



I - 018 – COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA DIMENSIONAMENTO DO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO PELO MÉTODO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Sandra Parreiras Pereira Fonseca ⁽¹⁾

Eng. Civil, MS em Engenharia Agrícola - Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Engenheira de Projetos e Obras de Saneamento da Superintendência Operacional Sudeste - SPSD da COPASA.

Antônio Alves Soares ⁽²⁾

Eng. Agrícola, PhD em Engenharia de Irrigação, Prof. Titular do DEA/UFV.

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo ⁽³⁾

Eng. Civil e Sanitarista, PhD em Engenharia Ambiental, Prof. Adjunto do DESA/UFMG.

Marcos Rocha Vianna ⁽⁴⁾

Eng. Civil e Sanitarista, MS em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Prof. Adjunto do DEHD/UFMG.

Antônio Teixeira de Matos ⁽⁵⁾

Eng. Agrícola, D.S em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Adjunto do DEA/UFV.



Endereço ⁽¹⁾ : Rua Gomes Barbosa, 79 apto.200 - Centro - Viçosa - MG - CEP: 36.570-000, Brasil - Tel: (0xx) (31) 891.1044 – (0xx) (32) 539.6034 – Fax: (0xx) (31) 539.6045 - E-mail: fonseca@mail.ufv.br.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar metodologias para dimensionamento e operacionalização do tratamento do esgoto bruto de origem doméstica por disposição no solo, pelo método do escoamento superficial. Os métodos de dimensionamento de unidades de tratamento de esgoto por escoamento superficial apresentados no Environmental Protection Agency (EPA, 1981 e 1984) foram desenvolvidos levando-se em consideração as características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias e do solo, bem como fatores meteorológicos de algumas regiões dos Estados Unidos da América - EUA. A metodologia de dimensionamento e operação de sistema de tratamento de esgoto doméstico por disposição no solo utilizada no Brasil é feita com base nesses métodos. Considerando que as inter-relações água-solo-planta e clima são fatores de importância para o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial; o uso de metodologias desenvolvidas para países de condições edafoclimáticas diferentes podem possibilitar erros de dimensionamento, além de colocar em risco o meio ambiente. Uma opção de metodologia de dimensionamento desses sistemas pode ser a adaptação das utilizadas no dimensionamento de sistemas de irrigação por faixas. Foram avaliados e comparadas as metodologias de dimensionamento de unidades de tratamento com as dos sistemas de irrigação por faixa. O sistema foi constituído de unidade de tratamento preliminar e 12 faixas de irrigação, de 2,0 m de largura por 20 m de comprimento, cultivadas com capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Foram testadas as taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹, em um período de oito horas e cinco dias de aplicação. Os resultados de taxa de aplicação obtidos no dimensionamento de tratamento de esgoto por escoamento superficial utilizando as metodologias usuais foram incoerentes, ressaltando a necessidade desenvolvimento de novas metodologias. A consideração da velocidade de infiltração básica é essencial no dimensionamento de sistemas de tratamento de esgoto por escoamento superficial.

PALAVRAS-CHAVE: Dimensionamento, Tratamento de esgoto, escoamento superficial.

INTRODUÇÃO

O dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial tem sido objeto de estudos na tentativa de definir uma metodologia que possa ser confiável e adequada às condições edafoclimáticas do Brasil. O método do escoamento superficial consiste na aplicação do esgoto no início de faixas com declividade de 2 a 8%, sendo o efluente gerado coletado e lançado nos corpos receptores d'água. Os terrenos utilizados nessa prática devem possuir baixa permeabilidade. A depuração do esgoto depende da



formação de um filme biológico na interface solo-planta e da absorção, pelas plantas, de minerais disponibilizados com a decomposição do material orgânico.

Os métodos de dimensionamento de unidades de tratamento de esgoto por escoamento superficial apresentados no Environmental Protection Agency (EPA, 1981 e 1984) foram desenvolvidos levando-se em consideração as características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias e do solo, bem como fatores meteorológicos de algumas regiões dos Estados Unidos da América - EUA.

Os parâmetros de projeto para dimensionamento de unidades de tratamento de esgoto por disposição no solo são: a taxa de aplicação, a taxa de escoamento superficial, o período e a frequência de aplicação, a declividade e o comprimento das faixas de tratamento (EPA, 1981).

A taxa de aplicação de esgoto ou vazão unitária é definida como o volume de esgoto aplicado por unidade de largura da faixa de tratamento por unidade de tempo, expressa em metros cúbicos por hora por metro de largura e variando de $0,03$ a $0,24 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

A taxa de aplicação superficial ou carga hidráulica é definida como o volume de esgoto aplicado por unidade de área por unidade de tempo, podendo ser expressa em $\text{cm} \cdot \text{dia}^{-1}$, $\text{cm} \cdot \text{semana}^{-1}$ ou $\text{cm} \cdot \text{ano}^{-1}$. As taxas de aplicação superficial variam com a natureza do esgoto a ser tratado, sendo usados valores entre $0,6$ e $6,7 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$. Segundo Smith (1982), citado por CORAUCCI FILHO (1991), e CAMPOS (1999), a taxa de aplicação superficial de efluente de esgoto aplicado no solo é de 1 a $2 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ para esgoto bruto, de $1,5$ a $3,0 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ para esgoto primário e de $1,5$ a $6,0 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ para esgoto secundário.

O período de aplicação é definido como o tempo de aplicação do esgoto na faixa em um dia, expresso em $\text{h} \cdot \text{dia}^{-1}$, o qual varia de 6 a 24 (PAGANINI, 1997; EPA, 1981). Esses mesmos autores citaram que o período de aplicação do esgoto pode ser intermitente, variando de 6 a $12 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$, ou contínuo, aplicado $24 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$.

A frequência de aplicação é definida pelo número de dias em que o sistema permanece em operação por semana, expresso em $\text{dias} \cdot \text{semana}^{-1}$, variando de 5 a 7 (EPA, 1981; PAGANINI, 1997; CORAUCCI FILHO, 1991).

O método CRREL foi validado com dados do sistema instalado em Utica, na Universidade da Califórnia, Davis, estabelecendo-se uma relação entre o tempo de detenção do esgoto nas faixas de tratamento e a redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO. A base do Método Universidade da Califórnia, Davis (UCD) é o modelo que descreve a remoção da DBO em função das variáveis comprimento e taxa de aplicação, no intervalo de $0,08$ a $0,24 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

O método racional ou USEPA é, na realidade, uma modificação do método UCD, determinado por resultados práticos de campo que gerou-se famílias de curvas. Dessas curvas determina-se o comprimento das faixas em função da taxa de aplicação e concentração remanescente final da DBO. No método CRREL, a taxa de aplicação é determinada em função do comprimento, declividade, período e frequência de aplicação do esgoto nas faixas, percentual do volume percolado e o percentual de remoção da DBO, enquanto, que nos métodos UCD e USEPA, a declividade não é considerada. Já no método convencional consiste na adoção de parâmetros já consagrados obtidos de sistemas em operação

Uma opção de metodologia de dimensionamento desses sistemas pode ser a adaptação das utilizadas no dimensionamento de sistemas de irrigação por faixas. O método de irrigação por faixas, que tem como objetivo atender a necessidade hídrica e de nutrientes das culturas, consiste na aplicação de água em faixas de terra sistematizadas, com declividade longitudinal de 0 a 6% , separadas por elevações denominadas diques ou taipas. A declividade transversal deve ser nula, para se obter melhor uniformidade de distribuição da água. A perda de água por escoamento superficial no final da área é uma característica da irrigação por faixa (SOARES, 1998). Esse método adapta-se à maioria das culturas cultivadas com pequeno espaçamento entre plantas e que cobrem toda a superfície do solo (pastagens, arroz, trigo, alfafa, capineiras) BERNARDO (1995).

Para implantação de uma unidade de tratamento de esgoto pelo método do escoamento superficial, EPA (1981) recomendou que sejam avaliadas as características físicas e químicas do solo até a profundidade de um metro, a profundidade do lençol freático, a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica desse solo.

BERNARDO (1995) definiu a infiltração como sendo o processo pelo qual a água penetra no solo, através de sua superfície. Segundo esse autor, a velocidade de infiltração (VI) da água em um solo é fator muito importante na irrigação, visto que ela determina o tempo em que se deve manter a água na superfície do solo, de modo que se aplique uma quantidade de água desejada para a cultura.. HILLEL (1971) comentou que a velocidade de infiltração da água no solo é relativamente elevada no início do processo, decrescendo gradualmente com o tempo e tendendo a uma velocidade praticamente constante, que é chamada de velocidade de infiltração básica (VIB). Em solos com perfil uniforme e estrutura estável, a VIB é aproximadamente igual à condutividade hidráulica do solo saturado.

A implantação de sistemas de irrigação por superfície aplica-se a solos profundos e que não possuam permeabilidade muito alta, com VIB menor que $3 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$ (SOARES, 1998).



Considerando que as inter-relações água-solo-planta e clima, são fatores de importância para o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial, o uso de metodologia desenvolvidas para países de condições edafoclimáticas diferentes pode possibilitar erros de dimensionamento, além de colocar um risco ao meio (FONSECA 2000). Assim sendo, o objetivo do trabalho consiste em avaliar as metodologias para o dimensionamento e operacionalização do tratamento do esgoto bruto de origem doméstica, pelo método do escoamento superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - UFV, em Viçosa-MG, Latitude Sul - 20°45' e Longitude Oeste - 42°51', altitude 689,73 m. O esgoto doméstico foi proveniente do Condomínio Bosque do Acamari, constituído por 136 residências. A Estação de Tratamento de Esgoto Experimental (ETEE) com capacidade para 1,86 L.s⁻¹ tem uma área total de 700 m². O solo foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico. O sistema de tratamento implantado foi constituído de tratamento preliminar e tratamento por escoamento superficial em uma área dividida em 6 planos de sistematização, cada um com duas faixas, de 2,0 m de largura, 20 m de comprimento e declividade de 2%, cultivadas com capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers).

A ETEE, foi dimensionada conforme os seguintes parâmetros: vazão disponível de 1,86 L.s⁻¹ (hora de maior contribuição); tratamento sem reservatório de acumulação do esgoto, com aplicação direta no solo, após tratamento preliminar; período e frequência de aplicação do esgoto de 8 h.dia⁻¹ e 5 dias, respectivamente; avaliação da taxa de aplicação com relação aos comprimentos de faixas de 10 a 40m e declividades de 2% (sendo estudado as declividades de 1 a 4% na fase de projeto); concentração média de DBO do afluente de 400 mg.L⁻¹; concentração média de DBO do efluente de 60 mg.L⁻¹ (COPAM nº 10/86); EPA(1981 e 1984); Área com solo de textura argilosa e VIB menor que 3,0 cm.h⁻¹ SOARES (1998). Taxa de aplicação recomendada por EPA (1981 e 1984) e que essa, fosse igual ou maior que a vazão de aplicação mínima, recomendada por WALKER e SKOGERBOE (1987) para garantir uma distribuição uniforme da água na superfície do solo. Para elaboração do projeto a VIB foi determinada em 3 pontos escolhidos aleatoriamente na área da ETEE pelo Método do Infiltrômetro de Cilindro (Infiltrômetro de anel) - (Figura 1) e durante o monitoramento pelo Método de "Entrada-Saída" d'água (Figura 2) conforme recomendações de BERNARDO (1995) e SOARES (1998).



Figura 1 – Método do Infiltrômetro de Cilindro – Fase de Projeto





Figura 2 – Método de “Entrada e Saída” (Medição da vazão no início e final das faixas de tratamento) – Fase de operação e monitoramento da ETEe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, têm-se a taxa média de aplicação dos diferentes métodos de dimensionamento de sistema de tratamento de esgoto pelo método do escoamento superficial e a recomendada por SOARES (1998), projetado para: 8h.dia^{-1} de aplicação do esgoto, durante 5 dias semanais, em faixas de 20m de comprimento e 2 m de largura com 2% de declividade.

Observa-se, que as taxas de aplicação obtidas variaram de 0,06 para o método UCD à 0,18 para USEPA e Convencional, apresentando uma variação de 300%, ressaltando, uma falta de coerência entre as metodologias.

A velocidade de infiltração básica determinada pelo método do Infiltrômetro de cilindro, na fase de projeto foi de $1,2\text{ cm.h}^{-1}$ (Quadro 1), sendo a taxa de aplicação correspondente a esse valor de $0,24\text{ m}^3.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$. Considerando uma perda por escoamento de 0,0% no final da faixa, ou seja todo o efluente aplicado infiltraria ao longo da faixa, descaracterizando o método de tratamento de esgoto por escoamento superficial. Em todas as metodologias utilizadas as taxas de aplicação obtidas foram menores ou iguais ao valor correspondente à VIB, ou seja nenhuma das metodologias atenderam as condições do projeto em questão. Ressalta-se, a importância de se levar em conta esse parâmetro no dimensionamento de sistemas de tratamento de esgoto por escoamento superficial.

Quadro 1 – Parâmetros determinados pelos métodos internacionais de tratamento do esgoto por escoamento superficial e pelo método de irrigação por faixa na fase de projeto

Metodologia	Taxa de aplicação ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$)	Taxa de escoamento superficial (cm.h^{-1})	Percentual do volume percolado	Velocidade de infiltração básica (cm.h^{-1})
Método CRREL	0,14	7,2	60	-
Método UDC	0,06	2,4	-	-
Método CONVENCIONAL	0,18	7,0	-	-
Método USEPA	0,18	-	-	-
Máximo recomendado por EPA (1981)	0,24	9,6	-	-
* Método de irrigação por faixa	0,36	-	-	1,2

Nota: * Correspondente a vazão mínima de uniformidade de distribuição do esgoto sob a superfície do solo.

No Quadro 2 estão apresentados os valores médios diários de operação do sistema de tratamento do esgoto pelo método do escoamento superficial, para as taxas de aplicação de 0,24 e $0,36\text{ m}^3.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$, sendo a frequência de aplicação do esgoto de cinco dias e período de aplicação de oito horas diárias. Os dados foram coletados no período de março/99 à setembro/99.

Quadro 2 - Valores médios diários dos parâmetros analisados das condições da estação de tratamento de esgoto experimental, pelo método do escoamento superficial

PARÂMETROS AVALIADOS	FAIXAS DE TRATAMENTO	
	2, 3, 4 e 5	6, 7, 8 e 9
Taxa média de aplicação ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-1}$)	0,36	0,24
(*) Vazão aplicada (L.s^{-1})	$0,20 \pm 0,00^A$	$0,13 \pm 0,01^B$
(*) Vazão de saída (L.s^{-1})	$0,08 \pm 0,00^A$	$0,04 \pm 0,02^A$



Taxa de escoamento superficial (cm.dia ⁻¹)	14,1 ± 0,16 ^A	9,12 ± 1,03 ^B
Tempo de detenção (min)	24 ± 2,32 ^A	43 ± 8,88 ^B
(*)Tempo de avanço (min)	62 ± 7,55 ^A	118 ± 27,51 ^B
Velocidade de infiltração básica - VIB (cm.h ⁻¹)	1,05 ± 0,42 ^A	0,825 ± 0,40 ^A
Lâmina d'água Superficial (mm)	84 ± 16,99 ^A	57 ± 16,17 ^A
(**) Percentual de volume percolado	59 ± 0,12 ^A	72 ± 0,15 ^A
Percentual de volume escoado	41 ± 0,12 ^A	28 ± 0,15 ^A

Nota: (1) Letras minúsculas sobrescritas diferentes indicam variação significativa entre repetições experimentais (Faixas), em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

(2) Letras maiúsculas sobrescritas diferentes indicam variação significativa entre os tratamentos (Taxas de aplicação), em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

(3) *Valores medidos no campo, demais valores calculados conforme recomendações da literatura consultada;

(4) **Para o cálculo do volume percolado foi desprezado o valor da Evapotranspiração da cultura.

Observou-se que as vazões de saída não variaram ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

O tempo de detenção e de avanço foram maiores ($P < 0,05$) para a menor taxa de aplicação. Esses resultados devem-se à menor velocidade de escoamento ocorrida nas faixas submetidas à menor taxa de aplicação; proporcionando, dessa forma, uma menor lâmina d'água na superfície do solo e maior tempo de oportunidade para infiltração.

Observa-se no Quadro 2, que após a instalação do projeto, com 0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹, obteve-se velocidades de infiltração básica de 0,825 e 1,05 cm.h⁻¹, determinadas pelo método de "Entrada e Saída", respectivamente, menores que as encontradas com o infiltrômetro do cilindro. Possivelmente, devido à problemas de representatividade, uma vez que, a área onde se faz medição no infiltrômetro é somente de 0,049 m², sendo os resultados, portanto, muito influenciados pela variabilidade do solo. As taxas de aplicação correspondentes aos valores de velocidade de infiltração básica obtidos são de 0,165 e 0,210 m³.h⁻¹.m⁻¹, ressaltando que a taxa 0,18 obtida nos métodos USEPA e Convencional (Quadro 1), realmente não proporcionaria escoamento no final das faixas, ou seja o volume percolado seria de 100%. Tal fato, deve-se, possivelmente, a variação das características do esgoto, do solo, da planta e do clima, diferentes da região da Zona da Mata mineira em relação aos da Davis-Califórnia, onde foi preconizado a metodologia de dimensionamento do esgoto pelo método do escoamento superficial.

A velocidade de infiltração básica (Figura 3) tendeu a aumentar inicialmente, e a partir de maio/junho, reduzir com o tempo nas faixas 4,5,6,7,8 e 9, caracterizando a diminuição da capacidade de infiltração de água no solo com o tempo. Tal diminuição pode ter sido provocada pela camada de material orgânico e inorgânico que se formou na superfície do solo, ou seja, selamento superficial que pode ter sido provocado pelo filme biológico formado e pelo material gorduroso presente no esgoto.

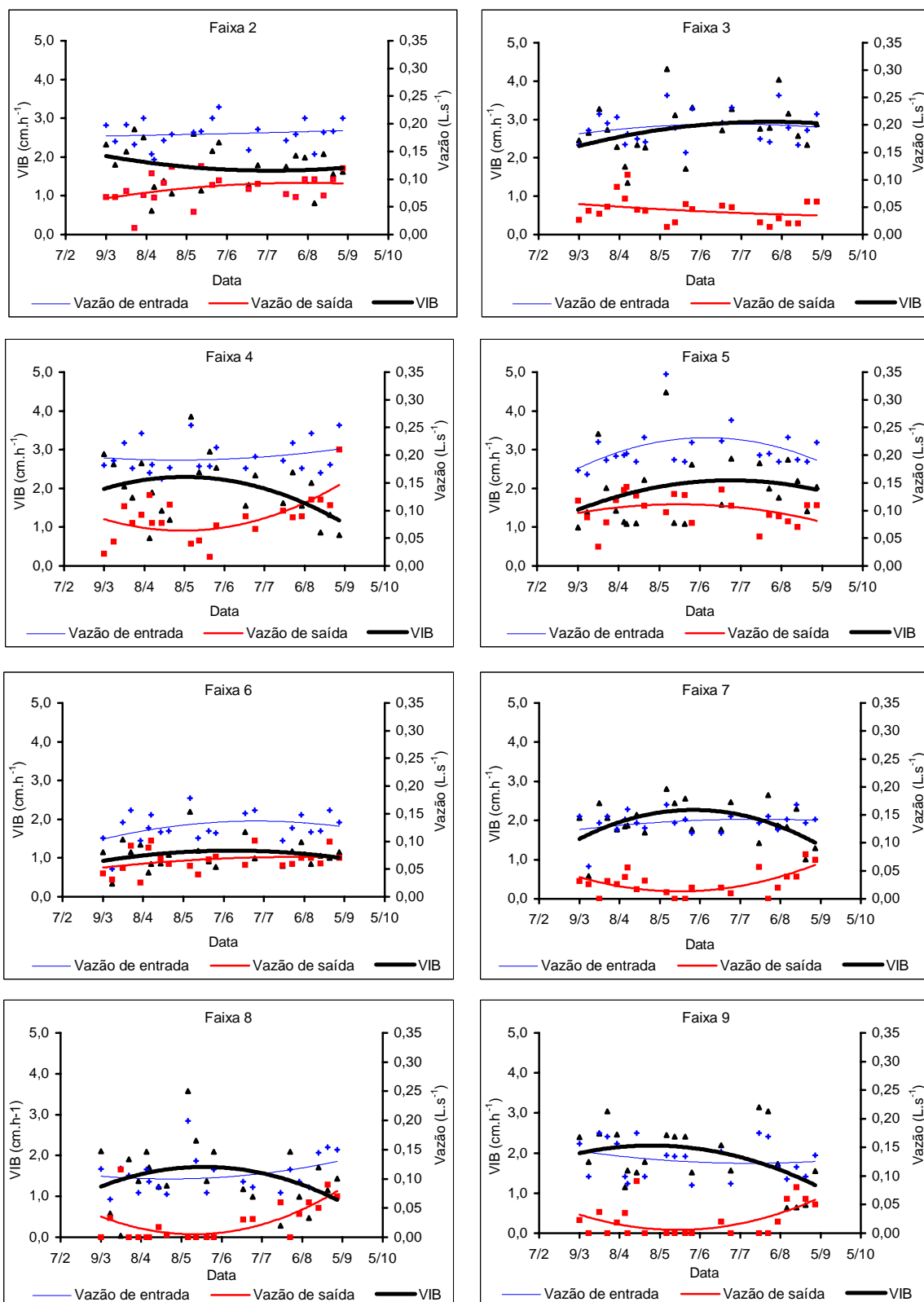


Figura 3 - Variação temporal da Velocidade de Infiltração Básica para as taxas de aplicação de $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (faixas 2, 3, 4 e 5) e $0,24 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (faixas 6, 7, 8 e 9).

Para o cálculo do volume percolado foi desconsiderada a evapotranspiração do capim-coastcross, embora o valor estimado médio da evapotranspiração diária cultura tenha sido de 2,54 mm, o que corresponde de 2 a 3% do volume percolado, considerado insignificante. O percentual de volume percolado calculado não variou



($P > 0,05$) entre os tratamentos, tendo sido obtidos valores médios de 59 e 72%, para as taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, respectivamente. Entretanto, com a taxa de aplicação de 0,14 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, obtida com o método CRREL (Quadro 1) o percentual de volume percolado esperado seria de 60%, sendo que, esse mesmo percentual foi igual para a taxa de aplicação de 0,36 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, determinado pelo método de irrigação por faixa e de 72% (Quadro 2), quando utilizou-se a máxima taxa recomendada por EPA (1991).

CONCLUSÕES

Os resultados de taxa de aplicação obtidos no dimensionamento de tratamento de esgoto por escoamento superficial utilizando as metodologias usuais internacionais não atenderam às condições edafoclimáticas da região da cidade de Viçosa, ressaltando-se a necessidade de desenvolvimento de novas metodologias.

A consideração da velocidade de infiltração básica é essencial no dimensionamento de sistemas de tratamento de esgoto por escoamento superficial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Agrícola e a Universidade Federal de Viçosa - UFV, pelo apoio na realização do projeto de pesquisa e à Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA pelo financiamento do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 657p.
2. CAMPOS, R. C. (Coord). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio Janeiro: ABES, 1999. p.464. (Projeto PROSAB).
3. CORAUCCI FILHO, B. **Tratamento de esgotos domésticos no solo pelo método do escoamento superficial**. São Paulo: UNICAMP, 1991. 1336p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas, 1991.
4. Deliberação normativa da comissão de política ambiental - COPAM N.º 010, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água, e dá outras providências. In: VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 3. ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997. p.540-552.
5. FONSECA, S.P.P. **Tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial utilizando o capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)**. Viçosa: UFV. 2000. 133p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
6. HILLEL, D. **Soil and Water**. New York: Academic Press, 1971.288p.
7. PAGANINI, W.S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento superficial)**. São Paulo: Fundo Editorial AESABESP, 1997. 232p.
8. SOARES, A. A. **Curso de irrigação por superfície**. Brasília, DF: ABEAS, 1998. 89p. (Curso por tutoria à distância. Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação. Módulo, 3).
9. U. S. Environmental Protection Agency - EPA.. **Supplement on rapid infiltration and overland flow design manual - land treatment of Municipal waste water - process**. Washington, D.C.: Department of the Interior, 1984. 121p.
10. U. S. Environmental Protection Agency - EPA. **Process design manual - land treatment of municipal wastewater**. Washington, D.C.: Department of the Interior, 1981. 625p.
11. WALKER, W. R., SKOGERBOE, G.V. **Surface irrigation: theory and practice**., Englewood Cliffs, New Jersey:, Prentice-Hall, 1987. 386p.

REFERÊNCIA: FONSECA, S. P. P.; SOARES, A.A.; CHERNICHARO, C. L.; VIANNA, M. R.; MATOS, A. T. Comparação de metodologias para dimensionamento do tratamento de esgoto doméstico pelo método de escoamento superficial. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000. Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre 2000.