



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

RAUL AURÉLIO DE ARAÚJO SANTOS

**INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE REPOUSO NA
CAPACIDADE DE PERCOLAÇÃO DE ESGOTO TRATADO
EM SOLO ARENOSO**

**NATAL- RN
2016**

Raul Aurélio de Araújo Santos

Influência do período de repouso na capacidade de percolação de esgoto tratado em solo arenoso

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Rodrigues dos Santos
Coorientador: Prof^a. MSc. Isabelly Bezerra Braga
Gomes de Medeiros

Natal- RN
2016

Catalogação da Publicação na Fonte
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Sistema de Bibliotecas Biblioteca Central Zila
Mamede / Setor de Informação e Referência

Santos, Raul Aurélio de Araújo.

Influência do período de repouso na capacidade de percolação de esgoto tratado em solo arenoso / Raul Aurélio de Araújo Santos. - 2016.

13 f. : il.

Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Rodrigues dos Santos.

Coorientador: Ma Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros.

1. Esgoto - TCC. 2. Percolação – TCC. 3. Condutividade hidráulica - TCC. I. Santos, Hélio Rodrigues dos. II. Medeiros, Isabelly Bezerra Braga Gomes de. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.3

Raul Aurélio de Araújo Santos

Influência do período de repouso na capacidade de percolação de esgoto tratado em solo arenoso

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 24 / Novembro / 2016

Prof. Dr. Hélio Rodrigues dos Santos – Orientador

Prof^a. MSc. Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros – Coorientador

Prof. Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto – Examinador interno

Eng^a. Izabela Cristiane de Lima Silva – Examinador externo

Natal-RN
2016

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande amigo e irmão, Renner Antônio, pelo incentivo e ajuda durante todo o período da graduação;

Dona Cristina, minha querida mãe, pelo carinho, auxílio financeiro, compreensão e por tudo que me proporcionou de melhor:

A minha irmã, Raionara Cristina;

Ao meu orientador, Hélio Rodrigues, pela confiança na realização do trabalho, pelas orientações e paciência;

Isabelly Bezerra, minha coorientadora, a qual considero uma das melhores professoras que tive durante minha graduação, juntamente com a professora Carina Lins, o meu muito obrigado, pelo auxílio na realização desse trabalho de conclusão de curso.

Aos meus grandes amigos de curso, Nicole Arouca pela ajuda em Algoritmo, Thiago Arnaud pela ajuda em Resistência dos Materiais, Bárbara Bitencourt e Gabriella Camilla por toda ajuda e paciência;

Ao funcionário/técnico, Sandro, do laboratório LARHISA;

Ao funcionário/técnico, Anderson, do laboratório de Solos da UFRN

A Ban, funcionário da ETE da UFRN pela colaboração na montagem dos experimentos;

Aos demais colegas do curso de graduação;

E a Deus;

Muito obrigado a todos!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema experimental.....	3
Figura 2 - Formato das colunas de infiltração.....	4
Figura 3 – Detalhe da parede interna das colunas.....	5
Figura 4- Curva Granulométrica da areia.....	7
Figura 5– Condutividade hidráulica ao longo do tempo.....	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições Operacionais Testadas.....	3
Tabela 2 - Índices físicos da areia.....	6
Tabela 3 – Cronograma de aplicação de esgoto nas colunas e de realização de ensaios de medição da condutividade hidráulica.....	8

RESUMO

Influência do período de repouso na capacidade de percolação de esgoto tratado em solo arenoso.

Os sumidouros e as valas de infiltração são as unidades de tratamento complementar e disposição final no solo dos efluentes provenientes de tanques sépticos mais amplamente empregados em virtude de sua simplicidade construtiva, operacional e baixo custo. Nestes sistemas, a capacidade de percolação de esgoto no solo diminui com o passar do tempo devido principalmente ao acúmulo de sólidos, provenientes do esgoto, nos interstícios dos grãos e ao desenvolvimento de biofilmes - denominado "biomat"- nas camadas do solo próximas à superfície. Tendo em vista estes aspectos, o tempo de repouso possibilitaria a rápida conversão dos sólidos orgânicos retidos a subprodutos metabólicos que não obstruem os vazios intergranulares, como os gases (p.ex.,CO₂), que são volatilizados ou sais minerais, que são ressolubilizados na água e lixiviados. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é avaliar a influência do período de repouso na capacidade de infiltração de sistemas de percolação em solo arenoso para os diferentes tempos de 12 horas, 24 horas, 48 horas e 7 dias, com aplicação de esgoto e sem aplicação de esgoto, sendo seu funcionamento intercalado de forma alternada. Para isso, foram montadas 12 colunas filtro-piloto, com carga hidráulica de 10cm de esgoto durante o período de aplicação, sendo alimentadas pelo efluente de um sistema de tratamento composto por tanque séptico seguido de filtro anaeróbio TS+FA_n. O experimento foi operado por 49 dias e durante esse processo foi realizado ensaios de condutividade hidráulica no efluente das colunas de percolação. Deste modo, foi possível que quanto menor o período de repouso a condutividade hidráulica tende a diminuir para um valor mínimo.

Palavras-chave: condutividade hidráulica; intercalado; percolação; esgoto

ABSTRACT

Influence of the rest period on the percolation capacity of treated sewage in sandy soil.

Sinks and infiltration ditches are the complementary treatment and final disposal units in the soil of effluents from septic tanks most widely employed because of their constructive, operational and low cost simplicity. In these systems, sewage percolation capacity in the soil decreases with time, mainly due to the accumulation of solids from the sewage, the interstices of the grains and the development of biofilms - called "biomat" - in the soil layers close to the surface. In view of these aspects, resting time would allow for the rapid conversion of the retained organic solids to metabolic byproducts that do not obstruct intergranular voids, such as gases (eg CO₂), which are volatilized or mineral salts, which are resolubilized in water and leachate. The aim of the present work was to evaluate the influence of the rest period on the percolation capacity of percolation systems in sandy soil for the different times of 12 hours, 24 hours, 48 hours and 7 days, with application of sewage and without sewage application, and its operation is intercalated alternately. For this, 12 pilot-filter columns were installed, with a hydraulic load of 10cm of sewage during the application period, being fed by the effluent of a treatment system composed of septic tank followed by anaerobic filter TS + FAn. The experiment was operated for 49 days and during this process hydraulic conductivity tests were performed on the effluent from the percolation columns. In this way, it was possible that the lower the rest period the hydraulic conductivity tends to decrease to a minimum value.

Keywords: hydraulic conductivity; intercalated; percolation; Sewer

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1 Delineamento experimental.....	3
2.2 Montagens dos experimentos.....	4
2.2.1 Solo de preenchimento das colunas.....	6
2.2.2 Tratamento do afluente às colunas de percolação.....	7
2.3 PROCEDIMENTO DE ENSAIO.....	8
2.3.1 Medição da condutividade hidráulica.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
3.1 Condutividade Hidráulica.....	10
4. CONCLUSÃO.....	12
REFERÊNCIAS.....	13

1. INTRODUÇÃO

Os sumidouros e as valas de infiltração são as unidades de tratamento complementar e disposição final no solo dos efluentes provenientes de tanques sépticos mais amplamente empregados em virtude de sua simplicidade construtiva, operacional e baixo custo. Os sumidouros (poços absorventes) são geralmente utilizados quando o solo apresenta maior permeabilidade, enquanto as valas de infiltração são empregadas para solos menos permeáveis (NBR 13969).

Nestes sistemas, a capacidade de percolação de esgoto no solo diminui com o passar do tempo devido principalmente ao acúmulo de sólidos, provenientes do esgoto do TS+FA, nos interstícios dos grãos e ao desenvolvimento de biofilmes - denominado *biomat* - nas camadas do solo próximas à superfície. Segundo TOMARAS et al. (2009), embora seja importante na remoção de constituintes dos esgoto, o desenvolvimento do *biomat* exerce também papel fundamental na colmatação do solo. A formação do *biomat* e a consequente colmatação do solo depende principalmente: da composição do esgoto, das características do solo, da temperatura e do método de aplicação (TOMARAS et al, 2009).

Em solos arenosos ou filtros de areia, a colmatação é influenciada principalmente pela carga hidráulica aplicada, pelo tempo de operação e pela frequência de dosagem (LEVERENZ et al., 2009). Uma das estratégias usada para prolongar a vida útil em sistemas de disposição no solo consiste na aplicação intermitente do esgoto nas unidades de infiltração, proporcionando-lhes um “tempo de repouso” entre as aplicações, que possibilita a reaeração dos vazios intergranulares, o que permite a digestão aeróbia do material orgânico retidos no solo.

Segundo LEVERENZ et al (2009), PAVELIC et al. (2011) e MEDEIROS (2016), o efluente tratado sob as condições anaeróbias e submetidos para percolação no solo nas mesmas condições provoca uma redução de forma acelerada da condutividade hidráulica. A aeração dos poros do solo, possibilitada pela aplicação intermitente do esgoto, permite que a degradação do material orgânico retido ocorra por meio do processo aeróbio, que possui metabolismo muito mais rápido e maior eficiência na degradação do material orgânico do que o processo anaeróbio. Assim, a aeração do sistema possibilita a rápida conversão dos sólidos orgânicos retidos a subprodutos metabólicos que não obstruem os vazios intergranulares, como os gases (p.ex.,CO₂), que são volatilizados ou sais minerais, que são ressolubilizados na água e lixiviados.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho é avaliar a influência do período de repouso na capacidade de infiltração de sistemas de percolação em solo arenoso ao longo de 49 dias de operação, para diferentes frequências de aplicação de esgoto de efluente proveniente de tanque séptico seguindo de filtro anaeróbio (TS+FA).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para analisar a influência do tempo de repouso na capacidade de percolação de esgoto em solo arenoso, foi investigada a aplicação de esgoto em colunas de percolação preenchidas com solo arenoso, nas quais o esgoto tratado era disposto de modo intermitente em intervalos alternados de aplicação e repouso, conforme indicado na Tabela 1. Cada condição operacional foi testada em triplicata.

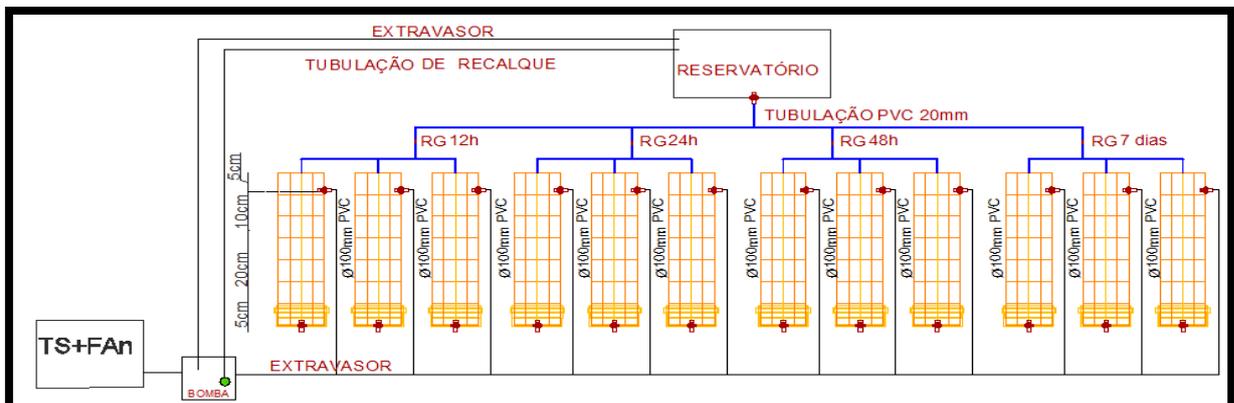
TABELA 1 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS TESTADAS

Colunas de percolação	Tempo de aplicação	Tempo de repouso
C12h	12 h	12 h
C24h	24 h	24 h
C48h	48 h	48 h
C7d	7 dias	7 dias

FONTE: SANTOS (2016)

As colunas foram alimentadas com o efluente de um sistema composto de tanque séptico seguido de filtro anaeróbico (TS+FA_n). Este efluente era bombeado até um reservatório superior, que abastecia as colunas de ensaio por gravidade (Figura 1). Nas colunas, durante o período de aplicação, o nível d'água era mantido constante, 10cm acima do topo do meio filtrante, o que era garantido por um extravasor existente em cada coluna. Nos períodos de repouso, as colunas esvaziavam completamente, possibilitando a reaeração do meio filtrante.

FIGURA 1 – ESQUEMA EXPERIMENTAL



FONTE: SANTOS (2016)

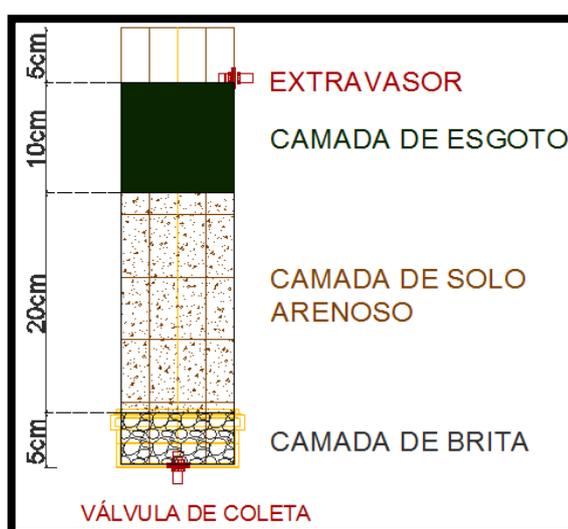
Para avaliar a capacidade de percolação das colunas ao longo do período de operação, foram feitos ensaios de condutividade hidráulica a cada quadro dias ao longo de 49 dias de operação.

2.2 MONTAGENS DAS COLUNAS DE PERCOLAÇÃO

As colunas de percolação utilizadas no experimento foram confeccionadas com tubos de PVC, com diâmetro de 100 mm e 40 cm de altura, com a base vedada por um CAP de PVC, no qual foi realizado um furo para introduzir uma válvula de pia, necessária para drenagem do efluente dos filtros. Durante o funcionamento, todas as colunas foram envolvidas com papel alumínio, de forma a impedir a insolação e possível desenvolvimento de algas.

No interior dos tubos de PVC, foi realizado o preenchimento com uma camada de 5cm de altura com brita nº 0 na base e em seguida o espaço logo acima foi constituído por uma camada de 20 cm de altura de solo arenoso e 10 cm acima do topo desta camada foi instalado um extravasor, que, durante a operação da coluna garantia que o nível d'água (carga hidráulica disponível) na coluna fosse constante ver Figura-(2).

FIGURA 2 – FORMATO DAS COLUNAS DE INFILTRAÇÃO

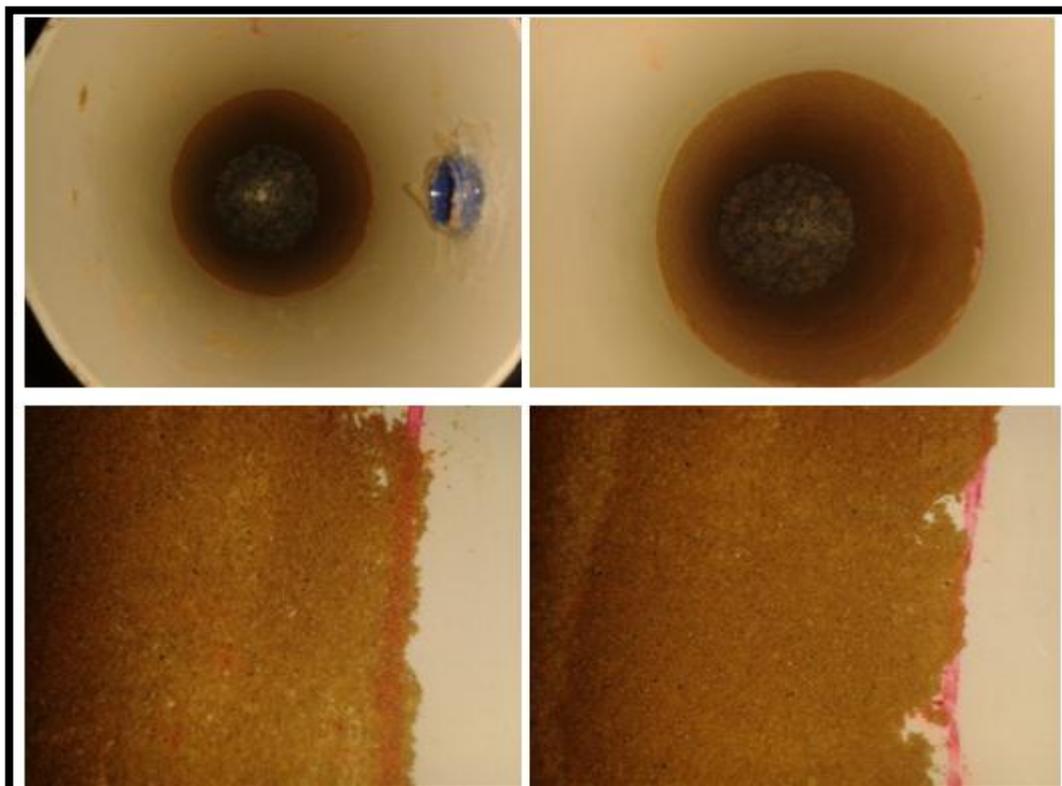


FONTE: SANTOS (2016)

Nas paredes internas dos tubos de PVC foi aplicada uma camada de cola e em seguida colocada uma porção de areia com a finalidade de deixar a superfície interna mais áspera na região onde foi preenchida por brita e solo, como mostra a Figura (3). Esta técnica foi adotada

com a finalidade de impossibilitar o escoamento de esgoto de forma intensa pela lateral do tubo. O esgoto infiltrava com fluxo descendente pelo solo e a brita ajudava na distribuição uniforme do escoamento no ponto de coleta do efluente realizado na válvula de pia.

FIGURA (3) – DETALHE DA PAREDE INTERNA DAS COLUNAS



FONTE: SANTOS (2016)

No local próximo ao sistema de tratamento (TS+FA_n) foi montada uma proteção para a alocação das colunas com toda área externa coberta por uma lona preta, a fim de deixar o interior das colunas bastante escuro. A alimentação das colunas foi realizada a partir de um tanque que armazenava o efluente do sistema de tratamento (TS+FA_n). Neste local, foi instalada uma bomba centrífuga que recalava até outro reservatório superior, a partir do qual o esgoto era distribuído por gravidade até as colunas.

Desta forma, para cada grupo de colunas existia um registro necessário para obedecer aos procedimentos de alimentação, ou seja, existia um registro para o grupo de colunas C12h que era necessário seguir o ciclo entre 12 h de aplicação, seguido de 12 h sem aplicação com o fechamento do registro para estas colunas. O mesmo processo foi feito para os demais grupos de colunas C24 h, C48 h e C7d.

As colunas C12h foram sempre ligadas às 8 h da manhã e desligadas às 20 h do mesmo dia, sendo novamente religadas no dia seguinte às 8h. Para as colunas C24h o

processo acontecia de forma semelhante, ligando sempre às 8 h da manhã, deixando passar um intervalo de vinte e quatro horas alimentadas com esgoto e desligando no dia seguinte às 8 h, passando um período de vinte e quatro horas sem aplicação de esgoto.

As colunas C48h e C7d também iniciavam o ciclo às 8 h da manhã e encerravam às 8h, após passar o período de aplicação de esgoto. Os experimentos foram mantidos na proteção com temperatura ambiente e livre de intempéries.

2.2.1 Solo utilizado no preenchimento das colunas

O solo utilizado nos experimentos foi coletado nas imediações da UFRN originário de sedimentos de dunas do Parque das Dunas de Natal/RN caracterizando-se como uma areia com granulométrica média e uniforme e cor avermelhada.

Neste local, foi coletada uma quantidade suficiente para o preenchimento das 12 colunas. Durante a coleta, realizou-se a retirada de uma camada de 10 cm da superfície do solo, a fim de eliminar componentes grosseiro, como pedras, grama ou raízes, e em seguida foram coletadas as amostras do tipo deformada, em sacos plásticos, para manter o teor de umidade de campo.

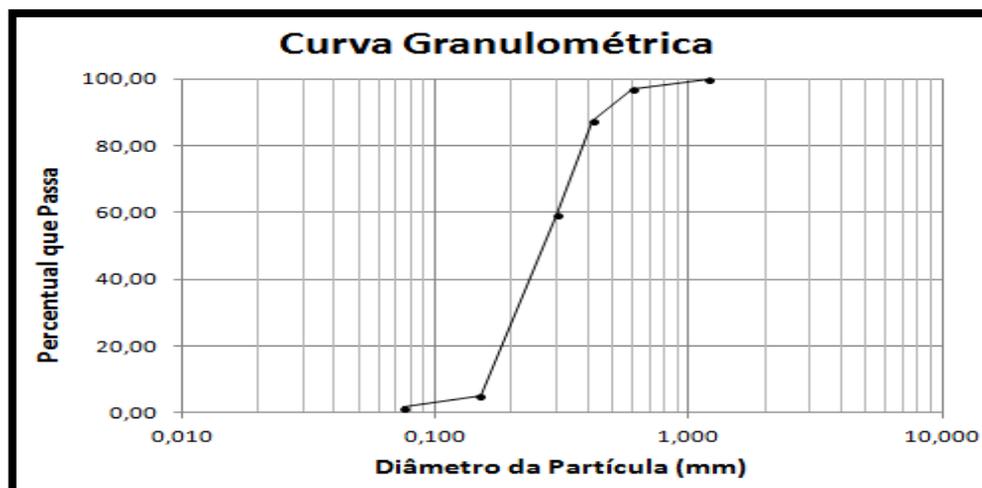
No laboratório, o solo foi espalhado sobre bandejas metálicas passando a secar de forma natural por dois dias e em seguida todo o material foi peneirado na peneira de 2 mm para eliminar novamente qualquer tipo de folha, pedras ou outros materiais indesejáveis. No fim deste processo foi realizado os ensaios de caracterização física do solo Tabela (2) e Figura (4) com base nas normas em vigor NBR 6508 para Massa Específica dos Sólidos e NBR 7181 para Análise Granulométrica, NBR 12004 para índices de vazios máximos e NBR 12051 para mínimos.

TABELA (2) - ÍNDICES FÍSICOS DA AREIA

ÍNDICES FÍSICOS	VALORES
Massa específica dos sólidos	2,534 g/cm ³
Coefficiente de uniformidade, Cu	1,818
Coefficiente de curvatura, Cc	0,891
Diâmetro efetivo, D10	0,165
Índice de vazios mínimo, emím	0,529
Índice de vazios máximo, emáx	0,773

FONTE: SANTOS 2016

FIGURA (4) - CURVA GRANULOMÉTRICA DA AREIA



FORTE: SANTOS (2016)

A quantidade de solo seco introduzido nas colunas foi determinada a partir do índice de vazios e da massa específica seca dos sólidos. O valor do índice de vazios foi obtido com base na equação (1), sendo adotado o valor para a densidade relativa de compactação igual a 70% para o estado natural da areia compactada (DAS,2006) apud MEDEIROS (2016).

$$e = \text{densidade relativa} \cdot (e_{\text{mín}} - e_{\text{máx}}) + e_{\text{máx}} \quad (1)$$

A compactação da massa do solo foi realizada em camadas e, para isso, no interior do tubo de PVC foram feitos anéis demarcando camadas de 5cm de altura, resultando em 4 camadas a serem compactadas, com o objetivo de atingir a densidade relativa desejada. A compactação foi realizada com um êmbolo de seção transversal circular compatível com a seção interna do tubo de PVC no qual foram adicionados 621,08g de solo para cada camada e compactado até atingir o anel de 5cm de altura para cada camada em execução.

2.2.2 Tratamento do afluente às colunas de percolação

O tratamento do afluente às colunas de percolação era realizado em um sistema constituído de tanque séptico (TS) seguido de filtro anaeróbio (FAn), tratando uma vazão de aproximadamente 10m³/dia. O esgoto bruto do TS apresentava características essencialmente doméstica e era composto por duas câmaras em série que alimentava quatro filtros anaeróbicos. O efluente dos filtros anaeróbicos alimentava um tanque de armazenamento, de onde era recalcado o esgoto para alimentar as colunas.

2.3 PROCEDIMENTOS DE ENSAIO

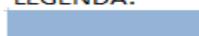
2.3.1 Medição da condutividade hidráulica

Os ensaios de condutividade foram realizados conforme o cronograma indicado na Tabela 3.

TABELA (3) – CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO DE ESGOTO NAS COLUNAS E DE REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

DATA	COLUNAS					Ensaio de Cond. Hidráulica
	12 horas 8:00h às 20:00h	12 horas 20:00h às 8:00h	24 horas	48 horas	7 dias	
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						

LEGENDA:

 Com aplicação de esgoto

 Ensaio de Condutividade

 Sem aplicação de esgoto

FONTE: SANTOS (2016)

Os ensaios de condutividade nas colunas C24h, C48h e C7dias, eram realizados pouco antes de encerrar o período de aplicação nas colunas C24h (às 08h da manhã). Nas colunas C12h, contudo, este ensaio era feito no mesmo dia das demais colunas, sendo que iniciando-se as coletas das amostras em torno das 18 h (logo, próximo ao seu horário de encerramento às 20 h).

Para a medição da condutividade hidráulica coletava-se o efluente das colunas com uma proveta graduada de 100 ml durante um intervalo de tempo suficiente para coletar um volume suficiente para uma leitura precisa. Com isso, conhecendo os valores da altura da camada de solo (20 cm), da carga hidráulica de esgoto sobre o solo (10 cm) e da área da seção transversal das colunas (78,54 cm²), utilizou-se a Equação (2) para obter o valor da condutividade hidráulica (DAS, 2006) apud MEDEIROS (2016).

$$K = \frac{V \times L \times 86.400}{t \times A \times (L+h) \times 100} \quad (2)$$

Onde:

K – condutividade hidráulica (m/dia)

V – volume coletado (ml)

L – altura da coluna de solo (cm)

t – tempo necessário para coletar V (s)

A – área da seção da coluna (cm²)

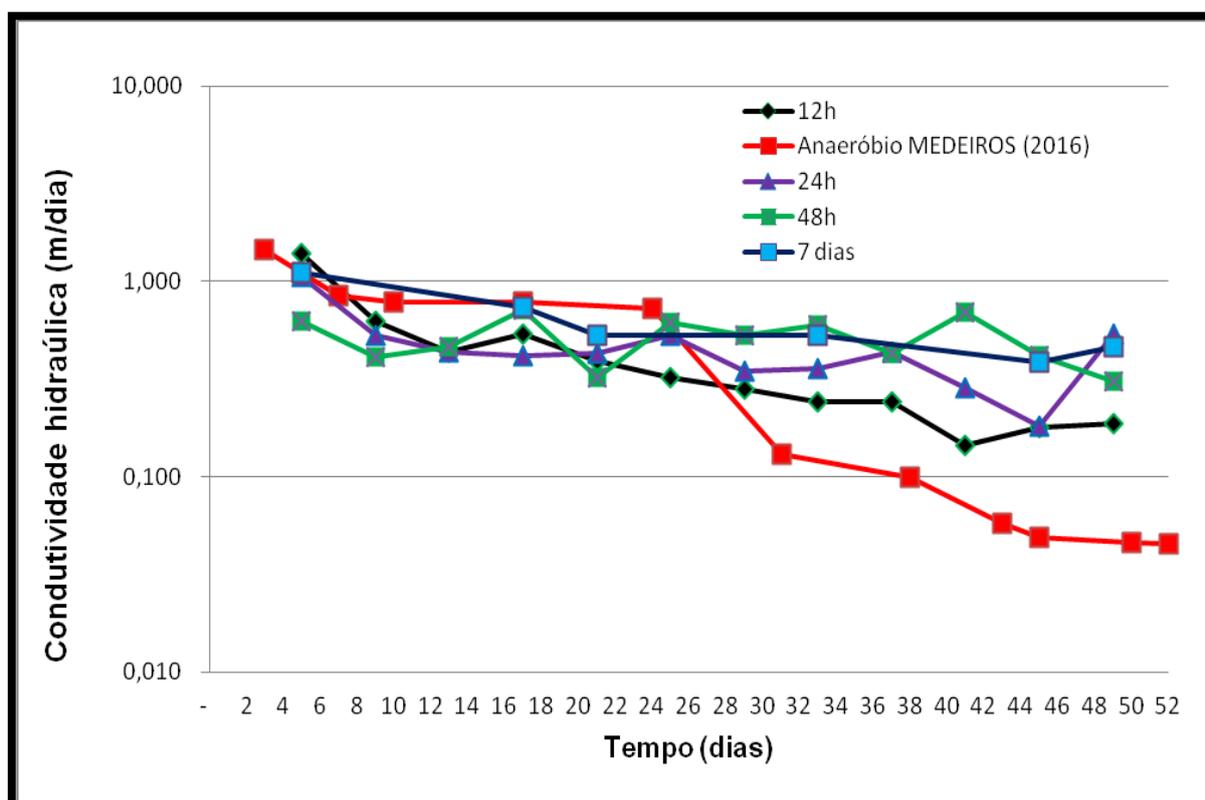
h – carga hidráulica sobre o solo (cm)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Os valores da condutividade hidráulica média ao longo do tempo medidos nas colunas de percolação onde houve aplicação intermitente do esgoto (C12h, C24h, C48h e C7dias) são mostrados na Figura-5. Para comparação com os resultados obtidos nesta pesquisa, na Figura-5 aparecem também os valores médios da condutividade hidráulica obtidos por MEDEIROS (2016), que aplicou o efluente do mesmo sistema de tratamento utilizado nesta pesquisa (tanque séptico seguido de filtro anaeróbico), o mesmo meio filtrante (mesma espessura e mesmo tipo de areia), sob a mesma carga hidráulica, em colunas de percolação operadas ao longo de 52 dias. No sistema operado por MEDEIROS (2016), contudo, a aplicação do efluente nas colunas foi feita de modo contínuo em todo o período da pesquisa, sem intervalos de repouso e, portanto, sem possibilitar a reaeração do sistema.

FIGURA 5- CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA AO LONGO DO TEMPO



FONTE: SANTOS (2016)

As colunas de C12h, C24h, C48h e C7d, assim como, o sistema operado por MEDEIROS (2016) apresentaram declínio acentuado na condutividade hidráulica até próximo ao 10^a dia de operação, aproximadamente (Figura 6), havendo uma redução mais gradual no

período subsequente. Para as colunas que passaram pelo processo de reaeração seus valores de condutividade permaneceram bem próximos e praticamente constantes ao longo dos 49 dias de operação, sendo que, a partir do 33^a dia as colunas C12h, C24h, C48h e C7d passaram a ter diferença significativa em comparação com o sistema operado por MEDEIROS (2016).

No 32^a dia as colunas C12h passaram a ter dificuldade de infiltrar toda sua carga hidráulica de 10cm de esgoto durante o período de repouso e impossibilitando o contato do oxigênio do meio atmosférico na superfície do leito filtrante.

No entanto, as condutividades caíram ao longo do tempo em todas as colunas, sendo que nas colunas em que ocorreram a reaeração a condutividade hidráulica passou a ser menor quanto menor o intervalo de tempo de repouso, porém essa queda na condutividade ocorre devido à redução do volume de vazios no solo ao longo do período, ocupados pelos sólidos retidos nas colunas e ao desenvolvimento de biofilmes - denominado “biomat”, sendo assim, a ocupação desses espaços vazios reduz a capacidade de infiltração do solo.

4. CONCLUSÃO

Foi possível observar a partir dos resultados obtidos que quanto menor o período de repouso a condutividade hidráulica tende a diminuir tendendo assintoticamente para um valor mínimo (que não pôde ser determinado nesta pesquisa, pois o tempo de operação foi pequeno).

5. REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. New York: American Public Health Association Inc., 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

DAS, Braja M.. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. 6. ed. Sacramento: Thomson, 2006.

LEVERENZ, Harold L.; TCHOBANOGLIOUS, George; DARBY, Jeannie L.. Clogging in intermittently dosed sand filters used for wastewater treatment. Water Research, p.695-705, fev. 2009.

MEDEIROS, Isabelly Bezerra Braga Gomes de. Emprego de geotêxteis não tecidos na percolação em solo arenoso com disposição de esgoto tratado sob condições anaeróbias. 2016. 34 f.: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica. 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12004: Solo - Determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos - Método de ensaio. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12051: Solo - Determinação do índice de vazios mínimo de solos não coesivos - Método de ensaio. 1991..

PAVELIC, P. et al. Laboratory assessment of factors affecting soil clogging of soil aquifer treatment systems. Water Research, p. 3153-3163, abr. 2011.

TOMARAS, Jill et al. Microbial Diversity of Septic Tank Effluent and a Soil Biomat. Applied and Environmental Microbiology, Colorado, p. 3348-3351, mar. 2009.