

II-371 - SANEAMENTO RURAL: ANÁLISE DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO PARA TOMADA DE DECISÃO DO PLANO DE SANEAMENTO MUNICIPAL

Adonai Guimarães Pinto ⁽¹⁾

Engenheiro ambiental pela Universidade Federal de Viçosa- UFV.

Silvia Maria Barbosa De Paiva ⁽²⁾

Engenheira ambiental pela Universidade Federal de Viçosa- UFV.

Ana Augusta Passos Rezende ⁽³⁾

Engenheira Civil, mestre em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG, Master of Engineering University of Toronto, U.T., Canadá, Doutorado em Engenharia Agrícola pela UFV.

Fernanda Rivelli De Paiva ⁽⁴⁾

Engenheira ambiental pela Universidade Federal de Viçosa- UFV. Mestranda em Engenharia Civil na área de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa.

Rafles Anselmo Da Mata ⁽⁵⁾

Engenheiro Ambiental pela FATEC. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa.

Endereço ⁽¹⁾: Avenida Peter Henry Rolfs, s/nº - Campus Universitário- Viçosa - MG, CEP: 36570-000- Brasil- Tel: (31) 3899-2200- e-mail: adonai.pinto@ufv.br.

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar os sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário em comunidades rurais, São Domingos e Serrinha, do Município de Araponga – MG, compreendidas na zona de amortecimento da Área de Preservação Ambiental- APA do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Para isso, foram consideradas sete opções de tecnologias de tratamento: fossa séptica associada ao filtro anaeróbio de fluxo ascendente, à vala de infiltração, ao sumidouro, ao canteiro de infiltração e de evapotranspiração ou ao círculo de bananeiras; fossa biodigestora e fossa evapotranspiradora. Foram realizadas visitas em 75 residências situadas na região e aplicado formulários, os quais abordaram aspectos relacionados às questões do saneamento rural: segurança do suprimento de água para consumo humano e a situação atual da destinação dos esgotos. A partir da análise das informações obtidas do levantamento da área de estudo, e considerando a abordagem de diversos autores quanto às especificações e características intrínsecas de cada tipo de alternativa individual, foi possível selecionar a fossa evapotranspiradora como a melhor alternativa para o tratamento do esgoto sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento rural, sistemas individuais de esgotamento sanitário, tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

A existência de esgotamento sanitário é fundamental na avaliação das condições de saúde da população trata-se de indicador muito importante, tanto para a caracterização básica da qualidade de vida da população residente em um território quanto para o acompanhamento das políticas públicas de saneamentos básico e ambiental.

Grande parte da população mundial ainda não possui instalações sanitárias adequadas. Segundo relatório OMS (2010) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 2009), 2,6 bilhões de pessoas não têm acesso a vasos sanitários ou sistemas de tratamento de esgoto (individuais ou coletivos), o que evidencia a existência de desigualdades internacionais nas condições saneamento, inclusive no Brasil. O país é o 9º entre os países com situação sanitária mais precária, com 13 milhões de pessoas sem acesso a banheiro em suas residências, o que tem conexão direta com o fato de 217 mil trabalhadores serem obrigados, a cada ano, a se afastar de suas atividades em decorrência de problemas de saúde relacionados ao saneamento deficiente (VETTORE e LAMARCA, 2012).

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD/2009 (BRASIL, 2012), somente 32,8% dos domicílios nas áreas rurais têm acesso às redes de abastecimento de água. O restante da população (67,2%) capta água através de poços (protegidos ou não), diretamente de cursos d' água (sem tratamento) ou de outras fontes de captação que, muitas vezes, apresentam algum risco a saúde.

Em regiões rurais, onde não há acesso aos serviços públicos de saneamento, são utilizadas soluções alternativas para o abastecimento de água, bem como, a proteção das fontes de captação de água, que é muito importante, pois diminui sua susceptibilidade à contaminação por agentes causadores de doenças. Do mesmo modo, o destino adequado do esgoto sanitário é fundamental para evitar a poluição ambiental e interromper o ciclo de transmissão de doenças. Tendo em vista as dificuldades associadas à implantação de redes coletoras de esgoto em residências rurais e em localidades isoladas, com baixas densidades demográficas, a utilização de sistemas de tratamento individuais (ou descentralizados), simplificados e de baixo custo mostra-se como uma alternativa para a melhoria do saneamento nessas regiões (MONTEIRO JR., RENDEIRO NETO, 2011).

O município de Araponga - MG, de caráter predominantemente rural, abriga 1.410 domicílios particulares permanentes rurais, resultando num total de 4.878 habitantes. É expressiva a inadequação do saneamento na zona rural, 81,5% (IBGE, 2010), sendo esses resultados piores do que os referentes à população em geral. Segundo o IPEA (2013), o município se encontra em penúltimo lugar entre as cidades de Minas Gerais no ranking de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), resultado obtido, principalmente, devido ao baixo desempenho no quesito educação, que foi o pior do estado.

No ano de 2012, foi executado em Araponga, um projeto denominado “Construção de fossas sépticas econômicas e biodigestoras nas propriedades rurais do município de Araponga”, o qual resultou na instalação de 66 banheiros e unidades de tratamento em diversas regiões da zona rural do município, sendo, entretanto, precocemente interrompido devido ao corte no fornecimento de recursos. Dentre os locais não contemplados pelo projeto, destacam-se como prioritárias as comunidades de São Domingos e Serrinha, devido sua localização na zona de cabeceira do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, estando inseridas na APA, também pela presença de diversas nascentes, cursos d'água e cachoeiras, e por apresentar problemas como ausência de sistemas adequados de tratamento de esgoto, geralmente compensada no local pelo uso de fossas rudimentares (negras), gerando riscos sanitários e ambientais.

Este trabalho tem por finalidade avaliar os sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário em residências rurais do Município de Araponga – MG, por meio de um levantamento de dados referentes às áreas de estudo e da população local, caracterizando e comparando as características dos sistemas de tratamento, a fim de selecionar a tecnologia mais adequada à demanda das áreas, considerando aspectos técnicos e econômicos, subsidiando o processo de tomada de decisão na elaboração do plano municipal de saneamento rural.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi realizada no Município de Araponga- MG, nas comunidades rurais de São Domingos e Serrinha, cujas localizações geográficas correspondem às coordenadas 20°42'40.67"E 42°31'40.05"W, e 20°43'52.84"E e 42°30'15.12"W, respectivamente. Essas comunidades foram selecionadas por estar compreendidas na zona de amortecimento da Área de Preservação Ambiental- APA, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, e por apresentar condições precárias de saneamento.

LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO

Foi realizado levantamento de dados relativos às características físicas e demográficas das áreas de estudo por meio de revisão bibliográfica, dados secundários

O levantamento de dados abordou aspectos relacionados à questão do saneamento rural: segurança do suprimento de água para consumo humano e a situação atual da destinação dos esgotos, e foram aplicados em um total de 75 residências. A partir da análise das informações obtidas, foi feita uma correlação entre as condições sanitárias e a qualidade de vida dos moradores.

ALTERNATIVAS DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO ANALISADAS

Foram consideradas sete opções de tecnologias de tratamento: fossa séptica associada ao filtro anaeróbio de fluxo ascendente, à vala de infiltração, ao sumidouro, ao canteiro de infiltração e de evapotranspiração ou ao círculo de bananeiras; fossa séptica biodigestora e fossa evapotranspiradora.

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Baseando-se nas informações do levantamento da área de estudo, e considerando a abordagem de diversos autores quanto às especificações e características intrínsecas de cada tipo de alternativa individual de tratamento de esgoto sanitário, os critérios foram organizados de modo a permitir a comparação entre os sistemas individuais de tratamento e seleção da alternativa mais adequada segundo a necessidade da população local.

Os critérios de avaliação foram: demanda de área; regulamentação normativa; consumo de energia elétrica; acessibilidade dos materiais; complexidade construtiva, de operação e manutenção; custo de implantação, operação e manutenção; geração de odores; proliferação de insetos e vetores; aspecto do efluente; eficiências de remoção; distância mínima do lençol freático; dependência de fatores climáticos; declividade máxima do terreno; dependência das características do solo; reuso do efluente na produção de alimentos; indicação para residências de uso intermitente.

A análise de comparação dos critérios de avaliação dos sistemas individuais de tratamento permitiu prever qual a melhor alternativa a ser empregada nas áreas de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SITUAÇÃO DO SANEAMENTO LOCAL

A investigação da situação do saneamento na área de estudo permitiu constatar que, em todas as residências avaliadas, o abastecimento de água para consumo dá-se por meio de captação em poços e nascentes, no entanto, ressalta-se que não é realizado nenhum tratamento antes de seu consumo. A situação descrita remete a um histórico recorrente no âmbito nacional do saneamento básico em áreas rurais do Brasil, haja vista que é notória a ineficiência das ordenanças políticas quanto ao cumprimento das ações voltadas para a saúde pública, em especial nas áreas rurais.

Ainda em relação à situação do saneamento, foi possível verificar que apenas 9,3% dos domicílios utilizam algum tipo de sistema de tratamento de esgoto (em geral, fossas sépticas operando isoladamente ou em conjunto com sumidouros ou valas de infiltração), por consequência denota-se precariedade no sistema esgotamento sanitário nesses locais. Nos demais casos, são adotadas formas irregulares de destinação dos efluentes, tais como: fossas rudimentares; lançamento em cursos d'água ou disposição diretamente no solo.

Foi possível verificar também a insatisfação dos moradores em relação às condições em que vivem e o desconforto a eles gerado pela disposição inadequada do esgoto.

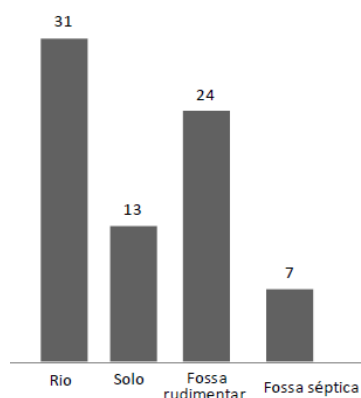


Figura 1: Forma de disposição dos esgotos nas áreas de estudo

Observou-se, conforme apresentado na figura 1, que 41,3% das 75 residências analisadas, dispõe seus efluentes diretamente no rio ou fossa rudimentar, 32% das residências utilizam fossa rudimentar (também conhecida como fossa negra) para disposição final do efluente sanitário. Segundo Minari (2007), fossa negra é uma fossa escavada no solo sem revestimento interno onde os dejetos caem parte se infiltrando e parte sendo decomposta na superfície de fundo.

Nota-se que, dentre as opções de disposição encontradas, a fossa séptica em apenas 7 residências. Possivelmente, a situação descrita advém principalmente do baixo nível de conhecimento por parte dos moradores e pela falta de incentivos públicos e orientação técnica. Nota ainda que, no ambiente em que há o emprego da fossa séptica estas são operadas de forma ineficiente, resultando em problemas relacionados à disposição inadequado do efluente.

Devido ao baixo custo para confecção, à eficiência demonstra que fossa sépticas são ótimas opção para o tratamento de excrementos humanos e consequente eliminação de agentes patogênicos, esse modelo de fossa séptica pode ser indicado para substituir a tradicional “fossa negra”, normalmente utilizada em área rural, e que é a principal responsável pela contaminação das águas subterrâneas (NOVAES *et. al.* 2012).

Segundo Sobrinho (1991), as fossas sépticas apresentam, em geral, eficiência de 30 a 50%. A comparação entre os dados das residências com disposição inadequada de esgoto obtida para as áreas de estudo (90,66%) e aqueles referentes à média nacional (74%) (BRASIL, 2012) demonstra que as comunidades rurais, São Domingos e Serrinha, apresentam índices preocupantes, necessitando dessa forma, de maior atenção quanto à promoção de saneamento.

Em algumas residências, construídas por meio de financiamento do Governo Federal através do programa Minha Casa Minha Vida, verificou-se a presença de fossas econômicas dimensionadas para suportar vazões de contribuição de, no máximo, quatro pessoas. No entanto, a forma como foi conduzida a implantação dos sistemas de tratamento não foi a mais adequada e seu dimensionamento não foi feito de acordo com as necessidades do local, o que, provavelmente, é reflexo de despreparo ou falta de interesse por parte dos responsáveis pela execução.

Acredita-se que a componente gestão dos serviços de saneamento tem um papel de grande importância neste contexto, no sentido da participação dos usuários na concepção e implantação dos sistemas e da existência de um acompanhamento adequado durante a construção e funcionamento, visando à flexibilização dos projetos e a adoção de medidas preventivas e corretivas (quando necessário), propiciando assim a obtenção de melhores resultados.

Em muitas dessas propriedades a construção dos dispositivos foi feita de maneira inadequada ou incompleta, sendo que em determinados casos os sistemas de tratamento foram posicionados nas adjacências de nascentes e cursos d'água, que é ambientalmente inapropriado. Em decorrência desses problemas, algumas unidades sofreram modificações construtivas (por parte dos usuários) posteriores ao início de seu funcionamento, enquanto outras foram abandonadas após pouco tempo de uso. A construção inacabada e desprovida de

aterramento da vala ocasionou, além de vazamento de esgoto no solo e outros problemas operacionais, a rejeição do sistema pelos moradores.

A figura 2 retrata condições precárias verificadas nas áreas de estudo. Observa-se pela foto 1 a situação da fossa do tipo econômica implantada em algumas residências pelo programa Minha Casa Minha Vida como mencionado anteriormente. A foto 2 ilustra uma situação na qual o esgoto sanitário é diretamente disposto no solo. A foto 3 ilustra uma fossa rudimentar, encontrada na maioria das residências. A foto 4 retrata uma fossa séptica, alternativa menos utilizada pelas residências.

ESCOLHA DA MELHOR ALTERNATIVA DE TRATAMENTO PARA A ÁREA DE ESTUDO

A Tabela 1 reúne os resultados obtidos por meio da comparação entre os sistemas individuais de tratamento de esgoto possibilitando uma análise rápida e eficaz dos aspectos positivos e negativos dessas tecnologias, além da verificação de suas restrições de utilização.



Figura 2: Situação precária de alguns sistemas de tratamento de esgoto na área de estudo.

Tabela 1: Estudo comparativo entre alternativas de sistemas individuais de tratamento de esgoto

Critério/Sistema	FS+FAN	FS+VI	FS+SU	FS+CIE	FS+CB	FSB	FET
Demanda de área	Baixa	Alta	Baixa	Média	Alta	Média	Média
Regulamentação normativa	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Consumo de energia elétrica	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Acessibilidade dos materiais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Complexidade construtiva	Alta	Baixa	Média	Média	Baixa	Média	Baixa
Complexidade de operação	Baixa	Média	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa
Complexidade de manutenção	Alta	Média	Média	Média	Média	Baixa	Baixa
Custo de implantação (R\$/hab)	66-100	100-150	102-190	151-352	84-196	211-317	54-126
Custo de operação e manutenção (R\$/hab.ano)	05-8	100-151	102-191	ND	ND	NA	NA
Geração de odores	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Baixa
Proliferação de insetos e vetores	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Baixa	Baixa
Aspecto do efluente	Regular	NA	NA	NA	NA	Regular	NA
Remoção de DBO (%)	77,5	75,8	40	ND	67,5	61,9	87,5
Remoção de DQO (%)	68,4	ND	ND	ND	55	50	69,5
Remoção de ST (%)	86,2	90	ND	ND	ND	38,9	ND
Remoção de SST (%)	80,7	83,3	47,5	ND	82,5	60,9	94,3
Remoção de NT (%)	22,8	50	ND	ND	50	ND	ND
Remoção de NTK (%)	25	42,5	9	ND	ND	19,1	32
Remoção de PT (%)	17,1	47,5	40	ND	50	ND	ND
Remoção P-PO4-3 (%)	35	ND	ND	ND	ND	18,5	21
Remoção de CT (%)	72,5	99,5	55	ND	99	98,1	ND
Remoção de CF (%)	83,6	99,5	ND	ND	ND	97,3	ND
Distância mínima do lençol freático(m)	NA	1,5	1,5	1,5	ND	1	NA
Dependência de fatores climáticos	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Alta	Média	Alta
Declividade máxima do terreno (%)	15	15	ND	30	ND	NA	30
Dependência da característica do solo	NA	Alta	Média	Baixa	Baixa	NA	NA
Reuso do efluente na produção de alimentos	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Indicação para residências de uso intermitente	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não

Nota: ND – não disponível; NA – não se aplica; FS+FAN- Fossa séptica associada ao filtro anaeróbio de fluxo ascendente; FS+VI- Fossa séptica associada à vala de infiltração; FS+SU- Fossa séptica associada ao sumidouro; FS+CIE-Fossa séptica associada ao canteiro de infiltração de evapotranspiração;FS+CB- Fossa séptica associada círculo de bananeiras; FSB- Fossa séptica biodigestora; FET- Fossa séptica evapotranspiradora.

Quanto ao critério de demanda de área, este não foi um fator limitante para as alternativas avaliadas pelo fato de se tratar de áreas rurais, ainda que cada tecnologia tenha diferentes requisitos. Do ponto de vista da regulamentação, três das tecnologias (Fossa séptica associada círculo de bananeiras; Fossa biodigestora, Fossa séptica evapotranspiradora) não possuem regulamentação, sendo as demais regulamentadas pela NBR13969 (ABNT, 1997) e pela NBR 7229 (ABNT, 1993). Embora sem regulamentação normativa, as tecnologias citadas possuem significativos benefícios em relação ao tratamento de esgoto, bem como a sua simplicidade de operação e manutenção segundo autores.

Todas as alternativas avaliadas não apresentam requisitos de energia, haja vista que, tal característica não se aplica para tecnologias simplificadas de tratamento que tem a finalidade de atender residências rurais e localidades isoladas. Considerando os materiais essenciais à construção dos sistemas, pode-se dizer que todas as opções avaliadas atendem ao quesito. Mesmo nos casos em que possa ocorrer alguma dificuldade pontual, as diversas possibilidades de técnicas e materiais construtivos propiciam flexibilidade ao projeto construtivo.

Quanto à complexidade construtiva, a fossa séptica associada ao filtro anaeróbio de fluxo ascendente (FS+FAN) foi a única alternativa considerada como alta por apresentar características próprias que dificultam sua construção e também demandar a instalação de uma fossa séptica (FS). Entre as opções cuja complexidade

construtiva foi considerada média, tem-se o sumidouro (SU) e o canteiro de infiltração e de evapotranspiração (CIE), que têm as escavações necessárias como a principal dificuldade (o primeiro por serem muito profundas e o segundo por associar profundidades intermediárias a longas extensões), juntamente com a necessidade de construção da FS.

Apesar de, em geral, ser anunciada pelos seus idealizadores como um dispositivo de fácil construção e utilizar componentes pré-moldados, a fossa séptica biodigestora (FSB) também foi classificada como de média complexidade, principalmente devido a excessiva quantidade de detalhes a serem considerados na sua implantação, o que faz com que haja riscos elevados de ocorrência de disparidades significativas entre o projeto e a execução do dispositivo, podendo assim, seu funcionamento corresponder ao previsto.

As únicas alternativas classificadas como de baixa complexidade construtiva foram a fossa séptica evapotranspiradora (FET), quando adotadas técnicas simplificadas de revestimento, como o ferro-cimento ou a lona plástica, e as associações entre a vala de infiltração (VI) ou o círculo de bananeiras (CB) e a FS. Sendo assim, tais sistemas seriam as opções mais indicadas em relação a esse quesito, uma vez que, dificuldades relacionadas à execução dos projetos construtivos podem resultar em obstáculos ao efetivo funcionamento dos sistemas de tratamento.

Os sistemas FS+FAN, FS+SU, FS+CB e FET apresentam baixa complexidade de operação, enquanto que o sistema FS+VI é de média complexidade enquanto FS+CIE e FSB são de alta complexidade. Na avaliação da complexidade de manutenção dos sistemas, o fator que resultou como o mais restritivo foi a necessidade de limpeza e remoção de lodo, de forma que nenhuma das alternativas que incluem a FS (principalmente o FAN) pôde ser classificada como de baixa complexidade. Isso é justificado, principalmente, pela negligência com que é usualmente tratada a manutenção (remoção de lodo) da FS, seja por descaso dos usuários ou por dificuldades relacionadas aos custos e ao acesso dos serviços especializados. No caso do FAN, isso é ainda agravado pela necessidade de eventuais limpezas do meio filtrante e remoções do lodo acumulado no fundo, procedimentos que, dependendo do projeto, podem ser difíceis.

As opções que apresentam maior e menor custo de implantação são, respectivamente, FSB e FET, sendo o maior custo variando entre 211-317 e o menor 54-126 (R\$/hab). Nota-se dessa forma, que a construção da FET mostrou-se favorável, sendo assim um grande incentivo para o emprego desse sistema.

Quanto aos custos de operação e manutenção, estes não se aplicam aos sistemas de FSB e FET nas alternativas de tratamento em que o critério se aplica basicamente os custos de manutenção e operação justificam-se principalmente aos gastos com a remoção de lodo, de maneira que a definição dos valores reais depende da consulta direta aos prestadores do serviço.

Nos quesitos geração de odores e proliferação de insetos e vetores, nenhuma das alternativas demonstrou ter grandes limitações, sendo a maioria classificada como “Baixa”. Com exceção, tem-se apenas o CB (“Média” em ambos os critérios) e a FSB (classificada como “Média” somente na geração de odores). Na maioria das alternativas analisadas, o critério do aspecto do efluente não se aplica, ou seja, não constitui um critério relevante para a tomada de decisão quanto ao emprego destes sistemas.

A remoção de matéria orgânica é, em geral, satisfatória na maioria dos sistemas, sendo em torno de 70% para a DBO e 60% para a DQO. A FET apresentou os melhores resultados nesse quesito, sendo seguida pelo FAN e a VI. O SU foi a única das opções que mostrou ter desempenho preocupante em relação à matéria orgânica, com uma remoção de DBO de apenas 40%.

Os parâmetros que envolvem a remoção de sólidos, os resultados são bastante variados, com o FAN, a VI, o CB e a FET apresentando os melhores resultados (entre 80 e 90%) e o SU e a FSB, os piores (em torno de 50%). No caso dos dois últimos, a remoção insuficiente de sólidos pode gerar complicações na utilização dos mesmos (colmatação no SU e aspecto ruim do efluente na FSB).

A remoção de nitrogênio não é muito elevada em nenhuma das alternativas, sendo que os melhores desempenhos são os da VI e do CB (em torno de 50%). Os demais dispositivos apresentam valores intermediários (entre 20 e 30%), com exceção do SU que, nesse quesito, também exibe baixa eficiência (em

torno de 10%). Comportamento semelhante é verificado para a remoção de fósforo, diferindo somente no caso do SU, que pode remover 40%.

A remoção de coliformes só se mostrou satisfatória no caso da VI, do CB e da FSB, com resultados em torno de 99%. Nas demais alternativas para as quais esses dados encontravam-se disponíveis (FAN e SU), a remoção desses organismos pode ser considerada insuficiente, o que é um fator preocupante, visto que ambos os sistemas envolvem a disposição no solo. Para a maioria dos sistemas de tratamento que podem promover o contato entre o esgoto (bruto ou em tratamento) e o solo existem recomendações quanto às distâncias mínimas entre o fundo dos dispositivos e o nível máximo do lençol freático.

Quanto ao quesito dependência de fatores climáticos, e tendo em vista que o tratamento biológico de efluentes, principalmente o anaeróbio, é fortemente influenciado pela temperatura, pode-se afirmar que climas quentes são mais favoráveis à eficiência do tratamento. Dessa forma, para as tecnologias que utilizam mecanismos de evapotranspiração, a ocorrência de temperaturas suficientemente elevadas é um fator preponderante para que a operação se dê de maneira eficiente. Observa-se que para os sistemas FS+CB e FET este requisito é de alta interferência.

A declividade máxima que o terreno pode ter no local onde será instalado o sistema de tratamento é uma característica fundamental a ser considerada no projeto e que deve ser avaliada individualmente e de forma adequada nos locais de instalação. Nota-se que em alguns sistemas como FS+CIE e FET a declividade máxima permitida é de até 30%.

Nos sistemas de tratamento que envolve a disposição de efluentes no solo, o funcionamento é dependente da taxa de percolação do mesmo. Dessa forma, esse quesito avalia em que proporção o funcionamento dos sistemas de tratamento é influenciado pelo tipo de solo e que resultem em taxas de infiltração baixas, médias ou altas. Nota-se que os sistemas FS+FAN, FSB e FET não se aplicam este quesito, tendo em vista que, a funcionalidade destes sistemas não envolve contato direto do esgoto sanitário com o solo.

A concepção de alguns sistemas permite que, durante ou após o tratamento do esgoto, o efluente seja empregado na irrigação de espécies vegetais alimentícias e/ou na adubação do solo. Nota-se que os sistemas FS+CB, FSB e FET permitem o reuso do efluente, desde que sejam garantidas as condições sanitárias necessárias.

O quesito de indicação para residências de uso intermitente avalia a adequação dos sistemas à utilização em residências nas quais a geração de esgoto não é contínua. A ausência de geração de esgoto por longos períodos de tempo pode comprometer o funcionamento de alguns sistemas. Por outro lado, para certas alternativas é recomendado o uso intermitente ou alternado, de maneira que a existência de intervalos de tempo, nos quais não há entrada de esgoto no sistema é benéfica, simplificando a operação e evitando problemas relacionados à colmatação nesses sistemas.

A Tabela 2 resume a avaliação das alternativas de tratamento analisadas, em função dos critérios assim apresentados, o emprego dos sistemas foi classificado em: adequado – A, inadequado – N, ou inconclusivo – I. Pela análise da tabela é possível verificar que o sistema de fossa séptica evapotranspiradora é o que melhor se adequa para a área de estudo. Observa-se que todos os critérios foram adequados para este sistema, exceto quanto aos critérios de regulamentação normativa e dependência de fatores climáticos, nos quais a adequação depende de condições específicas. Depois da FET, os sistemas que obtiveram os melhores resultados na análise (principalmente nos quesitos mais restritivos) são a VI e o CB.

Tabela 2: Resumo da avaliação das alternativas individuais de tratamento de esgoto.

Critério/Sistema	FS+FAN	FS+VI	FS+SU	FS+C E	FS+C B	FSB	FET
Demanda de área	A	A	A	A	A	A	A
Regulamentação normativa	A	A	A	A	A*	A*	A*
Consumo de energia elétrica	A	A	A	A	A	A	A
Acessibilidade dos materiais	A	A	A	A	A	A	A
Complexidade construtiva	N	A	N	N	A	N	A
Complexidade de operação	A	N	A	N	A	N	A
Complexidade de manutenção	N	N	N	N	N	A	A
Custo de implantação (R\$/hab)	I	I	I	N	A	N	A
Custo de operação e manutenção (R\$/hab.ano)	N	N	N	N	N	A	A
Geração de odores	A	A	A	A	A*	A	A
Proliferação de insetos e vetores	A	A	A	A	A*	A	A
Aspecto do efluente	A*	A	A	A	A	A*	A
Eficiências de remoção	A*	A	N	I	A	A*	A
Distância mínima do lençol freático (m)	A	N	N	N	N	N	A
Dependência de fatores climáticos	A	A	A	A	A*	A	A*
Declividade máxima do terreno (%)	A	A	A	A	A	A	A
Dependência das características do solo	A	A	A	A	A	A	A
Indicação para residências de uso intermitente	A	A	A	A	A	N	A

Nota: A – adequado; N – inadequado; I – inconclusivo. *A adequação depende de condições específicas

Conforme descrito por Galbiati (2009), enquanto os demais sistemas plantados para tratamento de esgotos apresentam dificuldades ao serem submetidos a grandes cargas orgânicas e altas concentrações de patógenos, necessitando de pré-tratamento para redução de DBO e sólidos e pós-tratamento para eliminação do excesso de nutrientes e patógenos, a FET simplifica essas etapas através da ação integrada de seus diversos.

O sistema age como uma fossa séptica, promovendo a decantação e a digestão do lodo no fundo, como um filtro anaeróbio em sua região intermediária, na qual se localiza o meio suporte, e como um sistema alagado construído de escoamento vertical ascendente nas camadas superiores, onde se encontram as raízes e rizomas da vegetação.

Conforme pode ser visualizado na figura 2, a FET é dimensionada para que, em condições normais de funcionamento, todo o efluente seja absorvido pelas plantas e evaporado, dispensando o uso de meios secundários de pós-tratamento e disposição final.

A fim de viabilizar a construção da FET, pode ser utilizado materiais alternativos como pneus, resíduos cerâmicos e outros tipos de materiais recicláveis, tornando dessa forma, um sistema de implantação de baixo custo, além de simplicidade operacional.



Figura 2: Ilustração de uma fossa séptica evapotranspiradora
Fonte: Galbiati (2009).

CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu constatar as condições precárias no que se refere ao saneamento nas comunidades rurais de São Domingos e Serrinha, do Município de Araponga – MG. O trabalho se torna uma ferramenta de auxílio, na medida em que, contribui de forma significativa para a tomada de decisões quanto à elaboração de um plano municipal de saneamento rural, com o intuito de garantir a segurança do suprimento de água para consumo humano e a destinação correta dos esgotos sanitários.

Das 7 opções avaliadas de tecnologias de tratamento de esgoto sanitário, a alternativa que se mostrou mais adequada em relação a todas as condições avaliadas foi a FET, sendo o mais indicado para ser utilizado nas áreas de estudo. Ressalta-se a importância da participação da população residente no local em todo o processo de implantação, uma vez que, os mesmos precisam conhecer o funcionamento e operação do sistema de tratamento para assim, obter resultados satisfatórios ao longo da vida útil do mesmo.

Conclui-se por fim que, pesquisas voltadas às alternativas de tratamento de esgoto sanitário no meio rural precisam ser intensificadas, de modo que a população seja beneficiada através de sistemas descentralizados de tratamento de alta eficiência e sustentáveis, que requerem baixo custo de instalação e facilidade de operação e manutenção sem dependência de serviços complementares, como a retirada e disposição final do lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, RJ, 1993. 15 p.
2. ABNT. NBR 13969: Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 60 p.
3. BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. Brasília:
4. FUNASA, 2006. Disponível em: (<http://www.funasa.gov.br>). Acesso em: 23 ago. 2014.
5. GALBIATI, A. F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. Campo Grande, MS. UFMS, 2009. Disponível em: (<http://sistemas.ufms.br>). Acesso em: 01 fev. 2014.
6. GOMES, M. C. R. L. SOUZA, J. B. FUJINAGA, C. Estudo de caso das condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos moradores da estação ecológica de Fernandes Pinheiro (PR). *Ambiência Guarapuava (PR)* v.7 n.1 p. 25 - 38 Jan./Abr. 2011.
7. IBGE. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: (<http://www.censo2010.ibge.gov.br>). Acesso em: 01 fev. 2014.
8. IPEA. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2013. Brasília, DF, 2013. Disponível em: (<http://www.atlasbrasil.org.br/2013>). Acesso em: 01 fev. 2014.
9. MINARI, B. H. Influência do uso de sistema de saneamento “in situ” na qualidade de poços rasos e profundos. Tese de Mestrado em Infra-estrutura Aeronáutica-Instituto de Aeronáutica, São José dos Campos. 2007.
10. MONTEIRO JR., A. P.; RENDEIRO NETO, H. F. Sistema individual de tratamento de esgoto: fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro, uma alternativa para o tratamento sanitário em comunidades de baixa renda no município de Belém. Tese de Mestrado. Belém, PA. Unama, 2011.
11. NOVAES, A. P. SIMÕES, M. L. NETO, L. M. CRUVINEL, P. E. SANTANA, A. NOVOTNY, E. H. SANTIAGO, G. NOGUEIRA, A. R. A. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica. Disponível em: (<http://www.cnpdia.embrapa.br>). Acesso em: 15 abril. 2014.
12. OMS, Organização Mundial de Saúde. Disponível em: (<http://www.brasil.gov.br>). Acesso em: 16 abr. 2014.
13. VETTORE, M.; LAMARCA, G. Censo 2010: Uma leitura dos resultados sobre saneamento básico. Rio de Janeiro, RJ: DSS Brasil, 2012. Disponível em: (<http://cmdss2011.org>). Acesso em: 09 fev. 2014.