

## **II-146 – AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO AO REÚSO VOLTADO À PRODUÇÃO DE FORRAGEM ANIMAL COM CAPIM TIFTON-85 NO MUNICÍPIO DE FLORÂNIA**

**Guilherme José da Silva Diniz<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestrando em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFRN.

**Juliana Delgado Tinôco<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Potiguar (UNP). Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFRN.

**Izaldo Breno de Araújo Medeiros<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil na Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Cynthia dos Santos Araújo<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Civil na UFRN. Técnica em Refrigeração e Climatização pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Goiás, 302 - Neópolis - Natal - RN - CEP: 59080-390 - Brasil - Tel: (84) 99632-7838 - e-mail: [guilherme.diniz@live.com](mailto:guilherme.diniz@live.com).

### **RESUMO**

A prática de reúso de efluentes tratados têm sido estudada e implantada em diversas localidades, sobretudo em regiões de alta escassez hídrica em cenários distintos, como voltado à agricultura, usos industriais, entre outros. A reutilização de esgoto tratado na irrigação de áreas destinadas à produção agrícola pode subsidiar o desenvolvimento econômico de áreas que utilizam a agropecuária como principal fonte de emprego e renda, e não dispõe de recursos hídricos suficientes para desenvolvimento da atividade. O município de Florânia/RN, localizado na região do semiárido potiguar, é um dos exemplos dessas localidades. Sendo assim, esse trabalho objetivou verificar o potencial de implantação de um sistema de reúso irrigado, pelo efluente doméstico coletado e tratado no município, à produção de forragem animal com o capim Tifton-85, uma das culturas mais utilizadas na região. Para isso, utilizou-se o efluente de saída da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município para avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos para aproveitamento do efluente em uma área disponível para implantação do sistema. Os resultados indicaram que é necessária uma área de 5,6 há para aproveitamento de todo o efluente produzido. Além disso, para adequação dos parâmetros qualitativos avaliados, será necessário acrescentar uma unidade de desinfecção à ETE existente, cuja tipologia proposta foi por desinfecção UV. Sendo assim, verificou-se que a implantação da atividade no município é de grande potencial, visto que a área disponível possui grande proximidade com a ETE, bem como o pós-tratamento proposto é de baixa complexidade e requer pequena área para sua implantação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reúso, Irrigação, Tifton-85, Florânia/RN, Desinfecção.

### **INTRODUÇÃO**

A escassez hídrica tem sido um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (HESPANHOL, 2002). Com fins de incentivar o desenvolvimento dos municípios e evitar conflitos de uso da água, diversos estudos no Brasil mostraram que o reúso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) é viável para enfrentar a escassez hídrica e que podem ser destinados a diversos fins, como por exemplo, a produção agrícola e forragem animal.

Desde os anos 1970, o reúso agrícola para irrigação tem se intensificado gradativamente devido a fatores como: dificuldade de fontes alternativas de água para irrigação, custo elevado de fertilizantes, reconhecimento da importância da prática pelos órgãos públicos, aceitação social da prática, entre outros (HESPANHOL, 1994).

Além da preservação dos recursos hídricos, a aplicação de efluentes provenientes de ETEs na agricultura apresenta-se como fonte de água e nutrientes às culturas (GOMES et. al, 2013). Por consequência, esta prática promove o aumento da área cultivada e, portanto, é capaz de contribuir significativamente para a produção de forragem animal, maximizando os benefícios em regiões com baixos índices pluviométricos anuais.

De acordo com o último Panorama Norte Riograndense de Desertificação (MMA, 2005), nas regiões áridas e semiáridas a agricultura ainda desempenha importante papel socioeconômico, além disso, áreas que dispõem de tecnologia de irrigação apresentam um maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (TEIXEIRA, 2016). Nesse sentido, o reúso agrícola irrigado pode contribuir diretamente para o desenvolvimento destas áreas.

Os problemas associados ao reúso agrícola de efluentes de ETE para fins não potáveis, especialmente para irrigação, são: custos elevados dos sistemas de distribuição, dificuldade de operação e riscos potenciais de conexão cruzada. Por outro lado, os custos devem ser comparados com os benefícios oferecidos pelo sistema de reúso, entre eles: conservação da água potável e, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais, para abastecimento público (HESPANHOL, 2002).

O Rio Grande do Norte apresenta regiões onde a seca e a escassez hídrica são partes do cenário atual. Contudo, a prática do reúso agrícola ainda é incipiente. Localizado na mesorregião do Seridó, área cuja degradação foi grave e intensa, configurando um núcleo de desertificação, Florânia é um dos municípios norte-riograndenses acometidos pela seca e escassez hídrica, embora a atividade agropecuária contribua com 10,84% do PIB do município de acordo com o último levantamento registrado pelo IBGE (IBGE, 2016).

Neste município, 100% do esgoto coletado é submetido ao tratamento, que em seguida é lançado em um curso d'água efêmero, sem nenhum reaproveitamento controlado da qualidade. Embora seja frequente a produção de forragem alimentação animal no município, verificou-se que esta é realizada de forma mais intensa em períodos chuvosos pela maior disponibilidade de água, e dentre os alimentos produzidos, destaca-se o uso do capim Tifton-85. De acordo com SANCHES *et al* (2015), o capim Tifton-85 apresenta um elevado potencial produtivo associado a um alto valor nutritivo, sendo por isso, uma excelente forragem.

Com base no exposto, este estudo tem por objetivo verificar a qualidade do efluente produzido na estação de tratamento de esgotos do município de Florânia/RN, bem como o potencial de implantação de um sistema de reúso irrigado no município, voltado à produção de forragem animal com o capim Tifton-85. Nesse sentido, buscou-se analisar os aspectos quantitativos e qualitativos do esgoto gerado, verificando a demanda de irrigação, disponibilidade de área e a adequação da qualidade ao uso pretendido.

## METODOLOGIA

A área de estudo contempla a Estação de Tratamento de Esgoto localizada no município de Florânia/RN, nas coordenadas 6°7'53.36"S e 36°49'20.14"O. A ETE é dotada de três lagoas de estabilização dispostas em série, sendo uma facultativa e duas de maturação (ANA, 2015), que, em seguida, realiza a disposição final do esgoto no riacho denominado Russinho, de regime intermitente e adjacente a esta.

O efluente utilizado no presente estudo foi o coletado após a saída da última lagoa, o qual passou por todo o processo de tratamento. Objetivando aferir o potencial quantitativo ofertado do efluente para reúso irrigado controlado, obteve-se a vazão média efluente pela operadora dos serviços. De acordo com estimativa realizada com base no número de ligações e consumo de água, a estação eflui uma vazão média atual de 5,3 L/s (CAERN, 2019).

O balanço entre a oferta e demanda para o reúso foi realizado com base na demanda de água para irrigação da cultura de referência. Este cálculo de demanda foi realizado com base na evapotranspiração potencial da cultura de referência ( $ET_p$ ), que de acordo com a metodologia descrita por Bernardo (2006), é calculada pela equação (1):

$$ET_p = ET_0 \cdot k_c \quad (\text{equação 1})$$

Em que:

$k_c$  é o coeficiente da cultura;

$ET_0$  é a evapotranspiração de referência.

A evapotranspiração de referência foi obtida pelo método de Penman-Monteith, conforme descrito por Bernardo (2006). Os dados climatológicos necessários (temperaturas mínima e máxima, velocidade do vento) foram obtidos na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) medidos na estação climatológica localizada na cidade de Caicó/RN, por possuir características climáticas semelhantes ao do local do estudo. Foram adotados considerando uma série histórica anual, correspondente ao período entre 15 de julho de 2018 a 15 de julho de 2019. Para o coeficiente de cultura médio do capim Tifton-85, foi adotado o valor de  $k_c = 1,07$ , conforme obtido por Santana *et al* (2016).

A técnica de irrigação adotada foi a irrigação por aspersão, que pelas recomendações destacadas por Duarte (2006), é indicada quando a qualidade do efluente não apresenta riscos à saúde e ao meio ambiente. Foi contabilizada no cálculo, a eficiência de aplicação da irrigação, correspondente a porcentagem de água que atinge a superfície do solo e/ou plantas, já que, conforme destacado por Bernardo (1987), é de capital importância para o Nordeste e regiões de umidade relativa baixa. O valor adotado foi de 80% (0,8), mais frequentemente aceito em projetos de irrigação por aspersão.

Quanto ao aspecto qualitativo do esgoto tratado, foram obtidos laudos de monitoramento de sua qualidade através das análises feitas pelo Laboratório Central de Monitoramento de Efluentes da prestadora dos serviços (CAERN). Os laudos fornecidos basearam-se em um total de quatorze (14) amostras, correspondentes a um período de quase sete anos de monitoramento, dentre os meses de outubro de 2011 a janeiro de 2018, os quais foram submetidos à análise estatística para caracterização.

Para o enquadramento do efluente ao reúso proposto, adotaram-se as diretrizes preconizadas na Lei Municipal nº 4.603/13 do município de Caicó/RN, que dispõe de critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizado nas atividades de produção agrícola, fins urbanos e piscicultura.

Ao comparar a qualidade do efluente lançado, através da série histórica do monitoramento, com o padrão exigido, buscou-se a técnica mais adequada para o pós-tratamento necessário à consecução de um efluente com as características propícias ao reúso pretendido. A análise da técnica e dimensionamento foi feita baseada nos resultados obtidos pelas técnicas constadas na literatura.

Aspectos voltados à aptidão do solo à irrigação não foram considerados neste estudo, embora sejam importantes para implantação de um sistema de reúso sustentável, já que a quantidade de efluentes lançados no solo pela irrigação pode impactar as suas propriedades (ARRUDA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, conforme a metodologia utilizada, indicaram uma demanda de irrigação do capim (evapotranspiração potencial da cultura) correspondente a  $8,07 \text{ mm.dia}^{-1}$ . Ao balancear a vazão disponível diária de efluente com a demanda da cultura, percebeu-se que o potencial de irrigação é conseguido em uma área de 5,6 ha.

A partir de visitas a campo, identificou-se que há área disponível para toda a oferta de esgoto tratado na ETE à irrigação, conforme destacado na Figura 1. A área em sua totalidade dista 700 m de seu centro geométrico ao ponto de saída do esgoto da ETE, além de apresentar relevo levemente inclinado e solo argiloso.



**Figura 1: Área disponível para reúso irrigado em Florânia/RN.**  
Fonte: Google Earth (2020).

Os parâmetros do efluente tratado, os quais devem ser adequados ao padrão de referência adotado, são mostrados na Tabela 1, bem como os valores que deverão ser enquadrados pela Lei Municipal 4.603/13. Não se incluíram, no estudo, os parâmetros ovos de helmintos e Razão de Adsorção de Sódio (RAS) pela inexistência de resultados registrados pela CAERN.

**Tabela 1: Características da água de reúso e valores de referência para a Lei Municipal 4.603/13 do município de Caicó/RN.**

PARÂMETROS	Número de amostras	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Valores de Referência para Reúso em Produção Agrícola e Forragem (Lei Municipal 4.603/13)
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	14	1,48E+05	9,20E+04	3,30E+03	9,20E+05	2,58E+05	≤ 1,00E+03/100mL
pH	14	7,5	7,5	6,9	7,9	0,2	6,5 a 8,4
Condutividade Elétrica (dS/m)	14	1,5	1,4	1,0	2,5	0,4	0,5 a 3

Para a correta operação do pós-tratamento a ser proposto, ou seja, obtenção de um efluente que atenda as exigências em 100% do tempo de operação, adotou-se os valores máximos registrados ao longo da série de monitoramento.

Ao se comparar o esgoto efluente à ETE com os critérios adotados pela legislação, percebeu-se que apenas o parâmetro coliformes termotolerantes, o qual apresentou  $N_0 = 9,2E+05/100mL$ , não se enquadrava no limite estabelecido ( $N \leq 1000/100 \text{ ml}$ ). Com isso, o pós-tratamento a ser utilizado deverá ser composto por uma unidade de desinfecção.

Dessa forma, a eficiência da inativação dos coliformes necessária deverá ser de 99,9%, ou seja, a unidade de desinfecção proposta terá remoção mínima de 2,96 log. Adotou-se, para isso, a técnica de desinfecção por radiação UV, já que resulta em um processo simples, baixo custo, pouca exigência de operação e manutenção, bem como não há formação de subprodutos (GONÇALVES *et al*, 2003).



O dimensionamento da unidade foi baseado nos resultados de Tinôco (2011), que avaliou a eficiência de remoção em efluente doméstico semelhante ao deste estudo para diversas combinações entre doses volumétricas aplicadas ( $D_{av}$ ) e lâminas líquidas.

Pelos resultados da autora, para a remoção pretendida, verificou-se que as características da unidade deverão ser de uma lâmina líquida de 6 cm e dose volumétrica aplicada ( $D_{av}$ ) igual a 16 Wh/m<sup>3</sup>.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, percebeu-se que a implantação de um sistema de reúso voltado à produção de forragem animal é uma atividade de grande potencial para a região de Florânia/RN, que possui uma economia local baseada na produção agropecuária, adicionando-se a isso, a preservação dos corpos hídricos pela eliminação da carga de nutrientes lançada em uma região de baixo índice pluviométrico e alta evaporação.

Foi verificado neste estudo, que a qualidade do efluente tratado doméstico produzido no município, possibilita sua utilização na irrigação do capim Tifton-85 apenas pela implantação de uma unidade de desinfecção. Assim, o pós-tratamento proposto aqui foi visto como de baixa complexidade e de fácil operação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Acesso em julho de 2019. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>.
2. ARRUDA, V. C. M. Diretrizes para a utilização de água de reúso na agricultura: estudo de cenários no semiárido pernambucano. 2011. 173 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. 2011.
3. BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 4 ed., 1987, p. 1987.
4. BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8. ed., 2006. p. 625.
5. CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. SINP – Sistema de Informação para Planejamento – Março/2019. Gerência de Contrato e Programas – GCP. Natal/RN, 2019.
6. CAICÓ. Lei nº 4.603 de 26 de agosto de 2013. Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes atividades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências. Acesso em julho de 2019. Disponível em: <<https://caico.rn.gov.br/>>.
7. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho.
8. DUARTE, A. S. Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.). 2006. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
9. GOMES, T. M. *et al.* Irrigação com efluentes tratados de abatedouro no cultivo de pastagens. Projeto apresentado à superintendência de estação Ambiental da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.
10. GONÇALVES, R. F. *et al.* Desinfecção por Radiação Ultravioleta. In: GONÇALVES, R. S. Desinfecção de Efluentes Sanitários. ABES: Vitória, 2003, p. 209-275.
11. HESPAHOL, I. *Health and Technical Aspects of the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*. In: RODRIGUES, F (Ed.). *Socioeconomic and Environmental Issues in Water Projects – Selected Readings. The Economic Developing Institute of the World Bank, The World Health Organization*. 1994. Chap. 10.
12. HESPAHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7. n. 4. p. 75-95. 2002.
13. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PIB por município. Acesso em julho de 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio>>.
14. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Acesso em julho de 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>.
15. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Panorama da desertificação no estado do Rio Grande do Norte. Natal, 2005.

16. SANCHES, A. C. GOMES, E. P. RICKILI, M. E. FASOLIN, J. P. SOARES, M. R. C. GOES, R. H. T. B. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 19, 2015.
17. SANTANA, M. J. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do Tifton-85 em Uberaba, MG. *Global Science and Technology*, v. 09, n. 03, p. 39-50. 2016.
18. TEIXEIRA, M. N. O sertão semiárido: Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. *Revista Sociedade e Estado*, v. 31, n. 3, set/dez, 2016.
19. TINÔCO, J. D. Desinfecção por radiação ultravioleta: estudo de desempenho do processo e avaliação econômica. 2011. 222 f. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.