

# Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)

*Influence of wastewater irrigation on the development of jack bean (Canavalia ensiformis)*

Priscilla Mendonça de Lacerda<sup>[a]</sup>, Ronaldo Ferreira Rodrigues<sup>[b]</sup>, Hermínio Arias Nalini Júnior<sup>[c]</sup>, Guilherme Malafaia<sup>[d]</sup>, Aline Sueli de Lima Rodrigues<sup>[e]</sup>

<sup>[a]</sup> Tecnóloga em Gestão Ambiental, Graduanda em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO - Brasil, e-mail: pri.scila\_123@yahoo.com.br

<sup>[b]</sup> Graduando em Engenharia Agrícola pelo Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO - Brasil, e-mail: ronaldo\_crazi@yahoo.com.br

<sup>[c]</sup> Engenheiro geológico, Mestre em Geologia, Doutor em Géologie Minière, professor do Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG - Brasil, e-mail: herminio\_arias\_junior@yahoo.com.br

<sup>[d]</sup> Biólogo, Mestre em Ciências Biológicas, professor do Departamento de Ciências Biológicas, Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO - Brasil, e-mail: guilhermebioufop@yahoo.com.br

<sup>[e]</sup> Engenheira ambiental, Mestre em Ciências Naturais, Doutoranda em Ciências Naturais, professora do Departamento de Gestão Ambiental, Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO - Brasil, e-mail: rodriguesasl@yahoo.com.br

## Resumo

O uso de águas residuárias na irrigação de culturas agrícolas tem crescido gradativamente. Contudo, poucos estudos analisaram o efeito da irrigação com efluentes domésticos no desenvolvimento de espécies não agrícolas, sobretudo aquelas que podem ser utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas. Assim, o presente trabalho avaliou a influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento inicial e tardio do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, um controle e duas repetições. Para a avaliação do desenvolvimento inicial foram determinados a taxa de germinação, o índice de velocidade de germinação, o tempo médio de germinação, o comprimento e a fitomassa (fresca e seca) das partes aéreas e das raízes das plântulas. Para o desenvolvimento tardio avaliou-se a altura da planta, número médio de folhas por planta e fitomassa fresca e seca das partes aéreas, das raízes e totais das plantas. Além disso, foram determinadas as concentrações dos elementos Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Ti, V, Y e Zn nas águas utilizadas para a irrigação. Os resultados demonstram maior desempenho das culturas irrigadas com água residuária oriunda da lagoa de estabilização de esgoto doméstico em relação à maioria dos parâmetros avaliados. O presente estudo obteve resultados promissores acerca do uso de água residuária na irrigação da espécie vegetal escolhida.

**Palavras-chave:** Efluente doméstico. Cultura não agrícola. Irrigação.



## Abstract

*The use of wastewater for irrigation of agricultural crops has gradually grown. However, few studies have examined the effect of irrigation with effluents in the development of non-agricultural species, especially those that can be used in projects of rehabilitation of degraded areas. Thus, this study evaluated the influence of irrigation with wastewater in the early and late development of jack bean (*Canavalia ensiformis*). The experiment was conducted in a completely randomized design with two treatments, a control and two replicates. For the evaluation of early development, germination rate, germination speed index, mean time of germination and length and biomass (fresh and dry weight) of shoots and of seedling roots were determined. For late development, plant height, number of leaves per plant and fresh and dry areas of aerial parts, roots and of total plants were evaluated. Additionally, concentration of Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Ti, V, Y and Zn in irrigation waters was determined. Results show improvement in most parameters of plants irrigated with water from a domestic wastewater stabilization pond. Such results are considered promising for the use of wastewater in irrigation of jack bean.*

**Keywords:** Domestic effluent. Non-agricultural crop. Irrigation.

## Introdução

De acordo com os dados levantados pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco) no âmbito do Decênio Hidrológico Internacional (1964-1974), as águas doces representam apenas 2,7% da disponibilidade hídrica total do planeta. Dessa pequena porção, a maior parte (77,2%) é encontrada nas calotas polares, geleiras e icebergs, sendo o restante distribuído da seguinte maneira: 22,4% em aquíferos e lençóis subterrâneos, 0,36% em rios, lagos e pântanos e 0,04% na atmosfera. Com o crescimento da população e o aumento da poluição e da degradação dos corpos de água existentes, as quantidades de água doce disponíveis para o uso humano vêm diminuindo intensa e drasticamente (TUNDISI, 2003). Conforme discutido por Rodrigues e Malafaia (2009), à medida que as populações e as atividades econômicas crescem, muitos países atingem rapidamente condições de escassez de água ou se defrontam com limites para o desenvolvimento econômico.

Dentre as atividades antropogênicas que têm contribuído com a diminuição da disponibilidade de água potável destinada ao consumo, destaca-se a geração de efluentes domésticos, já que muitas vezes esses efluentes são descartados sem tratamento diretamente nos cursos d'água, causando prejuízos ambientais significativos. Por outro lado, esses efluentes, passando por algum tipo de tratamento, ainda podem conter substâncias que, quando lan-

çadas na água, são responsáveis por impactos ambientais importantes.

Dessa forma, o uso de efluentes domésticos para a irrigação de culturas tem crescido consideravelmente nos últimos 20 anos, sobretudo, em razão da dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação, do custo elevado de fertilizantes e a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, quando utilizados adequadamente (SOUSA; LEITE, 2003). Conforme Hespanhol (2003), a irrigação com efluentes domésticos pode reduzir, ou até mesmo eliminar, a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais aplicados nos solos destinados à cultura de espécies vegetais. Além disso, aliado ao fato de conterem nutrientes, a aplicação desses efluentes proporciona a adição de matéria orgânica, que age como condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água. Vários trabalhos têm mostrado que o uso de efluentes domésticos na irrigação pode aumentar a produtividade agrícola graças a seu considerável conteúdo de macro e micronutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas (ALVES et al., 2009a, b; AZEVEDO et al., 2007; COSTA et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2009; NOBRE et al., 2010; REBOUÇAS et al., 2010). No entanto, poucos foram os estudos que analisaram o efeito da irrigação com efluentes domésticos no desenvolvimento de espécies não agrícolas, sobretudo aquelas que podem ser utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas. Parte-se da hipótese de que a utilização

de águas residuárias na irrigação de espécies não agrícolas poderia contribuir com a recuperação da área mais rapidamente, promovendo um aporte de nutrientes e água no solo, diminuindo a intensidade dos processos erosivos, já que beneficiaria o crescimento das espécies vegetais. Além disso, tal utilização proporcionaria uma destinação alternativa para as águas residuárias, evitando seu lançamento diretamente nos corpos hídricos.

Estudos têm demonstrado que a espécie *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) é eficiente na recuperação de áreas degradadas, na reciclagem de nutrientes e na cobertura de solo (ERASMO et al., 2004; FARIA et al., 2004; FONTANÉTTI et al., 2006; NASCIMENTO; SILVA, 2004). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da irrigação com águas residuárias oriundas de lagoa de estabilização de tratamento de esgoto doméstico e da piscicultura, ambas do Instituto Federal Goiano (IF Goiano – Câmpus Urutaí), na germinação de sementes (desenvolvimento inicial) e no desenvolvimento mais tardio de *C. ensiformis*.

## Materiais e métodos

A espécie vegetal utilizada no presente estudo, a *C. ensiformis*, é uma leguminosa originária da América Tropical. A espécie tem um ciclo de crescimento anual, é herbácea, rasteira, não trepadeira e atinge de 0,6 m a 1,2 m de altura. Suas folhas são trifolreadas, alternas, amplas e cotiledonares. As sementes são graúdas e têm coloração marfim ou branca (PEREIRA, 2008). Optou-se pela *C. ensiformis*, pois se trata de uma espécie utilizada comumente no controle de erosão do solo e em projetos de recuperação de áreas degradadas, além de apresentar fácil cultivo e de adaptar-se bem a condições ambientais adversas.

As seguintes unidades experimentais foram estabelecidas:

- a) Grupo II: irrigação de *C. ensiformis* com água residuária proveniente da lagoa de estabilização de tratamento de esgoto doméstico do IF Goiano – Câmpus Urutaí (Tratamento 1).
- b) Grupo IP: irrigação de *C. ensiformis* com efluente proveniente de viveiros de peixes (piscicultura) do IF Goiano – Câmpus Urutaí (Tratamento 2).

- c) Grupo IA: irrigação de *C. ensiformis* com água de abastecimento proveniente da Estação de Tratamento de Água (ETA) do mesmo instituto (grupo controle).

O solo utilizado para o cultivo da espécie consiste no plintossolo, retirado do horizonte A de uma área do IF Goiano – Câmpus Urutaí com intenso processo erosivo. Tal tipo de solo é formado sob condições de restrição à percolação da água, sujeito ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita (EMBRAPA, 2009).

Em relação ao cultivo da espécie, esse foi realizado em vasos plásticos de 12 L, tendo sua base perfurada e revestida com uma camada de 3 cm de pedra brita, sendo preenchidos com 8 kg de solo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, um controle e duas repetições. Vale salientar que a semeadura foi realizada em covas a uma profundidade de 2 a 3 cm. Um total de nove sementes em cada um dos recipientes foi plantado. A irrigação foi realizada diariamente com o auxílio de um regador manual com capacidade de 8 L, um para cada tipo de água de irrigação, a fim de evitar possíveis interferências entre os tratamentos. A quantidade de água utilizada na irrigação foi de 3,8 L na primeira rega e de 0,25 L durante os primeiros 20 dias, passando para 0,5 L. Em virtude das condições climáticas do local, a quantidade aumentou para 0,75 L após 40 dias de experimento, finalizando com 1 L, durante os últimos 10 dias. O experimento foi conduzido durante 60 dias, tempo suficiente para o aparecimento dos primeiros botões florais. Vale ressaltar que todo o procedimento de semeadura, irrigação e manutenção das unidades experimentais foi realizado no viveiro de hortaliças do IF Goiano – Câmpus Urutaí.

O presente estudo avaliou a influência da irrigação com as águas residuárias discriminadas anteriormente tanto sobre a germinação das sementes da espécie vegetal escolhida (desenvolvimento inicial) quanto sobre o seu desenvolvimento, ou seja, até o aparecimento dos primeiros botões florais. As variáveis determinadas relacionadas à germinação das sementes, desenvolvimento da espécie, bem como

seus respectivos procedimentos estão sumarizados no Quadro 1.

Para a caracterização química das águas de irrigação, as concentrações dos seguintes elementos foram determinadas: Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Ti, V, Y e Zn. Tais concentrações foram determinadas por meio de Espectrômetro de Emissão Atômica via Plasma (ICP – OES), em parceria com o Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqA) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias foi efetuada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, conforme Nogueira (1994).

## Resultados

### Caracterização química das águas residuárias

Observou-se maior concentração dos elementos Ca, Fe, K, Mg, Mn, P e S na água proveniente da lagoa de estabilização de tratamento de esgoto doméstico. Por outro lado, em relação aos elementos Al e Ba, observou-se menor concentração nesse mesmo tipo de água em comparação com os demais (Tabela 1). Para os outros elementos discriminados na seção “Materiais e métodos”, não foram identificadas concentrações significativas desses, estando os valores abaixo dos respectivos limites de quantificação do método utilizado.

**Quadro 1** - Sumário das variáveis determinadas que subsidiaram a avaliação dos diferentes tratados sobre o desenvolvimento inicial e tardio da espécie *C. ensiformis*

		Variáveis	Procedimentos
Estágio do desenvolvimento	Inicial	Taxa de germinação (TG)	Procedeu-se à contagem do número de plântulas normais, de cada unidade experimental, aos oito dias após a sementeira.
		Índice de velocidade de germinação (IVG)	Foram efetuadas contagens diárias das plântulas emergidas durante os oito dias. Realizaram-se os cálculos conforme a metodologia recomendada por Maguire (1962).
		Tempo médio de germinação (TMG)	Foi calculado pela fórmula citada por Silva e Nakagawa (1995) com base no número de sementes germinadas diariamente, durante os oito dias do teste de germinação.
		Fitomassa fresca das partes aéreas, das raízes e total das plântulas	Logo após oito dias da sementeira as massas das partes aéreas e das raízes das plântulas foram determinadas por meio de uma balança analítica digital e os dados foram anotados.
	Tardio	Fitomassa seca das partes aéreas, das raízes e total das plântulas	Após a determinação da fitomassa fresca, as partes das plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa a 65 °C. Após três dias, foram determinadas as fitomassas secas das partes vegetais.
		Altura da planta*	Foram determinadas quinzenalmente com uma régua milimetrada. Ao todo foram realizadas quatro medidas.
		Número médio de folhas por planta*	Foi determinado quinzenalmente, por meio da contagem simples das folhas de cada planta das unidades experimentais.
		Fitomassa fresca das partes aéreas, das raízes e total das plantas	Logo após o fim do experimento as massas das partes aéreas e das raízes das plantas foram determinadas por meio de uma balança analítica digital e os dados foram anotados.
		Fitomassa seca das partes aéreas, das raízes e total das plantas	Após a determinação da fitomassa fresca, as partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa a 65 °C. Após três dias, foram determinadas as fitomassas secas das partes vegetais.

Legenda: \* = Parâmetro avaliado quinzenalmente durante o período experimental.

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 1** - Concentração dos principais elementos químicos presentes nas águas utilizadas na irrigação das culturas

Tipos de águas*	Al (µg/L)	Ba (µg/L)	Ca (mg/L)	Fe (µg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (µg/L)	P (mg/L)	S (mg/L)
A	92,3	11,5	5,26	59,6	2,38	2,95	2,32	< LQ	1,57
L	76,8	9,87	11,4	234	14,7	4,58	54,2	1,76	2,96
P	122	10,1	3,64	186	2,21	1,95	8,97	< LQ	0,333
Limite de quantificação	<b>9,51</b>	<b>0,348</b>	<b>0,0130</b>	<b>7,98</b>	<b>0,0716</b>	<b>0,00155</b>	<b>1,17</b>	<b>0,0890</b>	<b>0,0644</b>

Legenda: A = água de abastecimento; L = água da lagoa de estabilização; P = água proveniente de viveiros de peixes (piscicultura).

Fonte: Dados da pesquisa.

### Variáveis relacionadas à germinação das sementes de *C. ensiformis*

Conforme pode ser observado na Tabela 2, a taxa de germinação (TG) dos grupos IL e IP foi maior em relação à observada no grupo IA. Por outro lado, o grupo IL apresentou maior índice de velocidade de germinação (IVG) e menor tempo médio de germinação (TMG), quando comparado aos demais grupos (IA e IP) (Tabela 2). Além disso, foi possível observar que a fitomassa fresca e úmida das partes aéreas, das raízes e totais das plântulas, determinadas após oito dias da semeadura, foram superiores estatisticamente no grupo IL, quando comparada aos demais (dados não expressos em figuras).

### Avaliação do desenvolvimento tardio de *C. ensiformis*

Foi possível constatar, ao fim do período experimental, que aquelas culturas que foram irrigadas com água proveniente da lagoa de estabilização (grupo IL) apresentaram maior comprimento das partes aéreas (Figura 1A) e das raízes (Figura 1B) em relação aos demais grupos (grupos IP e IA). Além disso, observou-se que as avaliações da fitomassa fresca e seca das partes aéreas, das raízes e totais das plantas do grupo IL revelaram valores estatisticamente superiores em relação aos demais grupos (Figura 1C a 1H).

Com relação às avaliações do comprimento da parte aérea das plantas determinadas ao longo do período experimental, observou-se que a partir da segunda medição o grupo IL foi aquele que apresentou valores superiores estatisticamente, quando

**Tabela 2** - Taxa de germinação (TG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG)\*

Variáveis	Grupos experimentais		
	IP	IL	IA
Taxa de germinação (TG) (%)	86,6 <sup>a</sup>	86,6 <sup>a</sup>	66,6 <sup>b</sup>
Índice de velocidade de germinação (IVG)	4,2 <sup>b</sup>	6,2 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>
Tempo médio de germinação (TMG)	5,5 <sup>b</sup>	4,5 <sup>a</sup>	5,5 <sup>b</sup>

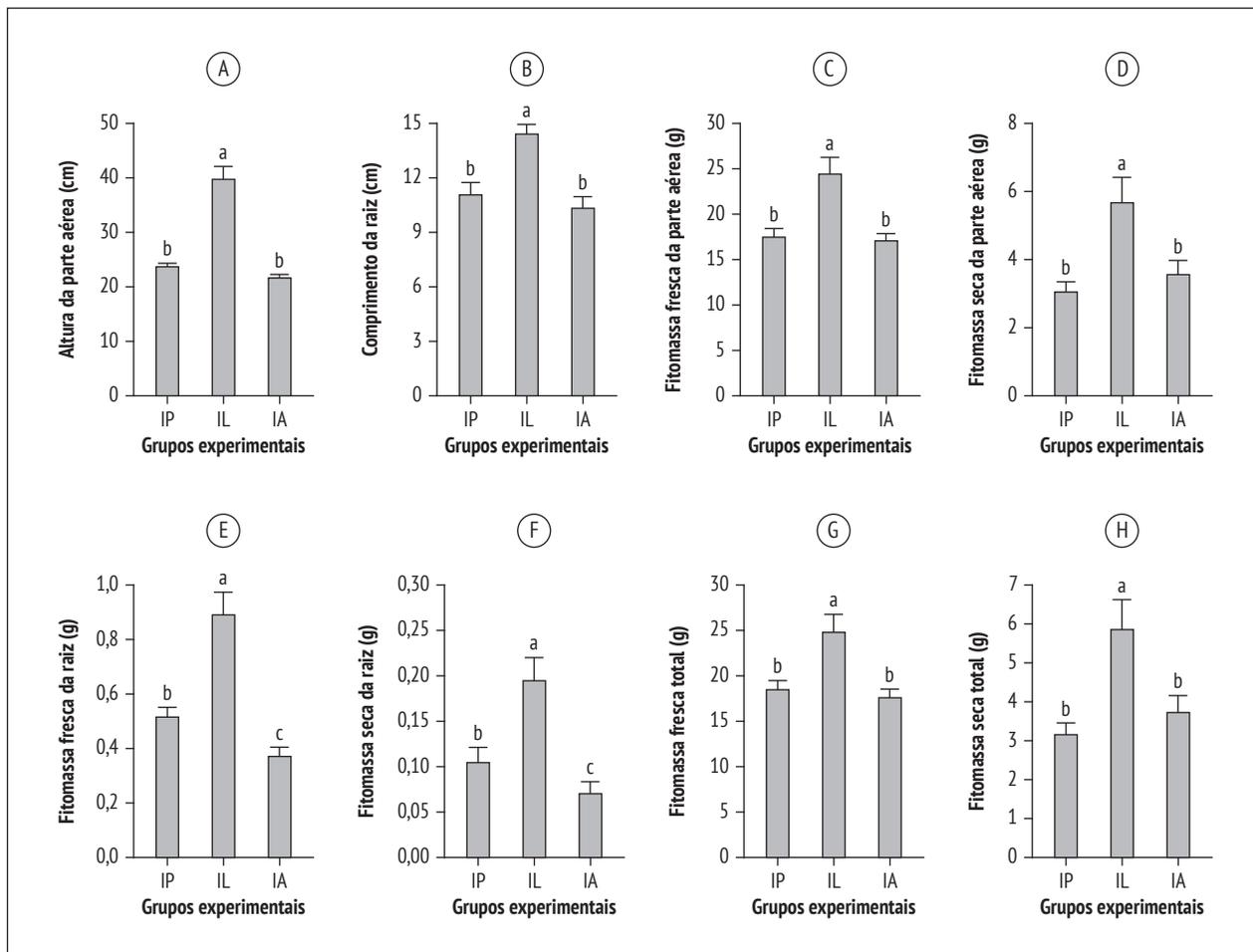
Legenda: IP = grupo irrigado com água oriunda da piscicultura; IL = grupo irrigado com água oriunda da lagoa de estabilização; IA = grupo irrigado com água de abastecimento, oriunda da Estação de Tratamento do câmpus Urutai do IF Goiano. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Dados da pesquisa.

comparado aos demais grupos (Figura 2A). Quanto ao número de folhas por planta, o grupo IL apresentou valor estaticamente superior aos demais grupos a partir da terceira avaliação realizada (Figura 2B).

## Discussão

Do ponto de vista experimental, o presente estudo evidenciou resultados promissores acerca da utilização de águas provenientes da lagoa de estabilização na irrigação de *C. ensiformis*. Tais evidências destacam-se, sobretudo, quando analisados os índices relacionados ao desenvolvimento inicial da espécie, como a TG, IVG e TMG (Tabela 2), o que pode favorecer o estabelecimento futuro da espécie, já que quanto mais tempo a plântula permanecer nos



**Figura 1** - Altura das partes aéreas (A) e comprimento das raízes das plantas (B) determinadas no fim do experimento. Fitomassa fresca e seca das partes aéreas (C e D), das raízes (E e F) e totais (G e H) das plantas irrigadas com diferentes tipos de água

Legenda: IP = grupo irrigado com água oriunda da piscicultura; IL = grupo irrigado com água oriunda da lagoa de estabilização; IA = grupo irrigado com água de abastecimento, oriunda da Estação de Tratamento do câmpus Urutai do IF Goiano. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $p < 0,05$ ). As barras indicam a média + o desvio padrão dos dados referentes às medições realizadas em dois experimentos independentes.

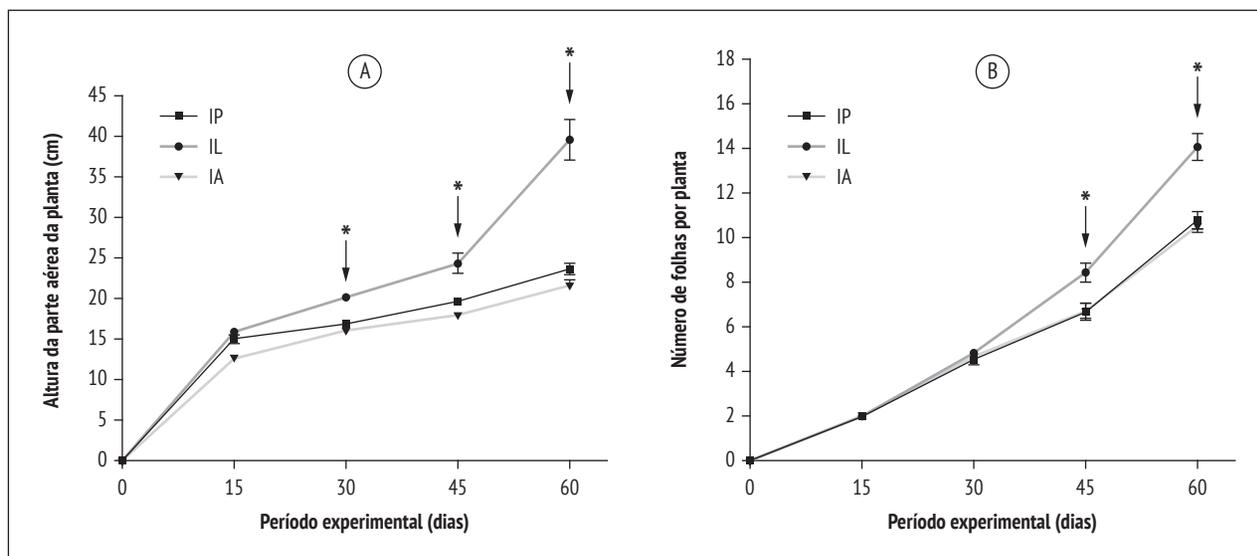
Fonte: Dados da pesquisa.

estágios mais iniciais de desenvolvimento e demorar para emergir do solo, mais vulnerável estará às condições adversas do meio ambiente (MARTINS; NAKAGAWA; BOVI, 1999).

Com relação especificamente à TG observada nas sementes do grupo IL, sugere-se que esta tenha relação direta com o tipo de água utilizada na irrigação das culturas desse grupo. A água oriunda da lagoa de estabilização apresenta quantidades consideráveis de nutrientes e matéria orgânica que podem ter promovido uma maior retenção de água pelo solo, tornando-o mais úmido e propício à germinação das sementes. Conforme discutido por Popinigis (1985)

e Scalon, Alvarenga e Davide (1993), em solos com maior capacidade de retenção de água observam-se, normalmente, sementes com maiores TG, conforme pôde ser observado no presente estudo quando comparados os grupos IL e IA. Segundo Kiehl (1985), a matéria orgânica fresca é capaz de reter um volume de água equivalente a cerca de 80% do seu peso e, à medida que vai sendo humificada, tal capacidade dobra.

Observou-se ainda que grupo IL apresentou maior IVG e menor TMG quando comparado aos demais grupos (IA e IP) (Tabela 2). Tais resultados revelam que o tempo necessário para que as sementes



**Figura 2** - Altura da parte aérea das plantas (A) e número de folhas por planta (B) determinadas ao longo do período experimental

Legenda: IP = grupo irrigado com água oriunda da piscicultura; IL = grupo irrigado com água oriunda da lagoa de estabilização; IA = grupo irrigado com água de abastecimento, oriunda da Estação de Tratamento do Câmpus Urutaí do IF Goiano. Asteriscos (\*) indicam diferenças estatisticamente significativas entre o grupo IL e os grupos IP e IA. Já o símbolo # indica diferença estatisticamente significativa entre os grupos IL e IA. Os dados apresentados são referentes às medições realizadas em dois experimentos independentes

Fonte: Dados da pesquisa.

do grupo IL expressassem a sua máxima capacidade de germinação foi de 4,5 dias, enquanto que para as sementes dos grupos IA e IP os valores de tempo médio foram de 5,5 dias (Tabela 2). Conforme discutido por Santana e Ranal (2004) e Bueno (2008), tanto o IVG quanto o TMG são variáveis simples que estão relacionadas à determinação do vigor das sementes plantadas em diferentes condições ambientais. Santana e Ranal (2004) ressaltam que o IVG, em especial, é um parâmetro indicativo do vigor das sementes, pois parte-se do pressuposto de que sementes mais vigorosas germinam mais rapidamente, com interpretação dos resultados de maneira oposta ao do TMG, concordando com os resultados demonstrados na Tabela 2.

Resultados de estudos sobre diferentes espécies vegetais têm demonstrado que, em geral, a germinação das sementes é influenciada por vários fatores, incluindo temperatura, umidade do solo, dormência, condições de armazenamento, idade das sementes e presença ou ausência de luz (FELIPPE; POLO, 1983; KLEIN; FELIPPE, 1991; MIKUSINSKI, 1987). No presente estudo, observou-se que o fator que supostamente contribuiu para a constatação de

valores maior para o IVG e menor para o TMG no grupo IL (Tabela 2) foi a água utilizada na irrigação. Conforme já mencionado, o elevado valor de matéria orgânica presente nesse tipo de água, que posteriormente é disponibilizado ao solo de plantio, pode favorecer a retenção de água pelo mesmo e, conseqüentemente, proporcionar um maior IVG e um menor TMG, por influenciar diretamente o padrão de germinação das sementes.

Quanto aos resultados da avaliação do desenvolvimento tardio de *C. ensiformis*, notou-se melhor desempenho do grupo irrigado com água proveniente da lagoa de estabilização em relação a todos os parâmetros avaliados (Figura 1). Tais resultados, conforme discutido por Dan et al. (1987), Vieira e Carvalho (1994) e, mais recentemente, por Bueno (2008), denotam o maior vigor das espécimes do grupo IL. Supõe-se que plantas mais vigorosas possuem maior crescimento graças à maior capacidade de transformação e de suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento.

Pode-se inferir que os resultados observados na Figura 1 (fitomassa fresca e seca das partes áreas e total das plantas) estão relacionados com os dados

referentes à altura da parte aérea das plantas determinada ao fim do período experimental (Figura 2), resultados semelhantes aos encontrados no estudo de Rebouças et al. (2010). Na ocasião, estudando o crescimento de *Vigna unguiculata* (feijão-caupi) sob irrigação com água residuária de esgoto doméstico tratado, Rebouças et al. (2010) observaram incremento dos parâmetros área foliar, número de folhas por planta e fitomassa seca do caule, folhas, raízes e total.

Do ponto de vista nutricional, sugere-se que os resultados favoráveis ao grupo IL estejam relacionados com os nutrientes presentes no tipo de água utilizada na irrigação desse grupo. A grande quantidade de matéria orgânica normalmente presente nesse tipo de água, aliada às concentrações superiores dos nutrientes Ca, Fe, K, Mg, Mn, P e S, em relação aos demais tipos de água (Tabela 1), podem ter contribuído para o maior desenvolvimento das culturas do grupo IL.

Sabe-se que o Ca é um elemento constituinte da estrutura vegetal com importantes funções fisiológicas no metabolismo. É o agente cimentante das células, além de regulador da permeabilidade dos tecidos, membranas celulares e citoplasma, estimulando a absorção de N, neutralizando ácidos orgânicos, ativando algumas enzimas, como a fosfatase, e favorecendo o poder germinativo das sementes (EMBRAPA, 2006).

Com relação ao elemento Fe, sabe-se que a sua ausência traz consequências como clorose das folhas, folhas menores e morte das brotações externas (EMBRAPA, 2006). Quanto ao K, suas principais funções, segundo Wallingford (1980), estão relacionadas à ativação enzimática, captação de N e síntese de proteínas e de amido. Quanto ao elemento Mg, este é constituinte da clorofila e dos pigmentos encontrados em maiores quantidades nas folhas e brotos, além de participar, entre outras funções, da produção de proteínas e favorecimento do desenvolvimento radicular (EMBRAPA, 2006).

Outro elemento importante é o Mn. Sua ausência no vegetal provoca redução de 2/3 da assimilação fotossintética, sendo, então, considerado um elemento essencial para a vida da planta (ARNON, 1950). O S é responsável pela síntese de clorofila e faz parte de proteínas e vitaminas, entre outros compostos orgânicos (EMBRAPA, 2006). Já em relação ao P, esse também possui um importante papel na sobrevivência das plantas, pois participa dos compostos chamados ricos em energia (MALAVOLTA, 1985).

É o nutriente mais usado em adubação no Brasil, graças à carência de P nos solos brasileiros (RAI, 1991). Tal elemento merece especial atenção, já que foi o único identificado apenas na água proveniente da lagoa de estabilização (Tabela 1).

Outro elemento que possivelmente foi responsável pelos resultados positivos relacionados ao grupo IL é o N. Embora não tenham sido avaliadas suas concentrações nos diferentes tipos de águas utilizadas na irrigação das culturas, sabe-se que ele é um dos principais elementos constituintes da planta. Sua deficiência inibe rapidamente o crescimento dos vegetais e os principais sinais de sua deficiência são: enfezamento ou nanismo (padrões de crescimento não usuais), aparência esguia e amarelamento ou avermelhamento prematuro das folhas verdes.

## Conclusões

Baseado no que foi exposto, pode-se afirmar que o grupo irrigado com água oriunda da lagoa de estabilização apresentou maior desempenho em praticamente todas as variáveis analisadas, quando comparado com os demais grupos, incluindo as variáveis relacionadas ao desenvolvimento inicial e mais tardio da espécie. A partir das análises químicas das águas, observou-se maior disponibilidade de nutrientes presentes na água da lagoa de estabilização, principalmente aqueles importantes para a planta, como o Ca, Fe, K, Mg, Mn, P e S, sugerindo que eles podem ter sido os responsáveis por esse melhor desempenho.

Sugere-se que outros estudos sejam realizados para confirmar a viabilidade da utilização desse efluente na irrigação de outras espécies não agrícolas. Além disso, análises físicas e químicas dos solos, bem como de macro e micronutrientes incorporados pelas plantas, poderiam esclarecer melhor os fatores que contribuíram para o melhor desempenho das culturas irrigadas com água da lagoa de estabilização.

## Referências

ALVES, W. W. A. et al. Altura da planta do algodoeiro de fibra marrom irrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 28-32, 2009a.

- ALVES, W. W. A. et al. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 16-23, 2009b.
- ARNON, D. I. Criteria of essentiality of inorganic micronutrients for plants with special reference to molybdenum. In: WALLACE, T. **Trace elements in plant physiology**. Waltham: Chronica Botanica, 1950. p. 31-39.
- AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2007.
- BUENO, M. ***Ipomoea carnea Jacq. ssp. fistulosa (Mart. ex Choisy) D. Austin***: ocorrência na REBIO do Lago Piratuba – AP, Aspectos Morfológicos e Estudo Tecnológico das Sementes e Plântulas 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2008.
- COSTA, F. X. et al. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 687-693, 2009.
- DAN, E. L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 45-55, 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Mandioca e fruticultura tropical. **Circular Técnica**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.
- ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.
- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 641-648, 2004.
- FELIPPE, G. M.; POLO, M. Germinação de ervas invasoras: efeito de luz e escarificação. **Revista Brasileira Botânica**, v. 6, n. 1, p. 55-60, 1983.
- FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003.
- KIEHL, J. E. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985.
- KLEIN, A.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MALAVOLTA, E. Nutrição Mineral. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p. 97-116.
- MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de Palmito-Vermelho (*Euterpe espiro-santensis* Fernandes – PALMAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 164-173, 1999.
- MIKUSINSKI, O. M. Teste de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 103-108, 1987.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 947-949, 2004.
- NASCIMENTO, M. B. H. et al. Propriedades químicas do solo cultivado com mamona, irrigado com água residuária tratada de adubado com biossólido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 8-15, 2009.
- NOBRE, R. G. et al. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.
- NOGUEIRA, M. E. E. **Estatística experimental aplicada à experimentação agrônômica**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1994.
- PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2008.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Ministério da Agricultura AGIPLAN, 1985.

- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991.
- REBOUÇAS, J. R. L. et al. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.
- RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. Degradação dos recursos hídricos e saúde humana: uma atualização. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 10, n. 9, p. 13-23, 2009.
- SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Brasília: UnB, 2004.
- SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A.; DAVIDE, A. C. Influência do substrato, temperatura, umidade e armazenamento sobre a germinação de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* BENTH). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 15, n. 1, p. 143-146, 1993.
- SILVA, J. B. C.; NAKAGAWA, J. Estudo de fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. **Informativo ABRATES**, v. 5, n. 1, p. 62-73, 1995.
- SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: EDUEP; UEPB, 2003.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.
- WALLINGFORD, W. Functions of potassium in plant. In: WALLINGFORD, W. **Potassium for agriculture: a situation analysis**. Atlanta: Potash e Phosphate Institute, 1980. p. 10-27.

Recebido: 25/05/2011

Received: 05/25/2011

Aprovado: 09/09/2011

Approved: 09/09/2011