

POTENCIALIDADES E OBSTÁCULOS DAS PRÁTICAS DE SANEAMENTO BÁSICO E ECOLÓGICO. OUTRA RACIONALIDADE É POSSÍVEL?

Paula B. Miqueletto¹
Giovanna C. Barreto²
Ariosto C. de Araújo³
Tamara V. Kaick⁴

RESUMO

Os métodos tradicionais de coleta e tratamento de esgoto se mostram problemáticos do ponto de vista econômico, ambiental e social pela utilização excessiva de recursos, como o excessivo uso de água e pela centralização do tratamento e ineficácia em adaptar soluções técnicas para determinados contextos locais diferenciados no que se refere à ocupação clássica urbana. No que diz respeito às problemáticas relativas ao trinômio saneamento básico, meio ambiente e saúde humana, alguns imperativos têm ganhado evidência, entre os quais se destacam o uso de água potável na descarga e a importação de tecnologias que não levam em consideração as particularidades de cada contexto local. Para compreender as práticas alternativas de saneamento, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com dois objetivos principais: i) elaborar o estado da arte sobre as práticas atuais de saneamento ecológico e ii) descrever as potencialidades e obstáculos das práticas alternativas de saneamento que vêm sendo implementadas. A construção de uma nova “racionalidade ambiental” reivindica a abertura a um diálogo de saberes que atravesse a “verdade objetiva” da ciência e crie espaço para a construção de outras lógicas de pensar e fazer. As práticas de saneamento ecológico possuem técnicas que poderiam ser adaptadas ao contexto urbano, e as aplicações já existentes das mesmas demonstram que esse diálogo de saberes é possível.

Palavras-chave: Saneamento básico, saneamento ecológico, revisão sistemática.

INTRODUÇÃO

O saneamento ecológico é uma abordagem holística de medidas orientada sobre os aspectos sociais, econômicos e ambientais e reivindica outro tipo de destinação em relação aos

^{1,2,3} Doutorandas(os) no curso de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (MADE) - Universidade Federal do Paraná – UFPR, Campus de Ciências Agrárias da UFPR, Código Postal 80050 - 540, Curitiba, Paraná - Brasil., pamique@gmail.com; ⁴ Docente do curso de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (MADE) - Universidade Federal do Paraná – UFPR.

excrementos humanos (LANGERGRABER e MUELLEGGER, 2005). Ela é holística porque implica na transição de um sistema linear que trata a urina e fezes humanas como poluentes lançados nos corpos hídricos para um sistema circular que transforma esses elementos em nutrientes reaproveitados na agricultura. Por sua vez, ao sugerir uma mudança do comportamento humano, configura-se numa técnica de inter-relação entre as ciências sociais e naturais que se ocupa das questões associadas à poluição ambiental.

No Brasil, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a situação do saneamento básico apontou um déficit de 35% da população vivendo sob condições inadequadas de afastamento de seus esgotos, por exemplo: lançamento em fossa rudimentar, rio, lago, mar ou outro escoadouro, ou ainda sem banheiro ou sanitário. Além disso, dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 indicaram que apenas 53% do volume de esgotos coletados recebiam algum tipo de tratamento antes de sua disposição no ambiente (IBGE, 2008).

No contexto global, fatores como a falta de diálogo: "precisamos colocar a palavra merda na boca das pessoas" (citado em *Sanitation Now*, 2008 - tradução livre) e certos tabus culturais referentes aos excrementos humanos resultaram em desigualdades espaciais de acesso ao saneamento, uma das marcas da geografia do saneamento contemporâneo. Outro problema apresentado por alguns autores refere-se à própria falta de investigação acadêmica sobre os hábitos sanitários (JEWITT, 2011). Segundo Srinivas (2002), a defecação e autolimpeza são parte indissociável da condição humana tanto quanto a procriação e o consumo de alimentos e, no entanto, temas como uso e arquitetura de banheiros recebem pouca atenção.

No que diz respeito às problemáticas relativas ao trinômio saneamento básico, meio ambiente e saúde humana, alguns imperativos têm ganhado evidência, entre os quais se destacam o uso de água potável na descarga e a importação de tecnologias que não levam em consideração as particularidades de cada contexto local. No primeiro caso, a quantidade de água usada para diluir os excrementos humanos e transportá-los até as estações de tratamento tem sido considerada insustentável (BDOUR *et al.*, 2009), assim como o uso de água potável para a descarga. Em relação à importação de tecnologias, as técnicas de saneamento ecológico não são novas, mas foram substituídas pelo sistema convencional de descarga e afastamento que se tornou norma principalmente nos países ocidentais (LANGERGRABER e MUELLEGGER, 2005).

Segundo Niemczynowicz (2001), a retomada de interesse pelo saneamento ecológico é resultado das diretrizes para a gestão da água e saneamento formuladas no contexto da Eco 92, durante a elaboração da Agenda 21. De maneira resumida, essas diretrizes indicam que a

retirada de recursos naturais finitos deve ser racionalizada; que a liberação de substâncias não biodegradáveis no meio ambiente deve ser interrompida; que as condições físicas para fluxos circulares de matéria devem ser privilegiadas e que a retirada de recursos renováveis não deve exceder o ritmo de sua regeneração. Preceitos bem conhecidos e pouco aplicados.

No caso do Brasil, em 2007 foi sancionada a lei n.º 11.445 que define diretrizes nacionais para o saneamento estabelecendo alguns princípios fundamentais para prestação desses serviços: a) universalização do acesso; b) adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; c) articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras políticas de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante (BRASIL, 2007).

Conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013), cabe à política de saneamento identificar tendências, nacionais e internacionais, segundo as quais a matriz tecnológica vem se moldando. Isso supõe buscar novos conceitos para provocar mudanças paradigmáticas, "ainda que sejam antigas formulações em novas roupagens" (IBIDEM, p. 24). Nesse sentido, frente aos desafios da sociedade contemporânea para promover a sustentabilidade ambiental, sobretudo na agricultura, técnicas de reuso de água e resíduo (lodo) surgem como uma importante estratégia de desenvolvimento que preze pelos princípios da ética socioambiental (SOUZA *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2001; MEDEIROS *et al.*, 2010).

Para compreender as práticas alternativas de saneamento básico, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com dois objetivos principais: i) elaborar o estado da arte sobre as práticas atuais de saneamento ecológico e ii) descrever as potencialidades e obstáculos das práticas alternativas de saneamento que vêm sendo implementadas. A descrição do estado-da-arte das potencialidades e obstáculos das práticas alternativas de saneamento visa oferecer informações que possam servir de apoio a pesquisadores e gestores a respeito da temática do saneamento básico.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura a partir de artigos publicados em periódicos disponíveis no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Revisões sistemáticas fundamentam-se no exame de um corpo da

literatura a partir de critérios *a priori*, objetivos específicos e processos transparentes de amostragem, seleção, análise e síntese (BERRANG-FORD *et al.*, 2015).

A coleta de dados foi realizada utilizando as palavras-chave "*Ecological Sanitation AND Brazil*" (TABELA 1). Após exclusão dos artigos duplicados, não revisados por pares (*peer-review*) e daqueles fora do escopo, ou seja, artigos nos quais o tema principal não discutia o saneamento ecológico, a amostra final resultou em 24 artigos, todos em língua inglesa.

Tabela 1. Combinação de palavras-chave usadas para identificar os artigos, suas ocorrências em cada banco de dados e critérios de seleção da amostra.

Palavras-chave	Portal da Capes (N Amostral)	Total (N Final)
" <i>Ecological Sanitation and Brazil</i> "*	45	45
Exclusão dos artigos não- revisados por pares	3	42
Exclusão dos artigos fora do escopo	18	24

*Foram aplicados descritores (palavras-chave) em língua inglesa para estender a pesquisa a todos os idiomas

A literatura restante (n = 24, Apêndice 1, p. 18) foi organizada em software para análise de dados qualitativos (*QSR NVivo* e *QDA Miner Lite*) e os dados foram explorados em duas fases seguindo a abordagem baseada em dados (*Grounded Theory*). A *Grounded Theory* consiste em um processo iterativo de codificação aberta (coleta de todos os temas possíveis), codificação axial (identificação de padrões e relações dentro e entre os temas) e codificação seletiva (refinamento das construções teóricas através de uma compilação de evidências). A codificação dos dados permite uma posterior análise estatística. Essa abordagem possibilita que o pesquisador seja simultaneamente sistemático, criativo e crítico; e suas técnicas e procedimentos permitem a identificação de certos padrões na literatura (GLASER e STRAUSS, 1967; CORBIN e STRAUSS, 2008).

Na primeira fase, os dados foram codificados nas seguintes categorias: a) ano de publicação do artigo; b) tipo de pesquisa (se teórica ou empírica); c) país de localização do estudo de caso, quando existente; d) técnicas de saneamento aplicadas ou descritas; e) potencialidades e f) obstáculos de aplicação; e g) questões socioculturais.

A segunda fase consistiu na descrição estatística da contagem de algumas categorias consideradas nesta pesquisa, especificamente os itens a), b) e c) apresentados acima. Os resultados foram analisados sob uma perspectiva empírica (baseada na frequência de ocorrência de algumas categorias) e descritiva, buscando estabelecer uma análise crítica dos resultados apresentados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões apresentados a seguir são referentes à amostra final de 24 artigos analisados. Desses ($n = 24$), 21% foram publicados em 2014, como indicado na Figura 1. Os anos nos quais se constatou números mais elevados de artigos publicados foram 2006, 2012 e 2015, correspondendo a 13% cada. Ressalta-se que 45% dos artigos revisados citaram os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM/ONU, 2000) como marco que trouxe visibilidade para as condições precárias de saneamento básico a nível mundial. Publicados em 2000, o objetivo sete entre os oito ODM, visa “garantir a qualidade de vida e respeito ao meio ambiente com metas ligadas a água e ao saneamento”. O objetivo sete tinha entre suas metas reverter até 2015 a perda de recursos ambientais, reduzir pela metade a porcentagem da população sem acesso permanente a água potável e saneamento básico e, até 2020, obter uma melhora significativa na vida de pelo menos 100 milhões de habitantes de bairros periféricos. Nesse sentido, chama atenção o fato de todos os artigos amostrados corresponderem a publicações a partir do ano de 2005, cinco anos após a publicação dos ODM (Figura 1).

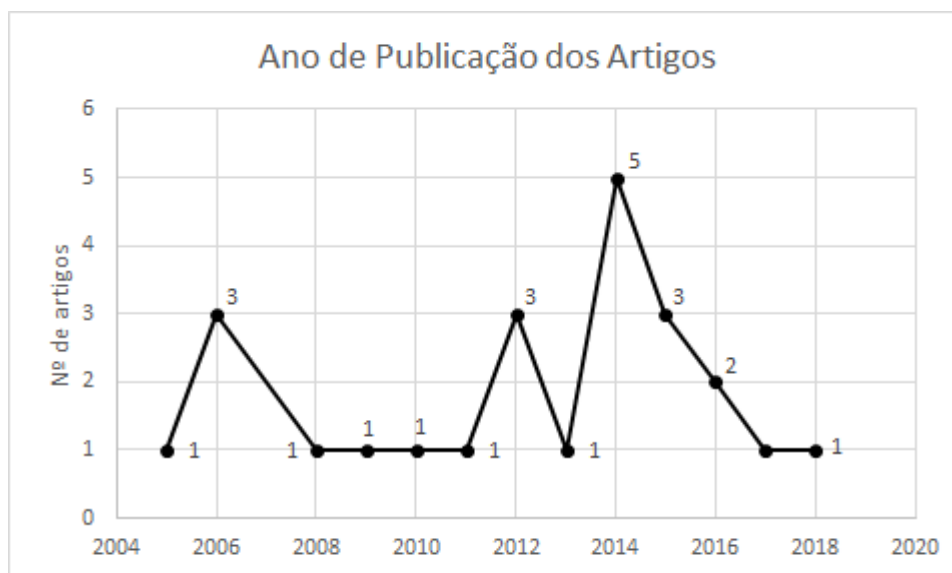


Figura 1- Número de artigos publicados em periódicos por ano dentro a amostra analisada ($n = 24$). Nota: pesquisa aplicada em julho de 2018.

Dentre os artigos analisados, 50% (12) correspondem a pesquisas empíricas e 50% a pesquisas teóricas, incluindo cinco artigos de revisão. A maior parte dos estudos de caso (70%) referem-se a países caracterizados pelos autores como “em desenvolvimento” (ex.: Brasil, China, Índia e Paraguai). Apenas um artigo apresentou uma revisão de dados de países

desenvolvidos e três artigos referiram-se a estudos em países identificados como “subdesenvolvidos” (ex.: Nepal, Haiti e Bangladesh), conforme indicado na Figura 2. Considerando especificamente o contexto brasileiro, observou-se que uma entre as três publicações identificadas tratou de pesquisa teórica sobre o desenvolvimento de tecnologia de saneamento baseada na terra preta de índio da Amazônia (DE GISI, 2014), enquanto as demais são pesquisas empíricas relacionadas ao tratamento e reúso de água (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014) e ao processamento de resíduos sólidos urbanos (FEHR, 2006).

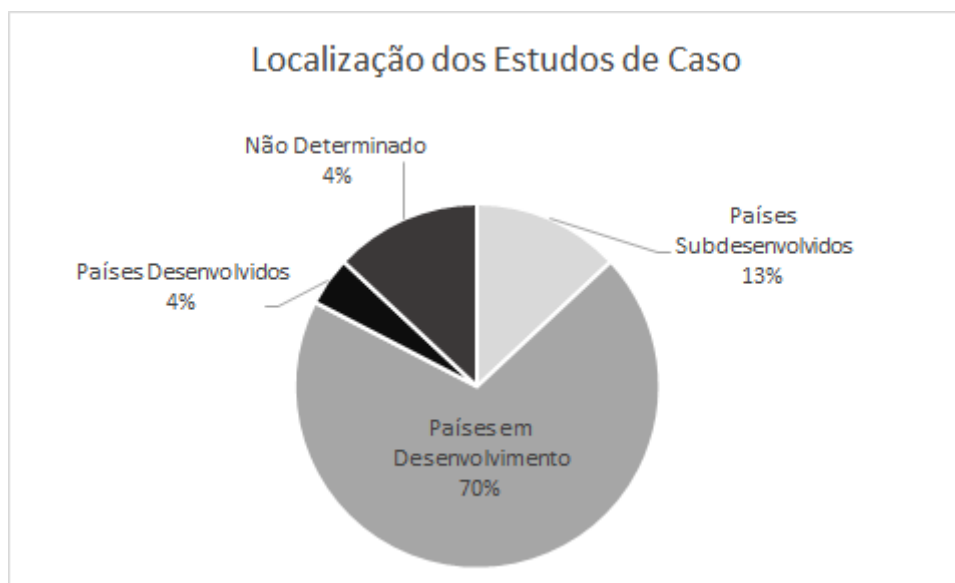


Figura 2 - Distribuição geográfica dos estudos baseados em casos, conforme literatura revisada e classificação (países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos) feita pelos próprios autores dos artigos amostrados (n = 24).

Brands (2014) argumenta que problemas como carência de investimento, perda de nutrientes e descarte inadequado do lodo não são exclusivos dos países considerados “subdesenvolvidos” ou “em desenvolvimento”. Para este autor, os sistemas descentralizados como, por exemplo, os sistemas de saneamento ecológico, são promissores do ponto de vista conceitual, mas ainda pouco aplicados. Este autor acrescenta ainda que é urgente a necessidade de ampliar o aporte das ciências sociais para tratar das problemáticas relativas ao saneamento básico.

Sobre as diferentes técnicas de saneamento, as fossas simples ou latrinas foram as mais citadas, pois correspondem a uma forma comum de disposição dos excretas humanos e, geralmente, representam o meio sanitário padrão em áreas de baixa renda (MATTHOLIE, 2011). As latrinas ventiladas ou VIP (sigla em inglês para *ventilation improved pit*) são latrinas melhoradas, pois possuem um encanamento de ventilação para prevenir problemas com odores.

Outro modelo de latrina considerado mais moderno são os banheiros secos com separação de urina (UDDT, sigla em inglês para *urine diverting dry toilets*). Os UDDT foram desenvolvidos para tratar e reutilizar os resíduos como insumos, separando a urina das fezes para posterior utilização na agricultura (MATTHOLIE, 2011). Já as fossas ou tanques sépticos são câmaras localizadas no subsolo que recebem o esgoto bruto por um encanamento conectado à residência.

Em relação aos sistemas de saneamento ecológico ou descentralizados, exemplos de tratamento que podem ser utilizados de acordo com a literatura revisada, são: i) lagoas de estabilização ou *wetlands*; ii) reator anaeróbio de fluxo ascendente (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket* - UASB), e iii) tratamento por solo de aquífero (*Soil Aquifer Treatment* - SAT). Nas *wetlands* uma série de lagoas rasas são utilizadas para purificar o efluente através da ação de plantas, algas, bactérias e radiação solar. Em reatores do tipo UASB a matéria orgânica é degradada por meio da ação de bactérias anaeróbicas, gerando um lodo biologicamente estável e baixo volume de sólidos totais, além de demandar pouca energia para seu funcionamento (CHERNICHARO, 2007). A técnica SAT consiste em um sistema de geopurificação no qual efluentes parcialmente tratados recarregam artificialmente um aquífero e depois são retirados para usos futuros. Pelo recarregamento, que ocorre através de camadas de solo insaturadas, o efluente atinge uma purificação adicional antes de se misturar à água subterrânea natural (BDOUR *et al.*, 2009).

De Gisi *et al.* (2014) apresentaram um tipo de tratamento chamado de Saneamento Terra Preta (TPS). Derivado do conceito da terra preta de índio, o tratamento consiste em uma sequência de lacto-fermentação e vermicompostagem. A lacto-fermentação é um processo biológico anaeróbico que gera a pré-estabilização da mistura (urina e fezes) enquanto a vermicompostagem é um processo de decomposição aeróbia pela ação de vermes e microrganismos (DE GISI *et al.*, 2014). No tratamento com biodigestores os resíduos são submetidos a uma fermentação em tanques sépticos especialmente projetados, gerando uma mistura de gás metano (biogás) que pode ser utilizada no fornecimento de energia residencial (HAWDON, 2014). Em relação às águas cinzas derivadas de processos domésticos como chuveiro, pia, tanque e máquina de lavar, o tratamento é feito através do uso de solo e filtros de areia para a remoção de matéria orgânica, patógenos, nutrientes e micropoluentes desse tipo de efluente (KATUKIZA *et al.*, 2012). A figura 3 apresenta de forma resumida as técnicas de saneamento ecológico encontradas na literatura revisada.

Urina e Fezes
<ul style="list-style-type: none">•Latrina simples•Latrina VIP (<i>Ventilation Improved Pit</i>)•UDDT (<i>Urine Diverting Dry Toilets</i>)•Fermentação láctica•Vermicompostagem•Biodigestor•Wetland (Lagoas de estabilização)•UASB (<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>)•SAT (<i>Soil Aquifer Treatment</i>)
Águas Cinzas
<ul style="list-style-type: none">•Filtro de areia•Solo

Figura 3 - Técnicas de saneamento ecológico descritas na literatura revisada.
Elaborada pelos autores.

No que diz respeito às potencialidades das práticas de saneamento ecológico, elas foram classificadas em sete categorias: custos de tratamento, saúde pública, custos nos processos agrícolas, benefícios ambientais, benefícios sociais, produtividade agrícola e eficiência do tratamento (Quadro 1). Os benefícios ambientais estão ligados principalmente à reciclagem de água e nutrientes (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014), à redução dos impactos em comparação aos impactos gerados pelas abordagens convencionais de tratamento (CHIRISA *et al.*, 2017) e à redução de riscos químicos e microbiológicos relacionados a vazamentos e poluição do meio ambiente (GRAHAM e POLIZZOTTO, 2013). Para Bdour e colaboradores (2009), esses sistemas possuem maior equilíbrio ecológico, viabilidade econômica e capacidade de recuperação de recursos, o que faz com que sejam considerados mais eficientes. Ainda de acordo com os autores, os benefícios sociais dizem respeito à adaptação e flexibilização dos sistemas descentralizados ao contexto de cada comunidade, a participação local e melhorias na economia, saúde e agricultura das comunidades como resultado da atenção dispensada ao saneamento.

Do ponto de vista da saúde pública, as técnicas utilizadas no saneamento ecológico como os biodigestores, possuem a vantagem de eliminar parasitas e outros agentes infecciosos durante o tratamento de excretas (HAWDON, 2014). Em relação às práticas agrícolas, de acordo com os autores analisados é possível reduzir custos e aumentar a produtividade a partir da substituição de fertilizantes químicos por nutrientes reaproveitados dos resíduos sanitários (AKPAN-IDIOK, 2012; BRANDS, 2014; CARLTON, 2015).

Quadro 1 - Síntese das principais potencialidades identificadas como resultado da implementação de práticas alternativas de saneamento que puderam ser extraídas da literatura analisada (n = 24).

Potencialidades das práticas de saneamento ecológico		
Categorias	Exemplos selecionados dos artigos revisados	Autor
Custos no tratamento	<i>Reuse is a rational option to optimize water resources and reduce wastewater treatment costs. A study conducted in Jordan estimated the value of nutrients present in stabilization ponds in 75 dollars per 1.000 m³.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>The construction and operation of such technology is quite simple and cheap.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
	<i>Decentralized system is more economical than the centralized system because treatment facilities can be built in an incremental way and requires less initial capital investment.</i>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
Saúde Pública	<i>From a public health perspective, the primary advantage of biodigesters for human health in China is the destruction of parasites and other infectious agents.</i>	HAWDON, 2014
Custos nos processos agrícolas	<i>The reuse of the wastewater decreases the money spent on fertilizers. The possibility of reducing the costs of fertilization with the use of recycled water is perceived positively by some of the water policy formulators.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
	<i>Urine has been reported as a high quality, low-cost alternative to chemical fertilizer.</i>	AKPAN-IDIOK, 2012
Benefícios ambientais	<i>Water reuse recycles both water and nutrients present in reclaimed water. This practice may carry an important role as part of wastewater treatment and disposal systems, contributing to reduce pollutant loads in water bodies.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>An intermediate or decentralized approach to wastewater management is urgently needed aiming at resource conservation and reducing environmental impacts of current approaches. The other advantage of community management is that it brings environmental management back to the polluters, making it easier for awareness campaigns.</i>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
	<i>Considering the environmental damage, the health risks, and the worsening water crisis, resulting from our present sanitary practices, a revolutionary rethink is urgently needed if we are to correct this misconception.</i>	DE GISI <i>et al.</i> , 2014
	<i>Composting toilets and ecological sanitation technologies may reduce microbial risks and minimize chemical leaching from pit latrines.</i>	GRAHAM e POLIZZOTTO 2013.

Benefícios sociais	<p><i>The result of increased attention to this topic will improve the health, economic, and agricultural conditions of a developing community.</i></p> <p><i>Non-centralized systems are more flexible and can adapt easily to the local conditions of the urban area as well as grow with the community as its population increases.</i></p> <p><i>In water scarce areas, treated effluent becomes a considerable resource for improved groundwater sources. Once the project is implemented, local participation contributes to the community's confidence in the new technology and allows them to take on other challenges such as accessing financial aid for other infrastructure projects.</i></p>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
Produtividade agrícola	<p><i>It is recognized that those nutrients have financial value and must be an important factor in areas with degraded soils to improve agriculture productivity.</i></p>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<p><i>Research on staple food crops and vegetables including maize, sorghum, tomatoes, cucumbers, beets, cabbage, okra, sweet pepper, and spinach indicates that use of urine as fertilizer results in yields and overall produce quality that is comparable with or better than that achieved via use of mineral fertilizers.</i></p>	BRANDS, 2014
	<p><i>The use of human fecal waste as an agricultural fertilizer has the potential to improve crop yields without the expense, environmental risk or transportation infrastructure required of synthetic fertilizers.</i></p>	CARLTON <i>et al.</i> , 2015
Eficiência no tratamento	<p><i>Wetland treatment technology in Mediterranean countries offers a comparative advantage over conventional, mechanized treatment systems because the level of self-sufficiency, ecological balance, and economic viability is greater. The system allows for total resource recovery.</i></p>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009

Os obstáculos (Quadro 2) referentes às práticas de saneamento ecológico foram resumidos nas seguintes categorias: percepção social, legislação, contaminação ambiental, custos de operação e manutenção. Entre eles, a percepção social desempenha papel central em relação à implantação de sistemas de tratamento alternativos. Os estudos trazem exemplos como a preocupação com a saúde, aceitação e confiança do consumidor, medo de novas tecnologias e até mesmo oposição da população, reforçando a necessidade de maior atenção aos aspectos socioculturais durante a implantação de sistemas de tratamento ecológicos (BDOUR *et al.*, 2009; BRANDS, 2014; CUPPENS *et al.*, 2013; SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014).

A maior parte dos obstáculos referentes à legislação estavam associados a questões de saúde pública, onde em muitos países são restritas as leis que tratam do aproveitamento de resíduos do saneamento na agricultura (BRANDS, 2014; SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014). Além disso, Chirisa (2017) destaca a inexistência de arranjos institucionais apropriados para a gestão dos sistemas descentralizados, fator que representa uma barreira para a implementação das práticas alternativas de saneamento. As categorias “contaminação ambiental” e “operação e manutenção” estão estreitamente associadas, já que o risco e a preocupação da contaminação do solo e do lençol freático por substâncias químicas, metais, toxinas e microrganismos depende essencialmente da manutenção apropriada do sistema de tratamento e sua correta operação. Outros desafios operacionais enfrentados pelos sistemas descentralizados referem-se à escolha de tecnologias, infraestrutura e *design* adequados para cada contexto específico (CHIRISA *et al.*, 2017), bem como a correta instrução de gestores e consumidores quanto ao uso e manutenção desses sistemas (BRANDS, 2014). Finalmente, tendo em vista que grande parte da adesão às técnicas de saneamento ecológico ocorre em comunidades com condições precárias de infraestrutura, o custo financeiro, ainda que seja baixo, pode ser fator limitante dessas alternativas de saneamento.

Quadro 2 - Síntese dos principais obstáculos identificados como resultado da implementação de práticas alternativas de saneamento que puderam ser extraídos da literatura analisada (n = 24).

Obstáculos das práticas de saneamento ecológico		
Categorias	Exemplos selecionados dos artigos revisados	Autor
Percepção social	<i>Social perception plays an important role in water reuse acceptance and is the most important issue, directly linked to the degree of public confidence in the institutions responsible for water management. Community's perception on this matter showed to be closely linked to how they relate to the environment and also how they view new technologies, considering fear of the unknown and of losing control of their familiar practices. The health concern seems to be the most significant issue in risk perception, followed by the commercial risk and closely by the most subjective "yuk" factor.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>Wherever available, farmers prefer to rely on fresh water, which is usually very cheap and socially acceptable.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
	<i>User acceptance and attitudes toward sanitation (e.g., TMWW reuse or alternative toilets) is but one of the important areas in need of attention.</i>	BRANDS, 2014
	<i>The typical problems arising during the implementation of WWTSSs, i.e., the opposition of the local population and the lack of affordable land, have not been adequately anticipated.</i>	CUPPENS <i>et al.</i> , 2013
Legislação	<i>Legislation is not clear concerning professional responsibilities on the matter, making it very risky for an engineer to take responsibility on a project of this nature, as they could easily be sued for malpractice in case of public health problems. Current legislation on this matter is too restrictive in regard to quality standards, therefore posing as an obstacle to its implementation.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>In the majority of countries, there is a lack of suitable institutional arrangements for managing decentralized systems and a lack of a suitable policy framework that encourages a decentralized approach.</i>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
Contaminação ambiental	<i>Environmental risks are associated with potential soil degradation due to contamination, salinization and structural changes.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>The system must be able to isolate industrial toxins, pathogens, carbon, and nutrients.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009

	<p><i>Metals (copper, lead, zinc) tend to accumulate in agricultural soils amended with biosolids or irrigated with wastewater.</i></p> <p><i>Urge further investigations of fate and transport of pharmaceuticals and byproducts and of pathogens in urine, a subject that remains understudied.</i></p>	BRANDS, 2014.
	<p><i>There is concern that discharges of chemical and microbial contaminants from pit latrines to groundwater may negatively affect human health.</i></p>	CUPPENS <i>et al.</i> , 2013.
Custos no tratamento	<p><i>The greatest challenge in implementing this strategy is the adoption of low cost wastewater treatment technologies.</i></p> <p><i>Most towns and villages lack wastewater infrastructure except for traditional household sanitary pits or the method of draining wastewater into borehole in bedrock which in turn eventually reaches the groundwater.</i></p>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009.
Operação e manutenção	<p><i>Challenges associated with many if not most of the pilot source-separating projects appear to be related to user behavior, education about the use and maintenance of decentralized sanitation technologies.</i></p>	BRANDS, 2014.
	<p><i>If the waste is not properly treated, the practice may promote fecal-borne diseases.</i></p>	CARLTON <i>et al.</i> , 2015
	<p><i>Decentralized wastewater treatment is not without its share of challenges resulting from choice of inappropriate technology, improper siting of infrastructure, in adherence to correct design concepts and lack of proper maintenance.</i></p>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
	<p><i>The consultants should consider a number of scenarios regarding the designed system with attention to robustness under a number of events and possible incidents.</i></p>	CUPPENS <i>et al.</i> , 2013

As iniciativas de implementação dos sistemas de saneamento ecológico relatadas na literatura analisada, destacam o aspecto cultural como desafio fundamental para garantir a efetividade das práticas adotadas. Percepções relacionadas aos riscos para a saúde, por exemplo, influenciam na aceitação de práticas como reuso da água ou aplicação de resíduos sanitários tratados em culturas agrícolas. A oposição pública aos projetos envolvendo reuso de águas residuais geralmente está relacionada a crenças, preconceitos, falta de informação, medo e desconfiança (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014). Dessa forma, estratégias culturalmente sensíveis são necessárias para ampliar a consciência sobre os problemas sanitários existentes, sobre o funcionamento dos sistemas alternativos - *seus riscos e benefícios associados* - e sobre o comportamento e padrões de consumo e reuso de água (BRANDS, 2014). Por sua vez, para considerar todas essas particularidades, é necessária uma abordagem interdisciplinar capaz de entender as influências dos fatores culturais, sociais, políticos, econômicos, demográficos e ambientais nas práticas alternativas de saneamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos resultados que merece destaque em relação à revisão sistemática da literatura a partir dos dados coletados no Portal de periódicos da CAPES (n = 24), refere-se aos aspectos socioculturais que se apresentam como obstáculo para a aplicação de outras técnicas de saneamento diferentes dos sistemas convencionais. Nesse sentido, o saneamento ecológico deve ser compreendido simultaneamente como técnica e atitude, pois implica na mudança do paradigma de pensamento linear para o pensamento circular.

As técnicas de saneamento ecológico descritas neste artigo, demonstram a viabilidade de instalações em diferentes contextos, evidenciando o seu potencial. Por outro lado, os beneficiários destes sistemas ecológicos devem estar cientes dos seus limites e riscos de manutenção. O repasse da tecnologia para que o usuário saiba lidar com a manutenção e monitoramento destas técnicas de tratamento de esgoto também precisa ser levado em conta, com o objetivo de obter o melhor resultado possível no tratamento do esgoto gerado.

Portanto, a aplicação de sistemas de saneamento ecológico exigem arranjos de gestão compartilhada no qual a responsabilidade do usuário pela manutenção do sistema exige não só a descentralização do poder do Estado, mas também a construção de uma nova “racionalidade ambiental”. Esta, por sua vez, reivindica a abertura a um diálogo de saberes que atravesse a “verdade objetiva” da ciência e crie espaço para a construção de outras lógicas de pensar e fazer.

REFERÊNCIAS

- AKPAN-IDIOK, Ackley Ufot; UDO, Idorenyin Asukwo; BRAIDE, Ekanem Ikpi. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. *Resources, Conservation & Recycling*, Amsterdã, v. 62, p. 14–20, 2012.
- BDOUR, Ahmed N.; HAMDI, Moshrik R.; TARAWNEH, Zeyad. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, Amsterdã v. 237, n. 1-3, p. 162–174, 2009.
- BERRANG-FORD, Lea; PEARCE, Tristan; FORD, James. D. Systematic review approaches for climate change adaptation research. *Regional Environmental Change*. v. 15, n. 5, p. 755-769. 2015.
- BRANDS, Edwin. Prospects and challenges for sustainable sanitation in developed nations: a critical review. *NRC Research Press*, v. 22, p. 346–363, 2014.
- BRASIL. Lei n.11.445, de 5 de janeiro de 2007 [*Lei Nacional de Saneamento Básico*]. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis n.6.766, de 19 de dezembro de 1979, n.8.036, de 11 de maio de 1990, n.8.666, de 21 de junho de 1993, n.8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a lei n.6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Seção 1, p.3. 5 jan. 2007.
- CARLTON, Elizabeth J. et al. Associations between Schistosomiasis and the Use of Human Waste as an Agricultural Fertilizer in China. *Plos Neglected Tropical Diseases*, p. 1–15, 2015.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Reatores anaeróbios*. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p.
- CHIRISA, Innocent. et al. Decentralized domestic wastewater systems in developing countries: the case study os Harare (Zimbabwe). *Applied Water Science*, v. 7, n.3, p. 1069-1078, 2017.
- CORBIN, Juliet; STRAUSS, Anselm. Chapter 4: Strategies for Qualitative Data Analysis. In: *Basics of Qualitative Research (3rd ed.) Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. 2008.
- CUPPENS, Arnoud.; SMETS, Ilse.; WYSEURE, Guido. Identifying sustainable rehabilitation strategies for urban wastewater systems: A retrospective and interdisciplinary approach. Case study of Coronel Oviedo, Paraguay. *Journal of Environmental Management*, v. 114, p. 423–432, 2013.
- De GISI, Sabino; PETTA, Luigi; WENDLAND, Claudia. History and Technology of Terra Preta Sanitation. *Sustainability*, v. 6, p. 1328–1345, 2014.
- FEHR, Manfred. A Successful Pilot Project of Decentralized Household Waste Management in Brazil. *The Environmentalist*, v. 26, n. 1, p. 21–29, 2006.
- GLASER, Barney; STRAUSS, Anselm. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Mill Valley: Aldine, 1967. 271 p.
- GRAHAM, J. P.; POLIZZOTTO, M. L. Review Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives*, v. 121, n. 5, p. 521–530, 2013.

HAWDON, J. M. Controlling Soil-Transmitted Helminths: Time to Think Inside the Box? *The journal of parasitology*, v. 100, n. 2, p. 166–188, 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo de 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em: 20 de mai. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro Pesquisa Nacional em Saneamento Básico, 2008. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>. Acessado em: 20 de mai. 2019.

JEWITT, Sarah. Geographies of shit: Spatial and temporal variations in attitudes towards human waste. *Progress in Human Geography*, v. 35, n. 5, p. 608–626, 2011.

KATUKIZA, A. Y. et al. Sustainable sanitation technology options for urban slums. *Biotechnology Advances*, v. 30, n. 5, p. 964–978, 2012.

LANGERGRABER, Günter; MUELLEGGER, Eike. Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems? *Environment International*, v. 31, p. 433-444, 2005.

MATTHOLIE, Robert. Sanitation: planning the transition to waterborne systems. *ICE Institution of Civil Engineers*, v. 164, n. WM9, p. 453-462, 2011.

MEDEIROS, Salomão de S.; GHEYI, Hans. R.; SOARES, Frederico. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. *Engenharia Agrícola*, v.30, n. 6, p.1071-1080, 2010.

NIEMCZYNOWICZ, J. The urban sanitation dilemma. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation. London: IWA Publishing, 2001. Chapter 7, p. 116-128.

ODM/ONU - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, Organização das Nações Unidas. 2000. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/tema/odm/>. Acessado em: 20 mai. 2019.

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico, Ministério das Cidades. 2013. Disponível em: http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf Acessado em: 28 outubro 2019.

Sanitation Now, Stockholm Environment Institute. 2008. Disponível em: http://www.ecosanres.org/pdf_files/SanitationNOW2008.pdf. Acessado em: 10 mai. 2019.

SCHAER-BARBOSA, Martha; SANTOS Maria Elisabete Pereira dos; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Waste water reuse as a mitigating factor to the effects of droughts in the state of Bahia semi-arid viability study. *Ambiente & sociedade*, v. 17, n.2, p. 17-32, 2014.

SOUSA, José de; LEITE, Valderi. de; LUNA, João de. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 5, n.1, p. 107-110, 2001.

SOUZA, Renê Medeiros de. et al. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. *Revista Caatinga*, v.23, n.2, p.125-133, 2010.

SRINIVAS, Tulasi. Flush Succes: Bathin, Defecation, Worship and Social Change in South India. *Space anda Culture*. v. 5, n. 4, p. 368-386 2002.

APÊNDICE 1

Anexo 1. Artigos selecionados (n = 24) pela revisão sistemática após exclusão dos artigos repetidos, não revisados por pares e fora do escopo de pesquisa. Os artigos estão organizados por data de publicação, título, autoria e tema principal.

Ano	Título	Autores	Tema principal
2005	Ecological Sanitation—a way to solve global sanitation problems?	Langergraber G e Muellegger E.	Princípios e conceitos de saneamento ecológico incluindo aspectos relacionados ao aproveitamento de nutrientes
2006	Assessing of environmental quality in six areas in India, Sri Lanka and Bangladesh	Heinonen-Tanski H et al.	Avaliação de seis localidades em relação a parâmetros água potável, saneamento e tratamento de resíduos sólidos.
2006	A Successful Pilot Project of Decentralized Household Waste Management in Brazil	Fehr M.	Apresenta um novo modelo de processamento de resíduos municipais capaz de reduzir o volume em aterros sanitários.
2006	Modern engineering interventions to reduce the transmission of diseases caused by inadequate domestic water supplies and sanitation in developing countries	DD Mara.	Saneamento periurbano para redução de doenças transmissíveis.
2008	Sanitation for Unserved Populations: Technologies, Implementation Challenges, and Opportunities	Nelson KL e Murray A.	Revisão das tecnologias existentes de saneamento, de simples latrinas a tratamento avançado de águas residuais, com atenção às características que afetam o desempenho de longo prazo.
2009	Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options	Bdour AN et al.	Discussão de opções para atingir a sustentabilidade em relação ao tratamento de águas residuárias nas áreas urbanas dos países mediterrâneos.

	in the urban areas of the Mediterranean region		
2010	Knowledge and awareness of eco-sanitation in central Nepal: a questionnaire survey	Pradhan SK e Heinonen-Tanski H.	Aplicação de questionários a uma amostra de 201 pessoas a respeito de seu conhecimento sobre banheiros ecológicos e o valor da urina humana como fertilizante.
2011	Sanitation: planning the transition to waterborne systems	Mattholie R.	Discussão sobre os principais fatores técnicos que devem ser considerados ao planejar a transição do saneamento local para sistemas de esgoto e apresentação de algumas diretrizes.
2012	Identifying sustainable rehabilitation strategies for urban wastewater systems: A retrospective and interdisciplinary approach. Case study of Coronel Oviedo, Paraguay	Cuppens A et al.	Fornecer uma estratégia de reabilitação para o sistema de tratamento de águas residuais de um município no Paraguai e recomendações de como pesquisadores, consultores e decisores podem contribuir nesse desafio.
2012	Sustainable sanitation technology options for urban slums	Katukiza AY et al.	Apresenta e descreve as características dos fluxos de resíduos e os processos e tecnologias potenciais de tratamento que podem ser adotados e aplicados nas favelas urbanas de forma sustentável.
2012	The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra	Akpan-Idiok AU et al.	Experimentos em campo e estufa com aplicação de diferentes concentrações de urina e fertilizantes inorgânicos em plantações de quiabo.
2013	Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review	Graham JP e Polizzoto ML.	Revisão sobre o uso de fossa (<i>pit latrine</i>) ao redor do mundo e os impactos de contaminação gerados.

2014	Controlling Soil-Transmitted Helminths: Time to Think Inside the Box?	Hawdon JM.	Propõe investimentos em abordagens baseadas no saneamento, através de latrinas melhoradas, para controle das helmintoses transmitidas pelo solo em áreas endêmicas.
2014	Geographies of shit: Spatial and temporal variations in attitudes towards human waste	Jewitt S.	Apresenta tabus culturais relacionados as práticas de saneamento e a importância do contexto e de aspectos geográficos e sociais.
2014	History and Technology of Terra Preta Sanitation	De Gisi S et al.	Descrição e apresentação de estudos de caso sobre a tecnologia de saneamento baseada na formação da terra preta de Índio da Amazônia.
2014	Prospects and challenges for sustainable sanitation in developed nations: a critical review	Brands E.	Síntese multidisciplinar da literatura sobre tópicos como saneamento ecológico, excreta como fertilizante e reúso de águas residuais.
2014	Wastewater reuse as a mitigant factor to the effects of droughts in the state of Bahia semi-arid viability study	Schaer-Barbosa M et al.	Verifica a viabilidade de reúso de águas residuais na região do semi-árido da Bahia como forma de mitigar os efeitos da seca e escassez de água.
2015	Associations between Schistosomiasis and the Use of Human Waste as an Agricultural Fertilizer in China	Carlton EJ et al.	Avaliação do uso de excretas (<i>night soil</i>) como fertilizantes na agricultura e sua relação com doenças causadas por helmintos.
2015	Container-based sanitation: assessing costs and effectiveness of excreta management in Cap Haitien, Haiti	Tilmans S et al.	Custos e efetividade da gestão do saneamento baseado em contêineres (CBS).

2015	Editorial: Is it possible to reach low-income urban dwellers with good-quality sanitation?	Satterthwaite D et al.	Revisão sobre a situação de saneamento de moradores de cidades onde não há fornecimento regular de água encanada e provisão pública para esgotos e drenagens eficazes cobertas.
2016	Decentralized domestic wastewater systems in developing countries: the case study of Harare (Zimbabwe)	Chirisa I et al.	Análise da potencialidade, riscos e estratégias que podem ser adotadas na região metropolitana de Harare para abordar os problemas do sistema convencional de tratamento de efluentes.
2016	Learning from Sustained Success: How Community-Driven Initiatives to Improve Urban Sanitation Can Meet the Challenges	Mcgranahan G e Mitlin D.	Análise dos desafios enfrentados por duas iniciativas (Projeto Piloto Orangi e uma Aliança de parceiros indianos), os quais foram atendidos através da inovação social e do desenvolvimento de tecnologias de saneamento.
2017	Harnessing fertilizer potential of human urine in a mesocosm system: a novel test case for linking the loop between sanitation and aquaculture	Rana S et al.	Aproveitamento do potencial fertilizante da urina e o vínculo entre saneamento e aquicultura.
2018	Decision support system for management of reactive nitrogen flows in wastewater system	Nascimento FRA et al.	Apresenta um modelo para apoiar a tomada de decisão para o gerenciamento de fluxos de nitrogênio reativo em sistemas de águas residuárias (sistema de esgoto) baseado na dinâmica do sistema.