

## Teores de nitrogênio, fósforo e potássio em argissolo irrigado com dosagens de percolado de aterro sanitário no semiárido

O percolado de aterros sanitários é um resíduo líquido altamente impactante ao meio ambiente, tornando indispensável à realização de pesquisas que propiciem uma melhor e mais precisa caracterização. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho, analisar o efeito da aplicação de dosagens de percolado de aterro sanitário (PATS) e água de abastecimento na alteração dos teores de nitrogênio, fósforo disponível e potássio trocável de um argissolo cultivado com girassol. Para realização deste trabalho, montou-se uma área experimental e foram utilizados os seguintes tratamentos: T1 – 100% de água da rede de abastecimento (testemunha); T2 – 80% de água da rede de abastecimento e 20% de PATS; T3 – 60% de água da rede de abastecimento e 40% de PATS; T4 – 40% de água da rede de abastecimento e 60% de PATS; e, T5 – 20% de água da rede de abastecimento e 80% de PATS. Somente os valores de P foram influenciados significativamente pelas dosagens de PATS aplicadas em interação com o tempo de aplicação e em relação às duas profundidades do solo estudadas. Os teores de N reduziram consideravelmente ao longo do tempo de aplicação dos tratamentos. Ao longo do perfil do solo, os valores de N e P diminuíram. As concentrações de K não apresentaram um padrão de variação, em função da variação no PATS.

**Palavras-chave:** Efluente urbano; Fertirrigação; Macronutrientes; *Helianthus annuus* L.

## Quantity of nitrogen, phosphorus and potassium contents in argisol irrigated with doses of percolate of landfill in semiarid region

The leachate from landfills is a highly impactful liquid waste to the environment, making it essential to conducting research that provide a better and more precise characterization. In this context, it objectified with the work to analyze the effect of the application of landfill leachate (PATS) and water supply dosages in altering the levels of nitrogen, phosphorus and potassium in an argisol grown with sunflower. To carry out this work, an experimental area was set up and the following treatments were used: T1 - 100% of water from the supply network (control); T2 - 80% of water from the supply network and 20% of PATS; T3 - 60% water supply and 40% PATS; T4 - 40% water supply and 60% PATS; and, T5 - 20% water supply and 80% PATS. Only the P values were significantly influenced by the PATS dosages applied in interaction with the application time and in relation to the two soil depths studied. The levels of N decreased considerably over the treatment application time. Along the soil profile, the values of N and P decreased. K concentrations did not show a variation pattern, due to the variation in PATS.


**Keywords:** Urban effluent; Fertigation; Macronutrients; *Helianthus annuus* L.

Topic: Engenharia Agrícola


Received: 03/08/2021


Approved: 04/09/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.


**Daniela da Costa Leite Coelho**   
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2826359344539740>  
<http://orcid.org/0000-0001-9182-3675>  
[daniela.coelho@ufersa.edu.br](mailto:daniela.coelho@ufersa.edu.br)

**Rafael Oliveira Batista**  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
<http://orcid.org/0000-0002-3083-6808>  
[rafaelbatista@ufersa.edu.br](mailto:rafaelbatista@ufersa.edu.br)

**Nildo da Silva Dias**   
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1438691490740154>  
<http://orcid.org/0000-0002-1276-5444>  
[nildo@ufersa.edu.br](mailto:nildo@ufersa.edu.br)

**Ana Beatriz Alves de Araújo**   
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3258937728496364>  
<http://orcid.org/0000-0003-0477-0021>  
[beatrizufersa@gmail.com](mailto:beatrizufersa@gmail.com)

**Jerônimo Andrade Filho**   
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5042861886172615>  
<http://orcid.org/0000-0002-0664-1752>  
[jeronimoandrade@hotmail.com](mailto:jeronimoandrade@hotmail.com)

**Francisco de Oliveira Mesquita**   
Instituto Nacional do Semiárido, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2630263044186621>  
<http://orcid.org/0000-0002-8580-079X>  
[mesquitaagro@yahoo.com.br](mailto:mesquitaagro@yahoo.com.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0003

### Referencing this:

COELHO, D. C. L.; BATISTA, R. O.; DIAS, N. S.; ARAÚJO, A. B. A.; ANDRADE FILHO, J.; MESQUITA, F. O.. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio em argissolo irrigado com dosagens de percolado de aterro sanitário no semiárido. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.9, p.19-30, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0003>

## **INTRODUÇÃO**

A utilização e aproveitamento de resíduos líquidos como fertirrigação de culturas agrícolas mais acessíveis favorece a ampliação da área irrigada, pode possibilitar o aumento da produtividade agrícola e qualidade dos produtos, além de promover melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo e melhorias ambientais e de saúde pública, utilizando-se em conjunto práticas de manejo agronomicamente adequadas para resolver os problemas de qualidade (CHEVREMONT et al., 2013; DUTRA, 2013; MONACO et al., 2009; HESPANHOL, 2008).

De acordo com Costa (2012), constitui-se, também, como uma forma de amenização do problema de escassez hídrica, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, e diminuição do elevado custo na construção de novos sistemas de abastecimento. Para Gheyi et al. (2012), a utilização desses efluentes em regiões semiáridas, resolve dois problemas de uma vez só, isto é, se economiza água de melhor qualidade para fins mais nobres, e se utiliza do aporte de nutrientes dos efluentes.

Os efeitos da aplicação de águas residuárias nas propriedades físicas e químicas do solo só são significativos e observados ao longo do período de aplicação, dependendo ainda das características físico-químicas do solo em questão e do clima local, sendo esses efeitos variáveis de acordo com a quantidade, tempo de aplicação e a composição desses efluentes, bem como do tipo de solo e da capacidade de extração das plantas cultivadas (CONDÉ et al., 2012).

Pelo fato do percolado de aterro sanitário (PATS) apresentar em sua composição elevada concentração de água, nutrientes e material orgânico, esse resíduo líquido pode ser visto também como potencial fertilizante para o solo e para as culturas agrícolas, principalmente aquelas culturas produtoras de biomassa vegetal e biocombustível, como, por exemplo, o girassol (COELHO, 2016).

Utilizando-se de práticas de manejo agronomicamente adequadas, o percolado de aterros sanitários pode ser uma excelente alternativa para fertirrigação, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do Brasil, economizando água de melhor qualidade, gerando matéria-prima para fins energéticos, substituindo a madeira retirada do Bioma Caatinga, além de minimizar os efeitos negativos no sistema solo-planta-água-atmosfera (COELHO, 2013).

Diante o exposto, objetivou-se com este trabalho analisar o efeito da aplicação de distintas dosagens de percolado de aterro sanitário e água de abastecimento na alteração dos teores de nitrogênio, fósforo disponível e potássio trocável de um argissolo cultivado com girassol, no semiárido brasileiro.

## **METODOLOGIA**

### **Localização e caracterização da área experimental**

O presente trabalho foi conduzido em área vizinha à Unidade Experimental de Reuso de Água (UERA) instalada no Parque Zoobotânico da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, campus Mossoró, localizada na BR 110 – km 47, Bairro Presidente Costa e Silva, no município de Mossoró-RN. O terreno utilizado para instalação do experimento ocupou área total de aproximadamente 720,00 m<sup>2</sup> (20 m

x 36 m), sendo a área útil experimental de 406 m<sup>2</sup> (14 m x 29 m), sob coordenadas geográficas 5º 12' 31,51'' de latitude sul, 37º 19' 07,19'' de longitude oeste, e altitude de 27 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw<sub>h</sub>, sendo um clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, com uma precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm; a temperatura média de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9 %. (ALVARES et al., 2013).

### **Localização e caracterização do aterro sanitário municipal de Mossoró-RN**

O Aterro Sanitário Municipal de Mossoró-RN está localizado às margens da BR 110, no sentido Mossoró/Areia Branca, sob as coordenadas geográficas 5º 10' 54,94'' de latitude sul, 37º 16' 40,70'' de longitude oeste, e altitude de 34 m; distanciando em torno de cinco quilômetros da área urbana.

O referido aterro sanitário gerava, na época de realização da presente pesquisa, uma vazão média de 50 L h<sup>-1</sup> de lixiviado, proveniente de 150 t dia<sup>-1</sup> de resíduos sólidos urbanos (RSU) aterrados, o que resulta em um valor per capita de 0,62 kg hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de resíduos sólidos urbanos (SANEPAV, 2015).

### **Período de estudo e análises de monitoramento**

Todas as atividades de campo foram desenvolvidas de junho a setembro de 2015, onde foram realizadas três amostragens de solo, sendo a primeira amostragem referente à coleta antes do plantio e da implantação do experimento para caracterização inicial do solo; a segunda amostragem referente ao primeiro mês de aplicação do percolado de aterro sanitário (PATS), com 52 dias após o plantio; e, a terceira amostragem referente ao segundo mês de aplicação do percolado de aterro sanitário (PATS), com 83 dias após o plantio.

No decorrer do período experimental, foram realizadas quatro coletas do percolado no Aterro Sanitário Municipal de Mossoró-RN em paralelo com as coletas das amostras de água da rede de abastecimento (AA), sendo estas realizadas em torno de quinze dias de intervalo entre coletas.

### **Caracterização do solo da área experimental**

Foi realizada uma amostragem preliminar na área de estudo antes da implantação da cultura e da aplicação das doses de PATS, para avaliação das características iniciais do solo. Amostras simples foram coletadas em 20 pontos distintos da área, em cada uma das profundidades estudadas, formando assim duas amostras compostas, às profundidades de 0,0 a 0,20 e de 0,20 a 0,40 m, com auxílio de trato holandês, anéis volumétricos e espátulas, para assim caracterizar o solo físico-quimicamente, como apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Todas as análises, tanto as iniciais quanto as de monitoramento ao longo do período de estudo, foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFRS, campus Mossoró-RN, onde foram determinadas as concentrações de N - nitrogênio, em g kg<sup>-1</sup>, pelo método de Tedesco et al. (1997); P - fósforo disponível e K - potássio trocável, em mg dm<sup>-3</sup>, extraídos com Mehlich 1 e determinados

conforme o método definido por Defelipo et al. (1981) e Embrapa (1997).

**Tabela 1:** Características físicas iniciais do solo utilizado no experimento.

Profundidade (m)	Densidade do solo g cm <sup>-3</sup>	Areia .....kg kg <sup>-1</sup> .....	Silte	Argila	Umidade %
0 a 0,20	1,81	0,66	0,23	0,10	12,10
0,20 a 0,40	1,63	0,62	0,13	0,25	8,66

**Tabela 2:** Características químicas iniciais (N - nitrogênio, P - fósforo disponível e K - potássio trocável) do solo utilizado no experimento. Nota: N – Nitrogênio; P - Fósforo disponível; e, K<sup>+</sup> - Potássio trocável.

Profundidade (m)	N g kg <sup>-1</sup>	P .....mg dm <sup>-3</sup> .....	K <sup>+</sup>
0 a 0,20	0,36	12,18	145,70
0,20 a 0,40	0,40	5,97	194,31

Conforme diretrizes estabelecidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013), constatou-se que o solo da área em estudo é um ARGISSOLO Vermelho-Amarelo eutrófico, apresentando uma camada praticamente impermeável a partir da profundidade 0,40 m.

### Parcelas experimentais e tratamentos aplicados

Foram delimitadas vinte parcelas experimentais, sendo cinco tratamentos repetidos quatro vezes em delineamento em blocos casualizados (DBC), onde os tratamentos estudados foram baseados em trabalhos desenvolvidos por Andrade Filho (2016) e por Costa (2012), sendo estes: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA); T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS; T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS; T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS; e, T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.

O sistema de aplicação da água da rede de abastecimento (AA) e do percolado de aterro sanitário (PATS) não diluído constou de um conjunto de irrigação por gotejamento pressurizado, diretamente no solo, dentro de cada parcela. Cada parcela experimental foi construída nas dimensões de 2,0 x 5,0 m (10,0 m<sup>2</sup>), com espaçamento de 2,0 m entre blocos e de 1,0 m entre parcelas do mesmo bloco, onde foi cultivado o girassol (*Helianthus annuus* L.).

Com relação às características da cultura, foi utilizada a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), variedade BRS 324, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja, em parceria com demais setores da Embrapa (CARVALHO et al., 2013). O plantio da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), variedade BRS 324 da Embrapa, foi realizado no dia 03 de julho de 2015. O transplântio ocorreu no dia 10 de julho de 2013 (7 dias após plantio - DAP).

O espaçamento utilizado no experimento foi de 0,30 m entre plantas na mesma linha, e de 0,50 m entre linhas, onde em cada parcela foram posicionadas quatro linhas, totalizando sessenta plantas por parcela.

As cinco parcelas submetidas ao tratamento T1 (somente água da rede de abastecimento) não receberam adubação de fundação nesse experimento, porém, vale ressaltar que anteriormente, Andrade

Filho (2016) utilizando a mesma área experimental realizou adubação nas respectivas parcelas. As parcelas dos demais tratamentos receberam apenas o aporte de nutrientes presentes no percolado de aterro sanitário, no decorrer do período experimental do presente trabalho.

A determinação da necessidade hídrica do girassol foi estimada com base no balanço de água no solo e na evapotranspiração da cultura pela metodologia da FAO empregando a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006), conforme apresentado na Equação 1.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

1

Em que:

ET<sub>0</sub> – Evapotranspiração de referência, em mm d<sup>-1</sup>;R<sub>n</sub> – Saldo de radiação à superfície, em MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>;G – Fluxo de calor no solo, em MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>;

T – Temperatura do ar a 2 m de altura, em °C;

U<sub>2</sub> – velocidade do vento à altura de 2 m, em m s<sup>-1</sup>;e<sub>s</sub> – Pressão de saturação de vapor, em kPa;e<sub>a</sub> – Pressão de vapor atual do ar, em kPa;(e<sub>s</sub> – e<sub>a</sub>) – Déficit de pressão de vapor, em kPa;Δ – Declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa °C<sup>-1</sup>; eγ – Constante psicrométrica, em kPa °C<sup>-1</sup>.

Os dados meteorológicos necessários para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) pela equação de Penman-Monteith como velocidade do vento, umidade relativa do ar, insolação, radiação solar, precipitação pluviométrica e temperatura foram obtidos de uma estação meteorológica instalada na UFERSA, campus Mossoró-RN.

Para estimar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) utilizaram-se os valores de coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) obtidos em estudos realizados por Cavalcante Júnior (2011) no município de Apodi-RN e utilizados também em experimento com girassol realizado por Costa (2012) no mesmo município.

De acordo com Cavalcante Júnior (2011), os valores de K<sub>c</sub> obtidos foram de 0,52; 0,70; 0,98 e 0,81, para os diferentes estádios de desenvolvimento do girassol (fases I, II, III e IV de desenvolvimento, respectivamente). Os valores de K<sub>c</sub> obtidos pelo referido autor ficaram próximos aos valores aconselhados para a cultura do girassol no manual 56 da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura).

Vale ressaltar que a lâmina de irrigação aplicada diariamente objetivava não somente forçar a lixiviação dos elementos químicos no solo, mas também, e principalmente, atender a demanda hídrica da cultura, juntamente com a aplicação do percolado de aterro sanitário. Durante o ciclo do girassol em campo (81 DAP) foi aplicada uma lâmina bruta de irrigação dividida nas distintas proporções de percolado de aterro sanitário (PATS) e da água da rede de abastecimento (AA).

É necessário destacar que o PATS foi aplicado em dias alternados dentro do período experimental, começando somente dia 24/07/2015 (21 dias após plantio – DAP, ou seja, 14 dias após transplante – DAT), para favorecer a melhor fixação das mudas de girassol ao solo e evitar que elas morressem no início do ciclo.

## Análise estatística

Os dados coletados de solo foram submetidos: à análise de variância pelo Teste F a 5 % de probabilidade; quando significativos, eles foram submetidos ao Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Para realização das análises estatísticas foi utilizado o programa computacional estatístico Sisvar 5.6 (Sistema para Análise de Variância) (FERREIRA, 2014; FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

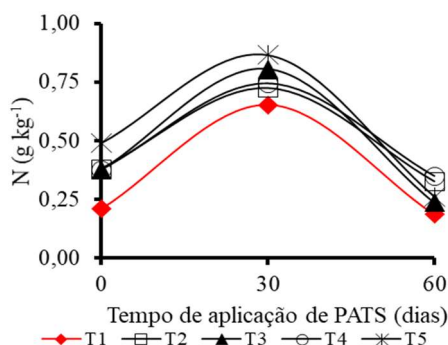
Com relação ao nitrogênio, este é um dos elementos mais instáveis, onde segundo Phillips et al. (2005), os solos ideais para o recebimento de efluentes ricos nesse nutriente são aqueles com cargas positivas na superfície, capazes de reter estes ânions.

Os resultados obtidos possibilitaram constatar que as concentrações de nitrogênio no solo estudado sofreram efeito significativo em relação às doses de PATS aplicadas (Trat); em relação às profundidades estudadas (P); tempo de aplicação do PATS (T); interação tratamentos ao longo do tempo (Trat x T), e interação profundidade ao longo do tempo (P x T), conforme se verifica na Tabela 3.

**Tabela 3:** Análise de variância da variável N do solo fertirrigado com distintas dosagens de percolado de aterro sanitário (PATS). Nota: \*\*, \* e n.s., F significativo a 1 e 5 % de probabilidade, e não significativo à 5 % de probabilidade, respectivamente.

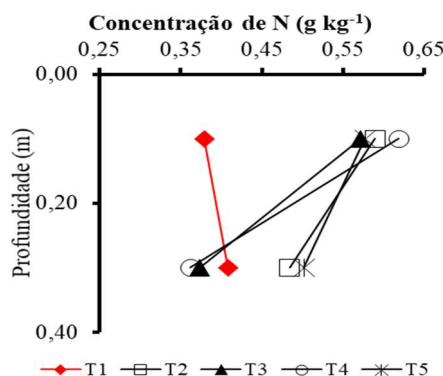
Fontes de Variação (FV)	Graus de Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM) N (g kg <sup>-1</sup> )
Tratamentos (Trat)	4	0,1276**
Profundidade (P)	1	0,2641**
Tempo (T)	2	2,8429**
Trat x P	4	0,0238 <sup>n.s.</sup>
Trat x T	8	0,0621**
P x T	2	0,4631**
Trat x P x T	8	0,01889 <sup>n.s.</sup>
Bloco	3	0,0082 <sup>n.s.</sup>
Erro	87	0,0122
Coefficiente de Variação (CV) (%)	-	22,42

Observou-se que houve um incremento na concentração de nitrogênio do solo estudado à medida que foi se aplicando as doses de PATS, onde os tratamentos com maior dosagem de percolado gerou uma maior concentração, porém, com a contínua aplicação as concentrações foram diminuindo (Figura 1).



**Figura 1:** Valores da variável N do solo em função do tempo de aplicação de PATS, para as diferentes porcentagens de percolado aplicadas via sistema de irrigação. Nota: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA), T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS, T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS, T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS, e T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.

Na Figura 2, verifica-se que os valores de N diminuíram ao longo do perfil do solo, para todas as doses de PATS aplicadas, com exceção do tratamento T1. Este fato pode ser explicado pela menor mineralização da matéria orgânica (M.O.) dos demais tratamentos, na camada de 0 – 0,20 m. Com relação a maior variação nas concentrações de N, o tratamento T4 foi o que se destacou.



**Figura 2:** Valores da variável N do solo em função das profundidades de coleta, para as diferentes porcentagens de percolado aplicadas via sistema de irrigação. Nota: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA), T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS, T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS, T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS, e T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.

Vale lembrar que a maior parte do nitrogênio presente em águas residuárias encontra-se na forma orgânica, que pode ser mineralizada após serem dispostos no solo, por meio de hidrólise enzimática produzida pela atividade da microbiota do solo e de outros processos de degradação do material orgânico. Sendo assim, a mineralização dos constituintes nitrogenados libera, para a solução do solo, íons inorgânicos de nitrogênio, principalmente, amônio e nitrato (SILVA et al., 2011; SANTOS et al., 2006), o que pode explicar as observações acima.

Notou-se ainda que os tratamentos T2 e T5, apesar de serem os que contêm menor e maior proporção de percolado de aterros sanitários na composição, respectivamente, apresentaram comportamento semelhante ao longo do perfil do solo. Os resultados apresentados diferem em parte dos obtidos em estudo de Mesquita (2016), onde foi observado que houve uma maior oscilação da concentração de N ao longo do perfil de um solo fertirrigado com percolado de aterros sanitários, porém assemelham-se com os resultados encontrados por Coelho et al. (2015) e Andrade Filho (2016).

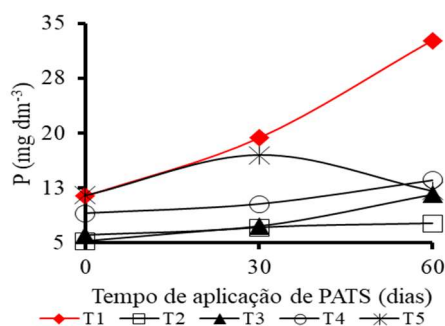
Com relação à concentração de fósforo no solo estudado, houve efeito significativo em relação às doses de PATS aplicadas (Trat); em relação às profundidades estudadas (P); ao tempo de aplicação do PATS (T); interação tratamento para as profundidades estudadas (Trat x P); interação tratamentos ao longo do tempo (Trat x T); interação profundidade ao longo do tempo (P x T), e interação tratamento para as duas profundidades analisadas ao longo do tempo de aplicação (Trat x P x T), como pode ser observado na Tabela 4.

A adsorção e a disponibilidade de fósforo às plantas estão correlacionadas com a matéria orgânica, pH e grau de intemperização dos solos, além do teor de cátions, ressaltando ainda que o aumento significativo dos valores de pH, aliado ao aumento significativo da matéria orgânica propicia uma maior disponibilidade de fósforo, conseqüentemente, menor concentração deste na matriz do solo (NOVAIS et al.,

2007). Como se evidencia na Figura 3, os maiores valores de P ao longo do tempo de aplicação das doses de PATS foram para o tratamento T1 (somente água de abastecimento), seguido do tratamento T5.

**Tabela 4:** Análise de variância da variável P do solo fertirrigado com distintas dosagens de percolado de aterro sanitário (PATS). Nota: \*\*, \* e n.s., F significativo a 1 e 5 % de probabilidade, e não significativo à 5 % de probabilidade, respectivamente.

Fontes de Variação (FV)	Graus de Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM) P (mg dm <sup>-3</sup> )
Tratamentos (Trat)	4	172,4801**
Profundidade (P)	1	2828,2317**
Tempo (T)	2	219,1121**
Trat x P	4	117,3925**
Trat x T	8	80,4977**
P x T	2	227,4698**
Trat x P x T	8	58,7254**
Bloco	3	24,5194 <sup>n.s.</sup>
Erro	87	14,6611
Coeficiente de Variação (CV) (%)	-	39,10



**Figura 3:** Valores da variável P do solo em função do tempo de aplicação de PATS, para as diferentes porcentagens de percolado aplicadas via sistema de irrigação. Nota: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA), T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS, T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS, T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS, e T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.

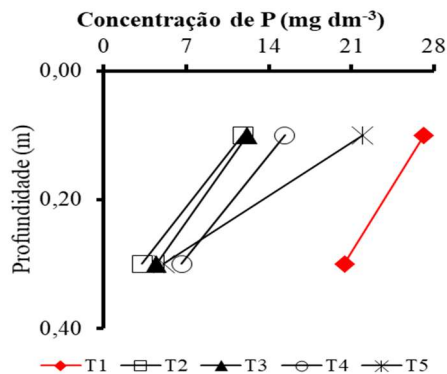
Verificou-se que os valores de P diminuíram, ao longo do perfil do solo, para todas as doses de PATS aplicadas, e que o tratamento T5 foi o que apresentou maior variação nas concentrações de P ao longo do perfil do solo (Figura 4).

De acordo com a classificação elaborada pela CFSEMG (1999), os teores de P permitem classificar agronomicamente o solo estudado como variando de baixo (2,8 – 5,4 mg dm<sup>-3</sup>) a muito bom (> 12,0 mg dm<sup>-3</sup>). Tais resultados não coincidem com os de Mesquita (2016) e Andrade Filho (2016), e em parte com os resultados de Coelho (2013) e de Silva (2008).

Sabe-se que o solo da área experimental apresenta concentrações de P naturalmente elevadas (COELHO, 2013), fazendo entender que o que influenciou nas alterações na concentração, adsorção e a disponibilidade de fósforo para as plantas esteja correlacionada, principalmente, com o pH e a matéria orgânica, além do teor de cátions presentes no solo.

À medida que foi sendo aplicada uma dosagem maior de percolado, observou-se ainda que houvesse um aumento significativo dos valores de pH para as duas profundidades em estudo, propiciando uma maior disponibilidade de P para as plantas, fazendo com que esse elemento fosse absorvido por estas e, conseqüentemente, diminuindo sua concentração no solo (NOVAIS et al., 2007; NOVAIS et al., 1999).





**Figura 4:** Valores da variável P do solo em função das profundidades de coleta, para as diferentes porcentagens de percolado aplicadas via sistema de irrigação. Nota: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA), T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS, T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS, T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS, e T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.

Com relação ao potássio, este é um dos três nutrientes mais requeridos em quantidade pelas plantas, no entanto, em determinadas condições e em conjunto com o sódio, podem causar dispersão das argilas, e conseqüentemente, desestruturação do solo (MATOS, 2012).

Para o potássio, ocorreram efeitos significativos em relação às doses de PATS aplicadas (Trat); em relação ao tempo de aplicação do PATS (T); interação tratamento para as profundidades estudadas (Trat x P); interação tratamentos ao longo do tempo (Trat x T), e interação profundidade ao longo do tempo (P x T), conforme se observa na Tabela 5. Constatou-se, na Figura 5, que houve um aumento na concentração K no solo estudado à medida que foi sendo aplicados os tratamentos com maior proporção de percolado de aterro sanitário (PATS).

Destaca-se também o fato de que à medida que aumentaram as doses de PATS aplicadas no solo, do tratamento T2 para o T5, ocorreu um maior aumento nas concentrações de K com relação ao tratamento anterior para todo o período experimental, o que pode ser justificado devido às altas concentrações de K no percolado

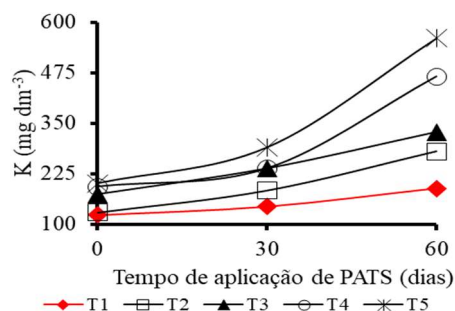
**Tabela 5:** Análise de variância da variável K do solo fertirrigado com distintas dosagens de percolado de aterro sanitário (PATS). Nota: \*\*, \* e n.s., F significativo a 1 e 5 % de probabilidade, e não significativo à 5 % de probabilidade, respectivamente.

Fontes de Variação (FV)	Graus de Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM) K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )
Tratamentos (Trat)	4	110567,3592**
Profundidade (P)	1	1651,9888 <sup>n.s.</sup>
Tempo (T)	2	273606,0774**
Trat x P	4	14661,0014**
Trat x T	8	26616,2383**
P x T	2	30810,1806**
Trat x P x T	8	6160,6054 <sup>n.s.</sup>
Bloco	3	16195,6314**
Erro	87	4029,7781
Coeficiente de Variação (CV) (%)	-	26,16

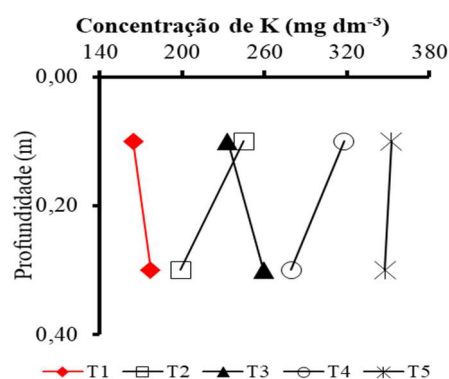
Na Figura 6, observa-se que ocorreu alteração nos valores de K, ao longo do perfil do solo, para todas as doses de PATS aplicadas, sendo estas variações mais discretas nos tratamentos T1 e T5.

Os valores de K reduziram, ao longo do perfil do solo, para todos os tratamentos aplicados, com exceção dos tratamentos T1 e T3, que diferentemente dos demais, apresentaram um ligeiro aumento na concentração de K. De acordo com a classificação elaborada pela CFSEMG (1999), os teores de K permitem

classificar agronomicamente o solo estudado como muito bom, já que para todos os tratamentos analisados foram obtidos resultados superiores a 120 mg dm<sup>-3</sup>. Estes resultados diferem em parte dos encontrados por Coelho et al. (2015), Mesquita (2016) e Andrade Filho (2016).



**Figura 5:** Valores da variável K<sup>+</sup> do solo em função do tempo de aplicação de PATS, para as diferentes porcentagens de percolado aplicadas via sistema de irrigação. Nota: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA), T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS, T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS, T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS, e T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.



**Figura 6:** Valores da variável K<sup>+</sup> do solo em função das profundidades de coleta, para as diferentes porcentagens de percolado aplicadas via sistema de irrigação. Nota: T1 – necessidade hídrica da cultura com somente água da rede de abastecimento (100% AA), T2 – necessidade hídrica da cultura com 80% de AA e 20% de PATS, T3 – necessidade hídrica da cultura com 60% de AA e 40% de PATS, T4 – necessidade hídrica da cultura com 40% de AA e 60% de PATS, e T5 – necessidade hídrica da cultura com 20% de AA e 80% de PATS.

Matos (2006) relata que o potássio e o sódio não estão diretamente associados ao material orgânico, ou seja, não dependem da mineralização do material orgânico para serem disponibilizados ao meio, e que elevadas concentrações desses elementos em relação ao cálcio e magnésio promovem dispersão dos colóides do solo (dispersão das partículas de argila). Na Tabela 6, verifica-se o teste de média ao qual os dados coletados foram submetidos, quando significativos pela análise de variância

**Tabela 6:** Teste de Tukey, à 5 % de probabilidade, para as variáveis N, P e K do solo fertirrigado com distintas dosagens de percolado de aterros sanitários (PATS). **Nota:** Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas para cada tratamento não difere entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tratamentos	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )
T1	0,42 <sup>a</sup>	11,97 <sup>b</sup>	149,68 <sup>a</sup>
T2	0,58 <sup>b</sup>	7,98 <sup>a</sup>	214,54 <sup>b</sup>
T3	0,47 <sup>a</sup>	8,24 <sup>b</sup>	232,04 <sup>b</sup>
T4	0,44 <sup>a</sup>	7,42 <sup>b</sup>	298,65 <sup>c</sup>
T5	0,56 <sup>b</sup>	13,35 <sup>b</sup>	318,45 <sup>c</sup>

## CONCLUSÃO

Com relação às alterações nos atributos químicos do solo em estudo, somente os valores de P

foram influenciados significativamente pelas dosagens de PATS aplicadas em interação com o tempo de aplicação e em relação às duas profundidades estudadas (interação Trat x P x T).

Os teores de N reduziram consideravelmente ao longo do tempo de aplicação dos tratamentos. Em relação à profundidade do solo, os valores de N e P diminuíram, ao longo do perfil do solo. As concentrações de K não apresentaram um padrão de variação, em função da variação no PATS.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M.. **Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.
- ANDRADE FILHO, J.. **Cultivo da mamona utilizando percolado de aterro sanitário como fonte hídrica e nutricional**. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
- CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; AMABILE, R. F.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, I. R.; GODINHO, V. P. C.; RAMOS, N. P.; LEITE, R. M. V. B. C.; GONCALVES, S. L.; BRIGHENTI, A. M.. **Cultivar de girassol: BRS 324: variedade com alto teor de óleo e precocidade**. Londrina: Embrapa, 2013.
- CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.. **Produção e necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.
- CHEVREMONTE, A. C.; BOUDENNE, J. L.; COULOMB, B.; FARNET, A. M.. Impact of watering with UV-LED-treated wastewater on microbial and physico-chemical parameters of soil. *Water Research*, Londres, v.47, n.1, p.1971-1982, 2013.
- COELHO, D. C. L.; BATISTA, R. O.; MESQUITA, F. O.; SILVA, K. B.; ALVEZ, S. M. C.; GURGEL, M. T.. Trace elements in Ultisol irrigated with landfill leachate and public-supply water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.20, n.8, p.769-774, 2016.
- COELHO, D. C. L.; BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, A. F. M.; SILVA, K. B.. Alterações químicas de Argissolo irrigado com percolado de aterro sanitário e água de abastecimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.6, p.598-604, 2015.
- COELHO, D. C. L.. **Atributos químicos de um argissolo e produção de capim elefante decorrentes da aplicação de percolado de aterro sanitário**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.
- CFSEMG. Comissão De Fertilidade Do Solo Do Estado De Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999.
- CONDÉ, M. S.; HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; SANTIAGO, A. M. F.. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Rio Pomba, v.2, n.1, p.99-106, 2012.
- COSTA, F. G. B.. **Uso de água residuária de origem doméstica no cultivo do girassol no assentamento Milagres**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.
- DELFEIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C.. **Análise química do solo (metodologia)**. 1981.
- DUTRA, I. C. B.. **Uso de água residuária de origem doméstica no cultivo da pimenta malagueta na região da Chapada do Apodi-RN**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- FERREIRA, D. F.. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. Agrotec.*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O.. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Cruz das Almas, 2012.
- HESPANHOL, I.. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.22, n.63, p.131-158. 2008.
- MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. R.; RAMOS, M. M.. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. *Irriga*, Botucatu, v.14, n.3, p.348-364, 2009.
- MATOS, A. T.. **Qualidade do meio físico ambiental: práticas de laboratório**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- MATOS, A. T.. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. Viçosa, 2006.

MESQUITA, F. O.. **Desempenho de gotejadores e produção de capim elefante Pennisetum purpureum Schum com percolado de aterro sanitário no semiárido**. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L.. **Fertilidade do solo**. Viçosa, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

PHILLIPS, I. R.; SHEEHAN, K. J.. Importance of surface charge characteristics when selecting soils for wastewater reuse. **Australian Journal of Soil Research**, v.43, n.8, p.915-927, 2005.

SANTOS, S. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O.. Efeitos da aplicação localizada de esgoto

sanitário tratado nas características químicas do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14, n.1, p.32-38, 2006.

SILVA, D. F.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; BATISTA, R. O.; MOREIRA, D. A.. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.33, n.3, p.243-251, 2011.

SILVA, D. F.. **Efeito da aplicação de percolado de resíduo sólido urbano em solo cultivado com capim-tifton 85**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J.. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.