



Eixo Tecnológico Ambiente e Saúde

**TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES:
TRATAMENTO ALTERNATIVO DE
ESGOTO SANITÁRIO**

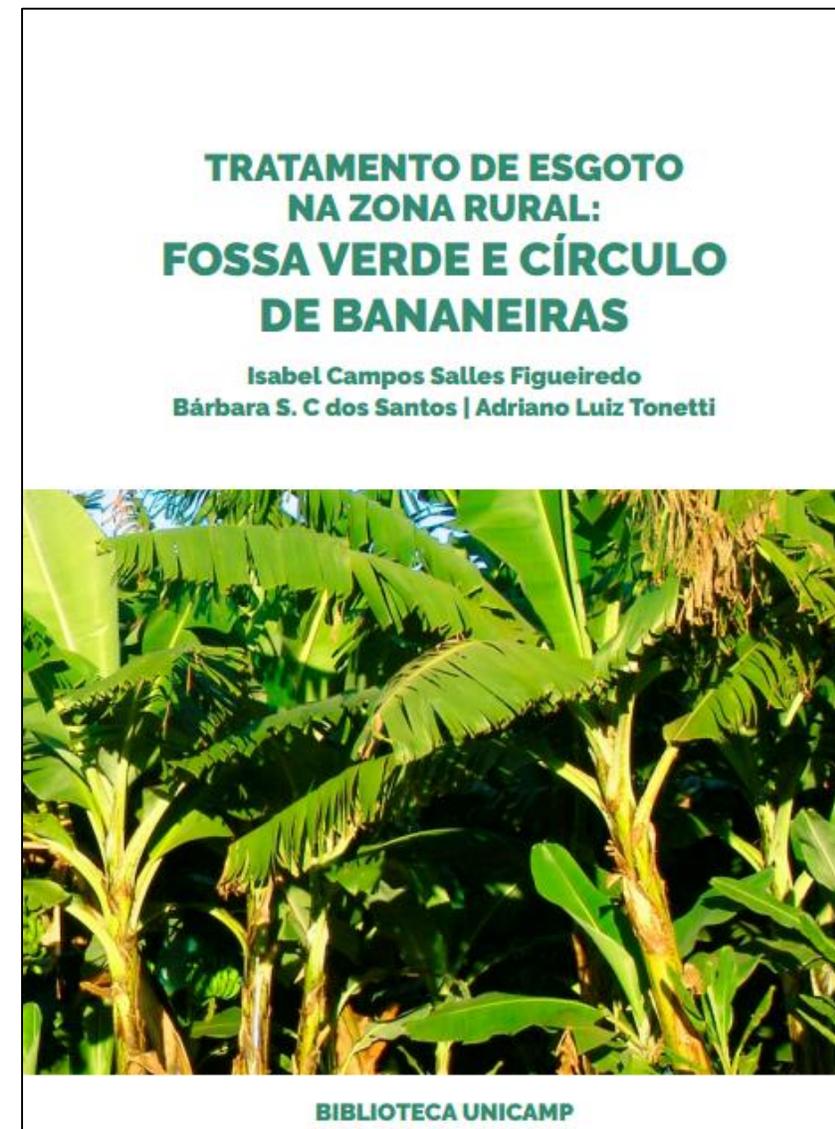
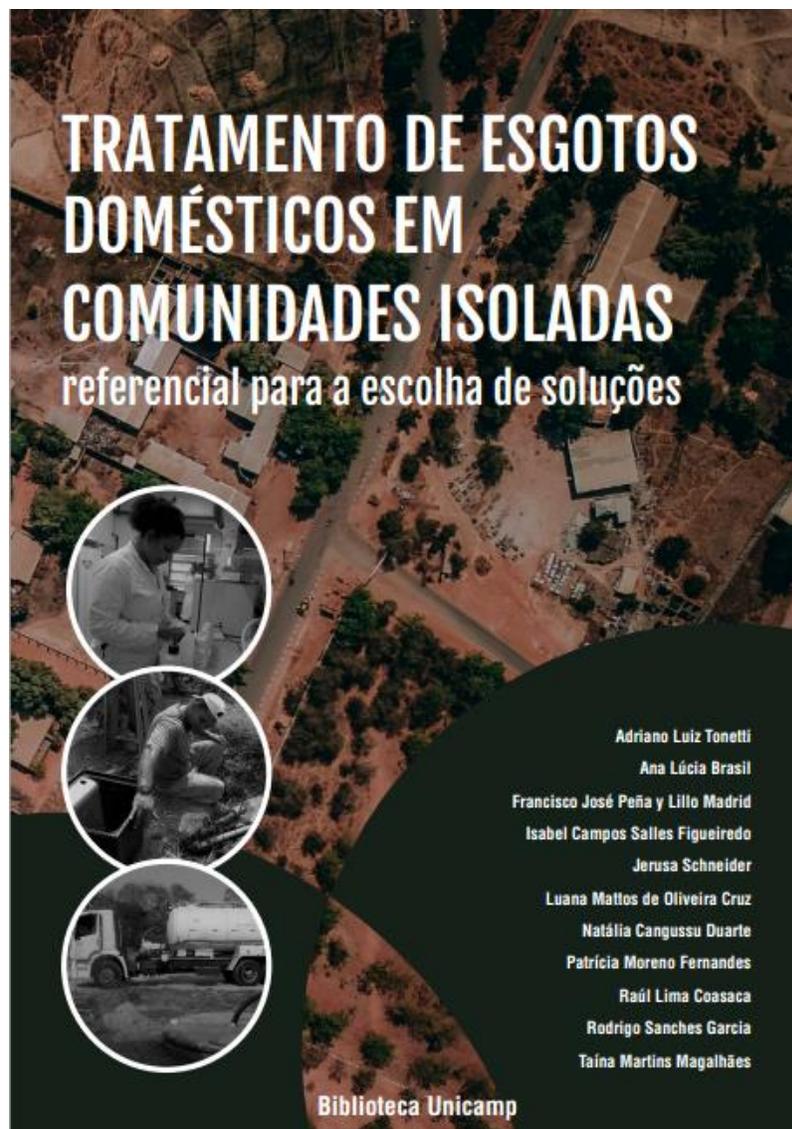
Professor [Juliano da Cunha Gomes](#)



TRATAMENTO ALTERNATIVO

- ▶ Alternativas de tratamento
- ▶ Alternativas de disposição final
- ▶ Alternativas de gerenciamento do lodo
- ▶ Escolha da solução

TRATAMENTO ALTERNATIVO (2018)



TRATAMENTO ALTERNATIVO (2018)

TRATAMENTO DE ESGOTO NA ZONA RURAL:

TANQUE SÉPTICO, FILTRO DE COCO E VALA DE BAMBU

**Isabel Campos Salles Figueiredo
Adriano Luiz Tonetti | Taina Martins Magalhães**



BIBLIOTECA UNICAMP

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

1. Fossa seca
2. Banheiro seco compostável
3. Estocagem e uso da urina
4. Sistemas alagados construídos (SAC)
5. Círculo de Bananeiras
6. Reator anaeróbico de fluxo ascendente compacto (RAFA compacto)
7. Fossa verde

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

8. Fossa séptica biodigestora (FSB)
9. Tanque séptico
10. Filtro anaeróbio
11. Filtro de areia
12. Vermifiltro
13. Biodigestor
14. Reator anaeróbio compartimentado (RAC)
15. Biossistema integrado (BSI)

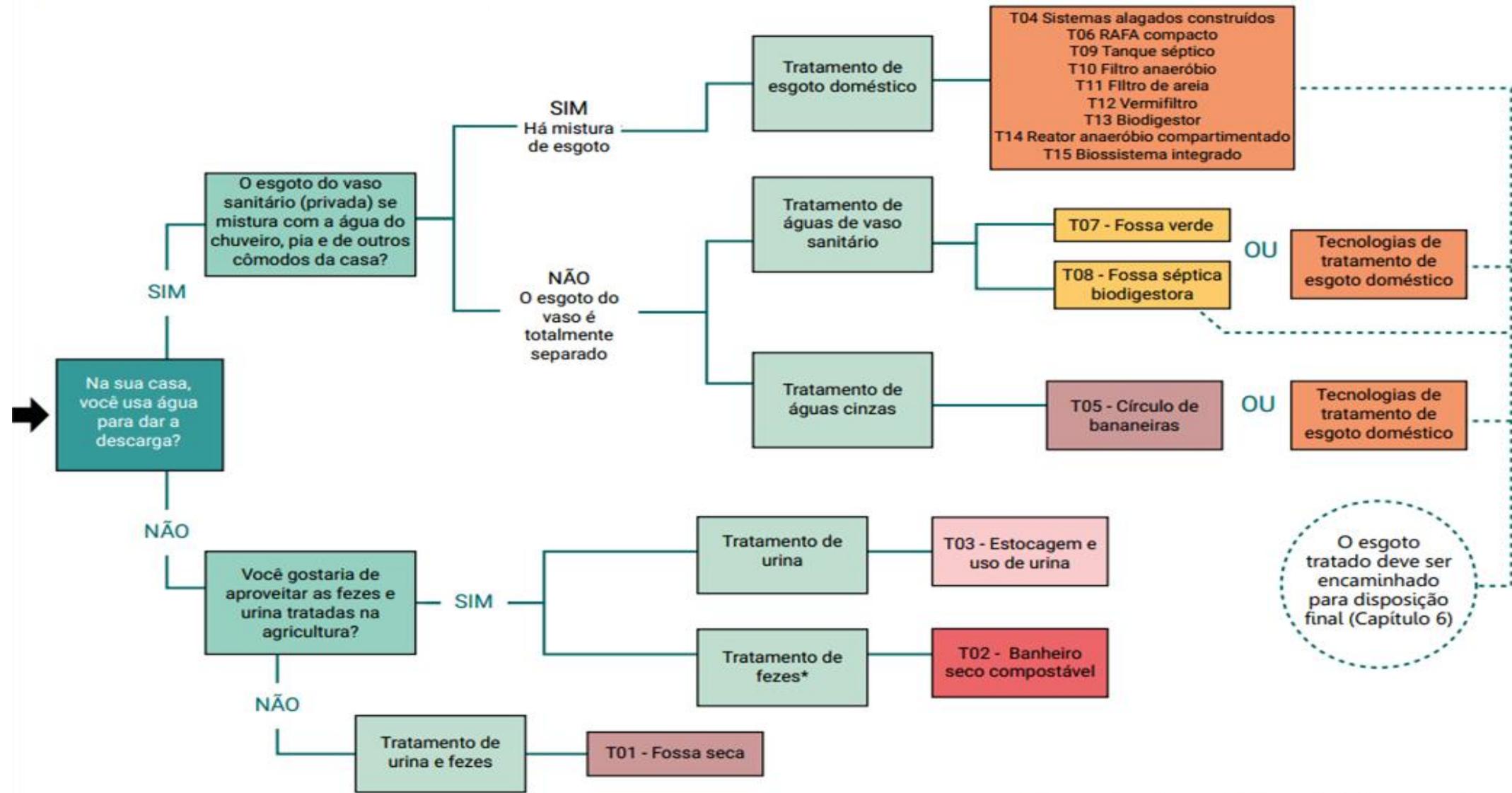
ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL

- ▶ Vala de infiltração
- ▶ Círculo de Bananeiras
- ▶ O reúso agrícola
- ▶ Sumidouro

ALTERNATIVAS PARA GERENCIAMENTO DO IODO

- ▶ Remoção do lodo
- ▶ Aproveitamento ou disposição final do lodo
- ▶ Secagem do lodo e tratamento complementar
- ▶ Uso agrícola ou florestal
- ▶ Recuperação de solos degradados

ESCOLHA DA SOLUÇÃO



RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

| Tecnologia | Tipo de esgoto tratado | Necessário unidade de pré-tratamento | Tipo de sistema | Área necessária* | Remoção de matéria orgânica | Frequência de manutenção | Remoção de Lodo | Custo** |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|---|---|----------------------------------|---|
| T01 Fossa seca | Fezes e urina (sem água) | Não | Unifamiliar | 2 a 4 m ² | Não se aplica |  | Não |  |
| T02 Banheiro seco compostável | Apenas fezes e um pouco de urina (sem água) | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 3 a 5 m ² | Não se aplica |  | Não, mas há produção de composto |  |
| T03 Estocagem e uso da urina | Apenas urina (com ou sem água) | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 1 a 3 m ² | Não se aplica |  | Não |  |
| T04 Sistemas alagados construídos (SAC) | Águas cinzas Esgoto pré-tratado | Sim | Unifamiliar ou semicoletivo | 7,5 a 15 m ² |  |  | Não |  |
| T05 Círculo de bananeiras | Águas cinzas Esgoto pré-tratado | Não para águas cinzas. Sim para esgoto misto | Unifamiliar | 3 a 5 m ² | Não se aplica |  | Não |  |
| T06 Reator anaeróbio de fluxo ascendente unifamiliar | Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 1,5 a 4 m ² |  |  | Sim |  |
| T07 Fossa verde | Águas de vaso sanitário | Não | Unifamiliar | 7 a 10 m ² |  |  | Talvez |  |
| T08 Fossa séptica biodigestora | Águas de vaso sanitário | Não | Unifamiliar | 10 a 12 m ² |  |  | Não |  |
| T09 Tanque séptico | Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 1,5 a 4 m ² |  |  | Sim |  |

RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

| | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----------------------------|-------------------------|--|--|-----------------------------------|---|
| T10 Filtro anaeróbio | Esgoto pré-tratado | Sim | Unifamiliar ou semicoletivo | 1,5 a 4 m ² | | | Sim | |
| T11 Filtro de areia | Esgoto pré-tratado | Sim | Unifamiliar ou semicoletivo | 2 a 5 m ² | | | Não | |
| T12 Vermifiltro | Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico Esgoto pré tratado | Sim | Unifamiliar ou semicoletivo | 2 a 4 m ² | | | Sim, na forma de húmus de minhoca | / |
| T13 Biodigestor | Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 5 m ² | | | Sim | |
| T14 RAFA compacto | Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 3 a 8 m ² | | | Sim | |
| T15 Biossistema integrado (BSI) | Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico | Não | Unifamiliar ou semicoletivo | 25 a 100 m ² | | | Sim | |

Remoção de matéria orgânica (eficiência)

| | |
|--|--------------------|
| | Até 49% (baixa) |
| | 50% a 79% (média) |
| | 80% ou mais (alta) |

Frequência de manutenção

| | |
|--|--------------------------------|
| | 1 vez por ano (baixa) |
| | 2 a 4 vezes por ano (média) |
| | 5 ou mais vezes por ano (alta) |

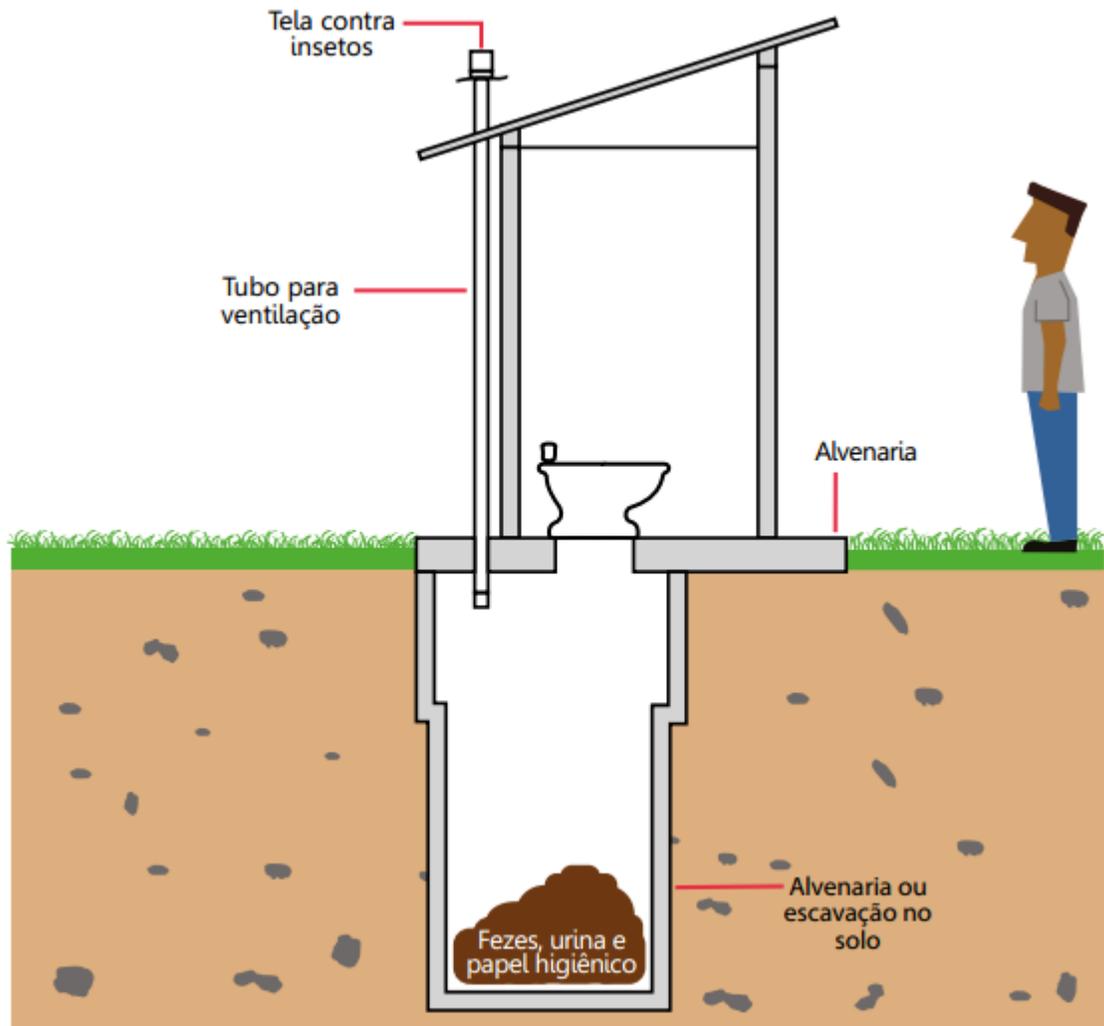
Custo**

| | |
|--|----------------------------|
| | Até R\$ 500 (baixo) |
| | R\$ 500 a R\$ 1500 (médio) |
| | R\$ 1500 a R\$ 2500 (alto) |

* Para um sistema que atende até 5 pessoas.

** Valores calculados em 2018 para um sistema que atende até 5 pessoas.

FOSSA SECA



Fonte: Cavalcante (2016)

Tipo de esgoto tratado: Fezes e urina (sem água)

Tipo de sistema: Unifamiliar

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 2 a 4 m²

Remoção de matéria orgânica: Não se aplica

Frequência de manutenção: Média

O lodo terá que ser removido?: Não. Construir outra fossa após encher

Dimensionamento e detalhes de projeto
FUNASA, 2015

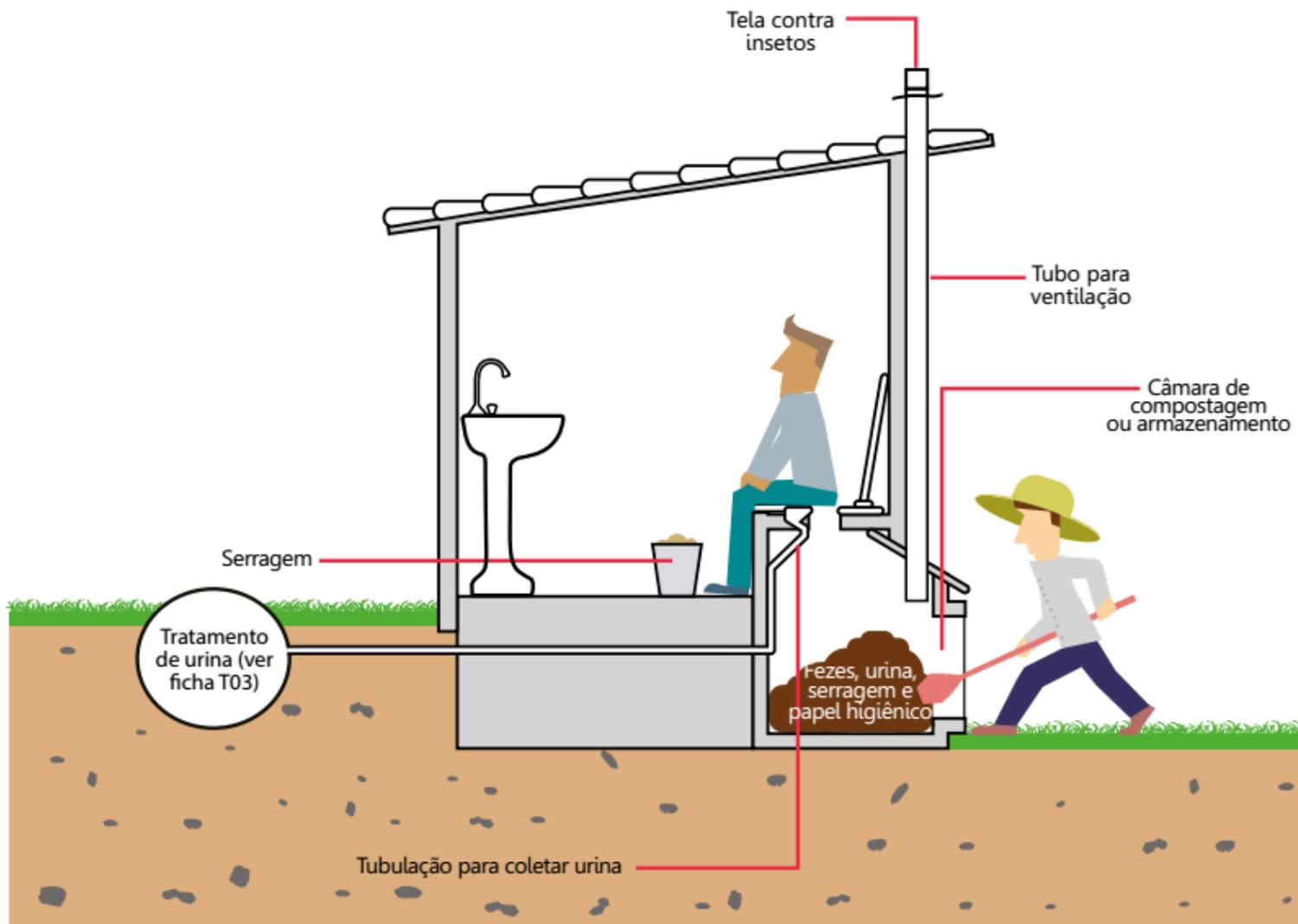
Casos bem sucedidos
Alencar, 2009
Pires e Tibúrcio, 2011

Outras referências
Van Lengen, 1996

FOSSA SECA



BANHEIRO COMPOSTÁVEL



Tipo de esgoto tratado: Apenas fezes (sem água) e algumas vezes urina também

Tipo de sistema: Unifamiliar ou semicoletivo

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 3 a 5 m²

Remoção de matéria orgânica: Não se aplica

Frequência de manutenção: Alta

O lodo terá que ser removido?: Não (mas há produção de composto)

Dimensionamento e detalhes de projeto

CEPAGRO, 2013

FUNASA, 2015

Casos bem sucedidos

Hill e Baldwin, 2012

Outras referências

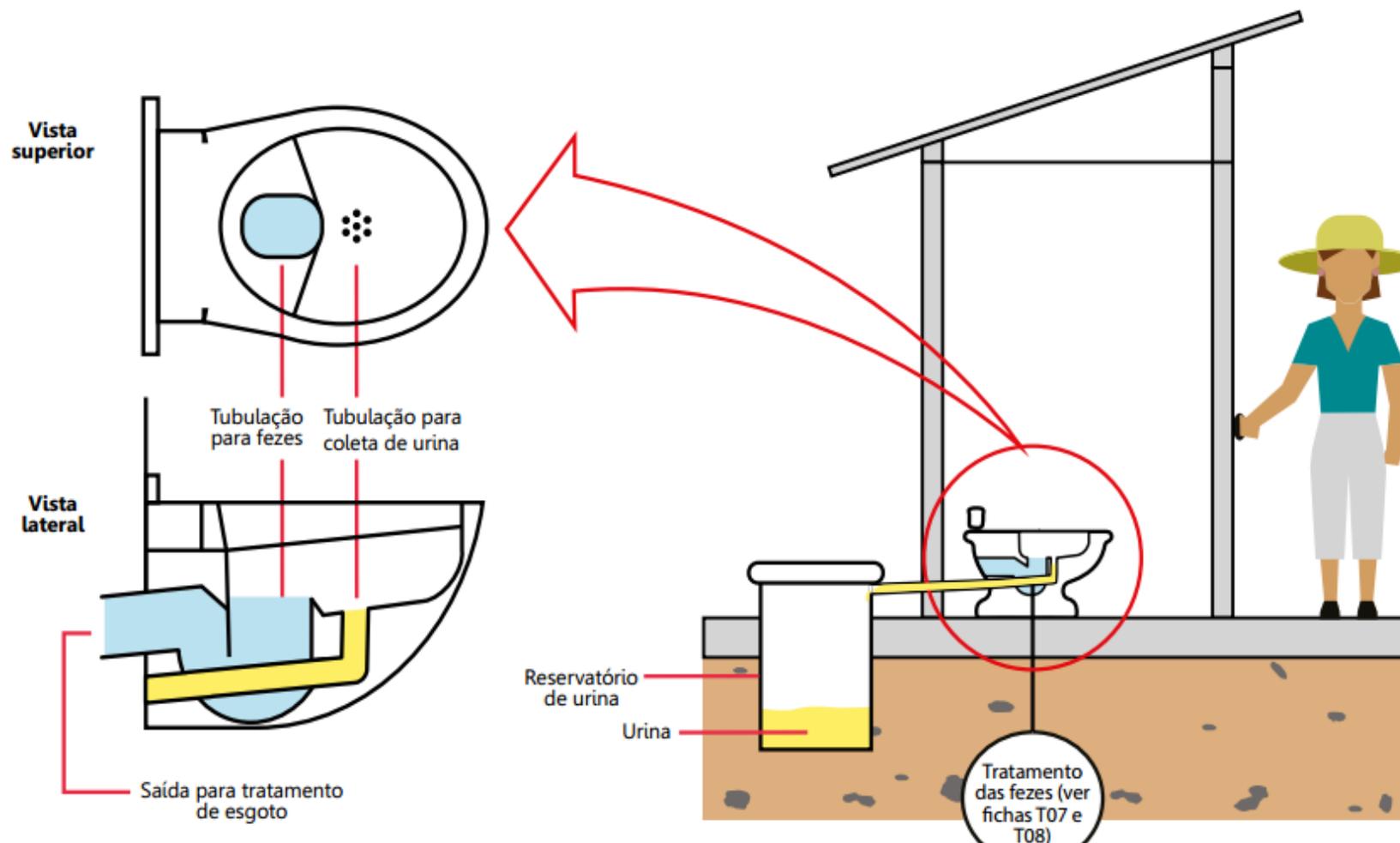
Anand e Apul, 2014

Jenkins, 2005

BANHEIRO COMPOSTÁVEL



ESTOCAGEM E USO DE URINA



Tipo de esgoto tratado: Urina

Tipo de sistema: Unifamiliar ou semicoletivo

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 1 a 3 m²

Remoção de matéria orgânica: Não se aplica

Frequência de manutenção: Alta

O lodo terá que ser removido?: Não gera lodo e sim biofertilizante, que tem que ser aplicado na agricultura

Dimensionamento e detalhes de projeto

Demenighi, 2013

Tilley et al., 2014

Casos bem sucedidos

Botto, 2013

Holmer, 2008

Martins, 2016

Outras referências

Gonçalves, 2006

Schönning e Stenström, 2004

WHO, 2006

ESTOCAGEM DE URINA



SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS (SAC)

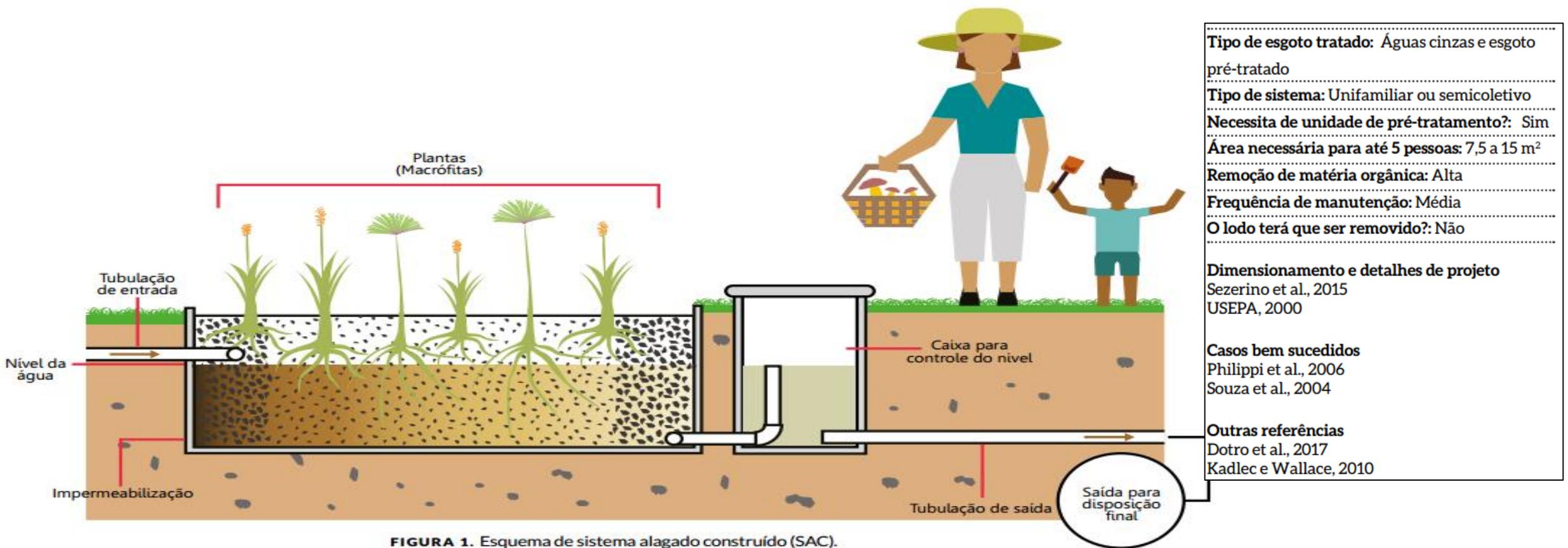


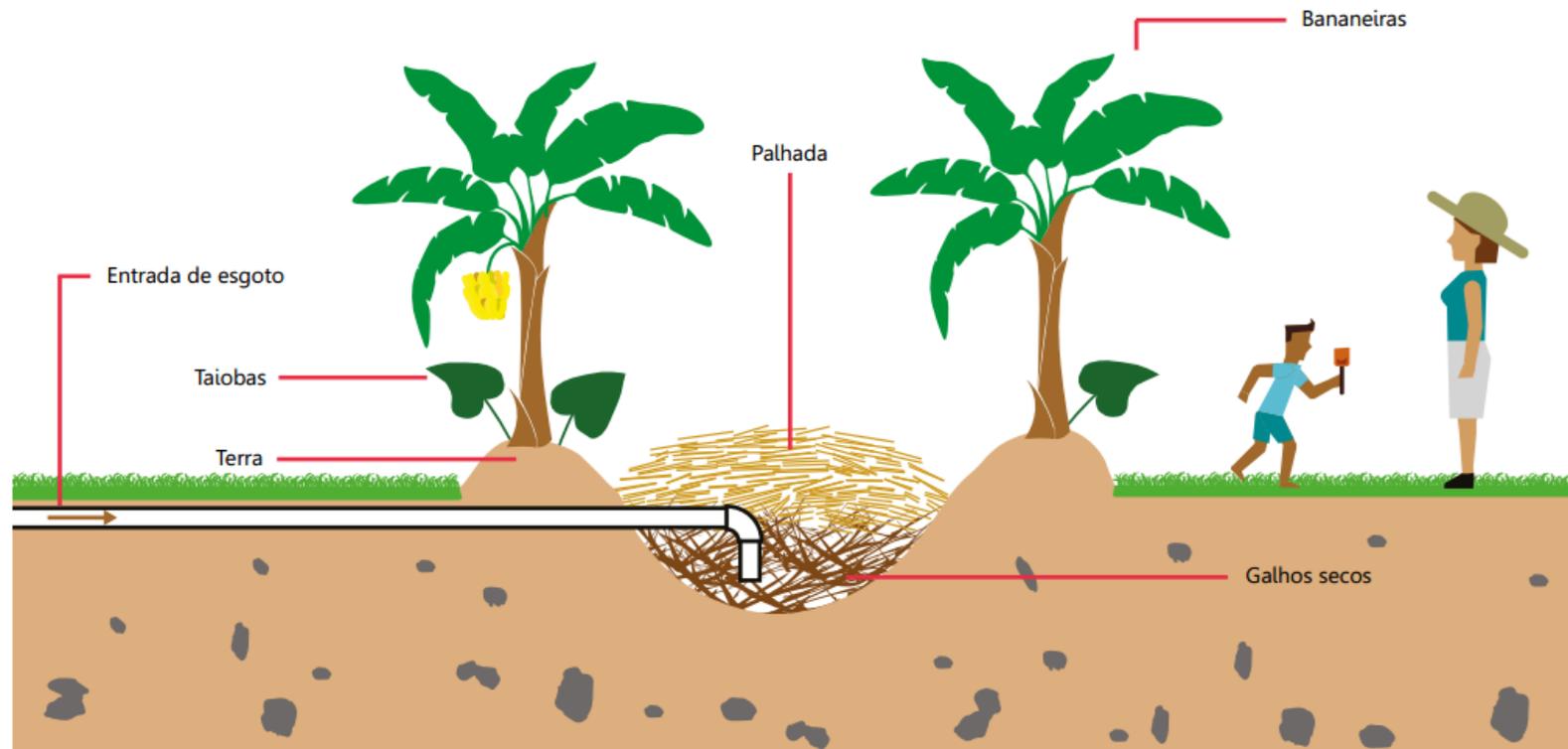
FIGURA 1. Esquema de sistema alagado construído (SAC).

Fonte: Cavalcante (2016)

SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUIDOS



CÍRCULO DE BANANEIRAS



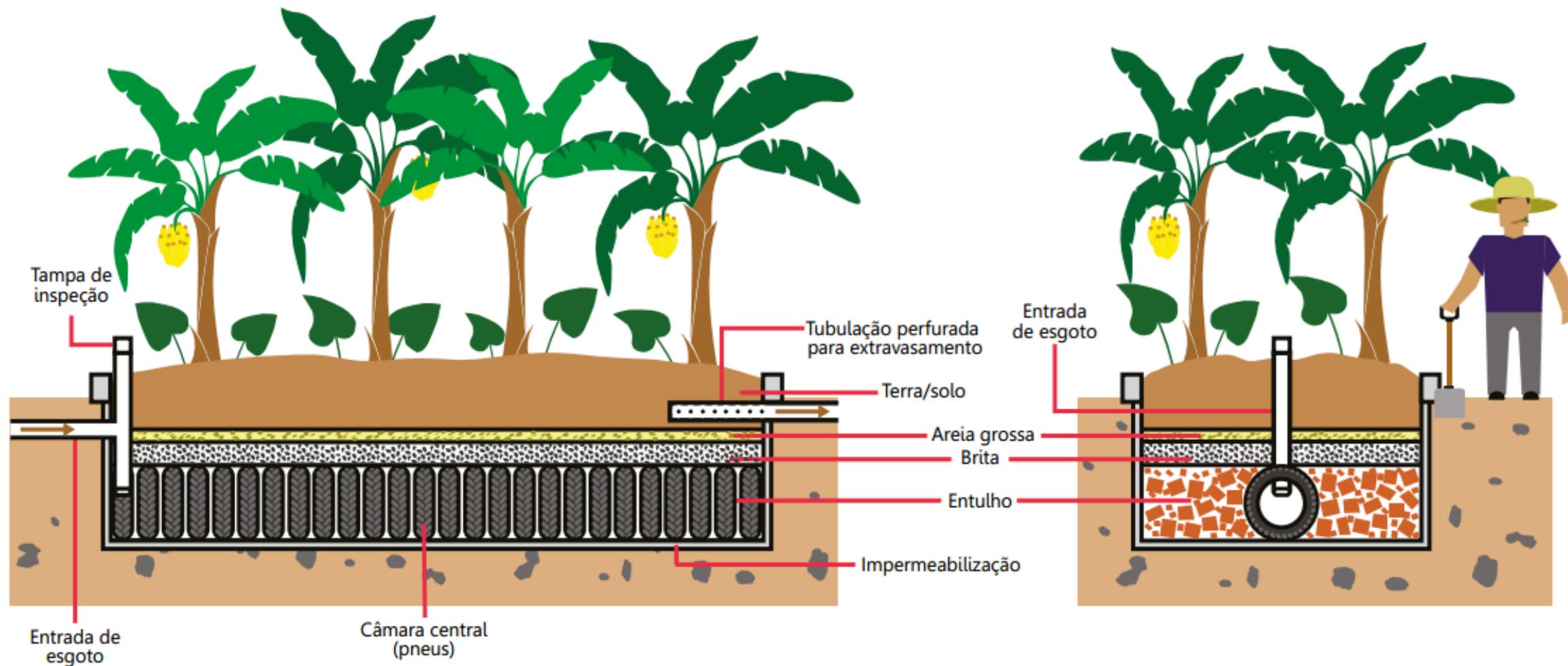
| |
|---|
| Tipo de esgoto tratado: Águas cinzas ou esgoto pré-tratado |
| Tipo de sistema: Unifamiliar |
| Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não para águas cinzas. Sim para esgoto doméstico. |
| Área necessária para até 5 pessoas: 3 a 5 m ² |
| Remoção de matéria orgânica: Não se aplica |
| Frequência de manutenção: Média |
| O lodo terá que ser removido?: Não |
| Dimensionamento e detalhes de projeto Figueiredo, Tonetti e Silva, 2018 FUNASA, 2018 FUNASA, 2015 Vieira, 2006 |
| Casos bem sucedidos Figueiredo, no prelo Martinetti, Teixeira e Shimbo, 2009 Paes, 2014 |
| Outras referências Vídeo Projeto Saneamento Rural Unicamp: http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/galeria/videos/ Ludwig, 2012 Mollison, 1988 |

Fonte: Cavalcante (2016).

CÍRCULO DE BANANEIRAS



FOSSA VERDE

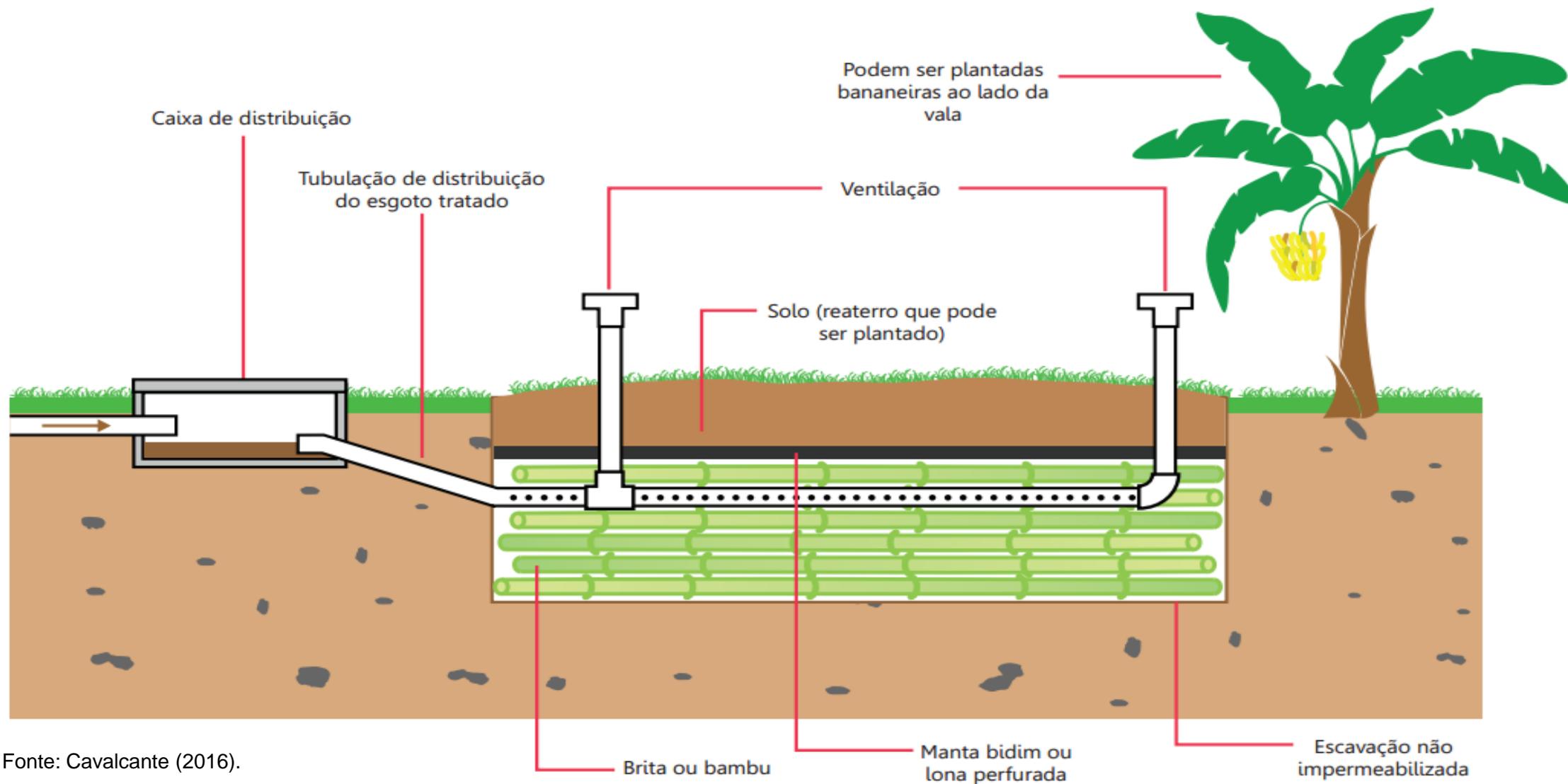


Fonte: Cavalcante (2016).

FOSSA VERDE



VALA DE BAMBU

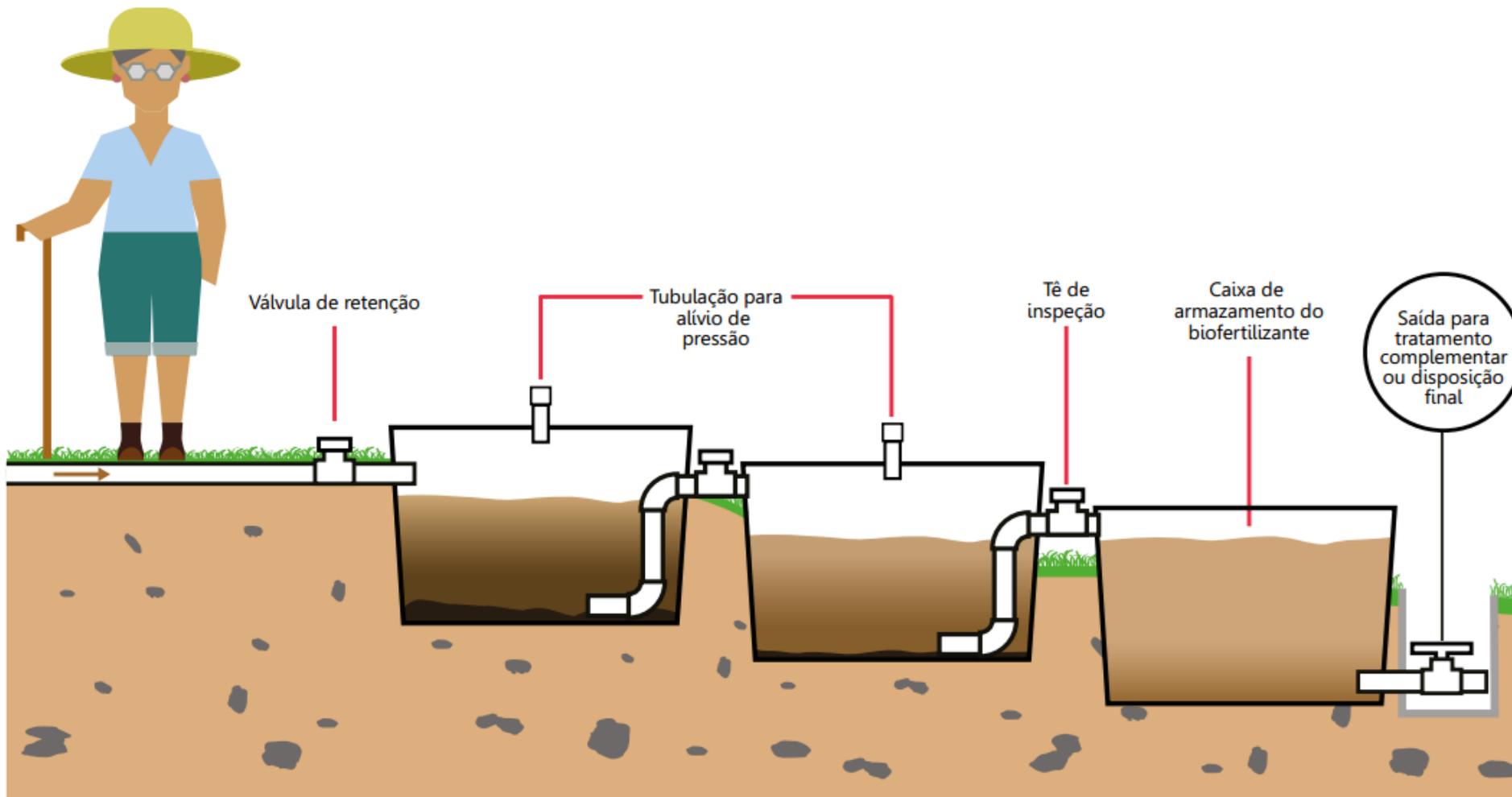


Fonte: Cavalcante (2016).

VALA DE BAMBU



FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA



Tipo de esgoto tratado: Águas de vaso sanitário

Tipo de sistema: Unifamiliar

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 10 a 12 m²

Remoção de matéria orgânica: Média

Frequência de manutenção: Alta

O lodo terá que ser removido?: Não

Dimensionamento e detalhes de projeto

FUNASA, 2018

Galindo et al., 2010

Novaes et al., 2002

Casos bem sucedidos

Faustino, 2007

Figueiredo, no prelo

Outras referências

Vídeo Projeto Saneamento Rural Unicamp:

<http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/galeria/videos/>

FBB, 2010

Soares et al., 2016

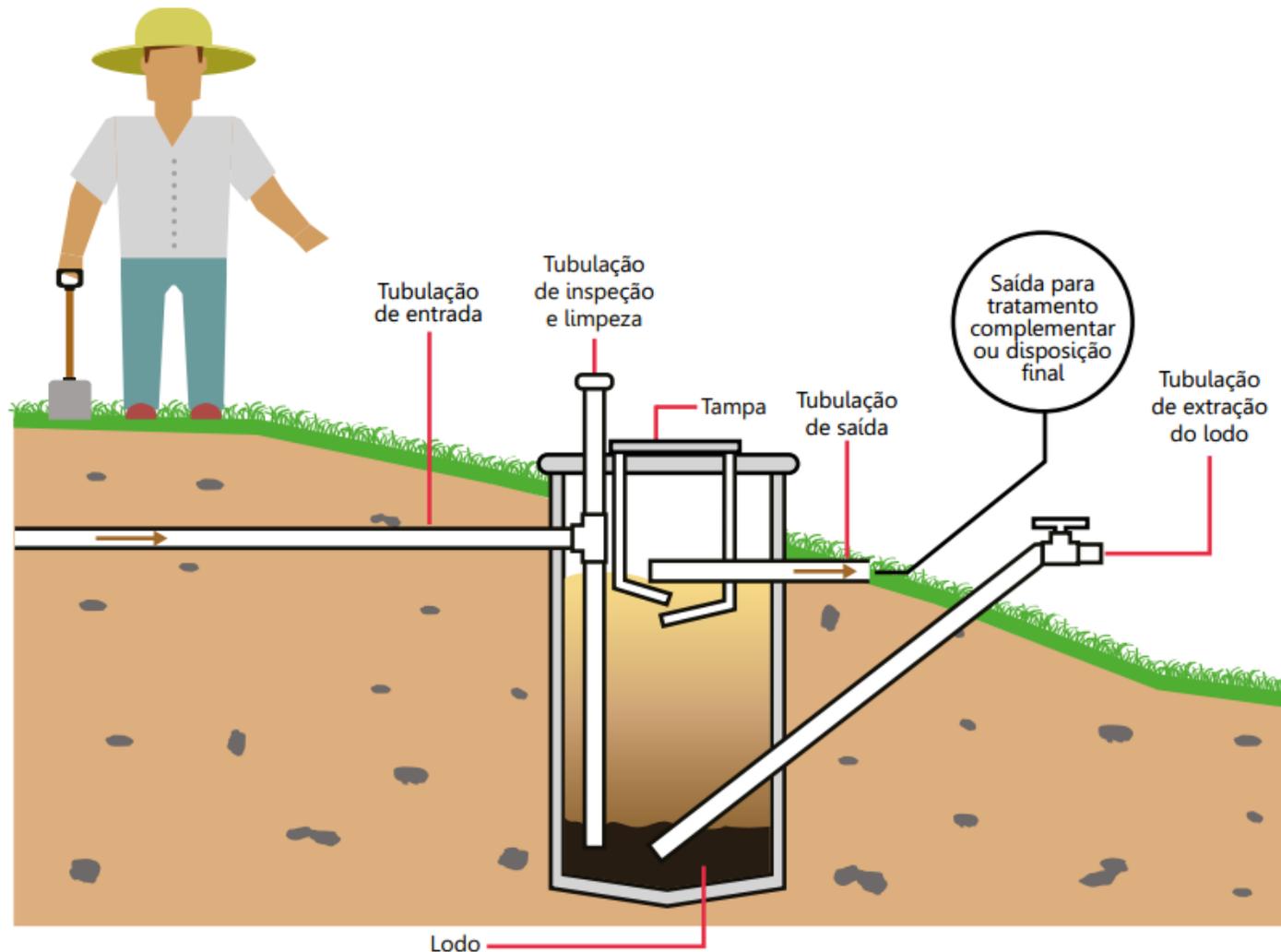
Fonte: Cavalcante (2016).

FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

Adição mensal de esterco bovino fresco



REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE



Tipo de esgoto tratado: Águas de vaso sanitário ou esgoto doméstico

Tipo de sistema: Unifamiliar ou semicoletivo

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 1,5 a 4 m²

Remoção de matéria orgânica: Média

Frequência de manutenção: Média

O lodo terá que ser removido?: Sim

Dimensionamento e detalhes de projeto

ABNT - NBR 12209/2011

Freitas, 2012

Jordão e Pessôa, 2011

Casos bem sucedidos

Franceschini, no prelo

Souza e Vieira, 1986

Outras referências

Gasi, 1988

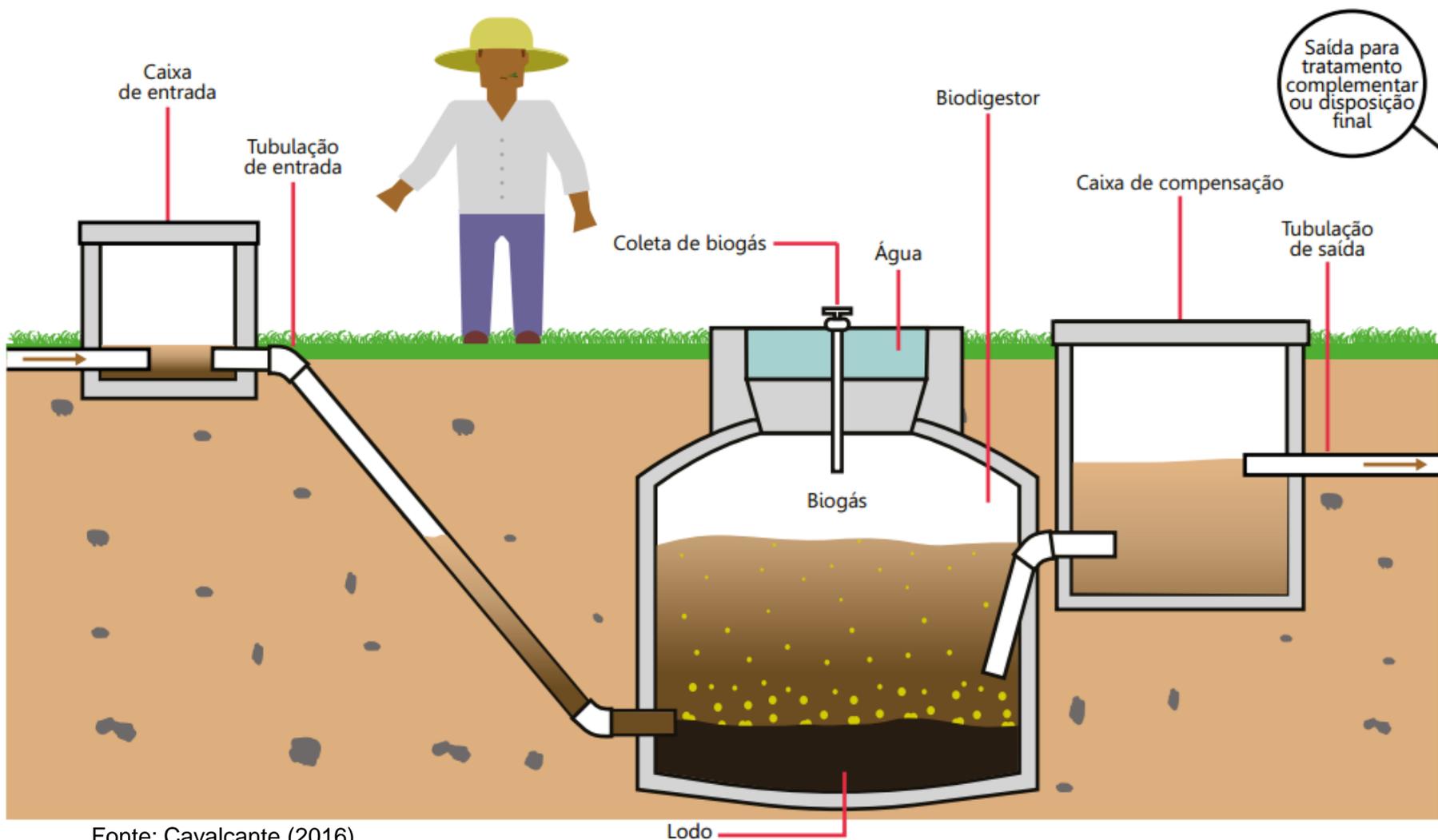
Lima et al., 2012

Madureira, 2013

REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE



BIODIGESTOR



Fonte: Cavalcante (2016).

Tipo de esgoto tratado: Águas de vaso sanitário ou esgoto doméstico

Tipo de sistema: Unifamiliar ou semicoletivo

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 5 m²

Remoção de matéria orgânica: Média

Frequência de manutenção: Alta

O lodo terá que ser removido?: Sim

Dimensionamento e detalhes de projeto

FBB, 2003

Tilley et al., 2014

Casos bem sucedidos

Adler et al., 2017

Lermontov e Gomes, 2009

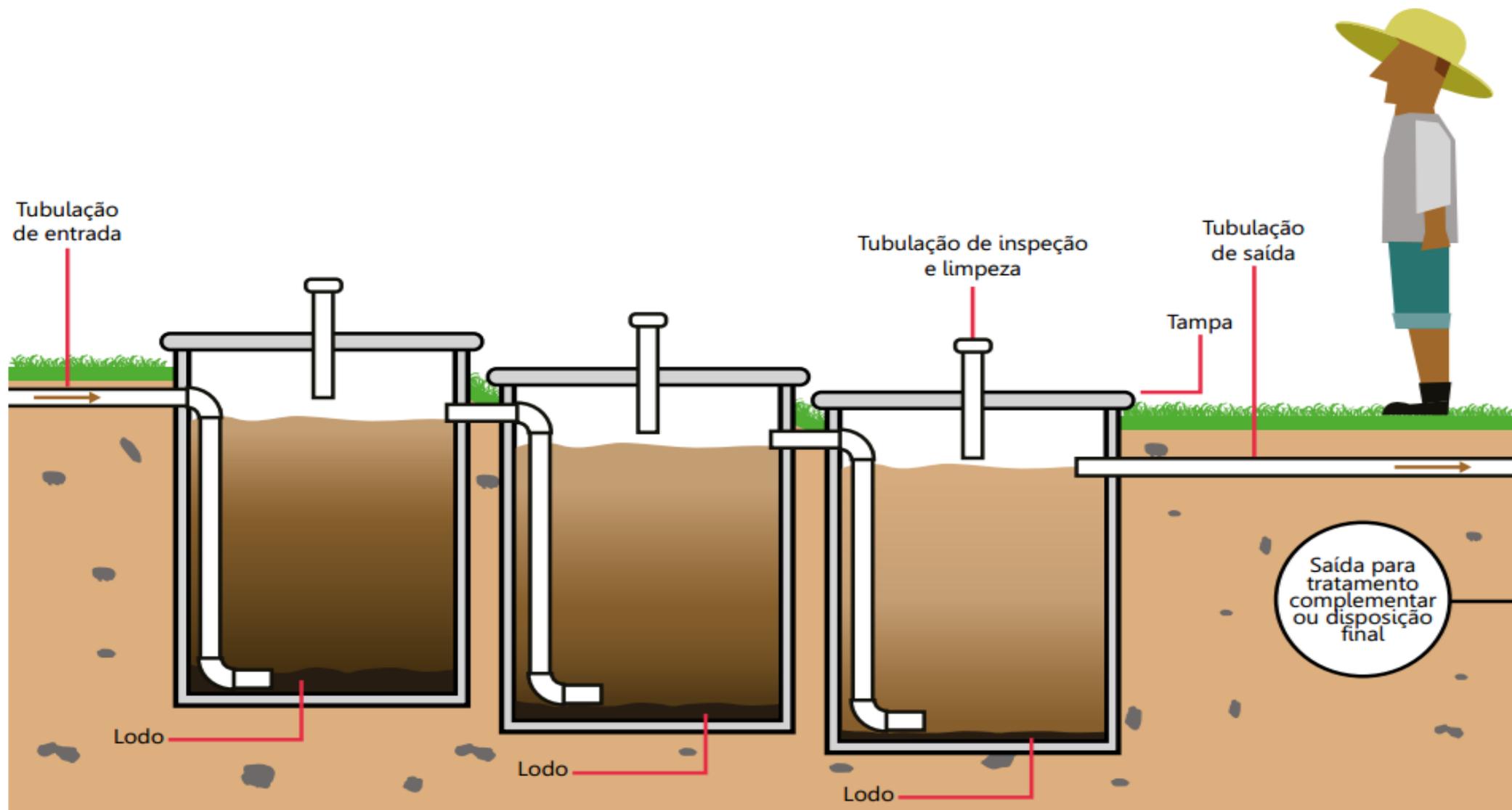
Outras referências

Mattos e Farias Júnior, 2011

BIODIGESTOR



REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO (RAC)

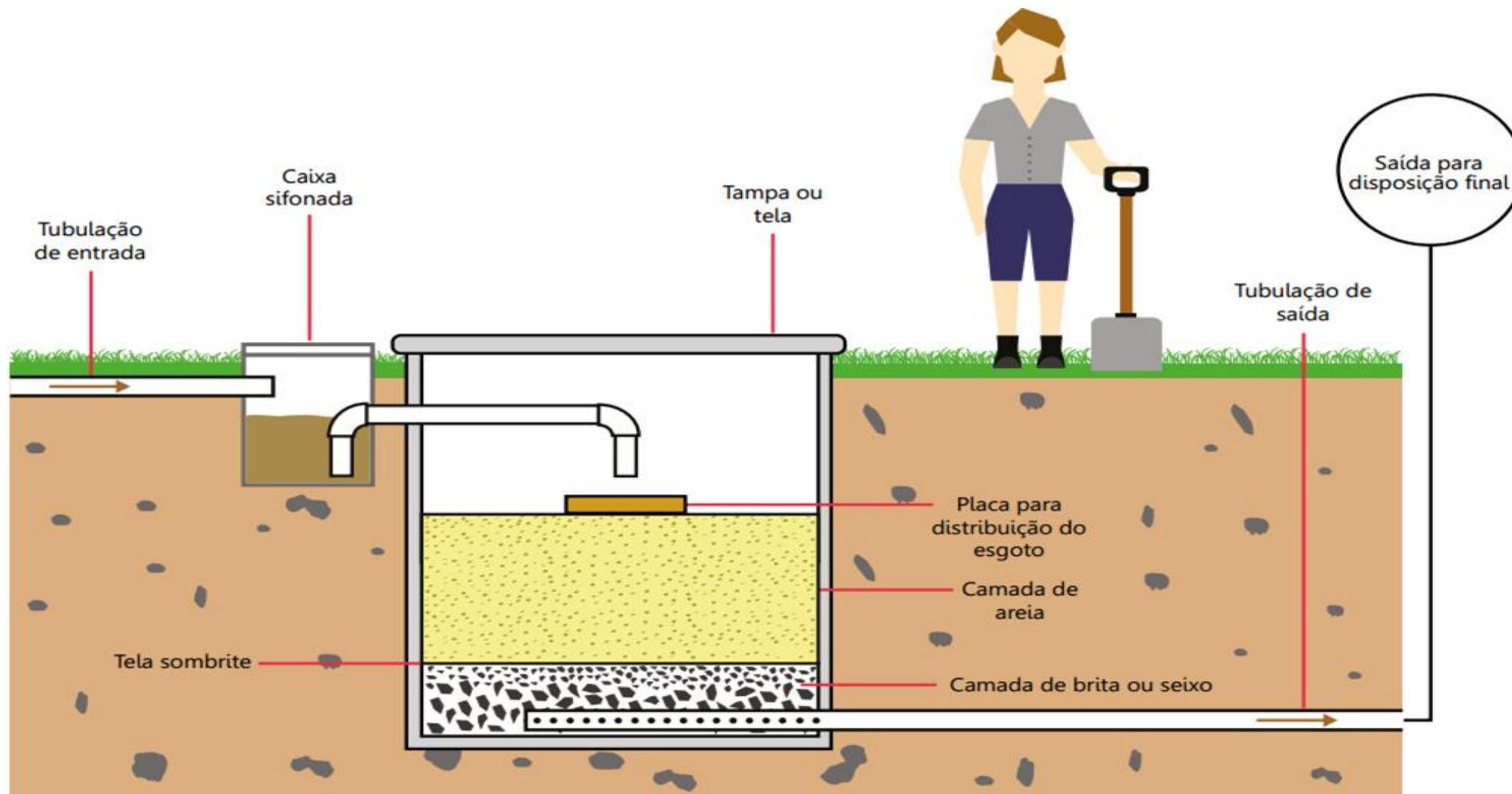


Fonte: Cavalcante (2016).

REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO (RAC)



FILTRO DE AREIA



Fonte: Cavalcante (2016).

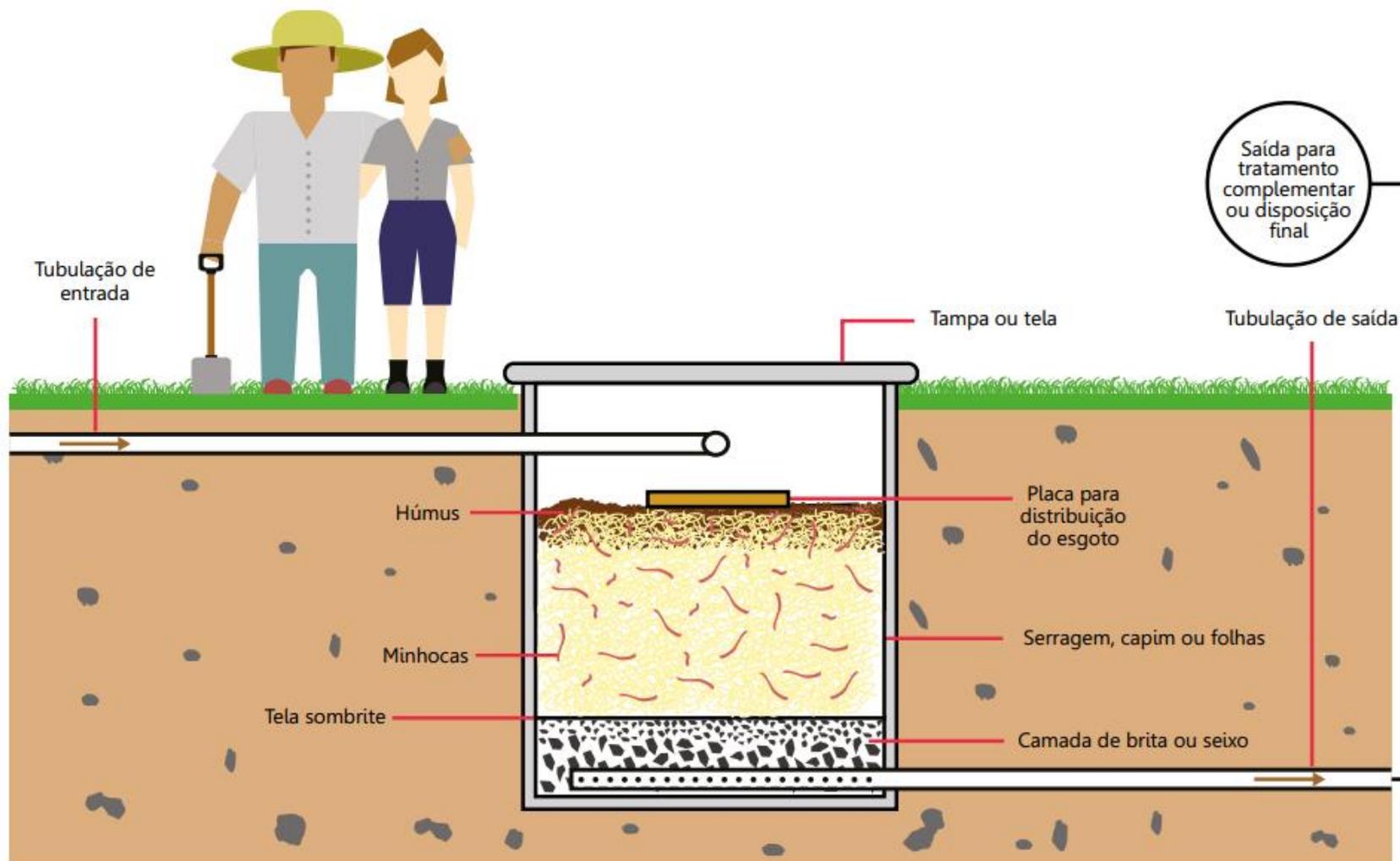
FILTRO DE AREIA



Leito de areia colmatado (entupido), mostrando uma coloração escura.



VERMIFILTRO



Tipo de esgoto tratado: Águas de vaso sanitário, águas cinzas, esgoto doméstico ou esgoto pré-tratado

Tipo de sistema: Unifamiliar ou semicoletivo

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Sim

Área necessária para até 5 pessoas: 2 a 4 m²

Remoção de matéria orgânica: Média

Frequência de manutenção: Alta

O lodo terá que ser removido?: Sim, na forma de húmus de minhoca

Dimensionamento e detalhes de projeto

ATOS, 2015

Pureza e Castagna, 2015

Casos bem sucedidos

ATOS, 2015

Sartori, 2010

Outras referências

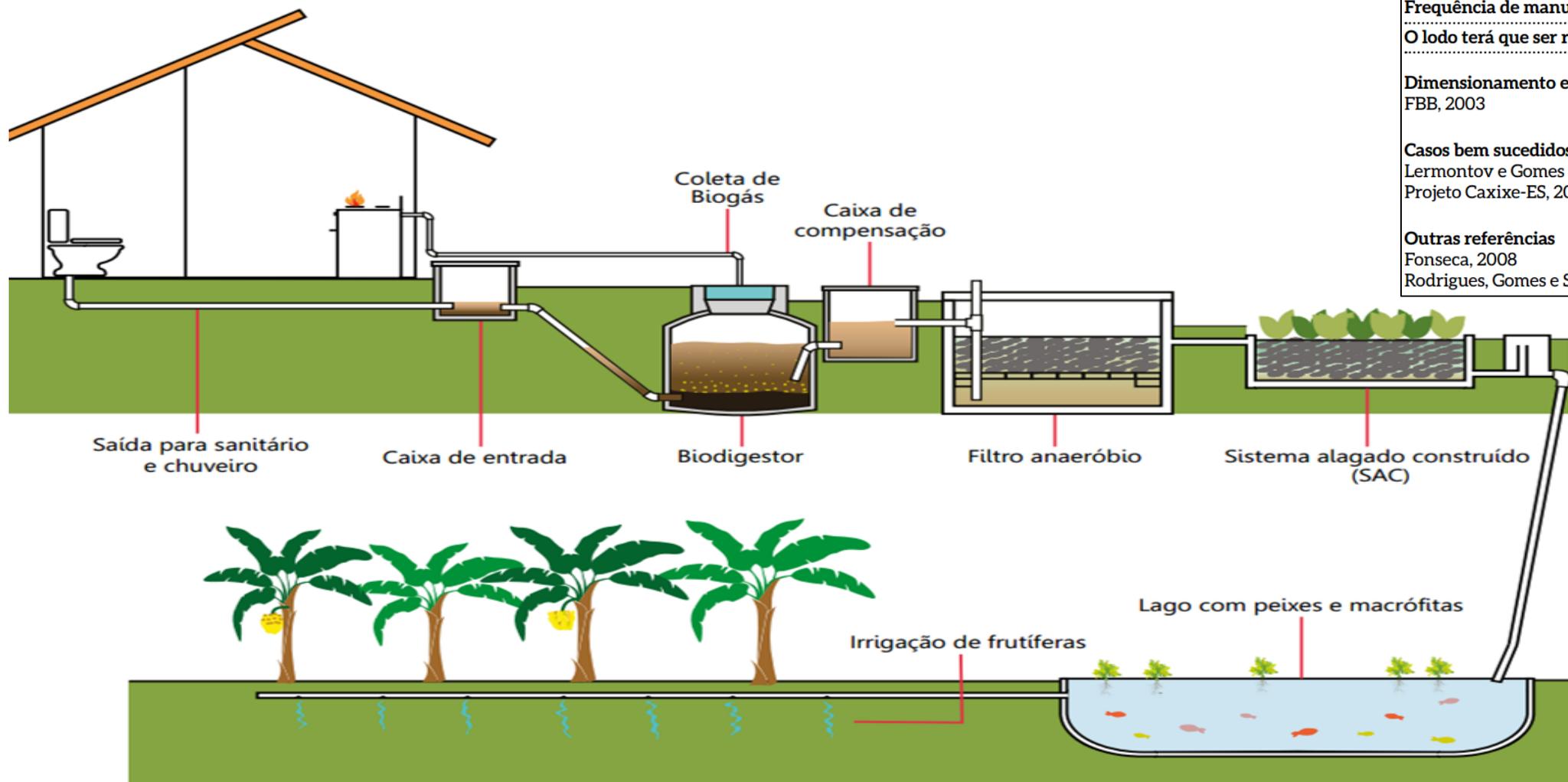
Madrid, 2016

Nie et al., 2014

VERMIFILTRO



BIOSSISTEMA INTEGRADO



Tipo de esgoto tratado: Águas de vaso sanitário ou esgoto doméstico

Tipo de sistema: Unifamiliar ou Semicoletivo

Necessita de unidade de pré-tratamento?: Não

Área necessária para até 5 pessoas: 25 a 100 m²

Remoção de matéria orgânica: Alta

Frequência de manutenção: Alta

O lodo terá que ser removido?: Sim

Dimensionamento e detalhes de projeto
FBB, 2003

Casos bem sucedidos
Lermontov e Gomes, 2009
Projeto Caxixe-ES, 2018

Outras referências
Fonseca, 2008
Rodrigues, Gomes e Selvan, 2006

BIOSSISTEMA INTEGRADO



- ▶ Filtro anaeróbico e zona de raízes foram construídos sobre o biodigestor.
- ▶ Sistema alagado.



BIBLIOGRAFIA

TONETTI, Adriano Luiz. 1973. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, *et al.* – Campinas, SP: Biblioteca/Unicamp, 2018.



LISTA DE FONTES DAS IMAGENS POR ORDEM DE REPRODUÇÃO