



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

RONILDO ROBERTO DE OLIVEIRA

**PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO
DE EFLUENTE E MATÉRIA ORGÂNICA**

**POMBAL - PB
2016**

RONILDO ROBERTO DE OLIVEIRA

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE
EFLUENTE E MATÉRIA ORGÂNICA

POMBAL - PB
2016

RONILDO ROBERTO DE OLIVEIRA

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE
EFLUENTE E MATÉRIA ORGÂNICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, para a obtenção do Título de Mestre. Orientadores: Prof. DSc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz e Prof^a. DSc. Jussara Silva Dantas.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O48p

Oliveira, Ronildo Roberto de.

Propriedades físicas e químicas do solo submetido à aplicação de efluente e matéria orgânica / Ronildo Roberto de Oliveira. – Pombal-PB, 2017.

56 f. il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, Profa. Dra. Jussara Silva Dantas".

Referências.

1. Semiárido – Efluentes Domésticos. 2. Solo - Propriedades Físicas e Químicas - Esterco Bovino. 3. Solo – Propriedades Físicas e Químicas. I. Queiroz, Manoel Moisés Ferreira de. II. Dantas, Jussara Silva. III. Título.

CDU 631.43(043)

RONILDO ROBERTO DE OLIVEIRA

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE
EFLUENTE E MATÉRIA ORGÂNICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, para a obtenção do Título de Mestre.

Aprovada em 05 de setembro de 2016.

Prof. DSc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz - UATA/CCTA/ UFCG
Orientador

Prof^ª. DSc. Jussara Silva Dantas - UACTA/CCTA/UFCG
Orientadora

Prof. DSc. Patrício Borges Maracajá - UAGRA/CCTA/ UFCG
Examinador Interno

Prof^ª. DSc Maria Edileuza Leite de Andrade - IFPB/CAMPUS SOUSA
Examinadora Externa

POMBAL - PB
2016

Dedico aos meus pais, Maria Maíza de oliveira e José Roberto de Oliveira; aos meus irmãos Robenilson Roberto de Oliveira (in memoriam), Ronilson Roberto de Oliveira, Robenildo Roberto de Oliveira, Risalva Maíza de Oliveira, Maria dos Remédios Maíza de Oliveira e Rosilene Maíza de Oliveira; a minha esposa Fabrícia Soares da Silveira Oliveira e ao meu filho Paulo Henrique da Silveira oliveira e a minha filha Larissa da Silveira Oliveira.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, meu Deus, pela sua proteção e por todas as oportunidades que têm me dado ao longo da vida. Obrigado por tudo que me tem feito!

Aos meus pais, José Roberto de Oliveira e Maria Maíza de Oliveira por mesmo com dificuldades não mediram esforços para que eu e meus irmãos estudássemos e pelos ensinamentos.

Aos meus irmãos, Robenilson Roberto de Oliveira (in memoriam), Ronilson Roberto de Oliveira, Robenildo Roberto de Oliveira, Risalva Maíza de Oliveira, Maria dos Remédios Maíza de Oliveira e Rosilene Maíza de Oliveira pelo apoio e incentivo.

A minha esposa, Fabrícia Soares da Silveira Oliveira, pelo companheirismo, pelo amor e incentivo para conclusão deste trabalho.

Ao meu filho, Paulo Henrique da Silveira Oliveira e a minha filha, Larissa da Silveira Oliveira por ser um motivo a mais para eu querer ser um exemplo de determinação e incentivo.

Aos meus familiares, avôs e avós (in memoriam); tios, tias, primos, primas, irmãos, irmãs, sobrinhos, sobrinhas, cunhados e cunhadas. Agradeço a Deus por cada um de vocês, pois vocês são minha base. Obrigado pelo apoio!

A todos os meus professores, pelas contribuições na construção da aprendizagem desde as primeiras palavras até construção de pontes entre o conhecimento e a ciência. Sem vocês, eu não teria condições de chegar até aqui.

A Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais – PPGSA, por me proporcionar a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos e realizar este curso.

Aos professores do PPGSA, pelo conhecimento compartilhado, disponibilidade, apoio e amizade ao longo do curso.

Aos meus orientadores, DSc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz e DSc. Jussara Silva Dantas, pelos ensinamentos, pela paciência, pelo incentivo, por toda orientação durante a condução da pesquisa e pela amizade construída.

Aos professores, DSc. Patrício Borges Maracajá e DSc. Maria Edileuza Leite de Andrade por aceitarem fazer parte da banca examinadora na defesa final, vindo a enriquecer mais ainda a apresentação deste trabalho.

A Francisco, técnico de Laboratório de Análises de Solo, pela valiosa contribuição durante as análises.

Ao casal, Luís Carlos e Edileusa pelo apoio e o incentivo para a conclusão desse trabalho.

As amizades que firmei no decorrer do curso, especialmente, João Jones, Rafael, Isidro, Aldair, Luís Carlos e Daniel, pelo companheirismo e troca de experiências.

As amigas, Aline e Glória pelo incentivo para que eu participasse da seleção para ingresso no curso.

Aos servidores terceirizados pelo apoio no transporte do efluente para os lisímetros.

A todos os meus amigos, que sempre me apoiaram e estão sempre me apoiando na minha caminhada.

Aos demais que aqui não foram citados, mas que de alguma forma fazem parte desta caminhada. MUITO OBRIGADO!

“Enquanto o poço não seca, não sabemos dar valor à água.”

Thomas Fuller.

RESUMO

OLIVEIRA, R. R. de. **Propriedades físicas e químicas do solo submetido à aplicação de efluente e matéria orgânica.** 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

Devido à escassez hídrica nas regiões áridas e semiáridas a utilização de água residuária surge como uma alternativa para a agricultura. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos físicos e químicos no solo decorrente da aplicação de efluente doméstico de fossa séptica e esterco bovino. O experimento foi conduzido em lisímetros instalados numa área dentro do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/ UFCG), situado no Campus de Pombal - PB em ambiente natural, no período de junho a agosto de 2016. O delineamento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos da seguinte maneira: T1 (100% da matéria orgânica e 100% de água do abastecimento); T2 (100% do efluente); T3 (100% da matéria orgânica e 100% do efluente) e T4 (25% da matéria orgânica, 25% do efluente e 75% de água do abastecimento); T5 (50% da matéria orgânica, 50% do efluente e 50% de água do abastecimento); T6 (75% da matéria orgânica, 75% do efluente e 25% de água do abastecimento); T7 (25% da matéria orgânica, 75% do efluente e 25% de água do abastecimento) e T8 (75% da matéria orgânica, 25% do efluente e 75% de água do abastecimento). As variáveis analisadas foram: textura, densidade aparente do solo, densidade de partículas, porosidade total, umidade, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na). Concluiu-se que o uso de efluente de fossa séptica e matéria orgânica promoveram alterações na densidade do solo, porosidade total e não afetaram a densidade de partículas. Ocorreram elevações nos valores do pH e CE no extrato de saturação do solo; potássio e sódio. Enquanto que o nitrogênio e o fósforo tiveram um decréscimo. A fertilidade do solo ao final do experimento foi afetada pela redução da matéria orgânica no solo. O uso de 75% de matéria orgânica com 75% de efluente e 25% de água de abastecimento foi o mais recomendado em função dos menores riscos de degradação do solo

Palavras-chave: Escassez hídrica, efluente doméstico, esterco bovino.

ABSTRACT

OLIVEIRA, R. R. de. **Physical and chemical properties of the soil submitted to the application of effluent and organic matter.** 2016. 57 f. Dissertation (Masters) - Postgraduate Program in Agroindustrial Systems, Federal University of Campina Grande, Pombal, 2017.

Because of the water scarcity in the arid and semi-arid regions, the use of wastewater arises as an alternative to agriculture. The objective of this research was to evaluate the physical and chemical effects on the soil resulting from the application of domestic effluent from septic tank and bovine manure. The experiment was executed in lysimeters installed in an area inside the Center of Sciences and Agrifood Technology (CSAT/ UFCG) located in the Campus of Pombal - PB in natural environment, from June to August of 2016. The experimental design was the completely randomized design (CRD), with eight treatments and three replications. The experimental design was the completely randomized design (CRD), with eight treatments and three replications. The treatments were as follows: T1 (100% of the organic matter and 100% of the supply water); T2 (100% of the effluent); T3 (100% organic matter and 100% effluent) and T4 (25% organic matter, 25% effluent and 75% supply water); T5 (50% organic matter, 50% effluent and 50% supply water); T6 (75% of the organic matter, 75% of the effluent and 25% of the supply water); (25% of the organic matter, 75% of the effluent and 25% of the supply water) and T8 (75% of the organic matter, 25% of the effluent and 75% of the supply water). The variables analyzed were: texture, apparent density of the soil, particle density, total porosity, moisture, hydrogen ionic potential (pH), electrical conductivity (EC), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and sodium (Na). It was concluded that the use of effluent from septic tank and organic matter promoted changes in soil density, total porosity and did not affect the density of particles. There were increases in pH and EC values in the soil saturation extract; Potassium and sodium. While nitrogen and phosphorus decreased. Soil fertility at the end of the experiment was affected by the reduction of organic matter in the soil. The use of 75% of organic matter with 75% of effluent and 25% of supply water was the most recommended due to the lower risks of soil degradation.

Keywords: Water scarcity, domestic effluent, bovine manure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema da área experimental com os tratamentos e as repetições	29
Figura 2. Instalação e condução do experimento	31
Figura 3. Coleta e secagem das amostras	32
Figura 4. Médias de densidade aparente do solo nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.....	36
Figura 5. Médias de densidade de partículas nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.....	37
Figura 6. Médias de porosidade total nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias ..	38
Figura 7. Médias do pH no extrato de saturação nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.....	42
Figura 8. Ilustração das médias de condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias	43
Figura 9. Médias da matéria orgânica (MO) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.....	44
Figura 10. Médias de nitrogênio (N) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias...	45
Figura 11. Médias de fósforo (P) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias	46
Figura 12. Médias de potássio(k) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.....	47
Figura 13. Médias de sódio (Na) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características Físicas e químicas da água residuária	30
Tabela 2. Resumo das análises de variância das variáveis: densidade aparente do solo, densidade de partículas e porosidade total submetido a efluente e matéria orgânica com as médias do período de 0, 30 e 60 dias.....	34
Tabela 3. Resumo das análises de variância das variáveis: densidade aparente do solo, densidade de partículas e porosidade total submetido a efluente e matéria orgânica com as médias dos tratamentos.....	35
Tabela 4. Resumo das análises de variância das variáveis: pH no extrato de saturação, no CE extrato de saturação e MO submetidos a efluente e matéria orgânica com as médias do período de 0, 30 e 60 dias	39
Tabela 5. Resumo das análises de variância das variáveis: N, P, K e Na submetidos a efluente e matéria orgânica com as médias do período de 0, 30 e 60 dias	40
Tabela 6. Resumo das análises de variância das variáveis: pH no extrato de saturação, no CE extrato de saturação, MO, N, P, K e Na submetidos a efluente e matéria orgânica com as médias dos tratamentos.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	16
2.1.1 Textura do solo	16
2.1.2 Densidade aparente (solo)	16
2.1.3 Densidade real (partículas)	17
2.1.4 Porosidade total	18
2.1.5 Umidade do solo	19
2.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO	19
2.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	19
2.2.2 Condutividade elétrica (CE)	20
2.2.3 Matéria orgânica (MO)	20
2.2.4 Nitrogênio (N)	21
2.2.5 Fósforo (P)	22
2.2.6 Potássio (K)	23
2.2.7 Sódio (Na)	23
2.3 REUSO DE ÁGUA	24
2.3.1 Uso de Águas residuárias	24
2.3.2 Efeitos ambientais e sanitários do reuso	25
2.3.3 Características do efluente	26
2.4 USO DO ESTERCO BOVINO NA AGRICULTURA	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 FASE EXPERIMENTAL	28
3.2.1 Delineamento experimental	28
3.2.2 Métodos de coleta e Análises	29
3.2.3 Instalação e condução do experimento	30
3.2.4 Análise estatística dos dados	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34

4.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E A COMPARAÇÃO ENTRE PERÍODOS EM DIAS E ENTRE OS TRATAMENTOS.....	34
4.1.1 Densidade aparente do solo	35
4.1.2 Densidade de partículas	36
4.1.3 Porosidade total	37
4.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO COMPARAÇÃO ENTRE PERÍODOS EM DIAS E ENTRE OS TRATAMENTOS.....	39
4.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH) no extrato de saturação.....	42
4.2.2 Condutividade elétrica no extrato de saturação	43
4.2.3 Matéria orgânica.....	44
4.2.4 Nitrogênio (N)	45
4.2.5 Fósforo (P).....	46
4.2.6 Potássio (K)	47
4.2.7 Sódio (Na)	47
5 CONCLUSÃO	49
6 REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

As principais características do semiárido brasileiro são: clima semiárido, solos pobres em matéria orgânica e baixo índice pluviométrico, que leva a escassez hídrica. Dessa forma, as populações que residem nessas regiões necessitam de alternativas para sobreviverem, visto que, o homem não pode combater a seca, pois o que causa tal evento são fenômenos naturais (ALVES et al., 2015). Cabral et al. (2013), complementa que o Nordeste brasileiro é a região que enfrenta a maior escassez de água.

Nas regiões áridas e semiáridas, a agricultura irrigada apresenta-se como preocupação evidente, principalmente, pela grande demanda de água exigida pela irrigação e escassez das fontes de água nessas regiões (MEDEIROS, 2015).

Em contrapartida, a agricultura tolera o uso de águas com qualidade inferior, no entanto, o grande desafio para os pesquisadores é conseguir produzir tecnologias que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura irrigada alternativa, na busca por economia de água de boa qualidade, e produção econômica elevada, com isso, o uso de águas salinas e águas residuárias, estão sendo estudadas para que ocorra menor impacto ambiental e máximo retorno econômico (OLIVEIRA et al., 2011).

Conforme Mancuso e Dos Santos (2003), nas regiões áridas e semiáridas o desenvolvimento agrícola tem sido limitado devido à escassez de água, dessa forma para dar continuidade à produção agrícola é necessário o uso de fontes alternativas dentre elas o uso de efluente de fossa séptica se apresenta como uma opção viável. Baracuhy et al. (2015), reforçam que o semiárido sofre com as constantes secas e que é necessário desenvolver estratégias que possam amenizar os efeitos desse fenômeno natural e para equilibrar a relação oferta versus demanda de água o uso de efluente doméstico se apresenta como uma alternativa bastante interessante, por isso para manter a produção agrícola durante todo o ano, principalmente onde existe a prática da agricultura familiar há possibilidade de usar o efluente de fossa séptica como uma alternativa de água para irrigação das culturas agrícolas.

Fossa séptica são tanques fechados, onde as águas residuais são mantidas, de forma a que sejam sujeitas a uma ação mecânica (sedimentação e flotação) e a uma ação biológica (digestão anaeróbia ou fermentação séptica), que leva à estabilização parcial ou total das substâncias decantadas, produzindo efluente com qualidade razoável para ser reutilizado, na irrigação das culturas agrícolas (ANDRADE NETO et al., apud. CHERNICHARO, 2001).

A reposição da necessidade hídrica de uma cultura é de fundamental importância para o sucesso da agricultura irrigada. Pereira; Villa Nova e Sedyama (2013), descrevem o

lisímetro como constituído de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo que possibilita conhecer, com detalhe, alguns termos do balanço hídrico do volume amostrado, e também permite que seja feita uma avaliação mais precisa do fluxo drenado e dessa forma aplicar a lâmina de irrigação adequada.

Entre os setores que mais têm difundido o uso e águas residuárias, destaca-se o agrícola. Esta prática, quando realizada de forma controlada, permite a conservação dos corpos hídricos, uso da água de melhor qualidade para fins mais nobres e fornece consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, o que em melhora a sua fertilidade, tendo como consequência o incremento da produtividade das culturas e redução dos custos com adubação química (MEDEIROS et al., 2005). No entanto a propensão à salinização do solo é efeito negativo do uso de efluente, por isso a diluição do efluente, combinado com doses de MO podem minimizar este efeito. Dessa forma buscou-se encontrar a melhor combinação de Doses de MO e diluição do efluente.

A adubação orgânica é essencial por aumentar os teores de matéria orgânica do solo, melhorar a fertilidade do solo pelo aumento da capacidade de troca catiônica, liberação de nutrientes, além de proporcionar melhorias físicas ao solo, como por exemplo, agregação das partículas, a estruturação e estabilidade estrutural do solo, melhora a capacidade de retenção de água e favorece a fauna microbiológica (NASCIMENTO, 2003; SANTOS et al., 2006).

Conhecer as propriedades físicas e químicas do solo é considerado, atualmente, o princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala, e esse conhecimento também pode contribuir na adoção de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo (GREGO; VIEIRA, 2005).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos físicos e químicos no solo decorrente da aplicação de efluente doméstico de fossa séptica e esterco bovino.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

2.1.1 Textura do solo

A composição granulométrica, também conhecida como textura, é uma das características mais importantes do solo, isso acontece devido sua influência no regime hídrico, no regime térmico, no comportamento mecânico e também no comportamento dos nutrientes no solo (ALEXANDRE; MARQUES DA SILVA; FERREIRA, 2001).

Segundo Carneiro et al. (2009), a qualidade do solo é função de alguns atributos que promovem o bom desenvolvimento da infiltração e movimento de água no perfil, trocas gasosas, atividade biológica e mineralização de carbono, está intimamente ligado com a textura. A textura associa-se com as propriedades e os processos físicos do solo.

Nesse sentido, o impacto dos sistemas de preparo, colheita e manejo dos solos têm sido avaliados por meio de suas propriedades físicas relacionadas com a textura, como a densidade, a macroporosidade e a resistência do solo à penetração e a composição granulométrica. Logo, as propriedades físicas do solo são fundamentais para que o manejo e o estudo da sua qualidade física sejam significativos depende de sua composição granulométrica (PACHECO; CANTALICE, 2011).

É importante enfatizar que o tráfego intensivo de máquinas é o principal responsável pela alteração da textura do solo, além de aumentar a densidade e resistência do solo, e conseqüentemente diminuindo o espaço poroso e condutividade hidráulica, pois a textura influencia o comportamento do solo, quando submetido a pressões externas, pois determina o atrito entre as partículas e o tipo de ligação entre elas. Em geral, quanto maiores as partículas do solo, menor sua compressibilidade e agregação (LIMA; LEON; SILVA, 2013).

2.1.2 Densidade aparente (solo)

A densidade aparente do solo é uma das propriedades importantes na avaliação dos solos. Com base em Effgen et al. (2012), essa propriedade está aliada com a sua estrutura, à densidade de partícula e à porosidade do solo, podendo ser utilizada como uma indicadora de

processos de degradação da estrutura do solo, que pode alterar conforme o uso e o manejo do solo.

Segundo Silveira et al. (2010), a determinação da densidade aparente é usada, por exemplo, para a conversão da umidade determinada em base gravimétrica para a umidade em base volumétrica, utilizada nos cálculos de disponibilidade de água para as plantas e determinação da necessidade de irrigação. A determinação da compactação do solo também pode ser avaliada via densidade de solo. A princípio, a diversidade dos componentes minerais e orgânicos, bem como a proporção entre estes existentes em um solo determinam a densidade do material. A densidade aparente consiste na relação entre a massa do solo seca em estufa a 105° C e o volume real, considerando os volumes da matriz sólida e da porosidade total (g/cm^3). A densidade aparente pode ser feita pelo método do anel volumétrico, da proveta, do torrão, escavado, entre outros.

2.1.3 Densidade real (partículas)

A densidade de partículas refere-se apenas à fração sólida de uma amostra de terra, desconsiderando assim a sua porosidade. Portanto, entende-se como densidade das partículas a relação que esta associada entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado por esta fração sólida. No solo, a densidade de partículas seja ele em terra seca quanto molhada, é sempre a mesma, desde que se subtraia da massa da amostra o peso da água contida.

Nessa perspectiva, Caraffa, Pasioka e Shubeita, (2015), afirmam que nos solos, os valores de água e minerais são variáveis, em média, entre os limites de 2,3 e 2,9 g/cm^3 . Como valor médio, para efeito de cálculos pode-se considerar a densidade de partículas como sendo de 2,65 g/cm^3 . Isto porque os constituintes minerais predominantes nos solos são o quartzo, os feldspatos e os silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades de partículas estão em torno de 2,65 g/cm^3 .

Ainda na concepção dos autores supracitados, na determinação da densidade das partículas do solo é necessário obter o valor da massa da amostra e depois o volume dos sólidos presentes. A massa é obtida por simples pesagem em balança analítica. No que tange ao volume, pode ser obtido pelo Método do picnômetro com água; método do balão volumétrico; método de tensão. Sendo que o método do balão volumétrico é considerado o mais preciso dentre os métodos existentes (PIRES et al., 2008).

A determinação da densidade de partículas em um laboratório analítico, nada mais é do que a medida do volume de líquido deslocado por uma massa conhecida de partículas sólidas. Para Martins et al. (2009), os líquidos usualmente empregados são água e álcool etílico (preferencialmente este último).

2.1.4 Porosidade total

A porosidade total de um solo pode ser representada por cavidades de distintos tamanhos e modelos, determinados pelos arranjos das partículas solidificadas, e constituem a fração volumétrica do solo ocupada com ar e solução (água e nutrientes). A porosidade total corresponde ao espaço onde ocorrem os processos dinâmicos do ar e da solução do solo.

Nesse contexto, a porosidade total do solo interfere na aeração, bem como na condução e até na retenção de água. De acordo com Ribeiro et al. (2013), a porosidade do solo confere resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis. Sendo assim, o solo ideal deve apresentar um volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das plantações.

A porosidade total exerce também uma expressiva influência sobre a fertilidade do solo, afetando as relações entre drenagem, absorção de nutrientes, penetração de raízes, aeração e temperatura, relacionando-se diretamente com o desenvolvimento e produtividade das culturas. A análise dos poros do solo exige uma classificação dos mesmos em intervalos de tamanho distintos (NUNES et al., 2010).

Baseado em Ribeiro et al. (2013), a distribuição dos poros na matriz do solo desempenha um papel importante nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, caracterizando assim a evolução espacial e temporal dos processos que envolvem o movimento da água no solo. Assim sendo, a distribuição dos poros por seus tamanhos condiciona o comportamento físico-hídrico do solo, influenciando a potencialidade agrícola dos solos.

Portanto, para um conhecimento minucioso da permeabilidade do solo, dos processos de infiltração e redistribuição, da capacidade de retenção, e da extensão na qual a zona radicular é suprida com ar, a diferenciação da porosidade total de acordo com o tamanho dos poros do solo é essencial (CARAFFA; PASIEKA; SHUBEITA, 2015).

2.1.5 Umidade do solo

A determinação do teor de umidade do solo é primordial em várias situações na agricultura e é fundamental para que seja definido o momento ideal para que ocorram as operações mecanizadas e conseqüentemente seja controlado corretamente o manejo da irrigação. Contudo, o teor de água no solo pode possibilitar ou não a alteração da porosidade quando ele é submetido a uma carga, exigindo equipamentos que permitam o monitoramento espacial e temporal (EMBRAPA, 2013; BUSKE et al., 2014).

De acordo com Timm et al. (2006), a umidade influencia importantes processos no solo e na planta tais como: movimento de água, compactação do solo, aeração do solo e desenvolvimento radicular.

A umidade no solo constitui-se numa das variáveis mais importantes nos processos de troca entre o solo e a atmosfera, bem como para estudos de infiltração, de drenagem, de condutividade hidráulica e de irrigação, entre outros. Além disso, é uma variável indispensável para o entendimento de muitos processos hidrológicos que estão envolvidos em uma grande variedade de processos naturais (geomorfológicos, climáticos, ecológicos, etc.) que atuam em diferentes escalas espacial e temporal (ENTIN et al., 2000).

2.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

2.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é um indicador fundamental das condições química do solo. O pH possui a capacidade de interferir na disponibilidade de inúmeros elementos químicos essenciais ao desenvolvimento do vegetal, proporcionando o favorecimento ou não as suas liberações. Na agricultura convencional a determinação do pH do solo é realizada por intermédio de análises em laboratórios. O processo de uma análise química possui uma série de etapas a serem cumpridas para a produção de resultados confiáveis (HERNANDEZ et al., 2015).

Concordando com Amaral et al. (2012), a maioria dos solos brasileiros apresentam acidez média a alta, desta maneira, a eficiente caracterização da distribuição espacial do pH do solo para recomendações de calagem em taxa variável só é possível com uma alta densidade amostral. As inovações no campo de amostragem e análise se solos ou plantas estão

voltadas à obtenção de informações sobre as propriedades do solo ou da planta sem a necessidade de métodos de extração e análises caros e demorados.

O pH do solo é uma das propriedades químicas mais importantes na determinação da disponibilidade de nutrientes para as plantas, pois a faixa do pH aumenta ou diminui a eficiência nutricional no solo, por exemplo a disponibilidade de fósforo que é altamente dependente do potencial hidrogeniônico (FAGERIA, 1998).

2.2.2 Condutividade elétrica (CE)

A CE indica relação com concentração de sólidos dissolvidos e concentrações de sais. É indicadora de salinidade. A condutividade elétrica do solo é influenciada por diversos fatores, dentre eles alguns com bastante importância para a agricultura. É importante reiterar que a condutividade elétrica do solo pode ser medida com equipamentos relativamente simples e com grande eficiência operacional, no entanto, a condutividade elétrica se correlaciona com múltiplos parâmetros químicos e físicos do solo (SHUBEITA; VIT, 2010).

No que tange a determinação da condutividade elétrica do solo, os autores anteriormente citados afirmam que modelos que realizam medidas de condutividade elétrica do solo comercializados, são o sistema VERIS 3000 e o EM38. A utilização destes sistemas requer equipamento e implementos próprios para seu uso, e sendo necessário fazer as medidas antes e depois do plantio (TORRE NETO et al., 2010).

É notório observar que a condutividade elétrica do solo se relaciona intimamente com matéria orgânica, textura, nitrogênio, fósforo, potássio, pH, capacidade de troca catiônica entre outros, pois o excesso de sais diminui a permeabilidade do solo reduzindo taxa de infiltração, que dificulta a absorção dos nutrientes. Portanto, é possível investigar o grau de variabilidade de toda essa conjuntura de parâmetros com grande resolução espacial. Logo com a condutividade elétrica é possível traçar estratégias de amostragem do solo e orientar a análise para tratamento com taxa variada de insumos (JORGE; TORRE-NETO, 2012).

2.2.3 Matéria orgânica (MO)

A matéria orgânica do solo naturalmente encontra-se em uma condição de equilíbrio dinâmico, na qual seus minerais do húmus são compensados pela síntese do novo húmus. A

matéria orgânica do solo, sendo a mesma um material complexo constituído a partir da decomposição parcial de resíduos de origem vegetal e/ou animal, bem como mineralização e disponibilidade de nutriente com participação efetiva da comunidade microbiana edáfica (GUIMARÃES et al., 2012).

Nesse sentido, Cardoso et al. (2010), afirma que apesar de encontrar-se em torno de 1 a 5% na maioria dos solos agrícolas, a matéria orgânica exerce papel fundamental na manutenção da qualidade e fertilidade do solo, a matéria orgânica proporciona inúmeras funções no sistema edáfico, uma vez que a mesma exerce influência de seus principais processos químicos, físicos e microbiológicos, refletindo diretamente na capacidade produtiva de cada constituinte de solo. Essa influência da matéria orgânica advém da sua sensibilidade ao manejo utilizado e da sua própria capacidade na ciclagem dos nutrientes no sistema

A adição de material orgânico ao solo rompe o equilíbrio dinâmico do mesmo, ocorrendo então degradação intensa da matéria orgânica nativa ou da exógena, ou então de ambas, conforme o tipo, a evolução e a sucessão das diferentes comunidades de microrganismos do solo. Diversas alternativas de manejo têm priorizado a manutenção ou aumento da matéria orgânica, uma vez que o balanço entre entradas e saídas determina o status desse compartimento (COSTA JÚNIOR et al., 2012).

Já para Effgen et al. (2012), em sistemas agrícolas, é comum o revolvimento do solo e práticas que alteram suas propriedades físicas, gerando o rompimento dos agregados e favorecendo a liberação de CO₂ para a atmosfera. A compreensão da dinâmica da matéria orgânica do solo favorece o entendimento dos processos de decomposição e deposição do carbono no solo. Dentre as alternativas pode-se destacar a reciclagem agrícola de resíduos orgânicos, tal qual lodos de esgoto, cujas aplicações têm como base, geralmente, o fornecimento de N inorgânico.

Segundo Cardoso et al. (2007), o esterco bovino aumenta os teores de matéria orgânica e de nitrogênio e o principal nutriente liberado na solução do solo.

2.2.4 Nitrogênio (N)

O N é o nutriente que proporciona os maiores efeitos nos componentes do rendimento e na produtividade de plantas e vegetais, influenciando inúmeras características do crescimento e desenvolvimento de culturas. Assim, uma das principais ferramentas no manejo

da lavoura para obter altas produtividades é o uso de elevadas doses de fertilizantes nitrogenados (EMBRAPA, 2013; FOLLMANN, 2015).

Em se tratando de nitrogênio, Sangoi et al. (2011), declara que esse elemento químico é usado em grande quantidade na maioria das culturas agrícolas e o aproveitamento é relativo à sua fonte nitrogenada, dose, época e do modo de aplicação, das condições edafoclimáticas, do manejo do solo e dos resíduos culturais. A ureia é a fonte de nitrogênio mais usado em território brasileiro e apresenta a menor eficácia para um acentuado número de culturas em distintos solos e climas.

O Nitrogênio é o nutriente de manejo e recomendação mais complexos, em virtude da multiplicidade de reações químicas e biológicas a que está sujeito e de sua grande dependência das condições edafoclimáticas para absorção pela planta. O interessante é que apenas uma parte do Nitrogênio mineral aplicado no solo é absorvida pelas plantas. Logo, o restante é perdido pelo sistema agrícola por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação, tendo ainda uma fração que permanece no solo na forma orgânica (MOTA, 2015; ROJAS et al., 2012).

O esterco bovino atua como poderoso agente beneficiador do solo, capaz de melhorar substancialmente muitas de suas características físicas e químicas, proporcionando acúmulo de nitrogênio orgânico, (TEJADA et al., 2008).

2.2.5 Fósforo (P)

O fósforo é encontrado em diversos processos metabólicos nos vegetais, como na fotossíntese, respiração, transferências de genes e processos que envolvem transferência de energia. Segundo Barbosa et al. (2015), nos solos altamente intemperizados o fósforo apresenta intensa relação com os componentes mineralógicos. Essa interação é maior em solos argilosos. Esse fato faz com que a maior parte do fósforo esteja adsorvido fortemente, tornando-se indisponível às plantas.

Em conformidade com os autores já citados, o fósforo participa da síntese de macromoléculas e da absorção ativa de nutrientes. Além disso, esse elemento químico apresenta importância devido a sua interação com outros elementos, afetando a sua disponibilidade no solo e para a nutrição vegetal. O fósforo é o elemento que mais limita a produtividade dos solos do cerrado devido aos baixos teores presentes. Este elemento possui grande capacidade de ser adsorvido às partículas do solo, logo uma aplicação maior de adubos

fosfatados faz-se necessária (BARBOSA et al., 2015). Segundo Cassol, Gianello e Costa (2001), a adição frequente de resíduos orgânicos (ex. frango de corte e bovino leiteiro), pode permitir o acúmulo de P no solo inicialmente sob forma orgânica, que posteriormente é convertida em forma inorgânica devido à mineralização microbiana.

2.2.6 Potássio (K)

O sal potássio (K) está diretamente relacionado à biossíntese de compostos que afetam processos bioquímicos e fisiológicos das plantas. Embora o potássio seja um nutriente importante para o desenvolvimento da cultura e permita que plantas sobrevivam em condições adversas ela não é necessariamente essencial. No solo, elevadas concentrações de potássio podem interferir no crescimento das plantas em virtude do efeito osmótico e da toxicidade de íons específicos presentes na solução (EMBRAPA, 2013; TEIXEIRA et al., 2009). O potássio do solo é formado pelo K da solução, o K trocável, o K não trocável (fixado) e o K estrutural, e o suprimento de K para as plantas advém da solução e dos sítios de troca dos coloides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais (SPARKS; HUANG, 1985).

2.2.7 Sódio (Na)

O sódio encontra-se nos solos apenas em estado combinado, predominantemente em associação com sais. O sódio é adsorvido pelos minerais argilosos, mas a fixação é mais fraca do que a dos íons de potássio e, por este motivo, o sódio é mais propenso à lixiviação. Por isso, em áreas com muita precipitação, como os climas tropicais e semitropicais, os solos geralmente apresentam um baixo teor de sódio, que é levado para camadas mais profundas no solo (LIMA, 2015).

Sendo assim, o sódio do solo é uma condição que ocorre primordialmente nas regiões áridas e semiáridas do mundo. A precipitação pluviométrica limitada nessas regiões, associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização, drenagem deficiente e a utilização de água de má qualidade, conduzem à formação de solos com alta concentração de sódio e sais (EMBRAPA, 2013).

Lima (2015), enfatiza ainda que o emprego da irrigação sem um manejo eficiente e com as condições de drenagem deficientes contribuem para que o processo de salinização e o acúmulo de sódio no solo sejam acelerados, podendo atingir níveis prejudiciais à maioria das culturas em um espaço de tempo relativamente reduzido.

2.3 REUSO DE ÁGUA

A água é um recurso que proporciona a vida para a humanidade, não existe outra substância que possa substituí-la nos organismos, pois é ela que sustenta a biodiversidade e a produção de alimentos, suportando todos os ciclos naturais. As civilizações do passado e do presente, bem como as do futuro, dependem e dependerão da água para sua sobrevivência biológica, econômica e desenvolvimento cultural (MOTA DE OLIVEIRA; SILVA; CARNEIRO, 2013).

O reuso de água é fundamental na gestão dos recursos hídricos para que se possa gerir o equilíbrio entre as necessidades da população e a quantidade de água disponível para o consumo humano e dessa forma resolver um problema sanitário e ambiental, suprir escassez hídrica em regiões semiáridas fornecer nutrientes as culturas (CUNHA et al., 2011).

2.3.1 Uso de Águas residuárias

A água é utilizada em todos os segmentos da sociedade e está presente no uso doméstico, comercial, industrial e agrícola. O seu uso gera uma grande quantidade de efluente que deve ser descartado de forma segura a fim de proteger a saúde da população e evitar a poluição do meio ambiente. Segundo a NBR 9648 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), o esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Eles provêm principalmente de residências, edifícios comerciais ou quaisquer edificações que contenham dispositivos de utilização de águas para fins domésticos. Compõe essencialmente a água de banho, urina, fezes, restos de comida, detergentes e águas de lavagem.

O capítulo 18 da Agenda 21 (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992), é dedicado à proteção dos recursos de água doce numa perspectiva integrada do uso e gestão, apela à implementação de reuso de

águas residuárias, como instrumento de prevenção e controle da poluição. Os esgotos domésticos e certos efluentes industriais apresentam dentre seus componentes diversos elementos classificados como nutrientes necessários ao desenvolvimento de plantas. Esses elementos, quando lançados sem controle no meio ambiente, são a causa de impactos negativos de grande relevância aos recursos hídricos e ao solo. No entanto, quando reutilizados, podem favorecer a natureza pela eliminação de poluentes e pela economia que propiciam na redução da extração de matérias-primas da natureza.

A utilização de água residuária na agricultura busca a sustentabilidade, isso ocorre através da economia das águas superficiais não poluídas, promovendo a qualidade ambiental e fonte nutritiva às plantas, devido à quantidade de nutrientes diluídos nessas águas (NOBRE et al., 2010). Conforme Matos (apud. BORÉM, 2008), essas águas geralmente em sua composição possuem macro e micronutrientes, sendo que, grande parte desses nutrientes só é disponibilizada após a mineralização do material orgânico presente na água.

A aplicação de águas residuárias domésticas no solo é uma técnica importante, especialmente nas condições com clima tropical quando existem áreas disponíveis, no qual o Brasil possui condições favoráveis para essa prática. Estudos buscando aumento na produtividade quando utiliza água residuária, necessita que a mesma, esteja tratada corretamente, e ocorra manejo adequado. A maioria desses estudos está voltada para o reuso de água residuária doméstica, ocorrendo efeitos satisfatórios sobre o rendimento da massa seca e proteína bruta em diversas culturas agrícolas (ADEKALU; OKUNADE, 2002; GRATTAN et al., 2004; MOHAMMAD; AYADI, 2006; ERTHAL et al., 2010).

A salinidade é uma condição do solo que ocorre principalmente nas regiões áridas e semiáridas do mundo. A precipitação pluviométrica limitada nessas regiões, associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização, drenagem deficiente e a utilização de água de má qualidade, conduzem à formação de solos com alta concentração de sais (HOLANDA et al., 2007).

2.3.2 Efeitos ambientais e sanitários do reuso

As águas residuárias possuem constituintes químicos e microbiológicos que não são totalmente removidos ou inativados nas estações de tratamento. O residual de alguns desses pode constituir a causa de alguns riscos para a saúde pública e para o ambiente. O controle

desses riscos baseia-se necessariamente no conhecimento da sua proveniência e dos impactos sobre a saúde humana e no ambiente em geral.

No âmbito da reutilização de águas residuárias é muito importante o conhecimento das características qualitativas das mesmas, pois tal informação permite prever: as aplicações da reutilização, que dependem do volume de água disponível; a composição da água a reutilizar, que será função das características das águas residuárias brutas e do tipo de tratamento que receberam ou a que deverão ainda ser submetidas para se adequarem às utilizações desejadas (MONTE; ALBUQUERQUE, 2010).

A reutilização da água só contribui para a sustentabilidade do ambiente, quando ocorre de forma direta e planejada. A agricultura é uma das alternativas para a sua adequada utilização, controlando seu despejo em fontes de água, reciclagem dos nutrientes que estão presentes nessas águas na nutrição de plantas, aumentando a produção agrícola (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005).

Conforme Erthal et al (2010), a colocação de águas residuárias no sistema solo-planta, sem obedecer aos critérios agronômicos e ambientais, pode causar contaminação do solo, das águas e toxicidade às plantas; no entanto, se essa aplicação for bem planejada pode trazer benefícios, tais como fonte de nutrientes e água para as plantas, redução do uso de fertilizantes e de seu potencial poluidor, o que contribui para a sustentabilidade.

2.3.3 Características do efluente

O efluente deve ser usado com certo cuidado, pois são poucos os estudos quanto aos aspectos negativos causados pelo mesmo, tanto no solo, com possíveis contaminações causados pela presença de microrganismos patogênicos e/ou presença de metais pesados (SILVA et al., 2014).

Para Firmino et al. (2015), os efeitos da aplicação de água residuária nas propriedades químicas do solo, só são observados após longo período de aplicação, pelos atributos que definem sua composição física e química, pelas condições de clima e pelo tipo de solo.

Conforme Medeiros et al (2005), o uso planejado de águas residuárias implica na redução da captação dos recursos hídricos primários e de uma menor quantidade de efluentes gerados constituindo-se, pois, em uma prática eficiente para a conservação desse recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos.

Fatores geográficos, climáticos e econômicos ditam o grau e a forma de tratamento dos efluentes e o sua posterior utilização em diferentes regiões, e culturas agrícolas, uma vez que a irrigação é a atividade dominante para a referida prática. O emprego de água residuária como efluente na irrigação pode diminuir os custos de fertilização das culturas e o nível requerido de purificação do efluente e, conseqüentemente, os custos de seu tratamento; já que os efluentes contêm nutrientes e o solo e as culturas se comportam como biofiltros naturais (MARTINS et al., 2009).

2.4 USO DO ESTERCO BOVINO NA AGRICULTURA

Os efeitos do uso do esterco bovino na adubação têm sido relacionados com seu conteúdo de nutrientes e modificações nas propriedades físicas do solo, principalmente através da melhor agregação do solo que, por sua vez, influencia na capacidade de infiltração, retenção de água, drenagem, aeração, temperatura e penetração de raízes (OLIVEIRA et al., 2007).

Entre os pequenos e médios produtores de hortaliças o esterco bovino é o adubo orgânico mais utilizado no cultivo das hortícolas (DE OLIVEIRA et al., 2014). No agreste Paraibano uma das principais fontes de a adubação orgânica empregada pelos agricultores o esterco, isso ocorre devido o e baixo custo de aquisição, a disponibilidade local e também porque em alguns casos é a única utilizada para fertilização de culturas (GALVÃO; SALCEDO; OLIVEIRA, 2008).

Conforme Borchart et al. (2011), o cultivo de batata é uma atividade que exige aplicações elevadas de fertilizantes sintéticos, a prática de adubação orgânica com uso de esterco bovino é uma maneira de diminuir o uso desses fertilizantes, proporcionando rendimento elevado, com diminuição dos custos de produção e aumento da renda dos bataticultores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi instalado e conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situado na cidade de Pombal – PB. O município está situado na região semiárida do Nordeste brasileiro, no Estado da Paraíba, a 371 km da capital, João Pessoa. Encontra-se a aproximadamente 184 m de altitude média do mar, com as coordenadas 06° 46' 12'' S e 37 48' 07'' W. Sua população é representada por 32.110 habitantes, que ocupam uma área de 888,807 km², perfazendo uma densidade de 36,13 habitantes/km² (IBGE, 2010).

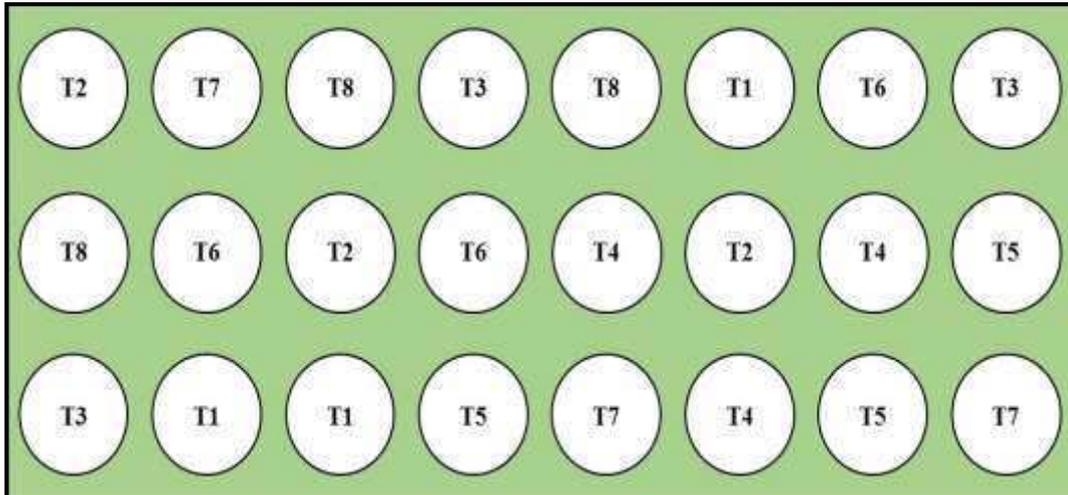
A cidade está inserida na unidade geoambiental da depressão sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino. A vegetação é basicamente composta por caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia. O clima é do tipo tropical semiárido, com chuvas de verão (MME, 2005).

3.2 FASE EXPERIMENTAL

3.2.1 Delineamento experimental

Os tratamentos corresponderam em 8 (oito) proporções de esterco e/ou efluente com 3 (três) repetições. As proporções foram definidas da seguinte forma: T1 (100% da matéria orgânica e 100% de água do abastecimento); T2 (100% do efluente); T3 (100% da matéria orgânica e 100% do efluente) e T4 (25% da matéria orgânica, 25% do efluente e 75% de água do abastecimento); T5 (50% da matéria orgânica, 50% do efluente e 50% de água do abastecimento); T6 (75% da matéria orgânica, 75% do efluente e 25% de água do abastecimento); T7 (25% da matéria orgânica, 75% do efluente e 25% de água do abastecimento) e T8 (75% da matéria orgânica, 25% do efluente e 75% de água do abastecimento). A figura 1 apresenta o esquema da área experimental com os tratamentos e as repetições.

Figura 1. Esquema da área experimental com os tratamentos e as repetições.



Fonte: Autor (2016).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com oito tratamentos e três repetições, onde a unidade experimental correspondeu em 24 parcelas, que são cada um dos lisímetros com capacidade de 500L aonde foram coletadas amostras de solo para análise, no início do experimento, a 30 e há 60 dias depois.

3.2.2 Métodos de coleta e Análises

Foram realizadas três amostragens de solo em cada um dos lisímetros, para cada coleta eram feitas duas tradagens usando um trado holandês, depois de seco a sombra, destorreado e passado na peneira de malha de 2,0 mm, o solo foi encaminhado ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), para realização da análise física e química, para qual foram feitas as seguintes determinações: textura, densidade aparente do solo, densidade de partículas, porosidade total, pH no extrato de saturação, condutividade elétrica no extrato de saturação, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) - as análises desses parâmetros foram mensurados a partir de metodologias recomendadas por Donagema et al. (2011).

O efluente utilizado foi de origem doméstica, coletado em uma fossa séptica pertencente ao Campus de Pombal. As propriedades físicas e químicas da água residuária estão representadas na tabela 1.

Tabela 1. Características Físicas e químicas da água residuária.

Parâmetros	Efluente
OD - mg/L	4,7
T - °C	30,0
Turb – NTU	8,94
pH	7,36
CE - dS/m	0,068
Cor	113,43
DT - mg CaCo ₃ /L	81,59
Ca - mg/L	36,75
Mg - mg/L	44,74
Cl - mg Cl-/L	94,96
P - mg/L	0,5413
N - mg/L	0,00010
Na - mg/L	0,0017
K - mg/L	0,0080

OD – oxigênio dissolvido; T – temperatura; Turb. – turbidez; pH – (potencial hidrogeniônico); CE – condutividade elétrica; DT – dureza total; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Cl-cloretos; P – fósforo; N – nitrogênio; Na – sódio; K – potássio.

Fonte: Autor (2016).

O esterco bovino, utilizado no experimento, foi preparada uma amostra e encaminhada ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), foi realizado a determinação da matéria orgânica (MO) conforme protocolo desenvolvido por Donagema et al. (2011); a qual apresentou o valor de 123 g/kg.

3.2.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em 24 lisímetros que foram construídos no Campus Universitário, agrupados em uma base de alvenaria com 6 m de largura por 22 m de comprimento. Para cada um dos lisímetros foi utilizada uma caixa de fibra de vidro com capacidade de 500 L. Para drenagem do fluxo em cada caixa foi feito um furo na lateral da base e em seguida foi colocado um cano de PVC de 50 mm. Cada um dos lisímetros foi

preenchido da seguinte maneira: uma camada de 15 cm de brita para facilitar a drenagem da água e uma camada de solo até a superfície da caixa. Para a pesquisa, o solo foi coletado em uma área próximo ao Campus de Pombal, onde foi retirada uma camada com 60 cm de profundidade. Nas figuras (2A e 2B) é possível observar como ocorreram as etapas de preenchimento dos lisímetros e nas figuras (2C e 2D) é possível observar os lisímetros na base de alvenaria e a drenagem da água.

Figura 2. Instalação e condução do experimento.



2A - Preenchimento da camada de brita;



2B - preenchimento com solo;



2C - disposição dos lisímetros na base de alvenaria;



2D - imagem da drenagem da água;

Fonte: Autor (2016).

O efluente utilizado no experimento foi oriundo do prédio da Universidade Federal de Campina Grande Campus de Pombal (UFCG/Pombal); a água residuária foi captada e

armazenada em uma caixa de fibra de vidro com capacidade de 1000 L; o transporte dessa água para os lisímetros foi realizado utilizando balde plástico com capacidade de 80L e um carro de mão, próximo aos lisímetros foram colocadas duas caixas de fibra de vidro com capacidade de 500L, uma foi utilizada para armazenar o efluente e a outra para armazenar a água de abastecimento, proveniente de uma torneira próxima ao experimento.

Antes de colocar os tratamentos os lisímetros foram colocados em capacidade de campo, para isso em cada lisímetro foi aplicada uma lâmina de 90 litros de água de abastecimento. Uma lâmina de reposição era aplicada a cada sete dias, o que correspondeu a uma quantidade de 50 litros de água de abastecimento e/ou efluente de fossa séptica. Para adubação foi utilizado o esterco bovino, que foi adquirido em um estábulo próximo a UFCG. O adubo foi incorporado ao solo antes de colocá-lo em capacidade de campo. A dose utilizada foi a recomendada para a agricultura familiar - 20 toneladas por hectare, recomendada por Pedrosa, Negreiros e Nogueira (1984), para as condições do Nordeste brasileiro.

Antes de instalar o experimento foram coletadas 24 amostras de solo; encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e foram submetidas à análise física e química conforme protocolo desenvolvido por Donagema et al. (2011), todas as análises foram feitas por mim; em seguida foram aplicados os tratamentos. Nas figuras (3A e 3B) é possível observar a coleta das amostras e a secagem de solo.

Figura 3. Coleta e secagem das amostras.



3A - coleta das amostras de solo;



3B - secagem do solo

Fonte: Autor (2016).

Durante o experimento foram coletadas amostras com 30 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos e realizadas as análises física e química.

O experimento teve uma duração de 60 dias, que resultou em três coletas de solo e na análise de 72 amostras.

3.2.4 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey a 5%. As análises de variância foram feitas com o auxílio do programa INSTAT.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E A COMPARAÇÃO ENTRE PERÍODOS EM DIAS E ENTRE OS TRATAMENTOS

Os valores médios dos resultados observados nas análises físicas do solo, no que concerne à densidade aparente, densidade de partículas e a porosidade total estão apresentadas na Tabela 2, com os resultados das comparações feitas entre os períodos de 0, 30 e 60 dias de execução do experimento através da análise de variância.

Tabela 2. Valores médios das densidades do solo e de partículas e da porosidade total, referentes aos períodos de 0, 30 e 60 dias.

Tratamento	Ds - kg.dm ³			Dp - kg.dm ³			Porosidade - %		
	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias
T1	1,46	1,38	1,43	2,71	2,65	2,67	46	48	47
T2	1,37	1,43	1,56 ^{*ac}	2,73	2,70	2,66	50	47	41 ^{*ac}
T3	1,44	1,40	1,51	2,72	2,67	2,65	47	47	43
T4	1,42	1,38	1,54 ^{*ac e bc}	2,72	2,66	2,67	48	48	42 ^{*ac e bc}
T5	1,38	1,38	1,56 ^{***ac e bc}	2,69	2,67	2,70	49	48	42 ^{***ac e bc}
T6	1,47	1,42	1,54	2,72	2,70	2,68	46	47	43
T7	1,40	1,37	1,51 ^{*ac e bc}	2,65	2,67	2,65	47	49	43 ^{*ac e bc}
T8	1,47	1,36	1,46	2,75	2,73	2,71	47	50	46

0 dias = a, 30 dias =b, 60 dias=c; *significativa nível de 5% (P<0,05); **significativa nível de 1% (P<0,01); ***significativa nível de 0,1% (P<0,001).

Fonte: Autor (2016).

Na Tabela 3, a seguir, encontram-se a comparação dos valores médios dos citados parâmetros, através da análise de variância, feita entre os tratamentos.

Tabela 3. Resumo das análises de variância das variáveis: densidade aparente do solo, densidade de partículas e porosidade total submetido a efluente e matéria orgânica com as médias dos tratamentos.

Período	Tratamentos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Ds (Kg.dm³)								
30 dias	1,38	1,43 ^{**1,2}	1,40	1,39 ^{**1,4}	1,38 ^{**1,5}	1,42 ^{*1,6}	1,37	1,36 ^{*2,8 e 5,8}
60 dias	1,43	1,56 ^{**1,2}	1,51	1,54 ^{**1,4}	1,56 ^{**1,5}	1,54 ^{*1,6}	1,51	1,46 ^{*2,8 e 5,8}
Dens. Part. (Kg.dm³)								
30 dias	2,65	2,70	2,67	2,66	2,67	2,70	2,67	2,73
60 dias	2,67	2,66	2,65	2,67	2,70	2,68	2,65	2,71
Porosidade total - %								
30 dias	0,48	0,47	0,47	0,48	0,48	0,47	0,49	0,50
60 dias	0,47	0,41 ^{*1,2}	0,43	0,42	0,42	0,43	0,43	0,46 ^{*2,8}

T1=1, T2=2, T3=3, T4=4, T5=5, T6=6, T7=7, T8=8; *significativa nível de 5% (P<0,05); **significativa nível de 1% (P<0,01); ***significativa nível de 0,1% (P<0,001)

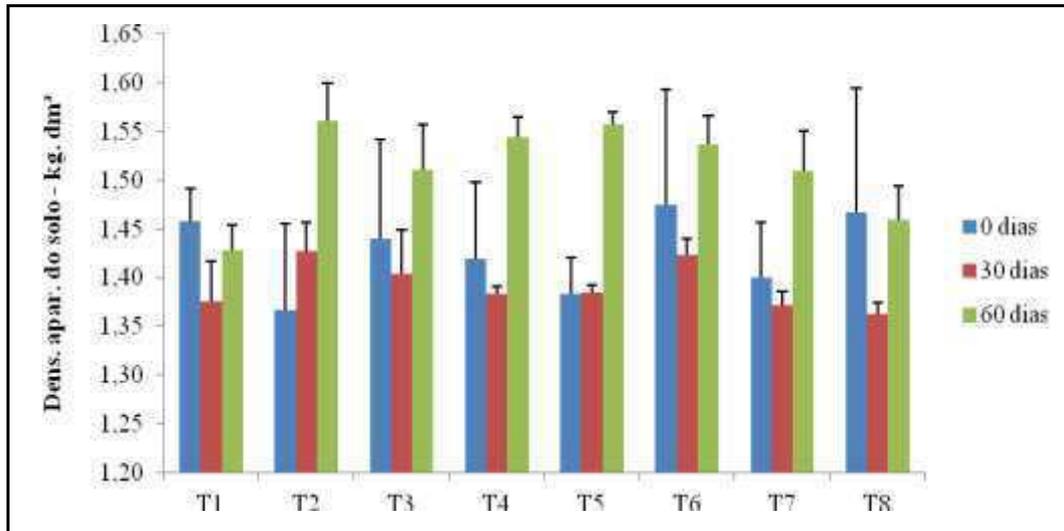
Fonte: Autor (2016).

4.1.1 Densidade aparente do solo

Conforme os resultados da análise de variância, observa-se que houve efeito significativo no aumento do valor da densidade do solo, no tratamento 2 quando se comparou o período de 0 com 60 dias; nos tratamentos 4, 5 e 7 houve variação quando foi realizada a comparação entre o período de 0 e 60 dias e também entre 30 e 60 dias. Para os demais tratamentos não houve efeitos significativos em nenhum dos períodos comparados. Não só nos tratamentos que houve variações significativas, mas em todos os tratamentos observou-se que ocorreu justamente o contrário do que se esperava para esse parâmetro, que era a redução dos valores, provavelmente isso ocorreu devido o longo período em que o solo ficou sem receber chuvas nem irrigações, com a aplicação das lâminas durante o experimento promoveu-se a acomodação dos agregados indicados ao curto período dessa análise.

Os valores médios, com seus desvios padrões, de densidade aparente do solo observados nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias estão exibidos na Figura 4.

Figura 4. Médias de densidade aparente do solo nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

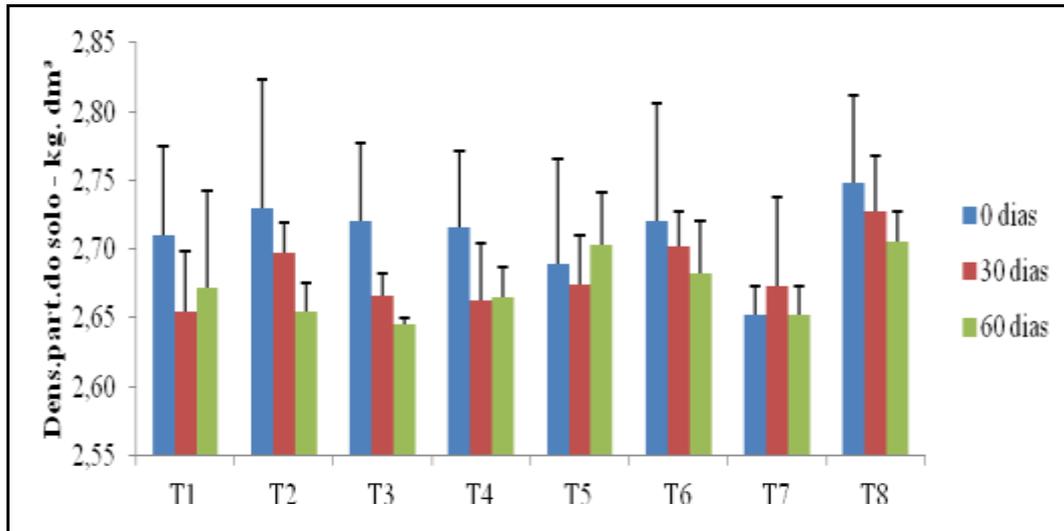
A análise da densidade aparente do solo (D_s) revela que todos os tratamentos, exceto o tratamento um, tiveram um acréscimo nos valores dessa variável. Essa mesma constatação foi feita por Silva et al. (2012), estudando as propriedades físicas indicadoras da qualidade do solo sob diferentes culturas e sistemas de manejo. Valores semelhantes foram encontrados por Gomes et al. (2015) e Vasconcelos et al. (2014), estudando as propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais também encontraram valores semelhantes e analisando a qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar, respectivamente.

4.1.2 Densidade de partículas

Através da análise de variância, foi possível observar que para a variável densidade de partículas não houve efeito significativo quando se comparou os períodos de 0, 30 e 60 dias e também quando se fez a comparação entre os tratamentos. Isso ocorreu devido os solos da região serem pouco desenvolvidos e apresentar muitos materiais originários, o quartzo, os valores observados encontrou-se na faixa de referência que é de $2,55 \text{ g.cm}^3$ a $2,7 \text{ g.cm}^3$ típicos de solos da região semiárida.

Na figura 5 estão exibidos os valores médios de densidade de partículas observados nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.

Figura 5. Médias de densidade de partículas nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

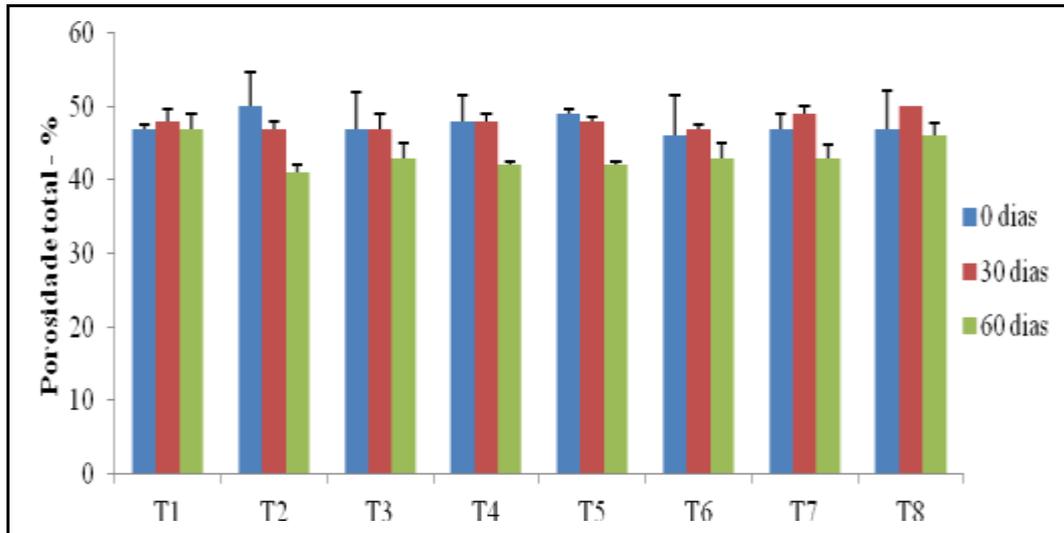
Estudando os tratamentos e comparando o período de 0, 30 e 60 dias verificou-se que não houve diferença significativa na densidade de partículas. No estudo sobre as propriedades físicas indicadoras da qualidade do solo sob diferentes culturas e sistemas de manejo, Silva et al. (2012), constaram que os diferentes sistemas de cultivo e manejo do solo e não afetaram a densidade de partículas. Gomes et al. (2015), estudando as propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais, verificaram que nem para sistemas, nem para profundidades estudadas não causaram diferenças na densidade de partículas.

4.1.3 Porosidade total

Conforme análise de variância para a porosidade total observa-se que houve efeito significativo no tratamento 2 quando se comparou o período de 0 com 60 dias; nos tratamentos 4, 5 e 7 houve variação quando foi realizada a comparação entre o período de 0 e 60 dias e também entre 30 e 60 dias. Para os demais tratamentos não houve efeitos significativos em nenhum dos períodos comparados.

Na figura 6 estão exibidos os valores de porosidade total observados nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.

Figura 6. Médias de porosidade total nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Estudando os tratamentos e comparando o período de 0, 30 e 60 dias verificou-se que os tratamentos 2, 4, 5 e 7 promoveram uma redução no percentual da porosidade total, quando comparou-se os períodos de 0 com 60 dias e também de 30 com 60 dias, a maior redução ocorreu quando se usou apenas o efluente como tratamento.

Através da análise de variância, é possível observar que para a variável porosidade total houve efeito significativo apenas entre o tratamento 1 e 2 e o tratamento 2 e 8 no período de 60 dias, no entanto verificou-se que um decréscimo nos valores analisados, isso ocorreu porque a porosidade e a D_s são grandezas inversamente proporcionais, a medida que a D_s cresce a porosidade total decresce. Essa constatação também foi feita por Gomes et al. (2015), quando estudou as propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. Alterações semelhantes foram constatadas por Vasconcelos et al. (2014), quando estudaram as propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de manejo. Esses autores compararam a porosidade total em solos sob mata nativa e sistemas cultivados e observaram que houve redução no volume total de poros.

4.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO COMPARAÇÃO ENTRE PERÍODOS EM DIAS E ENTRE OS TRATAMENTOS.

Os valores de pH, CE e MO observados na análise química do solo estão com suas médias representadas na tabela 4 (comparando o período em dias).

Tabela 4. Resumo das análises de variância das variáveis: pH no extrato de saturação, no CE extrato de saturação, MO, N, P, K e Na submetidos a efluente e matéria orgânica com as médias do período de 0, 30 e 60 dias.

Tratamento	pH no extrato de saturação			CE no extrato de saturação (dS.m ¹)			Matéria orgânica (mg.dm ³)		
	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias
1	7,52	8,02 ^{*ab}	7,92 ^{*ac}	0,21	0,51 ^{*ab}	0,53 ^{*ac}	22,33	7,83 ^{**ab}	8,79 ^{**ac}
2	7,29	8,31	7,96	0,28	0,43	0,51 ^{*ac}	23	5,48 ^{***ab}	8,55 ^{***ac}
3	7,62	8,19	8,09	0,2	0,58	0,62 ^{*ac}	23,33	4,86 ^{***ab}	9,65 ^{**ac}
4	7,93	8,42 ^{*ab}	8	0,27	0,52	0,59 ^{*ac}	23,67	5,45 ^{***ab}	9,10 ^{***ac, *bc}
5	7,75	8,01	7,91	0,35	0,7	0,57	22,67	6,55 ^{***ab}	7,76 ^{***ac}
6	7,78	8,14	8,02	0,25	0,44 ^{*ab}	0,58 ^{**ac}	23	4,79 ^{***ab}	7,14 ^{***ac}
7	7,49	7,81	7,92	0,36	0,8	0,75	23	5,55 ^{***ab}	8,83 ^{***ac}
8	7,52	8,02 ^{*ab}	7,92 ^{*ac}	0,24	0,59	0,51	22,67	5,65 ^{***ab}	7,38 ^{***ac}

0 dias = a, 30 dias =b, 60 dias=c; *significativa nível de 5% (P<0,05); **significativa nível de 1% (P<0,01); ***significativa nível de 0,1% (P<0,001)

Fonte: Autor (2016).

Os valores de N, P, K e Na observados na análise química do solo estão com suas médias representadas na tabela 5 (comparando o período em dias) e na tabela 6 (comparando os tratamentos).

Tabela 5. Resumo das análises de variância das variáveis: pH no extrato de saturação, no CE extrato de saturação, MO, N, P, K e Na submetidos a efluente e matéria orgânica com as médias do período de 0, 30 e 60 dias.

Tratamento	% N (Nitrogênio)			P (mg.dm ³)			K (CmolC.dm ³)			Na (CmolC.dm ³)		
	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias	0 dias	30 dias	60 dias
1	0,23	0,23	0,27	29	25,54	26,27	0,64	1,43	1,03	0,23	0,48 **ab	0,49 ***ac
2	0,17	0,2	0,23	23,67	15,02 ***ab	16,61 ***ac	1,11	0,72	0,56	0,26	0,46 *ab	0,62 *ac
3	0,2	0,27	0,23	37	31,95	31,69	0,57	0,96	0,88	0,25	0,55 **ab	0,67 ***ac
4	0,3	0,43	0,2	23	17,01	19,61	0,73	0,89	0,82	0,26	0,44	0,55 *ac
5	0,2	0,27	0,17	21	17,82	16,64	0,72	0,85	0,83	0,21	0,46 *ab	0,60 ***ac
6	0,33	0,5	0,23	30,67	19,98	21,45	0,59	0,84	0,89	0,18	0,51 ***ab	0,58 ***ac
7	0,3	0,27	0,17	21,33	15,42	19,17	0,65	0,66	0,88	0,28	0,49	0,66 ***ac
8	0,2	0,2	0,13	38,33	24,36	30,27	0,56	0,93	0,79	0,35	0,48	0,61 *ac

0 dias = a, 30 dias =b, 60 dias=c; * significativa nível de 5% (P<0,05); ** significativa nível de 1% (P<0,01); *** significativa nível de 0,1% (P<0,001)

Fonte: Autor (2016).

Tabela 6. Resumo das análises de variância das variáveis: pH no extrato de saturação, no CE extrato de saturação, MO, N, P, K e Na submetidos a efluente e matéria orgânica com as médias dos tratamentos.

Período	TRATAMENTOS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH no extrato de saturação								
30 dias	8,02	8,31	8,19	8,42	8,01	8,14	7,81	8,27
60 dias	7,92	7,96	8,09	8,00	7,91	8,02	7,92	8,09
CE no extrato de saturação (dS.m⁻¹)								
30 dias	0,51	0,43	0,58	0,52	0,70	0,44	0,80	0,59
60 dias	0,53	0,51	0,62	0,59	0,57	0,58	0,75	0,51
Matéria orgânica (mg.dm⁻³)								
30 dias	7,83	5,48	4,86	5,45	6,55	4,79	5,55	5,65
60 dias	8,79	8,55	9,65	9,10	7,76	7,14	8,83	7,38
% N (Nitrogênio)								
30 dias	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2
60 dias	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
P (mg.dm⁻³)								
30 dias	26	15	32	17	18	20	15	24
60 dias	26	17	32	20	17	21	19	30
K (mg.dm⁻³)								
30 dias	1,43	0,72	0,96	0,89	0,85	0,84	0,66	0,93
60 dias	1,03	0,56	0,88	0,82	0,83	0,89	0,88	0,79
Na (mg.dm⁻³)								
30 dias	0,48	0,46	0,55	0,44	0,46	0,51	0,49	0,48
60 dias	0,49	0,62	0,67	0,55	0,60	0,58	0,66	0,61

T1=1, T2=2, T3=3, T4=4, T5=5, T6=6, T7=7, T8=8; *significativa nível de 5% (P<0,05); **significativa nível de 1% (P<0,01); ***significativa nível de 0,1% (P<0,001);

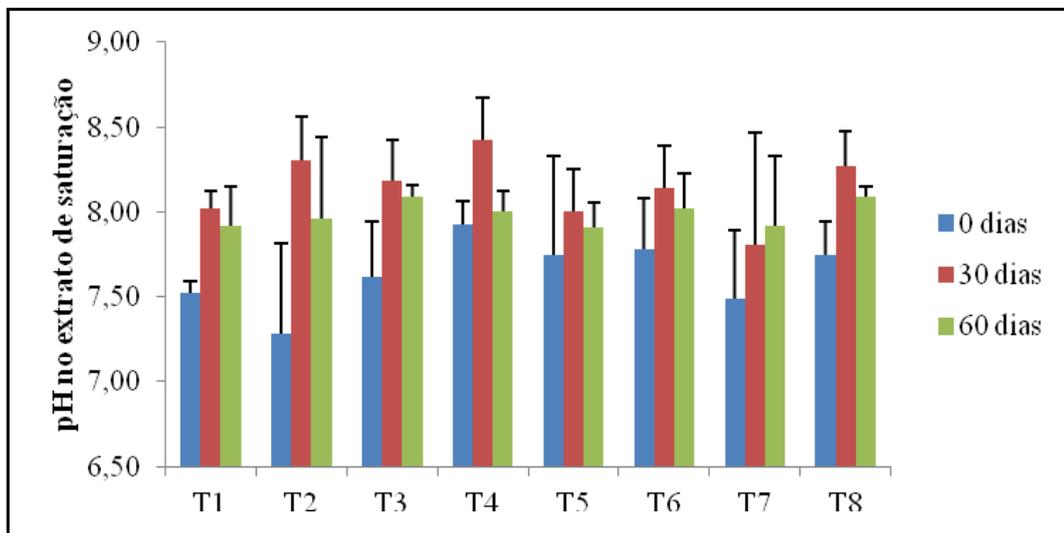
Fonte: Autor (2016).

Com base na análise de variância apresentada na tabela 5, quando se realizou a comparação das propriedades químicas do solo, verificou-se que para nenhuma das propriedades estudadas não houve variação significativa, isso provavelmente ocorreu devido ao curto período do experimento. De acordo com Firmino et al. (2015), os efeitos da aplicação de água residuária nas propriedades químicas do solo só ocorre após um longo período de aplicação.

4.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH) no extrato de saturação

De acordo com a análise para o potencial hidrogeniônico observa-se que houve efeito significativo no tratamento 1 quando se comparou o período de 0 com 30 dias nos tratamentos 4, 5 e 7 houve variação quando foi realizada a comparação entre o período de 0 e 60 dias e também entre 30 e 60 dias. Para os demais tratamentos não houve efeitos significativos em nenhum dos períodos comparados. No entanto podemos observar na figura 9 que houve um aumento nos valores de pH devido a decomposição da matéria orgânica, então, observa-se que há uma tendência de acréscimo.

Figura 7. Médias do pH no extrato de saturação nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



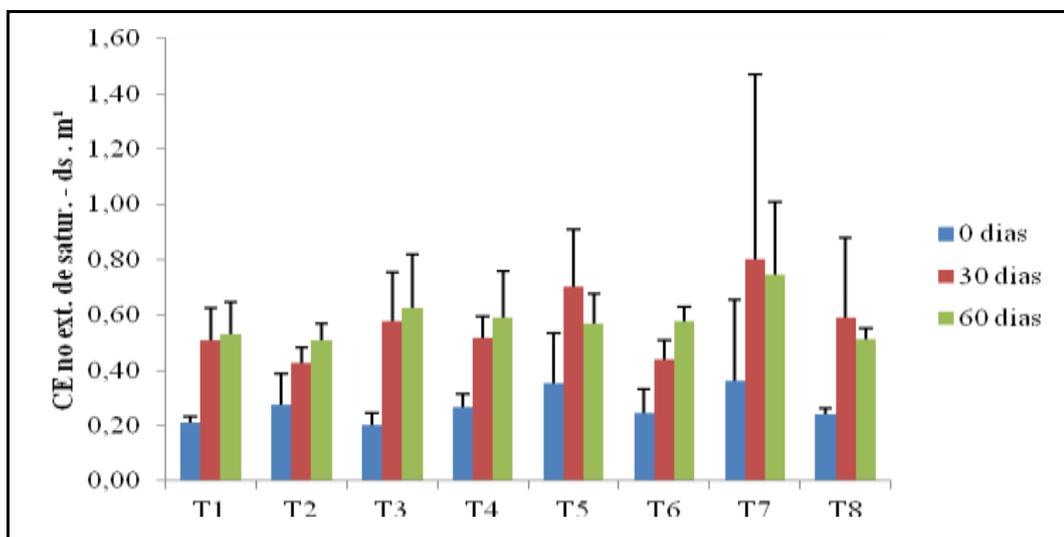
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Verificou-se que, mesmo nos tratamentos em que não houve variação significativa observou-se que do período de 0 dias a 60 dias houve um acréscimo nos valores do pH. Uma justificativa para essa elevação do potencial hidrogeniônico pode ser atribuído ao pH alcalino da água residuária aplicada. Medeiros et al. (2008), estudando os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de água residuária doméstica nas características químicas do solo, verificaram que o manejo com água residuária aumentou o pH do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Firmino et al. (2015) e Duarte et al. (2008), confirmando assim a capacidade que os efluentes tem em elevar o pH do solo.

4.2.2 Condutividade elétrica no extrato de saturação

Na análise da condutividade elétrica observa-se que houve variação significativa quando se comparou o período de 0 com 30 dias nos tratamentos 1 e 6; e 0 com 60 dias nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 6. Na figura 8 podemos observar que o esperado aconteceu, pois houve um acréscimo nos valores da CE isso ocorreu devido a aplicação de efluente.

Figura 8. Médias de condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



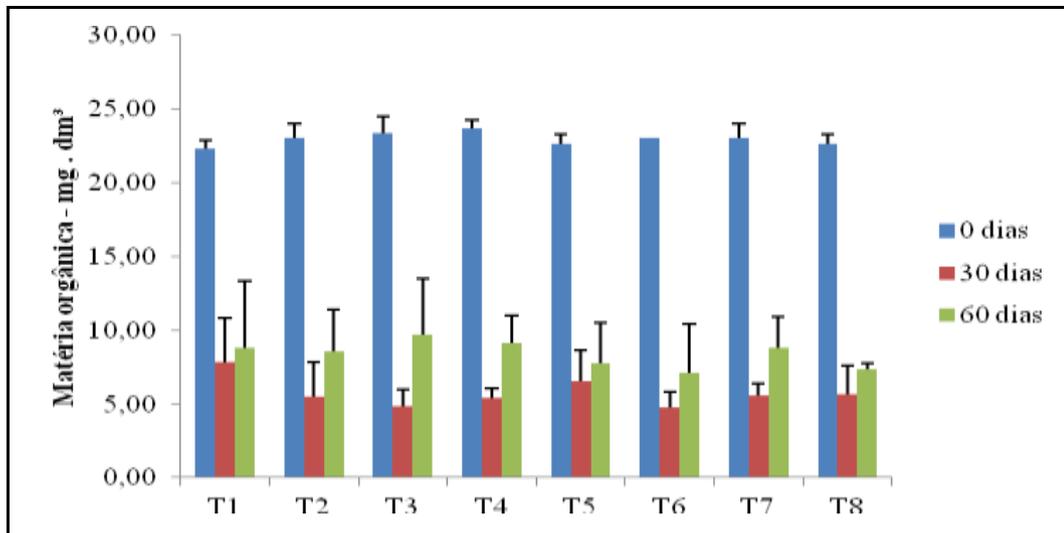
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Constata-se que, antes de colocar os tratamentos a faixa dos valores da CE eram de 0,20 dS.m⁻¹ a 0,36 dS.m⁻¹; no final do experimento os valores foram de 0,51 dS.m⁻¹ a 0,75 dS.m⁻¹ demonstrando que houve uma elevação nos valores da condutividade elétrica. Essa constatação também foi observada por Varallo et al. (2010) estudando as alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-Amarelo irrigado com água de reuso. Firmino et al. (2015), observaram que o uso de água residuária promoveu um aumento acentuado na CE do solo. No estudo desenvolvido por Mélo et al. (2005), observou-se que o incremento nas dosagens da água residuária da mandioca proporcionou aumento ns valores da condutividade elétrica do extrato saturado de Neossolo Quartzarêncio órtico, Latossolo Amarelo distrófico e latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Isso mostra que o uso do efluente contribui para a elevação nos valores de condutividade elétrica.

4.2.3 Matéria orgânica

Conforme análise de variância para a variável matéria orgânica observa-se que em todos os tratamentos ocorreram variações significativas quando foram feitas as comparações entre os períodos de 0 com 30 dias e também de 0 com 60 dias, verificou-se que 30 dias após a aplicação dos tratamentos ocorreu a decomposição da matéria orgânica (MO) começou a mineralizar e aos 60 dias começou a humificar. Na figura 9 podemos observar que em todos os tratamentos houve um decréscimo no valores da MO.

Figura 9. Médias da matéria orgânica (MO) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



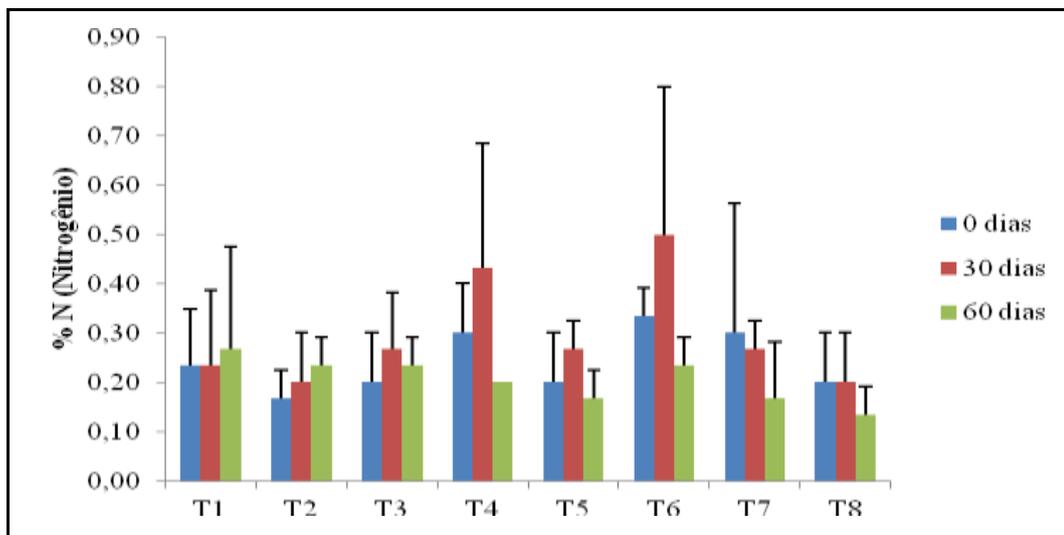
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Na avaliação da matéria orgânica nota-se que houve um decréscimo nos valores em todos os tratamentos, observa-se que no tratamento 1 onde não utiliza-se efluente a decomposição da matéria orgânica foi menor. Diminuição nos teores de MO em solos irrigados com água residuária também foram observados por Firmino et al. (2015) e Duarte et al. (2008), sendo justificada, provavelmente, pela alta concentração de nitrogênio e carbono que pode ter favorecido a rápida mineralização e diminuição dos teores de matéria orgânica dos solos desses tratamentos.

4.2.4 Nitrogênio (N)

Conforme análise de variância para a variável nitrogênio observa-se que quando foi realizada a comparação entre os períodos e também entre os tratamentos verificou-se que não houve efeito significativo, no entanto na figura 10 observa-se que os tratamentos 1, 2 e 3 tiveram um acréscimo desse nutriente.

Figura 10. Médias de nitrogênio (N) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



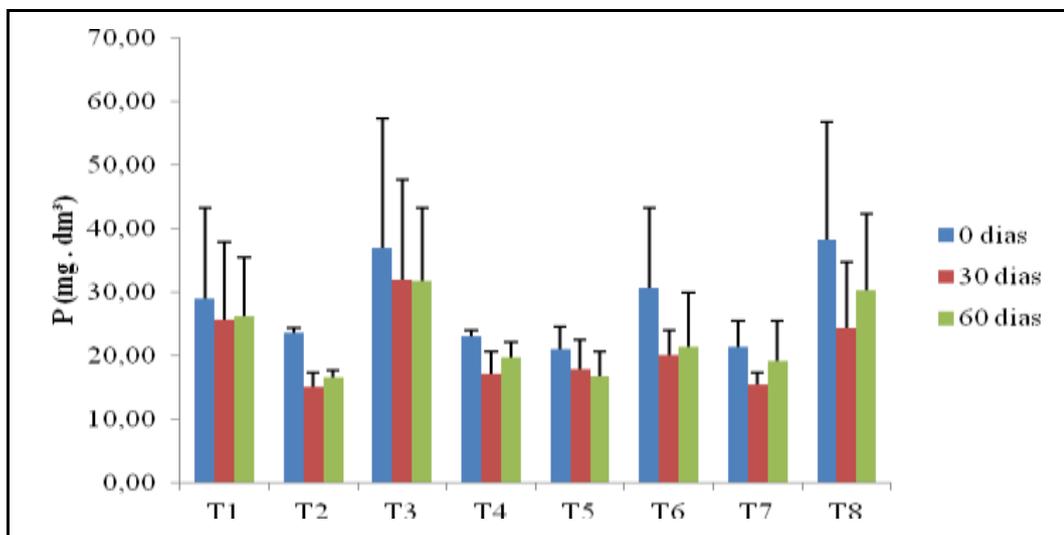
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Na análise da variável nitrogênio percebe-se que apenas os tratamentos 1, 2 e 3 tiveram acréscimo no valores na comparação entre os períodos de 0 e 60 dias, mesmo assim não foi significativo estatisticamente, Da Silva Dias et al. (2013), estudando os atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro também não verificaram efeitos significativo para essa variável. Maggi et al. (2011), observaram que as concentrações de nitrogênio total no percolado não foram influenciadas pela aplicação de água residuária da suinocultura nem pela adubação. Aguiar et al. (2006), também verificaram baixos conteúdos de nitrogênio total no percolado após a aplicação de resíduos bovinos e palha de arroz, o que indica que a redução desse nutriente no solo tem como principal causa a forma gasosa, através do processo de mineralização e volatilização respectivamente.

4.2.5 Fósforo (P)

Conforme análise de variância para a variável fósforo observa-se que apenas no tratamento 2 ocorreu variação significativa na comparação entre os períodos de 0 com 30 dias e também de 0 com 60 dias. Na figura 11 podemos observar que houve um decréscimo nos valores de P, no entanto quando comparamos o período de 30 com 60 dias notamos que houve acréscimos nos valores.

Figura 11. Médias de fósforo (P) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



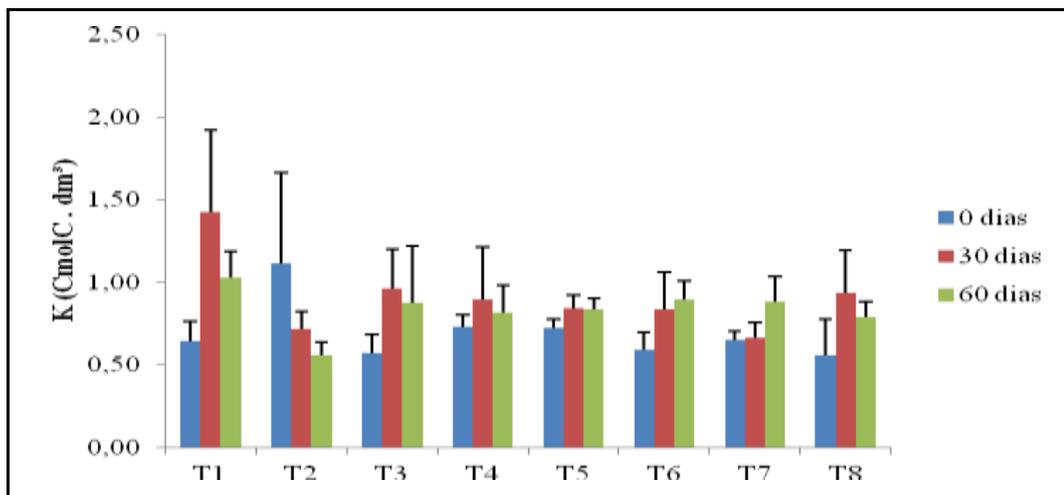
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Na análise da variável fósforo, nota-se que houve um decréscimo nos valores de P 30 após colocar os tratamentos, porém no intervalo de 30 a 60 dias, exceto no tratamento 5, houve um pequeno acréscimo sem significância estatística. Trabalhando com reuso de água residuária na produção de pimentão De Sousa et al. (2006), verificaram que durante o ciclo da cultura não houve acréscimo nos valores de P. Firmino et al. (2015), analisando as características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária tratada sob o cultivo do pinhão manso, constataram que redução no teor de fósforo no solo. Erthal et al. (2010), verificaram que as crescentes taxas de aplicação de água residuária da bovinocultura não foram suficientes para aumentar as taxas de P no solo. Isso aconteceu porque o conteúdo de fósforo presente no efluente não foi suficiente para manter ou aumentar o teor desse nutriente no solo.

4.2.6 Potássio (K)

De acordo com análise de variância para a variável potássio observa-se que em nenhum dos tratamentos ocorreu variação significativa, no entanto na figura 12 quando comparamos o período de 0 com 60 dias verifica-se que apenas no tratamento dois houve decréscimo no valores de K.

Figura 12. Médias de potássio(k) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

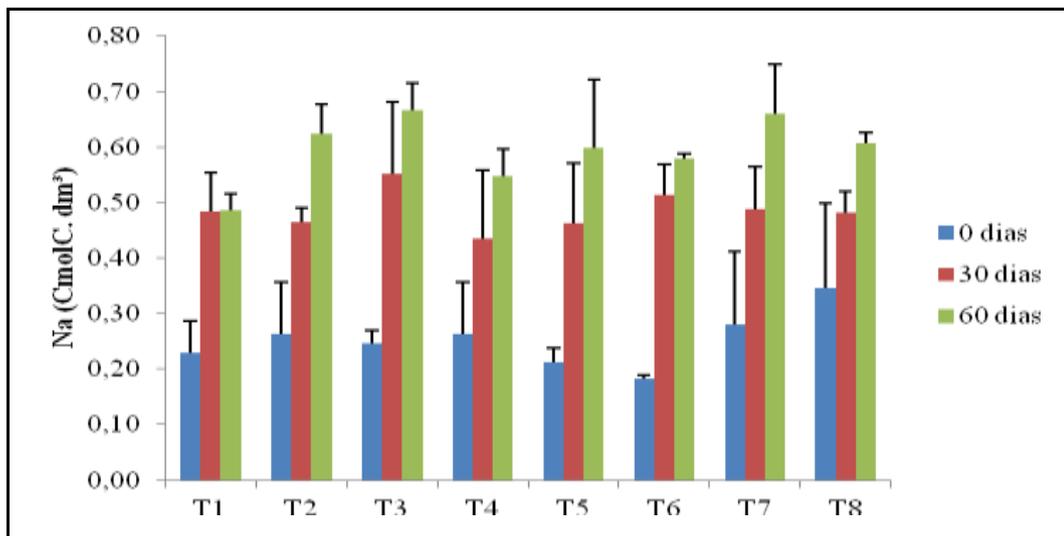
Não supunha que haveria resultado significativo para a variável K, em consequência do uso do efluente fato comprovado, pois no tratamento 2 que utilizou 100% efluente notou-se que houve decréscimo nos valores dessa variável, isso provavelmente ocorreu porque a concentração de potássio em água residuária em geral, não é alta. Duarte et al. (2008), ao estudar o efeito do efluente tratado no solo verificou que o uso de água residuária não provocou efeitos significativos nos valores de K. Essa constatação também foi feita por Caovilla et al. (2010), em estudos das características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura.

4.2.7 Sódio (Na)

Conforme análise de variância para a variável sódio observa-se que ocorreu acréscimo de Na no solo quando se realizou a comparação principalmente entre o período de 0 dias com

60 dias. Na figura 13, observa-se que o esperado aconteceu, os tratamentos 2 e 3 cuja irrigação foi feita com 100% de efluente, o tratamento 5 com 50%, os tratamentos 6 e 7 com 75% foram os que apresentaram maiores acréscimo na comparação entre 0 e 60 dias.

Figura 13. Médias de sódio (Na) nos tratamentos durante o período de 0, 30 e 60 dias.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Estudando os tratamentos e comparando o período de 0, 30 e 60 dias verificou-se que o sódio apresentou valores crescentes, principalmente quando analisou o período de 0 com 60 dias. Castro (2016), analisando o impacto do uso de efluentes nas características do solo da cultura do feijão-caupi brs novaera (*vigna unguiculata l.walp.*), identificou que o uso de efluente na irrigação promoveu uma elevação nos valores de sódio e que em longo prazo pode causar sodização e assim apresentará balanceamento nutricional e estrutural desequilibrado. Medeiros et al. (2005) e Azevedo et al. (2013), também verificaram que aumentando a proporção do efluente os valores do sódio também são acrescentados, isso confirma que a água residuária contribui para a elevação do sódio no solo.

5 CONCLUSÃO

O uso de efluente de fossa séptica e matéria orgânica promoveram alterações nas propriedades físicas: densidade do solo, porosidade total do solo e não afetaram a densidade de partículas.

Ocorreram elevações nos valores do pH e condutividade elétrica no extrato de saturação do solo; potássio e sódio. Enquanto que o nitrogênio e o fósforo tiveram um decréscimo.

A fertilidade do solo ao final do experimento foi afetada pela redução da matéria orgânica no solo.

O uso de 75% de matéria orgânica com 75% de efluente e 25% de água de abastecimento foi o mais recomendado em função dos menores riscos de degradação do solo.

6 REFERÊNCIAS

- ADEKALU, K. O.; OKUNADE, D. A. Effects of pond water and sewage effluent treatments on yield and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). **Tropical Agriculture**. St. Augustine, v. 79, n. 2, p. 120-124, mar. 2002. Trimestral.
- AGUIAR, M. I. D. et al. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, dez. 2006. Trimestral.
- ALEXANDRE, C.; MARQUES DA SILVA, J. R.; FERREIRA, A. G. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raios X vs. método da pipeta. **Revista de Ciências Agrárias**, Évora, vol. 24, n. 3-4, p. 73-81, dez. 2001. Semestral.
- AMARAL, V. P. de. et al. Distribuição espacial do pH e condutividade elétrica em um solo aluvial no Rio Grande do Norte. **Revista Agropecuária científica no semiárido**, Patos, v. 8, n. 1, p. 28-33, mar. 2012. Trimestral.
- ANDRADE NETO, C. O. et al. Decanto-digestores. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Org.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2001. p.117-154.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro ABNT, 1986. 7 p.
- ALVES, M. F. A. et al. Técnicas sustentáveis de convivência com a seca no semiárido: estudo de caso no município de São Bentinho-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal, v. 8, n. 2, p. 01-03, dez. 2015. Semestral.
- AZEVEDO, J. et al. Alterações químicas de cambissolo fertirrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, n. 2, p. 66-76, jun. 2013. Trimestral.
- BARACUHY, V. S. et al. Qualidade das águas cinza tratada com fitorremediação em unidades de produção agrícola. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 1, p. 187-192, mar. 2015. Trimestral.
- BARBOSA, N. C. et al. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, fev. 2015. Bimestral.
- BORCHARTT, L. et al. Adubação orgânica da batata com esterco bovino no município de Esperança-PB. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 482-487, jun. 2011. Trimestral.
- BUSKE, T. C. et al. Determinação da umidade do solo por diferentes fontes de aquecimento. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 315-324, junho, 2014. Trimestral.

CABRAL, L. N. et al. Problemas Ambientais, Desenvolvimento Sustentável e Recursos Hídricos na Zona Rural do Semiárido Paraibano, PB-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 5, p. 1159-1173, out. 2013. Bimestral.

CAOVILLA, F. A. et al. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 692-697, jul. 2010. Mensal.

CARAFFA, M.; PASIEKA, T. J.; SHUBEITA, F. M. **Monitoramento on-line de umidade do solo com auxílio de Rede de Sensores Sem Fio**. X Congresso Brasileiro de Agroinformática. 2015. Disponível em: < <http://eventos.uepg.br/sbiagro/pdf> > Acesso em: 20 nov. 2016.

CARDOSO, A. D. et al. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 06, p. 1729-1736, dez. 2007. Bimestral.

CARDOSO, E. L. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, set. 2010. Trimestral.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, fev. 2009. Bimestral.

CASSOL, P. C.; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 635-644, jun. 2001. Bimestral.

CASTRO, A. A. S. Análise do impacto do uso de efluentes nas características do solo da cultura do feijão-caupi brs novaera (*vigna unguiculata l. walp.*). **Agroforestalis News**, v. 1, n. 1, p. 41-47, jun. 2016. Semestral.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, Rio de Janeiro. **Agenda 21...** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

COSTA JÚNIOR, C. et al. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1311- 1321, ago. 2012. Bimestral.

CUNHA, A. H. N. et al. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 13, dez. 2011. Semestral.

DA SILVA DIAS, N. et al. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 661, dez. 2013. Quadrimestral.

DE OLIVEIRA, A. P. et al. Produtividade do quiabeiro adubado com esterco bovino e NPK. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 989-993, dez. 2014. Mensal.

DE SOUSA, J. T. et al. Reuso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 89-96, mar. 2006. Trimestral.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análise de solos** (Org.). Guilherme Kangussú Donagema... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 132).

DUARTE, A. S. et al. 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, jun. 2008. Bimestral.

ENTIN, J. K. et al. Temporal and spatial scales of observed soil moisture variations in the extratropics. **Journal of Geophysical Research**, Florida, v. 105, n. 9, p. 11865-11877, mai. 2000. Quinzenal.

EFFGEN, T. A. et al. Propriedades físicas do solo em função de manejos em lavouras. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 414-421, jun, 2012. Bimestral.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2013.

ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 467-477, mai. 2010. Mensal.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, abr. 1998. Quadrimestral.

FIRMINO, M. C. et al. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária tratada sob cultivo do pinhão manso. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 11, n. 2, p. 32-37, jun. 2015. Trimestral.

FOLLMANN, D. D. **Dinâmica do nitrogênio mineral no solo e produção vegetal em função da adubação nitrogenada da pastagem e do milho em sistema de integração lavoura-pecuária**. 50 f. (Dissertação de Mestrado) – Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Guarapuava: 2015.

GALVÃO, S. R.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 01, p. 99-105, jan. 2008. Mensal.

GRATTAN, S. R. et al. Evaluation of salt-tolerant forages for sequential water reuse systems. I. Biomass Production. **Agricultural Water Management**. v. 70, n. 1, p. 109-120, abr. 2004. Quadrimestral.

GOMES, R. L. R. et al. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belos, v. 9, Ed. Especial, dez. 2015.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, abr. 2005. Bimestral.

GUIMARÃES, D. N. et al. Qualidade da Matéria Orgânica do Solo e Estoques de Carbono e Nitrogênio em Fragmento de Mata Atlântica do Município de Neópolis, Sergipe. **Revista Scientia Plena**, Aracajú, v. 8, n. 4, abr. 2012. Mensal.

HERNANDEZ, A. G. et al. Mapeamento do pH do solo em tempo real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais...** . Natal: CBCS, 2015. p. 1 - 4.

HOLANDA, A. C. et al. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 39-50, jun. 2007. Semestral.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2010. **Mapas interativos**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/mapas/> >. Acesso em: 15 out. 2016.

JORGE, L. A.; TORRE-NETO, A. Agricultura de precisão. In: 1º WORKSHOP: O AGRONEGÓCIO NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO, 1., 2002, Brasília. **Anais...** . Brasília: AGROSFT, 2012. p. 1 - 6.

LIMA, G. S. et al. Crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 212-223, dez. 2015. Semestral.

LIMA, R. P. de; LEON, M. J. de; SILVA, A. R. da. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa: v. 60, n. 1, p. 016-020, fev, 2013. Bimestral.

MAGGI, C. F. et al. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 170-177, fev. 2011. Mensal.

MANCUSO, P. C. S.; DOS SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. Editora Manole Ltda, 2003, 576 p.

MARTINS, E. R. et al. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 1, p. 213-218, fev. 2009. Bimestral.

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: BORÉM, F. M. (Org.). **Pós-colheita do café**. 1. ed. Lavras, UFLA, 2008, p. 159-201.

MEDEIROS, A. S. **Cultivo de berinjela sob irrigação com água residuária, doses de nitrogênio e fósforo**, 2015. 63 fls. (Dissertação) Mestrado em Horticultura Tropical – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

MEDEIROS, S. D. S. e al. 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, dez. 2005. Trimestral.

MEDEIROS, S. D. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109-115, abr. 2008. Bimestral.

MÉLO, R. et al. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 383-392, dez. 2005. Quadrimestral.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado da Paraíba**: diagnóstico do município de Pombal. MME: Recife, 2005. 23 p.

MOHAMMAD, M. J.; AYADI, M. Forage yield and nutrient uptake as influenced by secondary treated wastewater. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 2, p. 351- 364, ago. 2006. Trimestral.

MONTE H. M. do; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de Águas Residuais**. Lisboa, Ed. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010.

MOTA DE OLIVEIRA, N.; SILVA, M. P.; CARNEIRO, V. A. Reuso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. **Élisée-Revista de Geografia da UEG**, Porangatu, v. 2, n. 1, p. 146-157, jul. 2013. Semestral.

MOTA, M. R. R. et al. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 512-522, fev. 2015. Bimestral.

NASCIMENTO, J. T. et al. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 07, n. 03, p. 457-462, dez. 2003. Quadrimestral.

NOBRE, R. G. et al. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 747-754, jul. 2010. Mensal.

NUNES, L. A. et al. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 71-78, fev. 2010. Bimestral.

OLIVEIRA, A. P. et al. Resposta do quiabeiro às doses de fósforo aplicadas em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, jun. 2007. Trimestral.

OLIVEIRA, F. A. et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 37-45, mar, 2011. Trimestral.

PACHECO, E. P.; CANTALICE, J. R. B. Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 403-415, abr. 2011. Bimestral.

PEDROSA, F. S.; NEGREIROS, M. Z.; NOGUEIRA, I. C. C. Aspectos da cultura do coentro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, vol. 10, n. 120, p. 75-78, 1984.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 2013, 183 p.

PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, v. 55, n. 2, p. 94-101, abr. 2008. Bimestral.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recurso naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 41 p.

RIBEIRO, K. D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, ago., 2013. Bimestral.

ROJAS, C. A. L. et al. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 261-270, out. 2012. Bimestral.

SANGOI, L. et al. A disponibilidade de nitrogênio afeta a sobrevivência e a contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 35, p. 183-191, dez. 2011. Trimestral.

SANTOS, J. F. et al. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 04, n. 01, p. 103-106, mar. 2006. Trimestral.

SHUBEITA, F. de M.; VIT, A. de. **Avaliação de uma Rede de Sensores Sem Fio Aplicado à Agricultura de Precisão**. Monografia. (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2010.

SILVA, L. L. et al. Utilização de efluentes domésticos no crescimento da pimenta (Capsicum chinense), cultivar tekila bode vermelha. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 35, n. 1, p. 121-133, 2014. Anual.

SILVA, P. C. et al. Propriedades Físicas Indicadoras da Qualidade do Solo Sob Diferentes Culturas e Sistemas de Manejo. **Jornada Acadêmica da UEG campus Santa Helena de Goiás**, Santa Helena de Goiás, v. 6, n. 1, 2012. Anual.

SILVEIRA, D. C. et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distorções no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, n. 34, p. 659-667, mar. 2010. Trimestral.

SPARKS, D. L.; HUANG, P. M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p. 201-276.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra** – 2ª ed. Companhia Editora Nacional. São Paulo: 2009, 624 p.

TIMM, L. C. et al. Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes. **Science Agricultural**. Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 55-64, fev. 2006. Bimestral.

TEJADA, M. et al. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. **Bioresource Technology**, Rockville, v. 99, n. 6, p. 1758-1767, mai. 2008. Bimestral.

TORRE NETO, A. et al. **Sistema de medida de condutividade elétrica do solo adaptado a um implemento agrícola (subsolador)**. 2010. Disponível em: < <http://www.agriculturadepre cisao.org.br/pdf> > Acesso em: 20 nov. 2016.

VARALLO, A. C. et al. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-Amarelo irrigado com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 372-377, abr. 2010. Mensal.

VASCONCELOS, R. D. et al. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 381-386, abr. 2014. Mensal.