

# Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil

*Green pit technology as a rural sanitation component for the semiarid region of Brazil*

Christine Farias Coelho<sup>1\*</sup>, Hendrik Reinhardt<sup>2</sup>, José Carlos de Araújo<sup>3</sup>

## RESUMO

O módulo de fossa verde (MFV) corresponde a um modelo alternativo de tratamento de efluente domiciliar que considera o reúso da água em quintais produtivos, contribuindo para o saneamento rural. O presente estudo tem por escopo a avaliação de 70 unidades desses módulos instalados no semiárido brasileiro e inclui teste de qualidade sanitária dos vegetais cultivados, proposta de dimensionamento, taxa de acumulação do lodo produzido e avaliação do tempo de manutenção do MFV. O dimensionamento levou em conta o consumo de água, tendo sido avaliadas in loco a demanda hídrica para uma residência com (R1) e uma sem (R2) água canalizada. Além disso, foi mensurada a contribuição de esgoto e o coeficiente de retorno em cada caso. As amostras analisadas de tomate (*Solanum esculentum*), pimenta (*Capsicum chinense*), banana (*Musa sp.*) e da folha de malvarisco (*Plectranthus amboinicus L.*) apresentaram valores de coliformes termotolerantes inferiores a 10 UFC.g<sup>-1</sup> e ausência de *Salmonella sp.*, indicando que os produtos atendem aos padrões sanitários. Os consumos hídricos para R1 e R2 foram de 50 e 34 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, enquanto os valores referentes à produção de esgoto foram de 13,1 e 1,2 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Isso indica coeficientes de retorno equivalentes a 26 e 3% para R1 e R2, simultaneamente, o que difere substancialmente do valor comumente preconizado (80%). O sistema apresenta baixa demanda de manutenção: remoção do lodo da câmara de digestão a cada cinco anos e três meses, em média.

**Palavras-chave:** tecnologia social; reúso de água; gestão dos recursos hídricos.

## ABSTRACT

The green pit module corresponds to an alternative model to treat domestic sewage in rural areas, which considers water reuse in productive yards, contributing to rural sanitation. The present investigation has assessed the green pit module performance based on 70 modules installed in the semiarid region of Brazil and includes sanitary quality test of cultivated vegetables, sizing proposal, rate of accumulation of the sludge produced and evaluation of the maintenance period of the green pit module. A design method was presented, which is based on water consumption, and has been assessed on site for two kinds of homes: those with (R1) and without (R2) tap water supply. In addition, we measured the sewage contribution and return coefficient for each case. The analyzed samples of tomato (*Solanum esculentum*), pepper (*Capsicum chinense*), banana (*Musa sp.*) and "malvarisco" leaves (*Plectranthus amboinicus L.*) presented low levels of coliform (below ten colony-forming units per gram) and absence of *Salmonella sp.*, which complies with the Brazilian sanitation legislation. The water consumption for R1 and R2 were 50 and 34 L. resident<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, whereas sewage per capita production totaled 13.1 and 1.2 L. resident<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup> for R1 and R2, respectively. This indicates return coefficients of 26 and 3% for R1 and R2, respectively, which differs significantly from the usually recommended value (80%). The system presents low maintenance demand: the sludge should be removed every 5.3 years, on average.

**Keywords:** social technology; water reuse; water resources management.

## INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é caracterizado por um regime de chuva irregular com períodos frequentes e extensos de estiagem, intermitência dos rios, elevadas taxas de evaporação potencial e solos rasos (DE ARAÚJO; GÜNTNER; BRONSTERT, 2006). Diante desse cenário, a principal intervenção do Estado para viabilizar as múltiplas atividades ocorre a partir da construção de reservatórios superficiais (açudes) para o armazenamento

de água. Entretanto, é necessário considerar o manejo adequado desses reservatórios, pois a disponibilidade quantitativa da água não garante sua qualidade. No meio rural, a principal fonte hídrica para as populações difusas são os pequenos açudes (aqueles com volumes inferiores a 10 hm<sup>3</sup>, e.g., DE ARAÚJO, 2011), que se apresentam com níveis tróficos avançados, possivelmente resultantes da entrada artificial dos nutrientes provindos, entre outras fontes, de águas residuárias.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará (UFC) - Fortaleza (CE), Brasil.

<sup>2</sup>Goethe Universität Frankfurt am Main - Frankfurt, Alemanha.

<sup>3</sup>Professor titular do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC - Fortaleza (CE), Brasil.

\*Autor correspondente: chriscoelho@yahoo.com.br

Recebido: 03/10/2016 - Aceito: 19/05/2017 - Reg. ABES: 170077

A entrada de nutrientes nos reservatórios superficiais advém de descargas pontuais e difusas relacionadas aos usos do solo na área da bacia de drenagem e tem como principal impacto antrópico o processo de eutrofização. Esse fenômeno corresponde ao desequilíbrio ambiental em meio aquático decorrente do excesso de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio), promovendo aumento na taxa de produtividade no ecossistema e redução do nível de oxigênio dissolvido (e.g., VON SPERLING, 2005; ESTEVES; MEIRELLES-PEREIRA, 2011; WIEGAND; PIEDRA; ARAÚJO, 2016). Além da eutrofização, o processo de assoreamento constitui um impacto relevante para a disponibilidade hídrica, pois os sedimentos carreados e depositados nos reservatórios superficiais apresentam grande potencial de deterioração quantitativo e qualitativo da água acumulada (DE ARAÚJO; GÜNTNER; BRONSTERT, 2006; FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007).

Ações relacionadas ao saneamento rural constituem uma forma de minimizar as emissões de cargas poluidoras, de conservar a qualidade dos recursos hídricos e de, conseqüentemente, desenvolver socioeconomicamente a região, uma vez que exercem impactos recíprocos (de caráter epidemiológico e ambiental). No entanto, o setor de saneamento básico vem sendo negligenciado no Brasil, sobretudo no que se refere ao esgotamento e ao tratamento de esgotos. Dados apontam que apenas 7% dos domicílios rurais cearenses possuem soluções adequadas de esgotamento sanitário (IPEA, 2012).

Diante do déficit sanitário, as soluções alternativas para o tratamento do esgoto, baseadas em sistemas simplificados, encontram grande aplicabilidade e têm apresentado vantagens sobre os sistemas convencionais por conjugar baixos custos de implantação e de operação (BRASIL, 2006). A Lei Federal nº 11.445/2007 e o Decreto Federal nº 7.217/2010 estabelecem diretrizes para o saneamento básico nacional, admitem e incentivam a implantação de soluções alternativas para esgotamento sanitário em áreas isoladas (BRASIL, 2010). Nesse sentido, o módulo de fossa verde (MFV, também chamado de canteiro biosséptico) vem sendo replicado como modelo de tratamento de efluente domiciliar que prevê o aproveitamento da água e dos nutrientes provindos do esgoto para a formação de quintais produtivos.

Fundamentado no processo de biorremediação vegetal, o MFV surge no âmbito da permacultura (PAMPLONA; VENTURI, 2004; LEGAN, 2007) e apresenta-se como uma fonte alternativa de água, matéria orgânica e nutriente, sendo de especial interesse para a modalidade da agricultura familiar. Portanto, para que a reutilização de águas residuárias por meio dessa tecnologia social se concretize como prática usual, é fundamental o acompanhamento técnico-sanitário para evitar riscos à saúde pública. Desse modo, o presente estudo tem por escopo a avaliação do MFV com vistas à regulamentação técnica desse sistema alternativo, o que possibilita o avanço de uma política de reúso para o meio rural do semiárido brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo compreende o Assentamento de Reforma Agrária 25 de Maio (A25M, Figura 1), situado no sertão central do estado do Ceará, inserido no município de Madalena, distante 210 km de Fortaleza. A localidade contempla cerca de 600 famílias, organizadas em 13 comunidades desprovidas de serviço público de saneamento básico. Dessas comunidades, apenas cinco (Paus Branco, Quietos, Raiz, Vila Angelim e São Joaquim) possuem sistema de abastecimento de água por rede de distribuição (SILVA; GORAYEB; DE ARAÚJO, 2015). A região apresenta clima do tipo tropical quente semiárido, com variações de temperatura entre 23 e 28°C, precipitação pluviométrica média de 600 mm.ano<sup>-1</sup> e evaporação potencial de 2.200 mm.ano<sup>-1</sup> (DE ARAÚJO, GÜNTNER, BRONSTERT, 2006). A respeito das condições pedológicas, o solo (sobre embasamento cristalino) é raso, com baixa permeabilidade e fertilidade limitada (e.g., MEDEIROS; GHEYI; GALVÃO, 2011).

### Módulo de fossa verde e projeto de intervenção

O MFV consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada, com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara, onde ocorre a deposição do lodo. Essa câmara é construída com tijolos furados, por onde o esgoto é direcionado e, em seguida, passa a escoar para a parte externa dessa estrutura, preenchida por camadas de materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e material terroso, e aí são cultivadas as plantas (Figura 2). Para que ocorra a drenagem, os furos dos tijolos ficam inclinados em um ângulo de aproximadamente 30°.

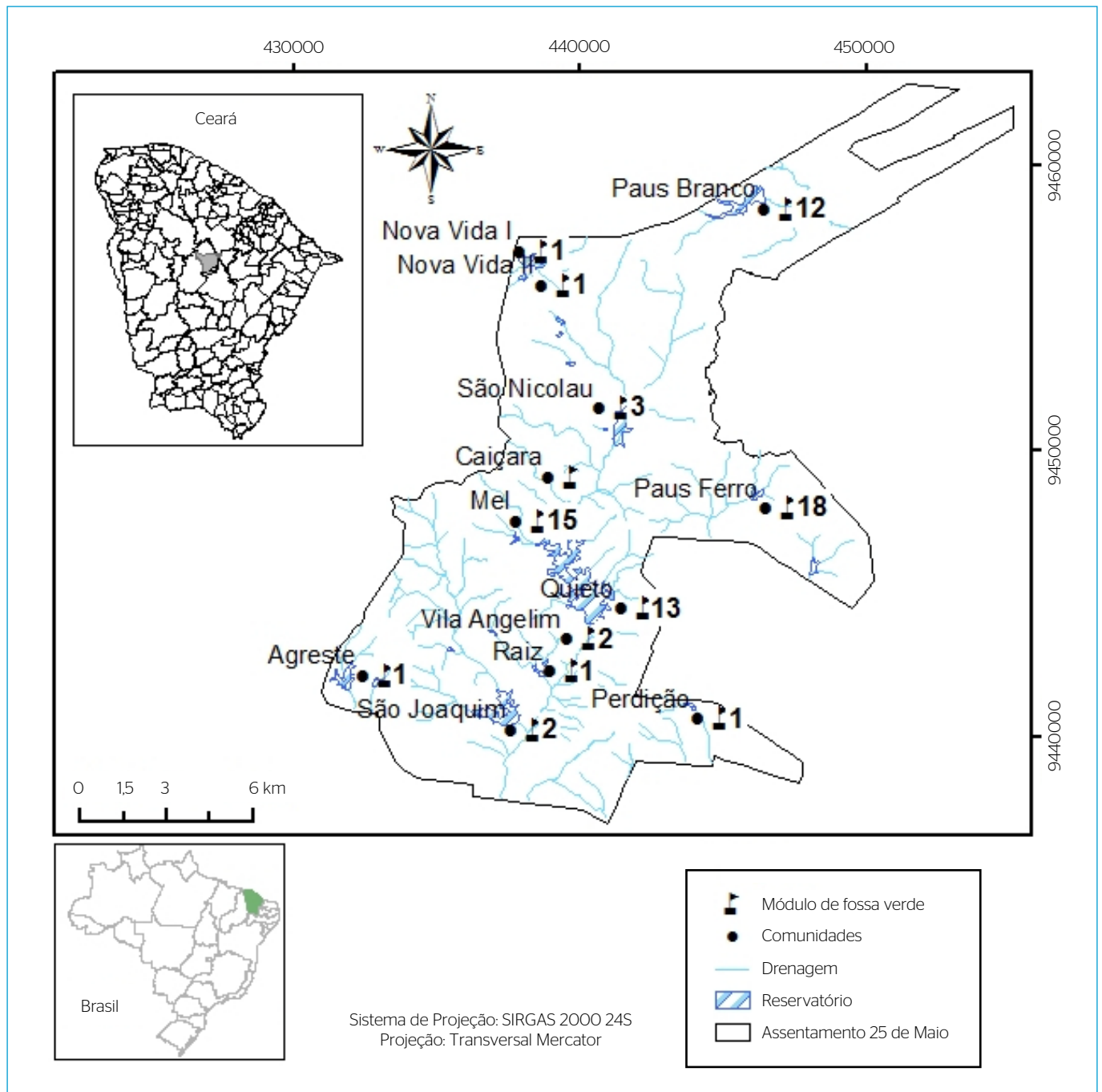
O processo anaeróbico que ocorre na câmara, associado ao canteiro biosséptico, decompõe a matéria orgânica proveniente do dejetos domiciliar em conjunto com a ação de micro-organismos aeróbios na zona das raízes das plantas, ao passo que a água é evapotranspirada (PAMPLONA; VENTURINI, 2004; GABIALTI, 2009). Ou seja, não se gera efluente a ser infiltrado no solo ou encaminhado a outro pós-tratamento. O custo de construção desse sistema alternativo é reduzido em comparação à fossa séptica convencional, da ordem de R\$ 600 por unidade em 2012, sua operação e manutenção são simples e condizentes com a realidade das populações rurais.

O trabalho foi desenvolvido no âmbito da pesquisa-intervenção intitulada “Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido: água limpa, saúde e terra fértil”, aprovada pelo Conselho de Ética Profissional da Universidade Federal do Ceará – Protocolo COMEPE nº 69/10). O referido projeto propôs um modelo participativo de saneamento rural e o MFV apresentou-se como a proposta mais emblemática dentre as sugestões ecologicamente sustentáveis para enfrentar a problemática da destinação adequada dos dejetos domiciliares em áreas rurais. Esse sistema alternativo tem sido replicado como uma das principais tecnologias sociais de convivência com o semiárido.

No período entre fevereiro de 2011 e fevereiro de 2013 foram construídos 70 MFV nas escalas padrão ( $2 \times 1,5 \times 1 \text{ m}^3$ ) e grande ( $3 \times 2 \times 1 \text{ m}^3$ ), com capacidades volumétricas úteis estimadas em 210 e 420 L, respectivamente. O processo construtivo das fossas verdes no A25M foi baseado no modelo dos sistemas desenvolvidos em Icapuí, Ceará (SOARES, 2009). A medida padrão foi prevista para uma casa familiar média, com cinco pessoas; e a escala grande foi adotada para os sistemas com maior demanda de efluente domiciliar, como escolas e postos de saúde. No entanto, esse dimensionamento não se apresentou adequado

em todas as situações, conforme avaliação preliminar conduzida por Pinheiro (2011) e Wiegand *et al.* (2011).

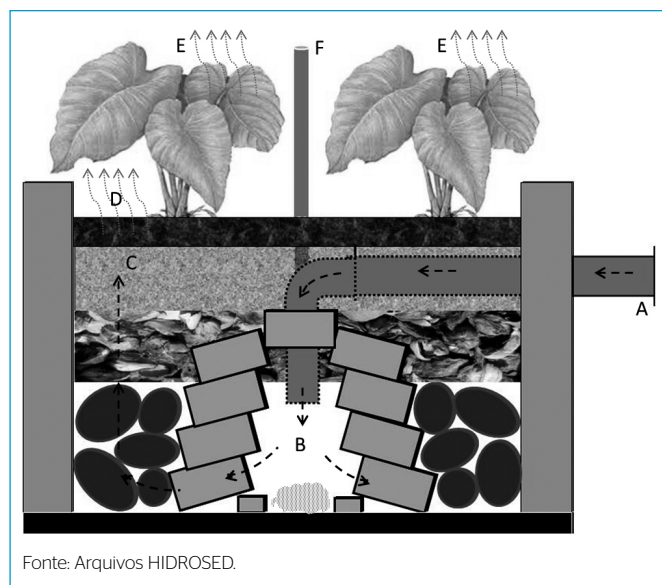
Quanto ao tipo de plantio nos canteiros, as famílias beneficiárias foram aconselhadas a não cultivarem hortaliças ou espécies de ramas rastejantes, conforme recomendação da Norma Brasileira (NBR) nº 13.969 (ABNT, 1997), sendo a bananeira o cultivo mais indicado devido às suas necessidades hídricas elevadas. As etapas avaliativas no âmbito do projeto-intervenção foram desenvolvidas em espaços temporais distintos como descritas na Tabela 1.



**Figura 1** - Localização do Assentamento 25 de Maio com as 13 agrovilas integrantes e quantidades de módulos de fossa verde por agrovila.

## Avaliação da qualidade sanitária dos vegetais cultivados no módulo de fossa verde

As amostras foram coletadas nas fossas operacionais, ou seja, naquelas que estavam em funcionamento e, simultaneamente, produzindo vegetais. Os tipos de vegetal analisados foram aqueles cultivados na época da pesquisa. Amostras de tomate (*Solanum esculentum*; n=5), pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*; n=3), banana (*Musa sp.*, n=6) e folha de malvarisco (*Plectranthus amboinicus* L.; n=6) foram coletadas em fevereiro de 2012, em canteiros biossépticos de unidades residenciais do A25M e transportadas em caixa térmica contendo gelo, até o Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC, local em que os ensaios microbiológicos foram realizados. As espécies vegetais amostradas foram escolhidas com o auxílio das famílias beneficiárias, visto que o projeto foi desenvolvido em cooperação com a comunidade rural.



**Figura 2** - Desenho esquemático da fossa verde (seção transversal) incluindo setas indicativas do fluxo do esgoto dentro da estrutura séptica. (A) PVC 100 mm para entrada de esgoto; (B) câmara para digestão anaeróbia e deposição do lodo; (C) camada de substrato fertirrigado; (D) evaporação; (E) transpiração; (F) PVC 25 mm (válvula para liberação dos gases).

**Tabela 1** - Etapas avaliativas dos módulos de fossa verde.

Atividade	Período
Processo construtivo	fev. 2011 a fev. 2013
Avaliação da qualidade sanitária dos vegetais cultivados (amostragem e análise laboratorial)	fev. 2012
Estimativa do consumo hídrico	set. 2011 a jul. 2012
Estimativa da produção de esgoto	set. 2011 a fev. 2012
Experimento com a fossa controle	nov. 2012
Desmonte dos módulos para amostragem e análise do lodo	fev. 2014

O teste de qualidade sanitária dos vegetais compreendeu a contagem de coliformes termotolerantes e a investigação de *Salmonella sp.* em 25 g de cada amostra. O procedimento de coleta, preparo e análise das amostras foi realizado conforme especificações descritas por APHA (2001). Os valores de referência foram baseados nos padrões microbiológicos sanitários para alimentos estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 2 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001).

## Proposta de dimensionamento do módulo de fossa verde e parametrização

O dimensionamento do MFV fundamenta-se na relação dos fluxos médios de água que entram e que saem do sistema, definidos no volume sistêmico, durante um intervalo de tempo. Nesse sentido, essa proposta considera as seguintes variáveis: consumo de água *per capita*, número de habitantes por domicílio, coeficiente de retorno, evapotranspiração da espécie vegetal cultivada no canteiro e uso consuntivo da cultura, conforme expressa a Equação 1. O método para determinação dos valores usados em cada termo dessa fórmula encontra-se detalhado adiante.

$$A = \frac{q \cdot N \cdot C_r}{(ET_c + U_c)} \quad (1)$$

Em que:

A = a área superficial do tanque (m<sup>2</sup>);

q = o consumo de água *per capita* (m<sup>3</sup>.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>);

N = o número de habitantes do domicílio (hab.);

C<sub>r</sub> = o coeficiente de retorno (-);

ET<sub>c</sub> = a evapotranspiração da cultura (m.dia<sup>-1</sup>);

U<sub>c</sub> = o uso consuntivo da cultura (m.dia<sup>-1</sup>).

Visto que o consumo de água *per capita* varia conforme a disponibilidade e o acesso à água, a demanda doméstica foi estimada em duas situações distintas:

1. para residências que possuem sistema de abastecimento de água por rede de distribuição;
2. para domicílios desprovidos desse serviço e que, portanto, utilizam a água por meio de baldes.

Neste estudo de caso foram selecionadas duas residências, R1 (situada em comunidade com acesso à água encanada) e R2 (casa sem rede de distribuição de água). Ambas as casas apresentavam número semelhante de moradores. Essa etapa da pesquisa teve como objetivo a estimativa da produção de esgoto (q<sub>E</sub>), o consumo de água *per capita* (q<sub>A</sub>) e, conseqüentemente, o coeficiente de retorno (C<sub>r</sub>), como apresentado na Equação 2.

$$C_r = q_E / q_A \quad (2)$$

O consumo de água em R1 foi medido pelo hidrômetro da residência e a consistência dessa informação foi avaliada com base nas faturas emitidas mensalmente pelo serviço de abastecimento de água local. Essa etapa ocorreu no período de setembro de 2011 a julho de 2012. Considerando-se que na residência R2 não havia abastecimento de água e que seu uso era feito por meio de baldes, não foi possível instalar hidrômetros e também não havia medições anteriores. Assim, o  $q_A$  em R2 foi obtida por meio de abordagem etnográfica com base na observação participante (ANGROSINO, 2009; MINAYO, 2011).

Para o  $q_E$  foi instalado um conjunto de três módulos de esgoto, ligados por uma tubulação continuamente afogada, na qual havia um hidrômetro para registro das vazões. Observa-se que esse experimento foi baseado no modelo de sistemas biodigestores padronizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (NOVAES *et al.*, 2002) e recebeu todo o esgoto produzido nas residências em que foi implantado, além disso, não foi adicionado esterco bovino no primeiro tanque. Esse procedimento difere das recomendações da EMBRAPA, porém atendeu satisfatoriamente aos objetivos desta pesquisa. As fossas adaptadas da EMBRAPA foram instaladas nas casas R1 e R2 citadas anteriormente. Ambas eram desprovidas de qualquer sistema de esgotamento sanitário e apresentaram declividade do terreno adequada para a implantação do sistema. Essa etapa da pesquisa teve duração de cinco meses e ocorreu entre setembro de 2011 e fevereiro de 2012.

Para o cálculo da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi utilizado um canteiro controle ( $2 \times 1,5 \times 1 \text{ m}^3$ ) construído na comunidade Quieto (localização central no A25M, vide Figura 1). Nesse canteiro foram cultivadas quatro mudas de bananeira (*Musa sp.*), a entrada de água ocorreu de forma similar ao MFV e a diferença entre ambos os sistemas é que enquanto o primeiro é alimentado com água bruta, o segundo recebe efluente. As regas às mudas de bananeira foram realizadas sempre no mesmo horário (7h30). Essa etapa da pesquisa ocorreu em novembro de 2012 durante 20 dias consecutivos. O tempo total do preenchimento do sistema foi cronometrado até que a área superficial do canteiro aparecesse úmida. A vazão da mangueira foi obtida por meio da relação volume *versus* tempo de preenchimento.

A lâmina de água necessária para o preenchimento do canteiro controle foi obtida por meio do produto da vazão da mangueira pelo tempo necessário para o preenchimento na fossa. A evapotranspiração real da bananeira foi obtida por meio da Equação 3 (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; SILVA; BEZERRA, 2009):

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (3)$$

Em que:

$ET_c$  = a evapotranspiração real da cultura (mm.dia<sup>-1</sup>);

$ET_0$  = a evapotranspiração potencial de referência (mm.dia<sup>-1</sup>);

$K_c$  = o coeficiente da cultura (-).

O coeficiente da cultura ( $K_c$ ) foi admitido igual a 0,9; conforme avaliado por Silva e Bezerra (2009) para a mesma cultura em Pentecoste, Ceará. A evapotranspiração potencial de referência ( $ET_0$ ) foi calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN, 1998), utilizando-se dados meteorológicos da estação Pedra Branca, Ceará, a mais próxima da área do experimento. Os dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento são da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

### Taxa de acumulação de lodo e tempo de manutenção do módulo de fossa verde

A estimativa do lodo total acumulado no interior da pirâmide (câmara de digestão) do MFV foi obtida com o método gravimétrico modificado para lodos e sedimentos padronizado pela NBR nº 10.664 (ABNT, 1989). As amostras do lodo foram coletadas em fevereiro de 2014, oriundas de quatro MFV desmontados para esse fim. Entre os módulos selecionados, dois possuem escala considerada padrão (3 m<sup>2</sup>) e dois contemplam o tamanho maior (6 m<sup>2</sup>). Todos foram construídos em julho de 2010 e estiveram em pleno funcionamento por um período entre 38 e 44 meses. Após o esgotamento, as camadas inerte e não inerte e mudas de plantas foram repostas e o material lodoso retirado dos módulos desmontados foi submetido à desidratação para posterior utilização como fertilizante em outras áreas agrícolas.

O tempo de manutenção, isto é, o período necessário para a remoção do lodo digerido armazenado no sistema, considera que a taxa de acumulação de massa seca de lodo cresce exponencialmente no tempo. A Equação 4 representa a massa seca acumulada (MS) ao longo do tempo  $t$ ; e a Equação 5, a massa total que pode ser acumulada na câmara de digestão (MSc).

$$MS = [(a/\beta) \cdot \exp(\beta \cdot t) - 1] \cdot \text{Pop} \quad (4)$$

Em que:

MS = a massa seca acumulada ao longo do tempo  $t$  (kg);

$a$  e  $\beta$  = parâmetros calibrados com base nos experimentos *in situ*;

$t$  = o tempo (anos);

Pop = a população residente.

$$MSc = Vc \cdot \rho \quad (5)$$

Em que:

MSc = a massa total que pode ser acumulada na câmara de digestão (kg);

Vc = o volume de acumulação da câmara (L);

$\rho$  = a massa específica do lodo (kg/L), avaliada experimentalmente.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação da qualidade sanitária dos vegetais cultivados no módulo de fossa verde

Os resultados das análises microbiológicas das amostras dos vegetais cultivados nos canteiros biossépticos do A25M encontram-se na Tabela 2. As amostras avaliadas apresentaram valores inferiores a 10 unidades formadoras de colônia por grama (UFC.g<sup>-1</sup>) para o grupo de coliformes termotolerantes (também denominados coliformes a 45°C) e foi constatada a ausência de *Salmonella* sp., comprovando que as condições higiênico-sanitárias dos produtos atendem aos padrões da Resolução RDC nº 12, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001) e, portanto, são satisfatórias para o consumo humano.

Souza e Moreira (2010) encontraram resultados semelhantes para a qualidade sanitária do tomateiro a partir da fertirrigação por gotejamento com água residuária da suinocultura após filtragem (ARSF). Feitosa *et al.* (2009) analisaram as características microbiológicas de melancia (*Citrullus lanatus*) produzida com reúso de água de esgoto doméstico tratado (proveniente de uma estação de tratamento de esgoto — ETE) e os resultados apontaram número inferior a 3 NMP.g<sup>-1</sup> (número mais provável por grama) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* sp. nas amostras analisadas, tanto para os sistemas de irrigação pelo método de gotejamento quanto para a fertirrigação por sulco.

A contaminação de produtos vegetais por organismos patogênicos é considerada uma preocupação central quando se trata de reúso de efluente na irrigação e o método de irrigação pode interferir no potencial contaminante da cultura. Armon *et al.* (1994) compararam várias técnicas de fertirrigação com efluente e concluíram que o sistema de gotejamento proporciona o menor índice de contaminação do produto vegetal por conta do reduzido contato entre o efluente e o vegetal cultivado. A técnica de irrigação no MFV é subsuperficial e o tratamento do efluente baseia-se na capacidade depuradora do sistema solo-planta associada aos mecanismos físicos, químicos e biológicos na biorremediação dos poluentes contidos no efluente doméstico. Portanto, sem contato direto entre o efluente e as espécies vegetais cultivadas.

**Tabela 2** - Análise microbiológica das amostras dos vegetais cultivados nos módulos de fossa verde construídos no Assentamento de Reforma Agrária 25 de Maio, em Madalena, Ceará.

Amostra vegetal (n=20)	Coliformes a 45°C (UFC.g <sup>-1</sup> )		<i>Salmonella</i> sp. /25 g	
	Resultado	Referência	Resultado	Referência
Tomate ( <i>Solanum esculentum</i> ) (n=5)	<10	2×10 <sup>3</sup>	Ausência	Ausência
Banana ( <i>Musa sp.</i> ) (n=6)	<10	2×10 <sup>3</sup>	Ausência	Ausência
Malvarisco ( <i>Plectranthus amboinicus</i> ) (n=6)	<10	1×10 <sup>2</sup>	Ausência	Ausência
Pimenta ( <i>Capsicum chinense</i> ) (n=3)	<10	1×10 <sup>2</sup>	Ausência	Ausência

UFC: unidades formadoras de colônias.

Os agentes patogênicos mais frequentemente transmitidos por meio da ingestão de alimentos contaminados incluem *Escherichia coli* (pertencente ao grupo de coliformes termotolerantes) e *Salmonella* spp., ambas bacterias entéricas associadas a gastroenterites. Todavia, tais micro-organismos também podem ser veiculados pela água. Sobre essa questão, Mara (2011) defende que o uso de esgoto tratado na irrigação de culturas constitui uma preocupação de saúde pública somente se acrescentar risco àquele ao qual as populações já são expostas por conta da qualidade da água consumida.

### Proposta de dimensionamento do módulo de fossa verde

O q<sub>A</sub> encontrado para R1 foi de 50,3 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (Tabela 3), ao passo que R2 apresentou q<sub>A</sub>=34 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Sabe-se que o consumo hídrico pode variar de acordo com o nível socioeconômico da população, hábitos culturais, clima e, sobretudo, com a disponibilidade e o acesso à água. Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com os valores de consumo de água médio *per capita* estimados para população desprovida de ligações domiciliares, que é em torno de 30 a 50 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (BRASIL, 2006; 2012).

Levantamento adicional realizado em 20% das residências do A25M com padrão similar de acesso e disponibilidade hídrica à R1 apontou q<sub>A</sub>=108 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Entretanto, as informações obtidas por meio da observação participante indicam que o menor consumo hídrico em R1 está relacionado às formas de uso da água: apesar de ter água disponível nas torneiras, os moradores dessa residência a utilizam por meio de baldes, o que diminui o consumo hídrico, gerando uma demanda reprimida. Para R2, algumas práticas são semelhantes às que ocorrem em R1 como, por exemplo, o aproveitamento da água servida na irrigação de plantas do quintal e o não uso do vaso sanitário para as necessidades fisiológicas. Observa-se que o acesso restrito à água tem uma centralidade para a região semiárida e influencia o modo de vida da sua população.

No tocante à produção de esgoto (q<sub>E</sub>), os valores encontrados equivalem a 13,1 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> para R1 e 1,2 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> para R2. Tais resultados confirmam a inferência de que a produção de esgoto é função direta da quantidade de água consumida (*e.g.*, BENETTI; BIDONE,

**Tabela 3** - Consumo hídrico na residência servida de água por meio de rede (R1) entre setembro de 2011 e julho de 2012 no Assentamento 25 de Maio em Madalena, Ceará.

Mês de referência	Consumo total (m <sup>3</sup> )	Número de dias	Número de habitantes (média mensal)	Consumo <i>per capita</i> (L.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
set. 2011	7,63	30	7,0	36,3
out. 2011	7,78	31	5,0	35,9
nov. 2011	7,86	30	5,0	52,4
dez. 2011	11,94	31	8,0	48,1
jan. 2012	8,06	31	5,5	47,3
fev. 2012	7,83	29	5,5	49,1
mar. 2012	7,98	31	5,0	51,5
abr. 2012	7,00	30	4,0	58,3
maio 2012	7,30	31	4,0	58,9
jun. 2012	7,11	30	4,0	59,3
jul. 2012	7,00	31	4,0	56,5

1993). O sistema biossético aplicado para a mensuração contínua de esgotos obteve êxito limitado. Se, por um lado, foi possível medir a vazão de esgotos de modo automático durante várias semanas, por outro, os tanques apresentaram mau odor, entupimento na tubulação afogada e extravasamento de efluente pelas bordas do tanque de PVC.

Adotando os valores encontrados nesta pesquisa, o coeficiente de retorno ( $C_r$ ) equivale a 26,1% para a casa interligada à rede de distribuição de água (R1) e a 3,4% para a casa desprovida de serviço de abastecimento de água em rede (R2). Os resultados de  $C_r$  aqui verificados estão aquém do valor usualmente aplicado para sistemas urbanos, em que  $C_r=80\%$  (ABNT, 1993; BENETTI; BIDONE, 1993; BRASIL, 2006) e a diferença significativa entre tais valores corresponde a um conjunto de fatores como a disponibilidade e o acesso à água, hábitos culturais dos moradores e clima local. Ressalta-se que esta investigação foi desenvolvida no período de estiagem (em ano seco) e possivelmente  $C_r$  apresentaria variações entre períodos seco e úmido.

Horochoski, Wiecheteck e Vaz (2011) calcularam  $C_r$  para a área periurbana de Ponta Grossa, no Paraná, e encontraram um valor de 60%. Nesse estudo, o  $C_r$  foi obtido por meio de dados de vazão de esgoto monitorados por medidor eletromagnético acoplado a uma calha Parshall em uma estação de tratamento de esgotos. O consumo de água *per capita* foi fornecido pela Companhia de Saneamento do Paraná. Souza *et al.* (2005) descrevem limitações para o  $C_r$  estimado para Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Esses autores utilizaram medidores de vazão de conduto livre instalados em pontos da rede coletora de esgoto e informações de consumo de água obtidas junto à concessionária responsável pelos serviços de saneamento da região. Devido às dificuldades operacionais com os equipamentos utilizados, a coleta de dados nessa pesquisa teve duração máxima de 15 dias e o resultado sugere valores de  $C_r$  intermediários entre 71 e 85%.

Conforme observado por Souza *et al.* (2005) e por Horochoski, Wiecheteck e Vaz (2011), parte do volume de água das unidades consumidoras não chega até os sistemas coletores de esgoto devido a perdas por evaporação, infiltração ou escoamento superficial, dependendo da natureza do consumo. Nesse sentido, a irrigação das plantas com mangueira em R1, além de outros fatores, como o número de banhos por pessoa por dia e a utilização do vaso sanitário em R1 e R2 influenciaram o valor de  $C_r$  para cada situação. Apesar do número aproximado de moradores entre R1 e R2, essas casas apresentaram transeuntes durante o período da pesquisa, como a presença dos filhos que residem nas circunvizinhanças e frequentam a casa dos pais nos horários das refeições. Entretanto, esse fato não mascara os resultados encontrados para o  $C_r$ , pois a convivência com os agregados confere uma característica comum a áreas de reforma agrária devido à conformação familiar (*e.g.*, HEREDIA *et al.*, 2005).

A respeito do uso consuntivo cultura ( $U_c$ ), o resultado encontrado a partir do experimento com a fossa controle indicou que o valor efetivo somente estabilizou após cerca de duas semanas do início do experimento, como indicado na Figura 3. Observa-se que o volume demandado de água nos primeiros dias chegou a ser 4,5 vezes o valor efetivo (final) do uso consuntivo. Esse

longo período se deve, possivelmente, ao umedecimento inicial das paredes do tanque. O lento fluxo de água no preenchimento dos poros do material (inerte e poroso) que compõe a estrutura interna do MFV, além do calor excessivo nas paredes do módulo, também explica a operação transiente no sistema até o seu décimo quinto dia de funcionamento.

A  $ET_c$  da banana (*Musa* sp.) calculada para o canteiro controle foi de 5,1 mm.dia<sup>-1</sup>. Esse valor aproxima-se do resultado encontrado por Silva e Bezerra (2009) em experimento desenvolvido em Pentecoste, Ceará, de  $ET_c=5,8$  mm.dia<sup>-1</sup> para a cultivar Pacovan e 4,8 mm.dia<sup>-1</sup> para a cultivar Prata Anã. De modo geral, as culturas de mamão e pimentão são algumas espécies que apresentam consumo médio inferior ao da bananeira. Montenegro, Bezerra e Lima (2004) avaliaram a  $ET_c$  do mamoeiro em aproximadamente 3,5 mm.dia<sup>-1</sup> para o litoral cearense. Albuquerque *et al.* (2012) verificaram valor inferior a 2 mm.dia<sup>-1</sup> para a  $ET_c$  do pimentão fertirrigado em Recife, Pernambuco. Por outro lado, o algodoeiro consome elevadas quantidades de água quando comparado às culturas mencionadas anteriormente. Segundo estudo desenvolvido por Bezerra *et al.* (2012), o ciclo do algodoeiro na região semiárida da Bahia consome em média 6 mm.dia<sup>-1</sup>. Nesse sentido, sob o aspecto da  $ET_c$ , a bananeira e o algodoeiro apresentam-se interessantes para cultivo no MFV.

Estima-se que uma parte não desprezível do uso consuntivo esteja no tecido vegetal, pois a bananeira possui necessidade hídrica elevada, sobretudo na fase inicial de desenvolvimento (BORGES; SOUZA, 2004). Outro aspecto importante diz respeito ao produto utilizado no experimento, pois a irrigação com água em vez do esgoto pode ter influenciado no volume retido no canteiro, proporcionando valores superestimados. As partículas sólidas presentes no efluente preenchem os vazios no canteiro, comprometendo o volume disponível para o recebimento de mais esgoto. Contudo, esse experimento atendeu ao objetivo proposto para estimativa de  $ET_c$  e uso consuntivo hídrico, dado essencial para aplicação do dimensionamento do MFV buscando o aproveitamento mais eficiente da água provida do esgoto doméstico.



**Figura 3** - Relação entre a razão do uso consuntivo por seu valor final e o tempo do experimento em um canteiro controle no município de Madalena, Ceará (2011).

O dimensionamento do MFV proposto por Pinheiro (2011) é de 67 m<sup>2</sup> para casas interligadas à rede de distribuição de água e de 27 m<sup>2</sup> para domicílios desprovidos de água canalizada. Esse estudo utilizou o consumo médio de água de 100 e 40 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, de acordo com a situação de abastecimento de água na residência; com número médio de cinco habitantes por unidade domiciliar, coeficiente de retorno de 0,8 e taxa de evapotranspiração de 6 mm.dia<sup>-1</sup>. Portanto, os termos considerados na presente pesquisa apresentam dimensões mais adequadas, considerando o coeficiente de retorno coerente com cada situação analisada e uso consuntivo da cultura da banana (*Musa* sp.), espécie mais utilizada nos canteiros bioessépticos implantados na área de estudo.

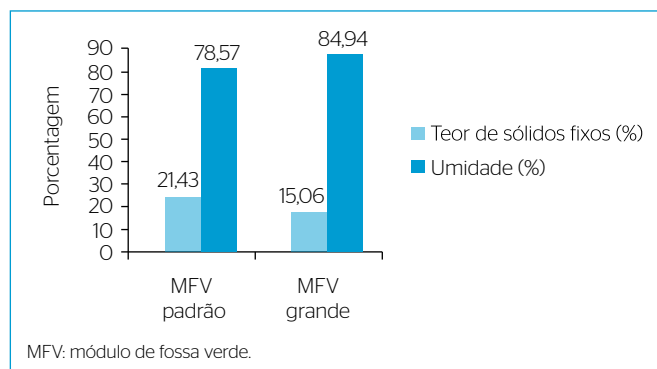
Publicações na área de permacultura recomendam uma área de 2 m<sup>2</sup> por pessoa, considerando apenas efluentes provindos do sanitário (e.g., PAMPLONA; VENTURINI, 2004). Legan (2007) propõe a construção de dois tanques em paralelo (1 × 1 × 4 m<sup>3</sup> cada), para uma família de cinco pessoas, a serem utilizados de forma alternada, de modo a evitar o extravasamento do efluente quando há excesso de carga. Todavia, o método aplicado para tais determinações não é detalhado. Ao empregar uma série de estimativas, Galbiati (2009) sugere 12 a 16 m<sup>2</sup> para o dimensionamento de tanques de evapotranspiração implantados em área periurbana de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, considerando uma casa com família média (quatro ou cinco pessoas). Assim como Pamplona e Venturini (2004), as medidas propostas por Gabiati (2009) e Legan (2007) são recomendadas para canteiros com aporte de efluentes provindos apenas do sanitário. Gabiati (2009) e Pinheiro (2011) indicam a implantação de um sumidouro acoplado ao sistema para evitar o extravasamento em caso de sobrecarga de efluentes. Essa medida pode ser adotada como uma forma de precaução. Todavia, destaca-se a importância das espécies vegetais cultivadas no MFV, pois a ausência de plantas inviabiliza o desempenho satisfatório do sistema.

Em consonância com Pinheiro (2011), a profundidade de 1,0 m para o MFV apresenta-se razoável em virtude da frequência de afloramentos rochosos e pequena espessura do solo, característicos da formação geológica predominante no Nordeste brasileiro. A altura de 1,0 m é factível também para o uso consuntivo pela planta, pois a maior profundidade do canteiro pode interferir na disponibilidade de água para absorção pelas raízes das plantas.

### Taxa de acumulação de lodo e tempo de manutenção do módulo de fossa verde

Os resultados de resíduos fixos provenientes dos módulos desmontados apresentaram consistência de lodo fluido conforme a relação entre o teor de sólidos e de umidade (VON SPERLING; GONÇALVES, 2001), vide Figura 4.

Quanto ao tempo de manutenção requerido, o sistema em questão apresenta uma baixa demanda, sendo necessária a remoção do lodo da câmara de digestão a cada cinco anos e três meses, em média. A Tabela 4 mostra a descrição para cada MFV desmontado nessa etapa da pesquisa.



**Figura 4** - Teor de sólidos fixos e umidade no lodo digerido nos canteiros avaliados (n=4).

**Tabela 4** - Características dos módulos de fossa verde, taxa de acumulação de lodo e tempo requerido para manutenção dos sistemas avaliados (n=4).

Descrição	MFV 1	MFV 2	MFV 3	MFV 4
Tamanho	Padrão*	Padrão	Grande**	Grande
Tempo de funcionamento (meses)	44	44	44	38
Volume útil máximo (L)	210	210	420	420
Massa seca máxima (kg)	82,7	82,7	124	124
População (número de habitantes)	4	2	13	10
Tempo para manutenção (anos)	5,2	5,6	4,8	5,0

MFV: módulo de fossa verde; \*corresponde a 2 × 1,5 × 1 m<sup>3</sup>; \*\*corresponde a 3 × 2 × 1 m<sup>3</sup>.

O lodo da câmara de digestão dos sistemas desmontados apresentou consistência fluida devido ao tempo em que foram abertos. Com a manutenção no tempo estimado (cinco anos e três meses), além de permitir a eficiência necessária à vazão de esgoto gerada pela população atendida por esse sistema, o lodo produzido estará em condições estáveis e poderá ser aplicado na cultura como fertilizante após processo de desidratação (BRASIL, 2007).

## CONCLUSÕES

O sistema fossa verde representa uma tecnologia social baseada no saneamento ecológico, portanto, valoriza os recursos naturais, considerando o contexto cultural e as forças produtivas disponíveis. Essa tecnologia social vem sendo aprimorada a partir do encontro entre o conhecimento acadêmico e o saber popular de uma comunidade desprovida do serviço público de saneamento. O presente estudo buscou reunir elementos para a regulamentação técnica, a fim de subsidiar a criação de uma política de reúso para o meio rural do semiárido brasileiro. Os aspectos técnico-sanitários imprescindíveis para regulamentação da fossa verde incluem



a qualidade sanitária dos vegetais, o dimensionamento e a estimativa de vida útil do sistema.

A análise microbiológica dos vegetais comestíveis — e até mesmo da folha de malvarisco, que é processada em fervura e consumida em forma de chá — indica que os produtos cultivados no MFV são aptos ao consumo e que a segurança da qualidade sanitária desses vegetais depende de cuidados com a manipulação dos vegetais e com as práticas higiênicas das famílias beneficiárias para evitar a ocorrência da contaminação cruzada no alimento. Esse resultado constitui um elemento importante para a replicação segura da tecnologia alternativa representada pelo MFV. O coeficiente de retorno esgoto/água, dado até então parcialmente conhecido para áreas urbanas, foi estimado a partir de técnicas das engenharias combinadas às metodologias voltadas aos estudos das sociedades humanas (entrevista qualitativa, observação participante). Os resultados indicam que o  $C_r$  usual de 80% não condiz

com a realidade das comunidades rurais do semiárido brasileiro, que variaram de 3 a 26%. Os coeficientes são maiores à medida que cresce o consumo de água nas residências. Os módulos de fossa verde podem ser dimensionados em função de seu balanço hídrico, como apresentado neste trabalho, e demandam pouca manutenção, sendo necessária a limpeza do sistema a cada cinco anos e quatro meses.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa ao primeiro autor, o que possibilitou dedicação exclusiva ao curso e à pesquisa desenvolvida, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Projeto nº 577048/2008-2). Ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos da UFC pela contribuição com as análises dos vegetais.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F.S.; SILVA, E.F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C.; LIMA, G.S.L. (2012) Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. *Irriga*, v.17, p. 481-493. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2012v17n4p481>
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998) *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 56. Roma: Food and Agriculture Organization. 333 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4. ed. Washington, DC.: APHA.
- ANGROSINO, M. (2009). *Etnografia e observação participante*. Porto Alegre: Artmed. 138 p.
- ARMON, R.; DOSORETZ, G.C.; AZOV, Y.; SHELEF, G. (1994) Residual contamination of crops irrigated with effluent of different qualities: a field study. *Water Science and Technology*, v. 30, n. 9, p. 239-248.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (1989) *NBR 10664: Águas - Determinação de sólidos - Método Gravimétrico*. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. (1993) *NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. (1997) *NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e sépticos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. (1993) O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia - Ciência e aplicação*. Porto Alegre: ABRH/EDUSP. p. 849-875.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. (2006) Relação solo - água- planta- atmosfera. In: \_\_\_\_; \_\_\_\_; \_\_\_\_\_. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: Editora da UFV. p. 45-98.
- BEZERRA, M.V.C.; SILVA, B.B.; BEZERRA, B.G.; BORGES, V.P.; OLIVEIRA, A.S. (2012) Evapotranspiração e coeficiente de cultura do algodoeiro irrigado a partir de imagens de sensores orbitais. *Revista de Ciências Agrônômicas*, v. 43, n. 1, p. 64-71. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000100008>
- BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. (2004) *O cultivo da bananeira*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 279 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. (2012) *A questão da água no Nordeste*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília: CGEE. 436 p.
- \_\_\_\_\_. Fundação Nacional de Saúde. (2006) *Manual de Saneamento*. 4. ed. Brasília: Funasa. 408 p.
- \_\_\_\_\_. Fundação Nacional de Saúde. (2007) *Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo para melhorar e incrementar a agricultura do semiárido nordestino*. Brasília: Funasa. 120 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2001) *Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001*. Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. Brasília: ANVISA. Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm)>. Acesso em: 11 jan. 2013.
- \_\_\_\_\_. Presidência da República Federativa do Brasil. Casa Civil. (2010) *Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010*. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm)>. Acesso em: 28 mar. 2012.

- DE ARAÚJO, J.C. (2011) Gestão das águas de pequenos açudes na região semiárida. In: MEDEIROS S.S.; GHEYI, H.S.; GALVÃO, C.O.; PAZ, V.P.S. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido. p. 334-351.
- DE ARAÚJO, J.C.; GÜNTNER, A.; BRONSTERT, A. (2006) Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, n. 51, p. 157-170. <https://doi.org/10.1623/hysj.51.1.157>
- ESTEVEES, F.A.; MEIRELLES-PEREIRA, F. (2011) Eutrofização Artificial. In: ESTEVES, F.A. (Org.). *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p.
- FEITOSA, T.; GARRUTI, D.S.; LIMA, J.R.; MOTA, S.; BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F.; SANTOS, A.B. (2009) Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v. 30, n. 1, p. 53-60.
- FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S.; DE ARAÚJO, J.C. (2007) Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 4, p. 399-409. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000400006>
- GALBIATI, A.F. (2009) *Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração*. 52 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- HEREDIA, B.; MEDEIROS, L.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R.; LEITE, S.P. (2005) An analysis of the regional impacts of land reform in Brazil. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 1, Selected Edition, p. 1-15.
- HOROCHOSKI, L.; WIECHETECK, G.K.; VAZ, M.S.M.G. (2011) Avaliação do coeficiente de retorno de esgoto na bacia hidrográfica do Arroio Gertrudes - Ponta Grossa (PR). *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 3, n. 1, p. 59-68.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). (2012) *Situação Social nos Estados*. Brasília: IPEA. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/situacao\\_social/120201\\_relatorio\\_situacaosocial\\_ce.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/situacao_social/120201_relatorio_situacaosocial_ce.pdf)>. Acesso em: 5 fev. 2012.
- LEGAN, L. (2007) *Soluções sustentáveis - Uso da água na Permacultura*. Pirenópolis: Ecocentro IPEC - Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado. 64 p.
- MARA, D. (2011) Water - and wasterwater - related disease and infection risk: what is an appropriate value for the maximum tolerable additional burden of disease? *Journal of Water and Health*, v. 9, n. 2, p. 217-224.
- MEDEIROS, S.S.; GHEYI, H.S.; GALVÃO, C.O.; PAZ, V.P.S. (2011) *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido. 440 p.
- MINAYO, M.C.S. (2011) *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 30. ed. Petrópolis: Vozes. 108 p.
- MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, F.M.L.; LIMA, R.N. (2004) Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamoeiro para a região litorânea do Ceará. *Engenharia Agrícola*, v. 24, n. 2, p. 464-472. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000200027>
- NOVAES, A.P.; SIMOES, M.L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P.E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E.H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A.R.A. (2002) Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica. *Comunicado Técnico EMBRAPA*, n. 46, p. 1-5.
- PAMPLONA, S.; VENTURI, M. (2004) Esgoto à flor da terra. *Permacultura Brasil. Soluções Ecológicas*, ano VI, v. 16, 48 p.
- PINHEIRO, L.S. (2011) *Proposta de índice de priorização de áreas para saneamento rural: Estudo de caso Assentamento 25 de Maio, Ceará*. 109 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SILVA, E.N.; BEZERRA, F.M.L. (2009) Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da bananeira no Vale do Curu, CE. *Revista de Ciências Agrônômicas*, v. 40, n. 2, p. 203-210.
- SILVA, E.V.; GORAYEB, A.; DE ARAÚJO, J.C. (2015) *Atlas socioambiental do Assentamento 25 de Maio - Madalena - Ceará*. Fortaleza: Ed. Expressão Gráfica. 44 p.
- SOARES, A.L.J. (2009) Tecnologias de baixo impacto: a práxis da sustentabilidade. In: CARBOGIM, J.B.P. (Org.). *Projeto de olho na água: estratégia para a sustentabilidade*. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão. p. 48-53.
- SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. (2010) Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento preliminar da água residuárias da suinocultura. *Engenharia Ambiental*, v. 7, n. 4, p. 152-165.
- SOUZA, R.S.; POLIZER, M.; RONDON, M.A.C.; VAL, L.A.A.; GONDA, J. (2005) Avaliação do coeficiente de retorno esgoto/água numa rede de esgoto sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005. *Anais...* Campo Grande. v. 1. p. 1-8.
- VON SPERLING, M. (2005) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG. 452 p.
- VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R.F. (2001) Lodo de esgoto: características e produção. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Orgs.). *Lodo de esgotos: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, Companhia de Saneamento do Paraná. p. 17-65.
- WIEGAND, M.C.; PIEDRA, J.I.G.; ARAÚJO, J.C. (2016) Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 2, p. 415-424. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522016139527>
- WIEGAND, M.C.; PINHEIRO, L.S.; BELO, P.S.C.; ARAÚJO, J.C. (2011) Irrigação de micro-áreas com reúso de esgoto domiciliar utilizando tecnologia Fossa Verde em região semiárida. In: REUNIÃO SULAMERICANA PARA MANEJO E SUSTENTABILIDADE DA IRRIGAÇÃO EM REGIÕES ÁRIDAS E SEMIÁRIDAS, 2, 2011. *Anais...* Cruz das Almas. v. 1. p. 149-152.