

## Tanque de evapotranspiração para saneamento rural: estudo de caso no planejamento micro e macro

### *Evaporation-transpiration tanks for rural sanitation: a case study in micro- and macro-planning*

*Pablo Soares de Alvarenga Costa<sup>1</sup>, Bianca Almeida da Silva<sup>2</sup>, Dirlane de Fátima do Carmo<sup>1</sup>, Marcos Alexandre Teixeira<sup>1</sup>, Débora Candeias Marques<sup>1</sup>*

**RESUMO:** Tanques de Evapotranspiração (TEvap) são uma opção pouco explorada de destinação e tratamento do esgoto domiciliar no meio rural, uma das razões para isso é a dificuldade em incluí-los nos projetos de planejamento e elaboração de políticas públicas voltadas para saneamento rural. Neste trabalho é proposta uma metodologia de integração dessa tecnologia no saneamento rural para o Estado de Minas Gerais (macroescala), avaliando a aplicação no município de Itabira (microescala). O dimensionamento para Itabira foi baseado na caracterização da população rural e em dados locais de chuvas, evapotranspiração, e escolha de coeficientes que caracterizassem a infiltração da água da chuva no tanque, condições de insolação e vento. Já para a macroescala, foram sobrepostos mapas de evapotranspiração e pluviometria identificando 22 regiões homogêneas. Foram avaliados três diferentes cenários: com valores de precipitação e evapotranspiração médios (de referência), maior precipitação e com menor precipitação; todos considerando a evapotranspiração correspondente. Com os dados foram dimensionados os TEvap. Foi possível fazer um agrupamento de sete regiões com perfis similares para os TEvap. O procedimento macro é útil para determinar áreas prioritárias para uso do TEvap e, conseqüentemente, nas políticas públicas para a área rural. Porém, para sua plena implementação, em nível micro, é necessário elaborar material específico para o local para diminuir as incertezas que levam a um aumento na área do TEvap (de 2,9 para 3,6 m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup>), assim como para refletir a realidade socioeconômica de cada localidade.

**Palavras-Chave:** Disposição de esgoto. Fossa Verde. Planejamento. Saneamento rural. Saneamento rural sustentável. TEvap.

**ABSTRACT:** Evaporation and transpiration tanks (TEvap) are a poorly explored option for the disposal and treatment of household sewage in rural areas. This is mainly due to the difficulty in including them in planning projects and in public policies aimed at rural sanitation. Current paper proposes a methodology for the integration of this technology in rural sanitation for the state of Minas Gerais, Brazil (macroscale), evaluating its application in the municipality of Itabira (microscale). Itabira was chosen for its rural population and local rainfall data, evaporation-transpiration, and choice of coefficients that characterized the infiltration of rainwater in the tank, sunshine and wind conditions. With regard to macroscale, evaporation-transpiration and rainfall maps overlap and identify 22 homogeneous regions. Taking into account the corresponding evaporation-transpiration, three different scenarios are evaluated: scenario with average precipitation and evaporation-transpiration rates (reference); high rainfall rate; low rainfall rate. TEvap were assessed by the data and seven regions were grouped with similar profiles for the TEvap. Macro procedure is useful to determine priority areas for TEvap and, consequently, in public policies for the rural area. However, for full implementation at the micro level, specific material should be developed to reduce the uncertainties for an increase in the area of TEvap (from 2.9 to 3.6 m<sup>2</sup> person<sup>-1</sup>), and to investigate the socioeconomic reality of each locality.

**Keywords:** Sewer layout. Green sewage system. Planning. Rural sanitation. Sustainable rural sanitation. TEvap.

<sup>1</sup> Dep. de Eng. Agrícola e do Meio Ambiente Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói (RJ), Brasil.

<sup>2</sup> Engenheira Agrícola e Ambiental formada pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói (RJ), Brasil.

---

**Autor correspondente:**

Marcos Alexandre Teixeira: *marcos\_teixeira@id.uff.br*

Recebido em: 10/11/2019

Aceito em: 13/04/2021

---

## INTRODUÇÃO

2

Historicamente, no Brasil, as políticas de saneamento foram voltadas para os grandes centros, com menor atenção às zonas rurais e pequenos municípios. A ausência desses serviços implica impactos ambientais e problemas de saúde pública a essa população, onde os domicílios são distantes entre si, inviabilizando sistemas coletivos de coleta e tratamento como feito no meio urbano (PIRES, 2012).

A população rural responde cerca de 15% do total populacional (IBGE, 2011). E em 2014, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), apenas 5,45% dos domicílios rurais brasileiros estavam ligados a redes de esgotos; 33,25% utilizavam o tratamento por fossa séptica e 61,30% dos domicílios depositavam os dejetos em fossas rudimentares, cursos d'água ou a céu aberto (IBGE, 2015). Em Minas Gerais, tal situação também foi encontrada por Costa *et al.* (2018) em trabalho realizado na Serra do Espinhaço, em que, dos 1600 produtores rurais cadastrados, 86% alegaram que não tinham nenhum tipo de tratamento para o esgoto rural produzido.

Tendo em vista as dificuldades para o esgotamento sanitário rural, tecnologias alternativas sustentáveis são necessárias para apoio ao cumprimento das metas do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Os principais problemas enfrentados dizem respeito à falta de capacitação para investimento em áreas agrícolas e ausência de serviços públicos básicos. A universalização dos serviços públicos em localidades rurais tem sido um tema amplamente discutido devido aos obstáculos, limitações e questões político institucionais enfrentadas (SAMPAIO; MORAES, 2014).

A destinação em fossa negra apresenta diversos impactos (BRASIL, 2006) e vem sendo substituída por outras opções mais adequadas, tais como fossas sépticas biodigestoras, em projetos de tecnologia social como do Banco do Brasil (FUNASA, 2019) ou a propaganda pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (NOVAES *et al.*, 2002).

No Brasil ainda é pouco usual o tratamento de águas negras por meio de Tanques de Evapotranspiração (TEvap), mas estes sistemas também reconhecidos como tecnologia social pela Fundação Banco do Brasil desde 2011 (FFB, 2019) apresentam vantagens, principalmente para o meio rural, tais como a maior viabilidade técnica e financeira, quando comparados com outras soluções tradicionais; além da facilidade operacional, dado que não fazem uso de processos mecanizados e ter estruturas de fácil construção e operação (EMATER, 2014).

Os TEvaps foram definidos por Paulo *et al.* (2019) como híbridos, sendo uma combinação de fossa séptica embutida com área úmida construída, baseados na interação solo

e plantas para o tratamento do esgoto. Nomeado de “Watson Wick” pelo idealizador, o permacultor americano Tom Watson, esse sistema recebeu diversas denominações no Brasil como fossa verde ou Canteiro Biosséptico por Oliveira Netto (2015), e tanque de evapotranspiração (GALBIATI, 2009), sendo essa última denominação adotada como referência para o presente trabalho.

O tratamento se caracteriza por um tanque retangular impermeabilizado preenchido por camadas de substratos, onde espécies vegetais com alta demanda de água e rápido crescimento são plantadas. O funcionamento se dá pela entrada do efluente na parte inferior do tanque pela câmara de recepção, onde ocorre a digestão anaeróbia. Com o acúmulo, o efluente atinge as camadas superiores de brita e areia até a camada de solo, onde chega à superfície, sendo a água evapotranspirada do sistema e os nutrientes incorporados a biomassa das espécies vegetais plantadas no TEvap.

Segundo Galbiati (2009), o sistema de tratamento por tanques de evapotranspiração quando dimensionado adequadamente minimiza a necessidade de pós-tratamento do possível efluente extravasado, pois em condições normais de funcionamento o efluente é absorvido em sua totalidade pelos vegetais cultivados.

Os TEvaps vêm sendo aplicados no Brasil em diferentes regiões, principalmente associadas a núcleos permaculturais, porém, há um limitado número de trabalhos acadêmicos sobre seus critérios para seu dimensionamento, bem como acompanhamento. Portanto, há diferentes condições de aplicação do TEvap, e uma grande variabilidade de formas, cálculos de área, com diferentes materiais de preenchimento, a exemplo dos dados coletados por Galbiati (2009) apresentados na Tabela 1, que, já em 2009, refletem esta diversidade de dimensionamentos que cerca o uso do TEvap.

**Tabela 1.** Principais características de alguns Tanques de Evapotranspiração instalados no Distrito Federal. Adaptado de Galbiati (2009)

Caraterística	Valor observado				
Área x Prof. (m)	12,5 x 1,0	9,0 x 1,0	16,0 x 1,0	4,0 x 1,0	17,5 x 1,2
Usuários	3	4	Eventual	2	Sazonal
Plantas	Bananeiras e Taiobas	Bananeiras	Bananeiras e Taiobas	Bananeiras	Diversas
Material da câmara	Ferro-cimento e pneus	Ferro-cimento e manilhas perf.	Ferro-cimento e pneus	Sem impermeabilização e pneus	Lona plástica e pneus

A principal variável construtiva é a relação usuário/área (volume de efluentes produzidos e a área necessária para evaporar a fração líquida), que leva em consideração os estudos empíricos de Tom Watson com a indicação de 2 m<sup>3</sup> por pessoa (PIRES, 2012). Essa variação se observa muito em função das diferenças na evapotranspiração anual conforme pode ser observado em diferentes trabalhos, tais como os de Sentelhas *et al.* (1999), Malaquias (2010) e Pires (2012).

Dessa forma, enquanto tecnologia, os TEvaps têm demonstrado eficiência no manejo de efluentes, porém, sua aplicação ainda é pontual e muito focada em ações individuais de alguns agricultores e comunidades (DOETZER *et al.*, 2011). Isso se deve, provavelmente, pela dificuldade do planejamento do seu uso em larga escala, como parte de uma política de saneamento rural (objetivo do presente trabalho), e em parte pela falta de material técnico de disseminação, como folhas de dados técnicos e cartilhas (a exemplo das disponibilizadas pela *SuSanA*), com uma linguagem adequada à realidade da população alvo do projeto, necessitando ser secundada por outras publicações de apoio (voltadas para o usuário final).

Assim, ponderando que o sistema brasileiro de saneamento rural considera o TEvap em sua matriz tecnológica (PAULO *et al.*, 2019), no presente trabalho foi proposta uma metodologia para inserção desse sistema como elemento de uma política de saneamento voltada para o meio rural, partindo de um planejamento local, em um município, para sua replicação mais generalizada, em todo o Estado. Assim, iniciou-se o delineamento em microescala, adotando o município de Itabira como estudo de caso, transpondo para a macro escala, considerando todo o Estado de Minas Gerais, Brasil.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O Estado de Minas Gerais foi utilizado como estudo de caso porque apesar de ser bastante populoso e com muitos municípios, 853 no total, possui uma densidade demográfica considerada relativamente baixa, de 33,41 hab. km<sup>-2</sup> (IBGE, 2010a). Todavia, a distribuição da população no território mineiro não se dá de forma uniforme, a população urbana tende a se concentrar nas grandes metrópoles, enquanto o restante da população tende a se apresentar disperso (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2002). Assim, sistemas descentralizados como o TEVap, para o tratamento de esgoto, assumem relevância, considerando que, de acordo com o Censo Agropecuário, há em Minas Gerais 607,6 mil estabelecimentos rurais, ocupando uma área de 38,2 milhões de ha (IBGE, 2017).

O município de Itabira está localizado no quadrilátero ferrífero de Minas Gerais e, de forma a contemplar a escala micro, foi escolhido como estudo de caso devido a quantidade de corpos hídricos presente em seu território, favorecida por sua geologia, geomorfologia e pedologia (ACHMG, 2014). Deve-se ressaltar que Itabira tem território dividido entre as bacias hidrográficas do rio São Francisco (cerca de 60%) e rio Piracicaba (cerca de 40%), estando as duas bacias contribuindo para a bacia do rio Doce (SILVA *et al.*, 2010). Além disso, a zona rural do município possui apenas 2,7% dos domicílios em condições adequadas e cerca de 54% considerados em condições inadequadas de saneamento; comparadas à zona urbana, com 94,2% dos domicílios em condições adequadas, segundo IBGE (2010). Portanto, tais condições são propícias à utilização do TEvap (COSTA; TEIXEIRA, 2015).

O dimensionamento foi realizado considerando tanto a escala macro, quanto a micro, observando a obtenção de um balanço hídrico do sistema que possibilitasse a ausência de extravasamento de efluente e permitisse o cálculo da área superficial do TEvap. Para esse cálculo deve ser considerada a evapotranspiração diária do sistema, a vazão diária *per capita* oriunda do vaso sanitário, a pluviosidade média do local, o número de habitantes, além de coeficientes adotados por referências, que expressam características de infiltração da água da chuva no tanque, condições de insolação e vento da localidade.

Esse procedimento foi realizado tanto para o município, quanto para o Estado. Foram seguidas as recomendações de Pires (2012) e Galbiati (2009) para o cálculo da área superficial do TEvap, onde foram considerados: o número de pessoas, a vazão diária *per capita* oriunda do vaso sanitário, a evapotranspiração, a pluviosidade do local, além de coeficientes de infiltração da água da chuva no tanque.

## 2.1 ESTUDO MICRO – ITABIRA (MG)

O município de Itabira está localizado na região Central do Estado de Minas Gerais, área de 1.254 km<sup>2</sup>, sendo 95,14% em zona rural e 4,86% urbana (CARVALHO; BRASIL, 2009). A população total de Itabira em 2010, segundo IBGE (2010a), era de 109.783 habitantes, sendo a população residente rural de 7.467 habitantes, o que equivale a 6,8% da população total do município.

Segundo Carvalho e Brasil (2009), o clima da região é considerado do tipo Cwa; embora Alvares *et al.* (2013) coloquem igualmente a predominância de Cwb (25,5 e 26,0% respectivamente), que se caracteriza por inverno seco e verão chuvoso ou tropical de altitude, o valor médio de temperatura é de 20,3 °C. A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) para a região de Itabira é de 1140,56 mm ano<sup>-1</sup> segundo Carvalho (2011), ou seja, 3,16 mm dia<sup>-1</sup>.

Para a proposição do dimensionamento dos sistemas descentralizados que melhor atendesse às necessidades locais, foi escolhido, com base no perfil demográfico, a família padrão rural típica daquele município, sendo considerados: o número de domicílios rurais (IBGE, 2010); a população que não era atendida com sistemas de esgotamento sanitário adequados (SNIS, 2014); a renda média das famílias rurais (IBGE, 2010); o grau de escolaridade da população rural (DATASUS, 2010); e o número de pessoas por domicílio (IBGE, 2010) para estimar o consumo de água e a geração de águas negras.

O consumo médio diário de águas pelo vaso sanitário não é um senso comum, com valores oscilando de aproximadamente 5% (BARRETO, 2008), a valores médios variando de 14% a 9,8% (PIRES, 2012), do total de água consumida. Para o projeto foi adotado 15% da água consumida direcionada aos vasos sanitários, valor majorado em relação à proporção de consumo *per capita* de Pires (2012). O consumo de água *per capita* da região é de 150,6

l.hab.dia<sup>-1</sup> (SNIS, 2014) e, assim, o volume destinado ao vaso sanitário diariamente é equivalente a 22,5 l.hab.dia<sup>-1</sup>.

Para o dimensionamento foi utilizado  $k_{TEvap}$  igual a 2,7, o mesmo utilizado por Galbiati (2009), dada a similaridade das condições dos experimentos observados em Mato Grosso, para o caso de Itabira. A evapotranspiração foi estimada pelo coeficiente do tanque ( $k_{TEvap}$ ), conforme a Equação (1) modificada (GALBIATI, 2009).

$$ET_{TEvap} = ET_0 \cdot k_{TEvap} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$ET_{TEvap}$  = Evapotranspiração estimada do tanque anual, em mm ano<sup>-1</sup>;

$ET_0$  = Evapotranspiração de referência anual, em mm ano<sup>-1</sup>;

$k_{TEvap}$  = coeficiente do tanque, adimensional (adotado 2,71).

Para a área superficial do TEvap foi utilizada a equação modificada de Galbiati (2009), os parâmetros temporais diários foram adaptados para dados anuais conforme a Equação 2.

$$A = (n \cdot Q_a) / (ET_0 \cdot k_{TEvap} - P \cdot K_i) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

A = área superficial do tanque, em m<sup>2</sup>;

n = número médio de usuários do sistema;

$Q_a$  = vazão anual por pessoa, (adotado 8100,00 l hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

$ET_0$  = evapotranspiração de referência média do local, em mm ano<sup>-1</sup>;

$ET_{TEvap}$  = Evapotranspiração estimada do tanque anual, em mm ano<sup>-1</sup>;

P = pluviosidade média do local, em mm ano<sup>-1</sup>;

$k_i$  = coeficiente de infiltração, adimensional, variando de 0 a 1 (adotado: 0,20).

O volume de entrada do sistema foi definido como o somatório das precipitações e das vazões de águas negras provenientes dos sanitários. A precipitação média anual constatada para Itabira é de 1407,1 mm ano<sup>-1</sup> (SAAE, 2005 *apud* ACHMG, 2014).

A área das TEvaps foi definida conforme a equação 2. Para os custos, foram considerados valores para a região de Itabira (ano base 2014), conforme pode ser visto em Costa e Teixeira (2014b).

A escolha das culturas a serem plantadas no sistema deve contemplar espécies de crescimento rápido e alta demanda por água. Também devem ser observadas as recomendações

do zoneamento agrícola, que indica área de cultivo com e sem irrigação, como colocado na Portaria Federal 268/2010 (BRASIL, 2010).

## 2.2 ESTUDO MACRO - ESTADO DE MINAS GERAIS

Extrapolando os resultados para aplicação da alternativa de tratamento para todo o Estado de Minas Gerais, a primeira etapa foi dividir o Estado em sub-regiões, visto que é grande a sua extensão, apresentando diferentes regimes de precipitação e evapotranspiração.

Buscou-se a separação de forma que cada uma das sub-regiões tivesse regime pluviométrico e evapotranspirações similares, ou seja, com condições agroclimáticas mais homogêneas. A precipitação e a evapotranspiração foram escolhidas como fatores básicos para esta separação por serem os principais parâmetros de dimensionamento de bacias de evapotranspiração. Também foram consideradas as divisões político-administrativas do Estado pelas similaridades socioeconômicas, o que pode facilitar na implementação da alternativa como uma política pública de saneamento rural.

Essas unidades de planejamento foram obtidas a partir da sobreposição dos mapas de precipitação média anual e de evapotranspiração decenal usando o *software* AutoCad1 2015.

Como grande parte das divisões políticas para o Estado acompanha elementos geográficos, tais como elevações, divisores de águas e corpos d'água, foi possível utilizar essas linhas demarcatórias para delimitar as áreas consideradas homogêneas para o estudo. Ressalta-se que, nos Estados ou regiões onde esta característica não estiver presente, a exemplo de divisões administrativas que não sigam elementos do relevo, este tipo de conjunção poderá ser bastante difícil de ser feita, dificultando a identificação de áreas homogêneas.

Com esta divisão buscou-se identificar - nas linhas de divisão entre regiões administrativas (macro e mesorregiões) - áreas que pudessem obedecer a um comportamento homogêneo em relação aos parâmetros de dimensionamento para TEvaps, sejam estas pluviosidade e/ou evapotranspiração.

Foram definidas 22 sub-regiões para as quais foram coletados dados visando o dimensionamento dos TEvaps. Os parâmetros considerados na análise para o dimensionamento foram: as médias de pluviosidade e evapotranspiração no mês mais chuvoso; as médias de pluviosidade e evapotranspiração para o mês com menor taxa de evapotranspiração; e as médias de pluviosidade e evapotranspiração. A base de dados inclui observações diárias dos últimos 50 anos (1960-2010) nas estações meteorológicas convencionais.

Para os dados de pluviometria, foram consultados dados de Guimarães *et al.* (2010), e para os dados de Evapotranspiração de Referência disponível em Albuquerque *et al.* (2011). Neste último, para a evapotranspiração foi utilizado o método de cálculo de Penman-Monteith, parametrizado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO, empregando-se as séries históricas de dados meteorológicos disponibilizadas pelo Instituto

Nacional de Meteorologia - INMET, através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP.

Para o dimensionamento do TEvap foi estimada a área do TEvap em metro quadrado por pessoa, com base em três possíveis combinações de diferentes cenários agrometeorológicos, adotando-se o maior valor (abordagem conservativa), tendo sido considerados:

- Cenário 1 - Média anual de precipitação e média anual de evapotranspiração, sendo considerado o cenário de referência;
- Cenário 2 - Maior valor para precipitação mensal, e correspondente evapotranspiração, o desempenho do TEvap no mês mais chuvoso (Janeiro); e
- Cenário 3 - Menor valor de evapotranspiração mensal, e correspondente precipitação, o TEvap no mês com menor capacidade de receber efluentes (Junho).

Os resultados das análises dos cenários foram utilizados para identificar regiões com o mesmo comportamento agrometeorológico, que levaram aos mesmos valores do TEvap por habitante, permitindo novo agrupamento das sub-regiões.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ESTUDO MICRO – ITABIRA (MG)

Inicialmente foi avaliada a aplicação da metodologia em uma escala micro, que é o que mais se aproxima do dimensionamento padrão, encontrado nos diferentes trabalhos, tais como Gabialti (2009), Coelho *et al.* (2018), entre outros.

O primeiro passo foi caracterizar o público a ser atendido que, para o estudo micro, partiu da definição da família padrão rural. O perfil identificado com base nos levantamentos bibliográficos foi de quatro pessoas por família; consumo de água de  $150 \text{ L hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , tendo como referência o ano de 2011 (SNIS, 2014), implicando águas negras produzidas de  $22,5 \text{ L hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Em relação à renda média das famílias rurais de Itabira, o censo do IBGE (2010) forneceu o valor de R\$ 1.286,76 para o rendimento médio mensal dos domicílios particulares rurais. O rendimento médio *per capita* era de R\$ 511,41 mensais, podendo desta forma enquadrar a população rural como sendo do grupo D em média, segundo classificação da CPS/FGV (2012).

O nível de escolaridade é importante para definição da melhor estratégia de veiculação das informações tendo como foco a educação ambiental. Em Itabira, a escolaridade no meio rural é baixa, sendo que apenas 22,2% dos moradores apresentam o segundo ciclo do ensino fundamental completo ou acima disso, de acordo com o DATASUS (2010). Quase 50% da

população rural é sem instrução ou apresenta o primeiro ciclo do fundamental incompleto. Considerando a transferência de tecnologia, esse dado é relevante pois segundo Mendes e Buainain (2015) há a necessidade de um nível mínimo de instrução para que o agricultor consiga compreender as técnicas a serem aplicadas. A falta de recursos financeiros e a escassez de terra também são apontadas por Souza *et al.* (2019) como limitantes para a adoção de tecnologias. No entanto, para a implantação de um sistema de tratamento de esgoto como a TEVap, tais fatores podem não ser limitantes, visto que é considerada uma tecnologia simples, com estruturas de fácil construção, operação simplificada, sendo enquadrada como Tecnologia Social pelo Banco do Brasil (EMATER MG, 2013).

Para o dimensionamento do sistema descentralizado composto por TEVap, o principal parâmetro a ser definido é a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), que tem seu valor baseado em condições climáticas. Para a região de Itabira a  $ET_0$  é de 1140,56 mm.ano<sup>-1</sup> segundo Carvalho (2011), ou seja, 3,16 mm.dia<sup>-1</sup>, sendo a pluviosidade anual de 1407,1 mm.ano<sup>-1</sup> (CARVALHO; BRASIL, 2009). Variando então os coeficientes de infiltração ( $k_i$ ), os resultados encontrados para o dimensionamento da área dos TEvaps estão agrupados na Tabela 2. Foram considerados os dados do município para famílias de 1 a 6 habitantes, com base nos valores de  $k_i$  de 1 a 0,2, definindo a máxima e a mínima área a serem consideradas no projeto. Apesar do dimensionamento para famílias padrão rural ser de quatro pessoas, optou-se por considerar um dimensionamento para famílias maiores, de até 6 membros, como fator de segurança.

**Tabela 2.** Relação de área superficial do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), em relação ao número de pessoas no meio rural e o coeficiente de infiltração da água de chuva

Número de Usuários	Produção de águas Negras (Ldia <sup>-1</sup> )	Área (m <sup>2</sup> pessoa <sup>-1</sup> )		
		$k_i = 1$	$k_i = 0,5$	$k_i = 0,2$
1	22,5	4,8	3,4	2,9
2	45,0	9,7	6,8	5,8
3	67,5	14,5	10,2	8,7
4	90,0	19,4	13,6	11,6
5	112,5	24,2	17,0	14,5
6	135,0	19,1	20,5	17,4

Adotando-se o  $k_i$  de 0,2 (padrão), obteve-se a área superficial do TEvap de 2,9 m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup>. Para uma família padrão de quatro pessoas, obtém-se uma área superficial de 11,6 m<sup>2</sup>; levando a um dimensionamento de TEvap de 5,5 m de comprimento, 1,5 m de profundidade e 2,0 m de largura.

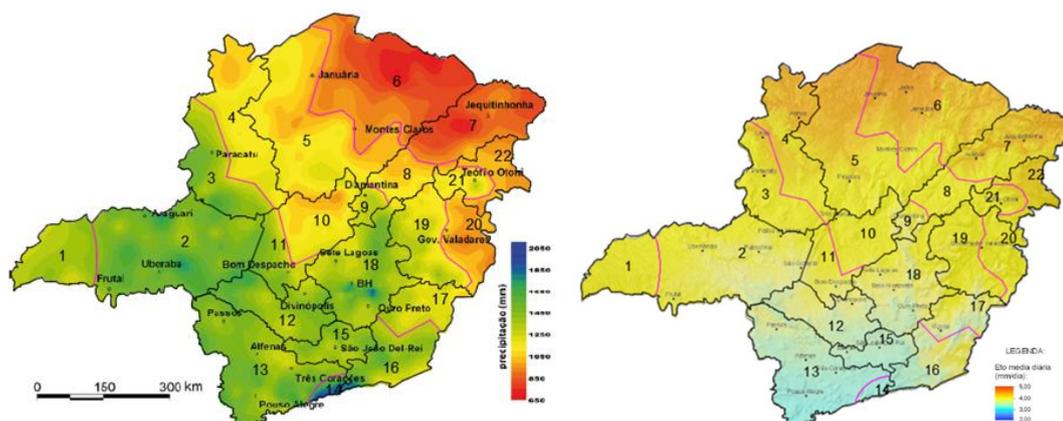
Com relação à escolha das culturas a serem plantadas no TEvap, a banana (*Musa* sp.) foi escolhida para o plantio por apresentar crescimento rápido, alta demanda por água e ótima adaptação ao sistema. Deve-se ponderar ainda que Minas Gerais é um dos três principais Estados produtores de banana do país (10% da produção nacional). Segundo Embrapa (2017),

a cultura tem ampla aceitação pelos usuários do sistema. Vale ressaltar a possibilidade de outras culturas como: tomate (*Solanum esculentum*), pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*) entre outras (COELHO *et al.*, 2018), assim como a taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.)), que é uma cultura de grande aceitação em Minas Gerais, e adequada para a região (EPAMIG, 2011).

Os custos associados e detalhes construtivos podem ser vistos no material formatado conforme preconizado, com uma visão da primeira folha da cartilha no formato *SuSaNa* (COSTA; TEIXEIRA, 2014b). O custo de construção deste TEvap para atender 4 pessoas foi de aproximadamente R\$ 2.000,00 (ou 611 euros, base 2014) tendo como base os preços dos materiais de construção em Itabira em março de 2014. Deve-se ressaltar que a disponibilidade e utilização de materiais inservíveis da região tendem a diminuir os custos de construção, podendo ser utilizados pneus inservíveis e entulho cerâmico, por exemplo. Há também a possibilidade de serem organizados mutirões para a construção, o que eliminaria o custo com a mão de obra.

### 3.2 ESTUDO MACRO - ESTADO DE MINAS GERAIS

A sobreposição do mapa das divisões administrativas sobre o mapa de precipitação média e de evapotranspiração resultou nas 22 áreas delimitadas pelas linhas contínuas (mesorregiões) e pontilhadas (microrregiões), como pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1.** Limites das áreas de dimensionamento sobre o mapa de precipitação média anual (escala de 650 a 2050 mm ano<sup>-1</sup>) e sob o mapa de evapotranspiração de referência decenal (média anual, escala 2 a 5 mm dia<sup>-1</sup>), no Estado de Minas Gerais (SILVA, 2017).

Os valores de precipitação e evapotranspiração para cada sub-região, com base nos mapas sobrepostos, a partir dos três cenários analisados, podem ser vistos na Tabela 3. Pode ser observada uma evidente distinção entre os dados de evapotranspiração e de precipitação para os diferentes cenários.

**Tabela 3.** Dados agrometeorológicos para os três cenários

Sub-regiões	Cenário 1 - Média Anual (mm ano <sup>-1</sup> )		Cenário 2 - Média de janeiro (mm mês <sup>-1</sup> )		Cenário 3 - Média de junho (mm mês <sup>-1</sup> )	
	Precip.	Evap.	Precip.	Evap.	Precip.	Evap.
1	1.450	1.460	280	120	20	90
2	1.750	1.278	360	120	20	75
3	1.650	1.460	360	135	15	90
4	1.250	1.460	260	150	10	90
5	1.250	1.460	260	135	10	90
6	1.050	1.642	220	135	10	90
7	1.050	1.642	180	150	30	90
8	1.150	1.460	240	135	10	90
9	1.350	1.642	280	120	10	75
10	1.150	1.460	240	120	15	90
11	1.450	1.460	320	120	20	90
12	1.550	1.095	360	120	20	75
13	1.650	1.095	340	120	50	60
14	2.050	1.095	360	120	40	60
15	1.450	1.095	320	120	20	60
16	1.750	1.095	340	120	30	60
17	1.350	1.642	260	120	20	75
18	1.750	1.642	360	120	20	75
19	1.450	1.460	280	135	20	90
20	1.050	1.460	220	135	20	90
21	1.250	1.460	200	135	30	90
22	950	1.642	160	150	40	90

Pela Tabela 3 é possível perceber a grande variabilidade da pluviometria - a exemplo da pequena região próxima de Caxambu, com a cidade de Santa Rita de Jacutinga (14), com valores de média anual de 2050 a 40 mm mês<sup>-1</sup> para junho, ou seja, entre os cenários (Região Geográfica Imediata de Juiz de Fora). Também se observa variabilidade nos valores de evapotranspiração, para as regiões próximas das cidades de Arinos (4) e Pirapora (5), que conjugam cidades de três regiões geográficas do Estado: São Francisco, Januária e Montes Claros, com valores de 1460 para 90 mm mês<sup>-1</sup>.

Em períodos de fluxo de pico, a capacidade hidráulica do sistema pode não ser adequada e haver transbordamento. Isso foi verificado por Paulo *et al.* (2019) ao avaliar o comportamento de um TEvap operado por 1490 dias, tendo sido observado nesses períodos que 18% do fluxo de entrada não evapotranspirou. No entanto, de acordo com Paulo *et al.* (2013), o volume é muito inferior que o tratado e infiltrado quando se utilizam drenos de infiltração séptica, sendo o TEvap recomendado como forma de reduzir o impacto do lançamento de esgotos sanitários.

Os valores para área superficial do TEvap por habitante, para os três cenários, foram agrupados na Tabela 4. Pode-se observar que o cenário 3 (mês de junho) é o caso mais crítico, com uma área maior. Desse modo, é recomendado que o sistema seja, então, dimensionado para esse mês, evitando, assim, extravasamento, notando que a maior diferença observada foi de 42%.

**Tabela 4.** Área superficial do TEvap para cada cenário

Sub-região	Área superficial do TEvap (m <sup>2</sup> pessoa <sup>-1</sup> )			Diferença entre valores
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	
1	2,4	2,7	3,0	20%
2	2,8	2,8	3,6	22%
3	2,4	2,5	3,0	20%
4	2,3	2,3	3,0	33%
5	2,3	2,3	3,0	23%
6	2,0	2,2	3,0	33%
7	2,0	1,9	3,0	37%
8	2,3	2,3	3,0	23%
9	2,1	2,7	3,6	42%
10	2,3	2,6	3,0	23%
11	2,4	2,8	3,0	20%
12	3,3	2,8	3,6	22%
13	3,3	2,8	4,7	40%
14	3,4	2,8	4,7	40%
15	3,2	2,8	4,5	38%
16	3,3	2,8	4,6	39%
17	2,1	2,6	3,6	42%
18	2,1	2,8	3,6	42%
19	2,4	2,3	3,0	23%
20	2,3	2,2	3,0	27%
21	2,3	2,2	3,0	27%
22	2,0	1,9	3,1	39%

Pode ser observado na Tabela 4, que o Cenário 1 - Uso de valores médios anuais, apresentou menores valores para a área necessária, demonstrando que é um grande risco basear os cálculos da área do TEvap em valores médios, desconsiderando as condições extremas para o comportamento climático da região (dados de agrometeorologia).

De forma geral, os valores encontrados estão acima do padrão geralmente adotado de 2 m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup> (PAMPLONA; VENTURI, 2004), porém, dentro da faixa de valores de outros autores, como os apresentados por Galbiati (2009), na faixa de 2,4 a 4 m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup>, ou de Costa (2018), que propuseram adoção de 2,5 m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup>. Deve-se ressaltar que há autores que apresentaram valores inferiores, tais como Oliveira Netto *et al.* (2015), com a proposição de 0,8 m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup>.

Paulo *et al.* (2019) ressaltam que dados coletados *in loco* auxiliam na correta escolha do coeficiente de infiltração (ki), na obtenção de dados mais confiáveis sobre o clima e os moradores locais, permitindo um dimensionamento mais adequado do TEvap, aumentando a viabilidade técnica e econômica do sistema. Os autores ressaltam que a compreensão da rotina da família pode auxiliar a definir se o sistema será projetado para lidar com esses fluxos de pico ou se deve ser considerado apenas uma vala de infiltração para os transbordamentos ocasionais (PAULO *et al.*, 2019).

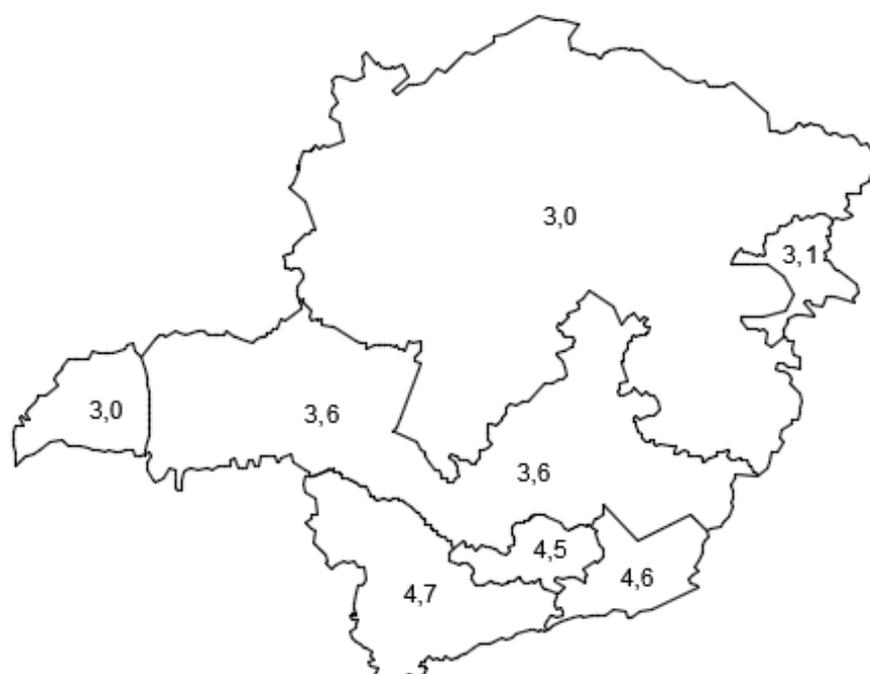
Ainda com base nos valores encontrados, foi possível identificar agrupamentos de sub-regiões, sendo considerado o dimensionamento para famílias com até 6 membros, como fator de segurança, conforme a Tabela 5.

**Tabela 5.** Área superficial do TEvap, por número de componentes das famílias rurais, para cada sub-região (junho), para o Estado de Minas Gerais

Sub-região	Área superficial do TEvap (m <sup>2</sup> )					
	Número de indivíduos na família					
	1	2	3	4	5	6
1	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0
3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 19, 20, 21	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0
2, 12, 17, 18	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6
13, 14	4,7	9,4	14,1	18,8	23,5	28,2
15	4,5	9,0	13,5	18,0	22,5	27,0
16	4,6	9,2	13,8	18,4	23,0	27,6
22	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6

Com relação à profundidade, assumiu-se um metro para todos os casos, contudo, se algum terreno possuir limitações quanto à área superficial, recomenda-se que aumente a profundidade e diminua a área superficial na mesma proporção, buscando sempre atender o volume de tanque exigido. Uma ressalva a ser feita é com relação à permeabilidade do solo de cada região, pois solos argilosos e/ou muito argilosos (de textura mais pesada), podem - quando na composição das camadas do TEvap, levar a regiões de baixa drenagem - dificultando a eficiência do sistema. Essa ressalva também é feita por Oliveira Netto *et al.* (2015), que acrescentam à lista de considerações, além do tipo de solo, o nível do lençol freático.

De forma gráfica a distribuição das regiões, e seus respectivos valores de metro quadrado por pessoa, são apresentados na Figura 2.

**Figura 2.** Regiões agrupadas com seus respectivos valores de área superficial do TEvap (m<sup>2</sup> pessoa<sup>-1</sup>).

Com a leitura da Figura 2, é possível notar que todos os valores foram superiores ao valor de referência para Itabira,  $2,9 \text{ m}^2 \text{ pessoa}^{-1}$ . Essa diferença pode ser entendida como uma resposta à variabilidade dos dados agrometeorológicos, no intuito de basear-se no cenário 3, que é mais crítico.

A existência desse tipo de informação, de fácil interpretação pelo usuário, que sabendo sua localização, pode obter uma recomendação de dimensionamento, está em linha com a recomendação de Martinetti *et al.* (2007) de que o sistema de tratamento deve ser de fácil construção e manutenção, como uma forma de melhoria da qualidade de vida, uso racional de recursos e preservação ambiental. Uma forma de comunicação destas recomendações pode ser uma Ficha Técnica, como elaborado por Costa e Teixeira (2014a)<sup>3</sup>, em que os dados foram agrupados em uma planta arquitetônica, onde consta: planta baixa, cortes e detalhes do tanque com as dimensões recomendadas para cada faixa de usuários.

Dessa forma, foi possível identificar as fontes de dados e metodologias que tornaram viável transpor o dimensionamento do TEvap de uma perspectiva local, para uma em termos de cidade - estudo Micro - assim como os documentos e metodologias para uma avaliação de seu uso em termos de Estado - estudo Macro, de forma que sim, o uso do TEvap pode ser homogeneizado em diferentes regiões facilitando assim sua disseminação - com uso de cartilhas mais abrangentes e/ou determinação de regiões de maior interesse em primeiramente difundir a tecnologia.

Portanto, verificou-se que se faz necessário o planejamento macro, para - somente depois - executar o micro. No entanto, devem ser consideradas prioridades e especificidades locais. Áreas com riscos de contaminação pela disposição inadequada de efluentes sanitários devem ser prioritárias, há a necessidade de avaliar a de corpos hídricos, considerando para isso com base nas regiões que demonstrarem maior adaptabilidade da tecnologia (menor área de tanque por pessoa:  $\text{m}^2 \text{ pessoa}^{-1}$ ), assim como reduzir as incertezas e melhor adequar o projeto TEvap à realidade local (a exemplo de: risco de contaminação ambiental, áreas de atendimento prioritário, presença de forte representação civil, entre outras), como por exemplo, na escolha do material da câmara de decomposição.

Por outro lado, o estudo macro se mostrou um importante instrumento de política pública, devendo ser utilizada as divisões geopolíticas do território, em especial no caso em que estas acompanhem divisores de água e elementos de relevo, que costumam ser associados com mudanças no microclima e condições de agrometeorologia.

Um exemplo da aplicação do mapa gerado com instrumento de formação de políticas públicas, poderia ser na indicação de tecnologias de esgotamento sanitárias que podem ter um papel essencial para alcançar os Objetivos do Milênio, a exemplo do Tanque de

<sup>3</sup> <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/case-studies/details/2102>

Evapotranspiração TEvap. Em especial onde os modelos ditos tradicionais não apresentam viabilidade (sistemas centrais de coleta e tratamento).

Este estudo pode ser combinado com outras ações para a formatação e um programa de saneamento rural, como proposto por Landergraber e Muellegger (2005). Ressaltando, como colocado por Coelho *et al.* (2018), a importância do trabalho conjunto da academia com os movimentos populares e a valorização do saber popular, como uma importante via de validação do TEvap, e seu baixo custo, como colocado por Fernandes *et al.* (2015).

#### 4 CONCLUSÕES

É possível estimar o dimensionamento para o nível macro (Estado de Minas Gerais) a partir do estudo de mapas de evapotranspiração e precipitação. No entanto, verificou-se com o planejamento em nível micro (Itabira) que, dada a restrição geográfica, há uma menor variabilidade nos dados agrometeorológicos, sendo possível ter somente um cenário para o dimensionamento, diminuindo as incertezas com relação à área do TEvap, e facilitando a elaboração do material de referência, a exemplo da folha de dados construtivos. Isso não foi verificado na visão macro - Estado de Minas Gerais - onde o acúmulo das incertezas, pautadas na variação da precipitação e evapotranspiração, mas que poderia ser estendida a outros parâmetros (como o tipo de solo, fatores culturais, hábitos da família), levou a uma majoração na área *per capita* do tanque. Isso foi demonstrado pelos valores encontrados de  $2,9 \text{ m}^2 \text{ pessoa}^{-1}$  para Itabira (nível micro), comparado a  $3,6 \text{ m}^2 \text{ pessoa}^{-1}$  em nível macro, ou seja, um acréscimo de 24% na área, evidenciando o caráter conservativo deste último.

#### REFERÊNCIAS

ACHMG. Associação das Cidades Históricas de Minas Gerais: Itabira. **Informações e dicas**. Disponível em: <http://www.cidadeshistoricasdeminas.com.br/cidade/itabira/informacoes-e-dicas/#ggeoconomia-tab>. Acesso em: 15 fev. 2014.

ALBUQUERQUE, Paulo Emílio Pereira de; GUIMARÃES, Daniel Pereira; LANDAU, Elena Charlotte. **Documentos 131. Mapas decendiais da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 61p. Disponível em: [ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59493/1/Doc-131-1.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59493/1/Doc-131-1.pdf). Acesso em: 16 maio. 2016.

ALVARES *et al.* Koppens climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais de água. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. 3. ed. **Manual de saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 268, de 18 de agosto de 2010**. Zoneamento agrícola de risco climático para a cultura de banana no Estado de Minas Gerais. Brasília: Coordenação-Geral de Zoneamento Agropecuário, Departamento de Gestão de Risco Rural, Secretaria de Política Agrícola, 2010. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPort alMapa&chave=1004499013>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CARVALHO, F. H. Aquecimento Global - Efeitos do Aumento da Temperatura sobre a Evapotranspiração de Referência no Brasil. *In*: 19º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011, Maceió. Maceió: ABRH, 2011. Disponível em: [http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/03db897538a42209662d74aefc453be8\\_e3becfb17130d50efcf8f6190a2292bc.pdf](http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/03db897538a42209662d74aefc453be8_e3becfb17130d50efcf8f6190a2292bc.pdf). Acesso em: 24 fev. 2014.

CARVALHO, H. D.; BRASIL, E. R. **Conjuntura Socioeconômica do Município de Itabira**. Itabira: Funcesi, 161p., 2009.

COELHO, F. C.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, C. J. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 801-810, ago. 2018. FapUNIFESP.

COSTA, B. R. P. Implantação de um sistema tratamento de esgoto, através de bacia de evapotranspiração na comunidade de Santa Luzia na ilha do Baixo, Iranduba/AM. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXVIII, nº 000152, 03/12/2018. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/implantacao-de-um-sistema-tratamento-de-esgoto-atraves-de-bacia-de-evapotranspiracao-na>. Acesso em: 10 jun. 2020.

COSTA, M. M. L.; OLIVEIRA, L. C. F.; QUITES, P. G. C.; RIBAS, R. D. Mobilização integrada para projetos de restauração ambiental em bacias hidrográficas na Serra do Espinhaço, em Minas Gerais. p. 200-203. *In*: CORREIA, C. M. C.; MELO, M. C.; SANTOS, N. A. P. Compartilhando experiências das águas de Minas Gerais. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2018. v. 2.

COSTA, P. S. de A.; TEIXEIRA, M. A. Avaliação do uso de Tanques de Evapotranspiração como Alternativa para o Saneamento Rural no Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015. Rio de Janeiro. **Anais [...]**, 4 a 8 outubro 2015. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/II-606.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

COSTA, Pablo Soares de Alvarenga. **Desenvolvimento de uma opção e saneamento rural para pequenos agricultores de Minas Gerais (Itabira)**. 2014. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/2323>. Acesso em: 20 fev. 2018.

COSTA, Pablo Soares de Alvarenga; TEIXEIRA, Marcos Alexandre. **Tanque de evapotranspiração - TEvap**: plantas, cortes e detalhes. Niterói: Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2014a. Disponível em: [http://ter.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/163/2018/05/30943096-Pablo-DES1-A3\\_2014-04-24\\_N.pdf](http://ter.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/163/2018/05/30943096-Pablo-DES1-A3_2014-04-24_N.pdf). Acesso em: 02 maio 2018.

COSTA, Pablo Soares de Alvarenga; TEIXEIRA, Marcos Alexandre. **Tanque de Evapotranspiração - TEvap no tratamento de águas negras em Itabira, Minas Gerais, Brasil** (in Portuguese) - Case study of sustainable sanitation projects. Belo Horizonte: SuSaNa - Sustainable Sanitation Alliance, 7p. 2014b. Disponível em: [http://www.susana.org/\\_resources/documents/default/3-2102-21-1414678952.pdf](http://www.susana.org/_resources/documents/default/3-2102-21-1414678952.pdf). Acesso em: 20 fev. 2018.

DATASUS. **Departamento de Informática do SUS**. Tecnologia da Informação a serviço do SUS. IBGE e IPEA, 2010.

DOETZER, B. H. W.; DALTO, F. A. S.; LIMA, J. E. S.; LARSEN, D.; AISSE, M. M.; LOPES, E. B. Diagnóstico rural participativo aplicado a Bacia do Rio Verde, Região Metropolitana de Curitiba, PR (Brasil). **Revista Sustentabilidades**, v. 5, p. 1-11, 2011.

DRP. Secretaria da Agricultura Familiar. **Diagnóstico rural participativo**: um guia prático. Brasília: MDA, 2006. 62p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Produção brasileira de banana em 2016**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. Disponível em: [http://www.cnpmf.embrapa.br/Base\\_de\\_Dados/index\\_pdf/dados/brasil/banana/b1\\_banana.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf). Acesso em: 20 fev. 2018.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER. **Tanque de evapotranspiração**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. 15p. Disponível em: <http://cides.com.br/wp-content/uploads/2018/08/encontro/CARTILHA%20TANQUE%20DE%20EVAPOTRANSPIRA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2020.

EPAMIG. **Hortaliças não convencionais**: alternativa de diversificação de alimentos e de renda para agricultores familiares de Minas Gerais. Prudente de Morais: EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais Centro-Oeste, 2011.

FERNANDES, A. C.; PANDOLFI, M. A. C.; SCABELO, C.; GROSSI, S. F. A viabilidade do tratamento de águas negras através do tanque de evapotranspiração no meio rural. In: **Prossedings: III SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da FAETEC de Taguaritinga**, 08 a 09 outubro 2015, SIMTEC: Taguaritinga, 2017. Disponível em: <https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/download/232/175/>. Acesso em: 02 dez. 2020.

FGV/CPS. **De volta ao país do futuro**: crise europeia, projeções e a nova classe média. Marcelo Côrtes Neri (coord.). Rio de Janeiro: FGV/CPS, 2012. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/20739/Texto-Principal-De->

Volta-ao-Pais-do-Futuro-Proje%C3%A7oes-Crise-Europeia-e-a-Nova-Classe-Media-Brasileira.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 02 dez. 2020.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR**. Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\\_PNSR\\_2019.pdf](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf). Acesso em: 14 dez. 2020.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. CENTRO DE ESTATÍSTICAS E INFORMAÇÕES. **Perfil demográfico do Estado de Minas Gerais 2000**. 2002. Belo Horizonte: João Bosco Assunção, 2003. 111p. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/perfil-demografico-de-minas-gerais/108-perfil-demografico-do-estado-de-minas-gerais/file>. Acesso em: 19 jun. 2016.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 38f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009. Disponível em: <http://fazenda.ufsc.br/files/2017/02/2009-GALBIATTI-Tratamentode-aguas-negras-por-tanque-de-evapotranspiracao.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J.; LANDAU, E. C. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 30: índices pluviométricos em Minas Gerais**. Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/879085>. Acesso em: 20 fev. 2018.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J.; LANDAU, E. C. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 30. Índices pluviométricos em Minas Gerais**. 2010. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 90p. Disponível em: [ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28678/1/Bol-30.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28678/1/Bol-30.pdf). Acesso em: 16 maio. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD**. Dados do saneamento básico por municípios brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=40](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=40). Acesso em: 10 mar. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: 10 fev. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados - IBGE**, 2010a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mg>. Acesso em: 19 jun. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Municípios - Tabelas**. 2010b. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/caracteristicas\\_da\\_populacao\\_tab\\_municipios\\_zip\\_xls.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/caracteristicas_da_populacao_tab_municipios_zip_xls.shtm). Acesso em: 01 ago. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**: IBGE mapeia os serviços de saneamento básico no país. Publicado em 27 de março de 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>. Acesso em: 01 ago. 2016.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de desenvolvimento do milênio**. Relatório nacional de acompanhamento. Brasília: Ipea: MP, SPI, 208 p., 2014. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/140523\\_relatoriodm.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/140523_relatoriodm.pdf). Acesso em: 10 fev. 2018.

LANDERGRABER, G.; MUELLEGGER, E. Ecological Sanitation: a way to solve global sanitation problems. **Environment International**, v. 31, n. 3, p. 433-444. 2005.

MALAQUIAS, J. V. **Precipitação pluviométrica em Planaltina, DF**: análise de dados de estação principal da Embrapa Cerrados, 1974 a 2004. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 299). 15p. Disponível em: [http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2010/bolpd/bolpd\\_299.pdf](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2010/bolpd/bolpd_299.pdf). Acesso em: 20 fev. 2018.

MARTINETTI, H. T.; SHIMBO, I.; TEIXEIRA, A. N. B. Pesquisa-ação participativa para escolha de sistema de tratamento de efluentes sanitários residenciais mais sustentáveis, caso: assentamento rural sepé-tiaraju, serra azul, sp. **Ambiente Construído**, v. 9, n. p. 43-55, 2009.

MENDES, C. I. C.; BUAINAIN, A. M. Transferência de tecnologia: análise além das fronteiras da Embrapa. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTÃO DA TECNOLOGIA, 16., Porto Alegre. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131728/1/tecnologia-informacao.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN NETO, L.; 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**. São Carlos: Embrapa, 2002. (Comunicado Técnico 46). Disponível em: [http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/tecnologias/Comunicado\\_Tecnico-46-2002.pdf](http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/tecnologias/Comunicado_Tecnico-46-2002.pdf). Acesso em: 20 fev. 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - NUCASE. **Transversal**: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento: nível 2. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. 88p. Disponível em: [http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/saneamento\\_basico\\_integrado\\_as\\_comunidades\\_rurais\\_e\\_populacoes\\_tradicionais.pdf](http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/saneamento_basico_integrado_as_comunidades_rurais_e_populacoes_tradicionais.pdf). Acesso em: 20 fev. 2018.

OLIVEIRA NETTO, A. P.; GUERRA, M. R. L.; SILVA, P. R. M.; SILVA, F. R. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 103-113, set./dez., 2015. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedevolvimento/article/view/e101/114>. Acesso em: 03 jul. 2020.

PAMPLONA, S.; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra. **Permacultura Brasil**. Soluções Ecológicas, ano VI, v. 16, p. 18-19, 2004.

PAULO, P. L.; GALBIATI, A. F.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; BERNARDES, F. S.; CARVALHO, G. A.; BONCZ, M. A. Evapotranspiration tank for the treatment, disposal and resource recovery of blackwater. **Resources, conservation & recycling**, 147, p. 61-66, 2019.

PAULO, P. L.; AZEVEDO, C.; BEGOSSO, L.; GALBIATI, A. F.; BONCZ, M. A. Natural systems treating greywater and blackwater on-site: integrating treatment, reuse and landscaping. **Ecological Engineering**, 50, p. 95-100, 2013.

PIRES, F. J. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário - MG**. Viçosa, 2012. 118f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Viçosa, 2012. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/3786>. Acesso em: 10 fev. 2018.

SAMPAIO, A. D.; MORAES, L. R. S. Universalização dos serviços públicos de abastecimento de água em localidades rurais: Um estudo a partir de quatro tipos de prestadores no Estado da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 2, n. 1, p. 138-151, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v2i1.9623>.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H.; SWART, S. **Balancos hídricos climatológicos do Brasil - 500 balanços hídricos de localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ, 1999.

SILVA, S. H. L.; BRAGA, F. A.; FONSECA, A. R. Análise de conflito entre legislação e uso da terra no município de Itabira - MG. **Caminhos da geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, jul. 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/16077/9056>. Acesso em: 15 fev. 2014.

SILVA, B. A. **Determinação de condicionantes para uso do tanque de evapotranspiração como elemento de saneamento rural em Minas Gerais**. 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/4444>. Acesso em: 14 dez. 2020.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série histórica**: municípios diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Brasília: SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2014. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 10 mar. 2014.