Para Rangel (2006) a aplicação de lodo promoveu incremento de manganês nas folhas do milho de modo linear, enquanto que aqui, como pode ser visto, essa relação não foi direta, não sendo a água residuária a principal fonte de manganês para as plantas.

### 5.2.3 Ferro

A concentração deste elemento nas plantas foi de modo uniforme quanto à sua classificação na nutrição da planta, pois se constatou nutrição adequada em todos os tratamentos (Tabela 2). Os solos da região apresentam grandes estoques de ferro. Observou-se que os teores de Fe de modo geral foram maiores quando associados aos tratamentos com água residuária. Borges et al. (2007) analisando o efeito do lodo de cardume na quantidade de micronutrientes no milho percebeu que este não teve efeito significativo na planta, porém os

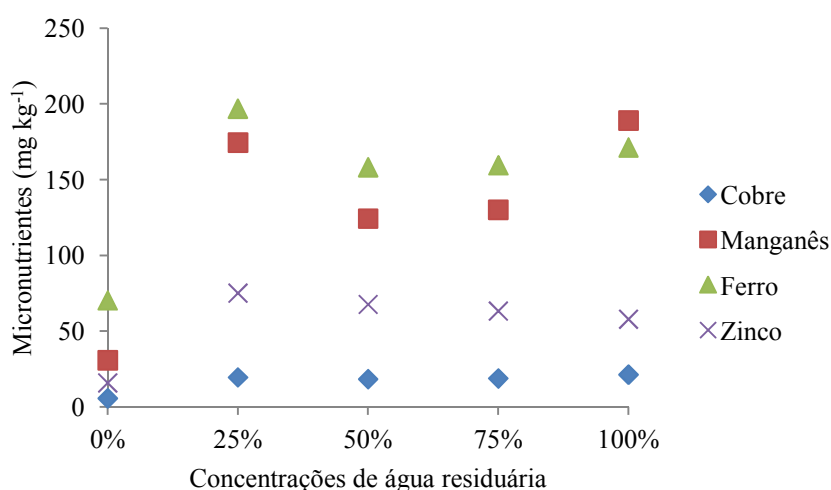
teores foram maiores do que os obtidos com efluente doméstico, com quantidades de 292,25 mg/kg até 450,0 mg/kg, enquanto que a máxima concentração obtida com a água residuária, foi de 197 mg/kg. Os sintomas que identificam sua ausência quase sempre nas folhas mais novas podendo mostrar clorose internerval. Não há relatos na literatura de sintomas de deficiência de ferro quando do uso de água residuária nos cultivos. Esse fato é aliado principalmente aos teores elevados desse elemento presentes na composição dos solos brasileiros. De modo geral a água residuária favoreceu a disponibilidade do ferro para as plantas.

#### 5.2.4 Zinco

O zinco participa de processos metabólicos, atuando, por exemplo, no crescimento dos tecidos da planta, tendo conseqüente influência na sua matéria seca. Possui baixa mobilidade na planta, assim no caso de deficiência deste nutriente, os sintomas começam a surgir nas plantas mais novas (Leite et al., 2003).

Não somente o efluente doméstico, mas também o lodo de esgoto é uma fonte de zinco (Rangel et al., 2006), o que possui a vantagem de nutrir as plantas, pois, como já foi citado, este nutriente é importante para o metabolismo da planta, e, suas desvantagens, como a de poluir o solo, pois este é um metal pesado, e, dependendo da sensibilidade da cultura à este elemento, esta pode ter seu desenvolvimento comprometido.

A variação do zinco na planta não foi proporcional aos tratamentos aplicados, enquanto que foi avaliado no T4 à sua concentração na planta foi classificada como absorção de luxo, enquanto que no T5 deficiência, nos demais tratamentos houve nutrição adequada (Tabela 2). Rangel et al. (2006) discutiu que a aplicação do lodo doméstico no milho foi proporcional à concentração de zinco no solo, assim como também houve essa mesma observação feita por Ferreira et al. (2001) aplicando doses de nitrogênio no milho, em que a resposta da quantidade de zinco na planta foi linear em relação às doses de nitrogênio aplicada. Na água residuária essa relação não seguiu uma tendência assim como as anteriores, assim que o tratamento mais significativo foi o T4 em relação ao T5, ambos com média de 75,25 e 16 mg/kg, respectivamente, nos demais não houve diferença estatística (Tabela 3).



**Figura 5.** Teor de micronutrientes no milho em função da aplicação de doses de água residuária.

## 6 CONCLUSÕES

- O uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do milho, além de favorecer a umidade do solo, proporcionou níveis nutricionais satisfatórios às plantas podendo ser considerado como fonte de nutrientes para sua produção.
- A extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se eleva conforme o aumento na dosagem de água residuária na irrigação, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, fósforo e magnésio.
- A irrigação com efluente doméstico proporcionou melhores condições de absorção de nutrientes devido a diluição dos nutrientes e o maior fracionamento da adubação.
- A adubação mineral do milho pode ser substituída em parte pela adição de água residuária tratada possibilitando menor custo de produção embutindo ganhos ambientais e na saúde humana.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL – **Anuário da Agricultura Brasileira** – 2006, Instituto FNP, 504 p, 2006.

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.799-806, 2003.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Revista Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 02, p.321-327, 2001.

ARAÚJO, L. A. N. de; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.08, p.771-777, 2004.

BORGES, J. D.; BARROS, R. G.; SOUZA, E. R. B. de; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA, I. P. de; CARNEIRO, M. de F.; NAVES, R. V.; SONNENBERG, P. E. Teores de micronutrientes nas folhas de milho fertilizadas com lodo de cortume. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.02, p.1-6, 2007.

CABEZAS, W. A. R. L.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.363-376, 2000.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1011-1022, 2002.

CARVALHO, H. W. L. de; CARDOSO, M. J.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M. X. dos; TABOSA, J. N.; SOUZA, E. M. de Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no

Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.05, p.471-477, 2005.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CAVARIANNI, R. L.; BARBOSA, J. C. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 01, p. 23-27, 2003.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p.302-310, 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. EMBRAPA Milho e Sorgo. Sete Lagoas, Circular Técnica 75, 2006. 6p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual para recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra na caatinga**. Embrapa Agrobiologia. Rio de Janeiro, 2010. 91p.

ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.939-946, 2001.

FERNANDES, C.; MURAOKA, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo do cerrado. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.59, n.9, p.781-787, 2002.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. de; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 02, p.257-266, 2003.

GARCIA, G. de O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; NEVES, J. C. L.; MORAES, W. B.; SANTOS, D. F. dos Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, Tarapacá (Chile), v. 25, n. 03, p. 93-106, 2007.

GLOAGUEN, T. V. **Transferências de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol e fertirrigado com efluente de esgoto doméstico**. (2006). Tese. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 2006. 126p.

GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.459-465, 2007.

JÚNIOR, D. G.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G.; BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 03, p. 286-291, 2003.

LEITE, U. T.; AQUINO, B. F. de; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. da Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.2, p.115-125, 2003.

LUCHESE, A. V.; JUNIOR, A. C. G.; LUCHESE, E. B.; BRACCINI, M. do C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1949-1952, 2004.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Áplico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 04, p.799-806, 2008.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T. de; SOUZA, J. A. A. de Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.385-392, 2004.

NAVES, M. M. V.; SILVA, M. S.; CERQUEIRA, F. M.; PAES, M. C. D. Avaliação química e biológica da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade proteica. **Pesquisa agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.1, p.1-8, 2004.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S. Resposta do feijoeiro a relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions em latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.859-866, 2003.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n. 01, p.83-90, 2001.

PRADO, R. de M.; BRAGHIROLI, L. F.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. de M.; ALMEIDA, E. V. de Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 02, p. 295-299, 2004.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J. F.; Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 01, p.583-594, 2006.

REGO, J. de L.; OLIVEIRA, E. L. L. de; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B. dos; MOTA, S. Uso do esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (suplemento), p.155-159, 2005.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5.º aproximação, Viçosa. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n. 01, p.173-182, 2002.

SENA, J. O. A.; LABATE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citros micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.827-832, 2004.

SILVA, E. C. da; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. de Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n. 01, p.353-362, 2005.

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; NETO, D. D.; REIS, A. R. dos Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 05, n. 02, p.192-201, 2006.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.281-289, 1999.