

Gestão sustentável do saneamento

Nota Técnica 5 – Uso e disposição segura de esgoto doméstico, água cinza e excreta: a abordagem do Plano de Segurança do Saneamento da Organização Mundial da Saúde

Technical Note 5 – Use and safe disposal of sewage, grey water, and human excreta: the approach of World Health Organization's Sanitation Safety Planning

**Paula Loureiro Paulo^{1*}, Hugo Henrique Simone Souza², Priscila de Moraes Lima³,
Fernando Jorge Correa Magalhães Filho⁴, Maria Elisa Magri⁵**

RESUMO

No atual cenário de limitação de recursos naturais, o desenvolvimento de sistemas integrados e sustentáveis de tratamento de esgoto implica em uma mudança estrutural da visão acerca da função de uma estação de tratamento de esgoto: de simples condicionadora de esgoto para a disposição final mais segura para uma estação de recuperação e aproveitamento dos subprodutos do tratamento de esgoto. Para acompanhar essa mudança, é preciso garantir a segurança desde a geração até a aplicação dos subprodutos gerados. O objetivo desta nota técnica é introduzir o manual para o Plano de Segurança do Saneamento da Organização Mundial da Saúde, que apresenta uma abordagem de gestão de risco proposta para ajudar as entidades gestoras de sistemas de esgotamento sanitário a minimizar os riscos à saúde humana e maximizar os benefícios. São apresentados, nesta nota técnica, os seis módulos que compõem o Plano de Segurança do Saneamento, dois exemplos de aplicação e uma proposta para a inserção do Plano de Segurança do Saneamento nos planos municipais de saneamento básico, garantindo metas para a saúde na fase de planejamento.

Palavras-chave: esgoto sanitário; gerenciamento de subprodutos; gestão de risco; Plano de Segurança do Saneamento; sustentabilidade; OMS.

ABSTRACT

In the current scenario of limitation of natural resources, the development of integrated and sustainable sewage treatment systems implies a structural change in the vision of the function of a wastewater treatment system, from a simple sewage conditioning plant for safer final disposal to a plant for the recovery and use of by-products. To accompany this change, it is necessary to guarantee safety from production to the application of the generated by-products. The purpose of this technical note is to introduce the World Health Organization's Sanitation Safety Planning, which presents a proposed risk management approach to help sewage system management entities to minimize risks and maximize health benefits. In this technical note, the six modules that make up the Sanitation Safety Planning are presented, two examples of its application and a proposal for the insertion of the Sanitation Safety Planning in municipal sanitation plans, ensuring health goals in the planning phase.

Keywords: domestic sewage; by-products management; risk management; Sanitation Safety Planning; sustainability; WHO.

¹Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Engenharia de Saúde Pública pela Universidade de Leeds, no Reino Unido. Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de Wageningen (WUR), na Holanda. Professora associada da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

²Engenheiro Ambiental pela UFMS. Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutor em Tecnologias Ambientais pela UFMS. Pesquisador na Universidade de Malta.

³Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Mestre em Tecnologias Ambientais pela UFMS. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Pós-doutoranda na Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).

⁴Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Doutor em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMS. Especialista em Gestão de Projetos pela USP. Professor da UCDB.

⁵Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutora em Engenharia Ambiental pela UFSC em parceria com a Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). Professora adjunta da UFSC.

***Endereço para correspondência:** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Avenida Costa e Silva, S/N, bloco 12. Campo Grande (MS). CEP: 79008-900. e-mail: paula.paulo@ufms.br

1. INTRODUÇÃO

A contribuição para o desenvolvimento de sistemas integrados e sustentáveis de tratamento de esgoto, com recuperação e valorização dos subprodutos do tratamento, passa necessariamente por uma mudança de paradigma nos conceitos relacionados ao mero descarte e desperdício dos subprodutos do tratamento, sendo essa prática usual na maioria das estações de tratamento de esgoto (ETE), especialmente em países em desenvolvimento. No atual cenário de limitação de recursos naturais, as ETE sustentáveis devem produzir recursos, e não rejeitos, focando o conceito de economia circular e de recuperação e aproveitamento dos subprodutos do tratamento de esgoto.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), várias entidades e empresas têm desenvolvido modelos de cadeia de valor dos serviços de saneamento recuperando nutrientes, água e energia de forma que se rentabilize a prestação desses serviços. Esses modelos oferecem benefícios para a saúde ao remover dejetos do ambiente e proporcionar a produção de alimentos, conforme o conceito Nexus – água, energia e alimentos. No entanto, as preocupações com a saúde constituem um grande desafio para essas abordagens. Geralmente quem as implementa opera em contextos políticos fragmentados, com pouco suporte e fraca ligação com a vertente da saúde pública. Ao mesmo tempo, é necessário ultrapassar a percepção pública negativa referente aos riscos associados ao uso e à disposição de águas residuárias ou dejetos humanos.

Recentemente, foi aprovado o novo marco regulatório do saneamento básico, por meio da Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), o qual busca eficiência no setor, com tarifa justa, e melhores indicadores rumo à universalização, incluindo o uso de efluentes sanitários tratados para a produção de água para reúso em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública. Assim, os municípios deverão incluir em seus planos municipais de saneamento básico (PMSB) metas que venham a atender essa nova tendência, com políticas municipais mais claras, adaptadas à realidade local, com os papéis do regulador e da sociedade bem definidos por meio de conselhos, e que deem base para contratos com maior segurança no cumprimento das metas sustentáveis. Enquanto isso, as empresas concessionárias deverão investir em projetos visando garantir a qualidade da

água de reúso fornecida. Para tanto, a elaboração do Plano de Segurança do Saneamento (PSS) torna-se fundamental para fomentar o reúso seguro no Brasil.

O Plano de Segurança do Saneamento (PSS) da OMS, lançado em 2015 e ainda pouco conhecido e aplicado no Brasil, é uma ferramenta de gestão de risco que pretende ajudar as entidades gestoras de sistemas de saneamento de águas residuárias a maximizar os benefícios para a saúde e a minimizar os riscos no seu sistema. O manual para o uso e descarte seguro de águas residuárias, água cinza e excretas auxilia a: (i) identificar e gerir riscos para a saúde ao longo da cadeia de esgotamento sanitário, de forma sistemática; (ii) orientar o investimento com base nos riscos atuais, para promover benefícios para a saúde e minimizar os impactos adversos na saúde; e (iii) fornecer garantias às autoridades e à população sobre a segurança de produtos e serviços relacionados com o saneamento (OMS, 2015).

O PSS, assim como os Planos de Segurança da Água (PSA), é baseado na abordagem de Estocolmo para a avaliação e gestão preventiva do risco e utiliza os métodos e procedimentos da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Os dois têm diversas semelhanças, no entanto, o PSS é mais complexo. Enquanto o PSA considera o consumidor de água o único grupo exposto, opera em um claro enquadramento regulatório e tem seu âmbito restrito (desde a captação da água até o ponto de distribuição), na cadeia do esgotamento sanitário, são vários os grupos expostos a perigos físicos, químicos e microbiológicos, geralmente não há um enquadramento regulatório e o âmbito é mais amplo, considerando desde a produção do resíduo até sua eliminação no ambiente (OMS, 2015).

A primeira nota técnica (NT 1) desta coletânea (GARAYO JUNIOR *et al.*, 2023) discorre sobre o conceito de sustentabilidade em sistemas de esgotamento sanitário, apresentando critérios e indicadores para subsidiar estudos na área do saneamento sustentável. Na presente NT, aborda-se a dimensão relacionada à saúde (inserida na dimensão social), com especial atenção ao aproveitamento de subprodutos da cadeia de esgotamento sanitário. O objetivo desta NT é divulgar o PSS proposto pela OMS, introduzindo os seis módulos contidos no manual, de forma que se incentive a sua elaboração para sistemas de esgotamento sanitário, o

que pode contribuir para a redução dos impactos negativos sobre a saúde e para o aproveitamento de recursos nas ETE. Para tanto, o conteúdo é apresentado, resumidamente, com exemplos de experiências adquiridas no âmbito do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT), além de apresentar uma visão de como o PSS pode ser inserido nos PMSB.

2. DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE SEGURANÇA DO SANEAMENTO

O PSS auxilia na implementação das orientações contidas nos guias da OMS para o uso seguro de águas residuárias (WHO, 2006) de uma forma prática, com orientação passo a passo. São vários os possíveis usuários, atuando de nível local a nacional, e diferentes possibilidades de aplicação, como mostrado nos exemplos contidos na **Tabela 1**. A abordagem e as ferramentas também podem ser aplicadas a todos os sistemas de saneamento para garantir que sejam geridos de forma que se alcancem as metas de saúde.

O manual é composto de seis módulos, cujas atividades devem ser realizadas sequencialmente:

1. Preparação para o PSS.
2. Descrição do sistema de saneamento.
3. Identificação de eventos perigosos e perigos, avaliação das medidas de controle existentes e a exposição ao risco.
4. Desenvolvimento e implementação de um plano de melhoria.
5. Monitoramento de medidas de controle e avaliação de desempenho.

6. Desenvolvimento de programas de suporte e revisão de planos.

Todos os módulos apresentam recomendações, ferramentas e exemplos. É importante ressaltar que nesta NT será feita uma descrição sucinta dos módulos e que, para a execução e a implementação do PSS, é necessário consultar o manual completo.

2.1. Módulo 1 - Preparação para o Plano da Segurança do Saneamento

A preparação para o processo de PSS requer clareza sobre a área prioritária, as metas de saúde pública específicas e os componentes da cadeia de saneamento que precisam ser incluídos para cumprir os objetivos das partes interessadas, também denominadas de *stakeholders*. Este módulo deve ser desenvolvido de modo que se adeque às circunstâncias e ao contexto local, sendo composto de quatro submódulos.

Submódulo 1.1 - Estabelecer as áreas prioritárias ou atividades

Estabelece os desafios prioritários a serem analisados no PSS, de modo que seja garantida a abordagem das áreas ou atividades que apresentam os maiores riscos para a saúde.

Submódulo 1.2 - Definir objetivos

Foca a finalidade e os resultados que se deseja alcançar com o PSS, assegurando que correspondam às metas de saúde pública acordadas para o sistema.

Tabela 1 - Potenciais usuários do manual e exemplos de aplicação.

Usuários	Aplicação
Autoridades locais	Planejamento do investimento em saneamento, especialmente em cenários nos quais os recursos são escassos.
Entidades gestoras responsáveis pelos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuárias	Auxílio na gestão da qualidade do efluente para salvaguardar a saúde pública, bem como a higiene, a segurança e a saúde no trabalho, desde a origem até o uso ou a destinação final.
Empresas e agricultores	Complemento nos procedimentos de garantia de qualidade e para a segurança dos produtos finais, trabalhadores, comunidades locais e consumidores ou usuários do produto.
Organizações comunitárias, associações de agricultores e organizações não governamentais (ONG)	Apoio aos programas de água e saneamento de base comunitária no uso seguro de águas residuárias ou dejetos humanos.
Autoridades de saúde e agências reguladoras	Introdução de abordagens baseadas no risco no setor de saneamento e verificação da eficácia.
Outros	Auxílio no desenvolvimento de políticas e programas para melhorar a gestão do saneamento.

Submódulo 1.3 – Definir a fronteira do sistema e a organização líder

Ajuda a conduzir o processo de implementar o PSS, assim como assegurar que o âmbito é entendido por todas as partes interessadas e possível de ser gerido. Deve refletir os objetivos específicos do submódulo 1.2.

Submódulo 1.4 – Constituir a equipe

Assegura o compromisso entre todas as partes interessadas para desenvolver e implementar todo o processo de PSS. Os participantes devem representar as várias etapas do sistema de saneamento, uma vez que a responsabilidade ao longo da cadeia de saneamento raramente é da competência de uma única organização.

Os submódulos 1.1, 1.2 e 1.3 estão interligados e pode ser necessário seguir um processo interativo para completar as ações até que estejam totalmente harmonizadas.

Os resultados esperados com a execução do Módulo 1 são:

- Acordo nas áreas prioritárias, objetivos, âmbito, fronteiras e liderança para o PSS.
- Formação de uma equipe multidisciplinar que representa a cadeia do sistema de saneamento para o desenvolvimento e implementação do PSS.

2.2. Módulo 2 – Descrição do sistema de saneamento

O objetivo principal deste módulo é elaborar um diagnóstico para se obter uma descrição completa do sistema de saneamento dentro da área definida no Módulo 1. O conhecimento de todas as partes do sistema de saneamento e dos seus requisitos de desempenho apoia o processo de avaliação do risco subsequente. Este módulo é composto de cinco submódulos.

Submódulo 2.1 – Mapear o sistema

Apoia a descrição e o conhecimento do(s) fluxo(s) de resíduo(s) ao longo do sistema, sendo essencial para a avaliação posterior dos grupos expostos ao risco. Cada sistema de saneamento é único, por isso as especificidades são importantes.

Submódulo 2.2 – Caracterizar as frações de resíduos

Caracteriza a composição microbiológica, física e química de todos os resíduos, de diferentes origens, bem como os fatores que podem afetar o desempenho e a vulnerabilidade do sistema mapeado no submódulo 2.1.

Submódulo 2.3 – Identificar potenciais grupos expostos

Assegura a realização de uma primeira classificação dos grupos expostos, sendo identificado “onde” e “como” ocorre a exposição no sistema. Essa informação deve ser registrada e relacionada com o mapeamento realizado no submódulo 2.1.

Submódulo 2.4 – Compilar informação de contexto e de conformidade

Inclui a compilação e documentação de informação de contexto do sistema, requisitos legais, institucionais e regulamentares, dados históricos de monitoramento e de conformidade, informações sobre o clima, usos do solo, práticas culturais, dados demográficos, concentrações de patógenos, contaminantes e poluentes, bem como a eficácia do sistema e respectivos componentes para reduzir os riscos. Se forem identificadas discrepâncias entre os requisitos existentes e os potenciais perigos para a saúde, estas devem ser colocadas à consideração da equipe do Módulo 1 para iniciar o diálogo necessário.

Submódulo 2.5 – Validar a descrição do sistema

Garante que a descrição do sistema esteja completa e precisa. Nesta fase, são identificados os requisitos de informação e potenciais lacunas institucionais (por exemplo, políticas).

Os resultados esperados com a execução do Módulo 2 são:

- Mapa e descrição do sistema validado.
- Potenciais grupos expostos.
- Conhecer o fluxo de resíduos e perigos para a saúde.
- Conhecer os fatores que afetam o desempenho e a vulnerabilidade do sistema.
- Compilação de toda a informação técnica, legal e regulamentar relevante.

Uma vez concluído o Módulo 2, deve existir informação suficiente para permitir à equipe do PSS identificar onde o sistema é vulnerável aos eventos perigosos e perigos para posteriormente validar a eficácia das medidas de controle existentes (identificadas no Módulo 3) e o desempenho do sistema.

2.3. Módulo 3 - Identificação de eventos perigosos e perigos, avaliação das medidas de controle existentes e a exposição ao risco

O objetivo deste módulo é garantir que os esforços e investimentos em monitoramento e melhorias no sistema respondam, em primeiro lugar, aos maiores riscos para a saúde, cumprindo o objetivo subjacente de todos os sistemas de saneamento que é proteger a saúde pública. Este módulo é composto de quatro submódulos.

Submódulos 3.1 - Identificar os eventos perigosos e perigos e Submódulo 3.2 - Identificar grupos expostos e vias de exposição

Identificam quem pode estar em risco e como o risco pode ocorrer durante o funcionamento do sistema de saneamento ou através do uso dos seus subprodutos.

Submódulo 3.3 - Identificar e avaliar as medidas de controle existentes

Determina se o sistema existente protege as pessoas expostas ao risco.

Submódulo 3.4 - Avaliar e priorizar os riscos de exposição

Fornecer uma estrutura para identificar e priorizar os maiores riscos para uma posterior análise mais aprofundada.

Os resultados esperados com a execução do Módulo 3 são:

- Uma tabela com a avaliação do risco, que inclui uma lista de riscos e compila potenciais eventos perigosos, grupos expostos e vias de exposição, medidas de controle existentes e a sua eficácia.
- Uma lista com os eventos perigosos prioritários para dar apoio às melhorias necessárias.

2.4. Módulo 4 - Desenvolvimento e implementação de um plano de melhoria

Enquanto no Módulo 3 identificam-se os riscos prioritários, no Módulo 4 são selecionadas novas medidas de controle ou outras ações de melhoria para lidar com esses riscos nos locais do sistema em que for mais eficaz. Este módulo é de tomada de decisão pautada nos riscos à saúde humana, principalmente quando se pretende obter água de reúso e reciclagem de nutrientes com o aproveitamento dos subprodutos. Assim, não é uma tomada de decisão somente baseada na escolha de soluções tecnológicas para controlar a poluição. Esse processo ajuda a garantir que o esforço e o financiamento sejam direcionados, com maior urgência, para os riscos mais significativos. Este módulo é composto de três submódulos.

Submódulo 4.1 - Alternativas para controlar os riscos identificados

Encoraja as equipes do PSS a considerar várias opções para controlar os riscos. Podem incluir desde planos mais táticos e operacionais (de curto prazo) até mais estratégicos (de longo prazo), alternativas tecnológicas, não tecnológicas ou comportamentais, em diferentes locais ao longo da cadeia de saneamento.

Submódulo 4.2 - Desenvolver um plano de melhoria com base nas alternativas selecionadas

Consolida as alternativas em um plano de ações.

Submódulo 4.3 - Implementar o plano de melhoria

Implementa o plano de melhoria com as ações a serem realizadas pela respectiva organização responsável. A equipe do PSS deve monitorar e informar sobre o estado de implementação do plano para garantir que as ações sejam realizadas.

O resultado esperado com a execução do Módulo 4 é a implementação de um plano de melhoria que protege todos os grupos expostos ao longo da cadeia de saneamento.

O plano de melhoria desenvolvido e implementado no Módulo 4 e os planos de monitoramento desenvolvidos e implementados no Módulo 5 são os resultados mais importantes

do processo de PSS. Se a avaliação e a priorização dos riscos no Módulo 3 identificar que não são necessárias melhorias, deverá avançar-se para os Módulos 5 e 6 para definir o monitoramento e os programas de suporte para o sistema.

2.5. Módulo 5 - Monitoramento de medidas de controle e avaliação de desempenho

No Módulo 5, é desenvolvido um plano de monitoramento que verifica regularmente se o sistema está funcionando como previsto e define o que fazer caso não esteja. Isso é necessário pois mesmo os sistemas mais bem projetados podem ter um desempenho abaixo do esperado e resultar em um risco inaceitável para a saúde pública e na perda de confiança no serviço ou nos produtos. Os monitoramentos operacional e de verificação oferecem garantias aos operadores, à população e às autoridades do adequado desempenho do sistema. Este módulo é composto de três submódulos.

Submódulo 5.1 - Definir e implementar o monitoramento operacional

Monitora regularmente as medidas de controle para dar uma resposta rápida de como estão funcionando para, se necessário, implementar rapidamente ações corretivas.

Submódulo 5.2 - Verificar o desempenho do sistema

Verifica periodicamente o desempenho do sistema e se este vai ao encontro do pretendido, em termos de, por exemplo, qualidade do efluente ou recuperação de subprodutos. A verificação pode ser efetuada pelo operador ou autoridade competente de vigilância e será mais intensa em situações de maiores recursos ou requisitos regulamentares rigorosos.

Submódulo 5.3 - Auditar o sistema

Fornecer uma evidência adicional e independente do desempenho e da qualidade do PSS. Auditorias e certificação serão mais relevantes em países onde existem tais exigências (por exemplo, requisitos de certificação dos produtos agrícolas irrigados com águas residuárias).

O resultado esperado com a execução do Módulo 5 é a elaboração de um plano de monitoramento e controle

de desempenho. Os resultados desenvolvidos no Módulo 5 dão origem a provas específicas do sistema para justificar as operações existentes ou a necessidade de ações de melhorias nas iterações do Módulo 4.

2.6. Módulo 6 - Desenvolvimento de programas de suporte e revisão de planos

O Módulo 6 apoia o desenvolvimento de competências e capacitação, bem como a organização para cumprir as metas do PSS. Os programas existentes (por exemplo, capacitação) podem ser reconsiderados tendo em conta que devem apoiar os objetivos do PSS.

Submódulo 6.1 - Identificar e implementar programas de suporte e procedimentos de gestão

Ajuda a garantir que a operacionalização do PSS seja apoiada com claros procedimentos de gestão, programas de investigação e de formação para o pessoal e comunicação para as principais partes interessadas, especialmente em sistemas complexos.

Submódulo 6.2 - Rever e atualizar periodicamente o Plano de Segurança do Saneamento

Reconhece que o PSS funciona num ambiente dinâmico. Por isso, o PSS deve ser periodicamente revisto à medida que são implementadas novas medidas de controle e para analisar perigos e eventos perigosos novos ou emergentes.

Os programas de suporte e as revisões periódicas garantirão que o PSS esteja sempre atualizado, conseguindo responder às atuais condições de operação e antecipando outras.

Os resultados esperados com a execução do Módulo 6 são:

- Programas de suporte aos procedimentos de gestão que melhorem a implementação do PSS.
- PSS revisado e atualizado.

3. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DOS MÓDULOS DO PLANO DE SEGURANÇA DO SANEAMENTO

Nesta seção, são apresentados, resumidamente, dois estudos realizados no âmbito do INCT ETE Sustentáveis,

ambos com o objetivo de produção de água para reúso (Tabela 2), como exemplos do uso do manual do PSS.

3.1. Exemplo 1 - Sistema unidomiciliar

Neste trabalho, foi avaliado se a utilização de uma solução baseada na natureza (sistema de evapotranspiração e tratamento de água cinza – EvaTAC) e o reúso da água cinza tratada interferem no risco microbiológico ao qual os usuários estão expostos em uma residência. A estratégia foi utilizar a avaliação de risco semiquantitativa para comparar os riscos das práticas comuns em locais sem acesso à rede coletora de esgoto (tais como fossa rudimentar, tanque séptico e dispersão superficial de água cinza no quintal) com os riscos do sistema proposto (EvaTAC) (MARQUES, 2016).

Na **Figura 1**, são apresentados todos os cenários avaliados no estudo e o esquema utilizado para a descrição do sistema (Módulo 2). Com isso, planilhas de dados foram geradas, dando base para a aplicação do Módulo 3. Um resumo das análises de riscos prioritários é apresentado na **Tabela 3** considerando somente os cenários A1, P1 e P1.2 (Figura 1), a título de ilustração.

3.2. Exemplo 2 - Sistemas centralizados

Neste outro estudo, o risco de infecção microbiológica associado ao uso de efluente tratado em ETE com diferentes arranjos tecnológicos foi avaliado considerando as seguintes aplicações: limpeza de vias públicas, desobstrução de rede de esgoto, uso industrial e irrigação de áreas agrícolas, além do simples lançamento do esgoto tratado em corpos d'água, sendo essa a prática mais comum no Brasil.

Foram realizadas uma avaliação quantitativa de risco microbiológico e uma análise de viabilidade econômica da produção de água para reúso, buscando discutir aspectos relacionados tanto à segurança quanto à rentabilidade dos sistemas.

Na **Figura 2**, é apresentado o escopo do estudo, cujo esquema também foi utilizado para a descrição do sistema (Módulo 2). Da mesma forma, as planilhas de dados foram geradas sustentando a aplicação do Módulo 3.

O resumo dos resultados é apresentado na **Tabela 4**. Para exemplificar, os resultados mostrados se referem a sistemas de tratamento secundário produzindo água para reúso, de forma que se pode notar uma redução significativa nas estimativas de riscos se uma etapa ou um processo de tratamento terciário forem incorporados.

Tabela 2 - Estudos realizados no contexto do Plano de Segurança do Saneamento da Organização Mundial da Saúde visando à produção de água para reúso.

Exemplo 1 - Sistema unidomiciliar com produção de água de reúso	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar os riscos de um sistema de tratamento unidomiciliar com separação na fonte com vistas ao reúso, comparando com cenários usuais. Compreender os riscos e instruir os usuários. Proteger a saúde dos usuários. Prover saneamento unidomiciliar seguro e fomentar o reúso.
Fronteira e fluxo dos resíduos	O sistema de tratamento em si e a destinação final (não foram consideradas as interfaces com o usuário dentro da residência).
Metodologia	Avaliação semiquantitativa de risco microbiológico.
Módulos aplicados	1, 2 e 3.
Exemplo 2 - Viabilidade de produção de água para reúso em estação de tratamento de esgoto centralizadas	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar os riscos da produção de água para reúso em estações de tratamento de esgoto com diferentes arranjos tecnológicos, comparando com o cenário usual de descarte do efluente tratado nos corpos d'água. Discutir a viabilidade dos cenários de reúso. Proteger a saúde dos usuários e trabalhadores. Fomentar a produção de água para reúso em larga escala.
Fronteira e fluxo dos resíduos	Produção de água para reúso por estações de tratamento de esgoto para as seguintes finalidades: lavagem de ruas, desobstrução da rede de esgoto, aplicações agrícolas e industriais.
Metodologia	Avaliação quantitativa de risco microbiológico e estudo de viabilidade econômica.
Módulos aplicados	1, 2 e 3.

4. INSERÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DO SANEAMENTO NOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO

No Brasil, a gestão do saneamento básico tem sido pautada, comumente, por planos diretores de abastecimento de água

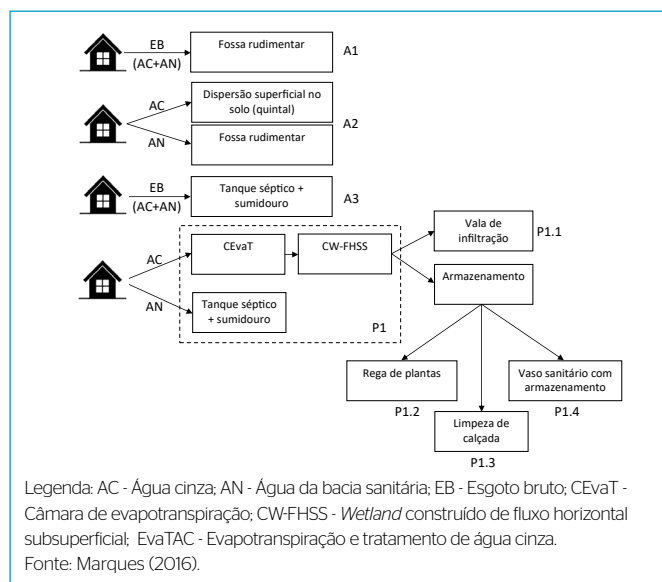


Figura 1 – Representação esquemática dos cenários avaliados no estudo referente ao sistema de tratamento de esgoto unidomiciliar.

e esgotamento sanitário. Recentemente, com o intuito de inserir a sociedade em processo decisório participativo, os PMSB tornaram-se instrumentos da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445/2007 – BRASIL, 2007). Os PMSB incluem, além do abastecimento de água e esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos e a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais, incentivando uma gestão integrada dos eixos do saneamento básico.

No âmbito do abastecimento de água, foram introduzidos no processo de planejamento, os PSA. Esse instrumento buscou trazer segurança ao abastecimento, com foco na qualidade da água potável distribuída, avaliando os riscos existentes com a pressão nos mananciais, cada vez mais próximos das cidades, devido à expansão das áreas urbanas, as quais, consequentemente, produzem mais esgoto. Isso tem refletido em uma deterioração da qualidade da água urbana, que se amplia nas áreas urbanas periféricas, sem o acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgoto, tornando mais custoso trazer água de regiões mais distantes, resultando em um abastecimento cada vez mais oneroso.

Tabela 3 – Riscos de infecção com *Cryptosporidium*, *Salmonella spp.* e *Rotavirus*, associados aos diferentes cenários de sistema de esgotamento sanitário unidomiciliar e um cenário de reúso domiciliar de água cinza.

Cenário	Eventos perigosos	Rota de exposição	Risco		Medidas para controle de risco
			Grupo exposto Adulto	Criança	
A1 Lançamento de esgoto doméstico em fossa rudimentar.	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção; transbordamento; contaminação da água subterrânea. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingestão acidental de esgoto ou solo contaminado. 	<ul style="list-style-type: none"> Médio 	<ul style="list-style-type: none"> Alto 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de equipamentos de proteção individual para manutenção; lavar as mãos.
P1 Sistema de evapotranspiração e tratamento de água cinza recebendo água cinza e tanque séptico/sumidouro recebendo efluente da bacia sanitária.	<ul style="list-style-type: none"> Tanque séptico/sumidouro: contaminação da água subterrânea; operação inadequada; remoção do lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingestão acidental de efluente/lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> Médio 	-	<ul style="list-style-type: none"> Uso de equipamentos de proteção individual para manutenção; lavar as mãos; escolher o método de irrigação adequado; evitar circulação de pessoas no local.
P1.2 Reúso da água cinza tratada para jardinagem.	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de evapotranspiração e tratamento de água cinza: manutenção e limpeza; recreação no jardim - contato com a superfície. Relacionado ao contato e à manipulação da água cinza armazenada para reúso durante a irrigação ou recreação no jardim. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingestão acidental de solo contaminado no sistema de evapotranspiração e tratamento de água cinza. Ingestão acidental de água cinza tratada; inalação de aerossóis; ingestão acidental de solo contaminado. 	<ul style="list-style-type: none"> Baixo Baixo 	<ul style="list-style-type: none"> Médio Médio 	

Nesse enfoque, mas na ótica do esgotamento sanitário e principalmente para as ETE, o PSS pretende ser instrumento para garantir, no processo de planejamento, a segurança do serviço prestado.

Os PMSB iniciam suas atividades com a elaboração do Comitê Gestor e elaboram a estratégia de mobilização, participação social e comunicação dentro de uma área específica que, como o próprio nome trata, geralmente é o município. Após a identificação das partes interessadas (*stakeholders*), inicia-se a parte mais técnica do plano, que, na prática, muito se assemelha aos planos diretores do setor, embora deva ser técnico-participativo, ou seja, deve haver o envolvimento da sociedade em todo o processo.

Essa etapa técnico-participativa envolve a elaboração do diagnóstico, o que inclui a caracterização do município, dos serviços de saneamento básico e do quadro institucional da política e a elaboração do prognóstico com diferentes cenários, incluindo objetivos, metas, perspectivas técnicas e a proposição de programas, ações e projetos. Em resumo, demanda-se a tomada de decisão para atender às aspirações necessárias identificadas no diagnóstico. No fim do PMSB, é de costume propor um quadro geral de execução e a seleção de indicadores de desempenho para monitoramento e controle da implementação e execução do plano.

Nesse contexto, na **Tabela 5**, é apresentada uma proposta de como relacionar as etapas de um PMSB para o eixo de esgotamento sanitário com os itens que compõem o PSS.

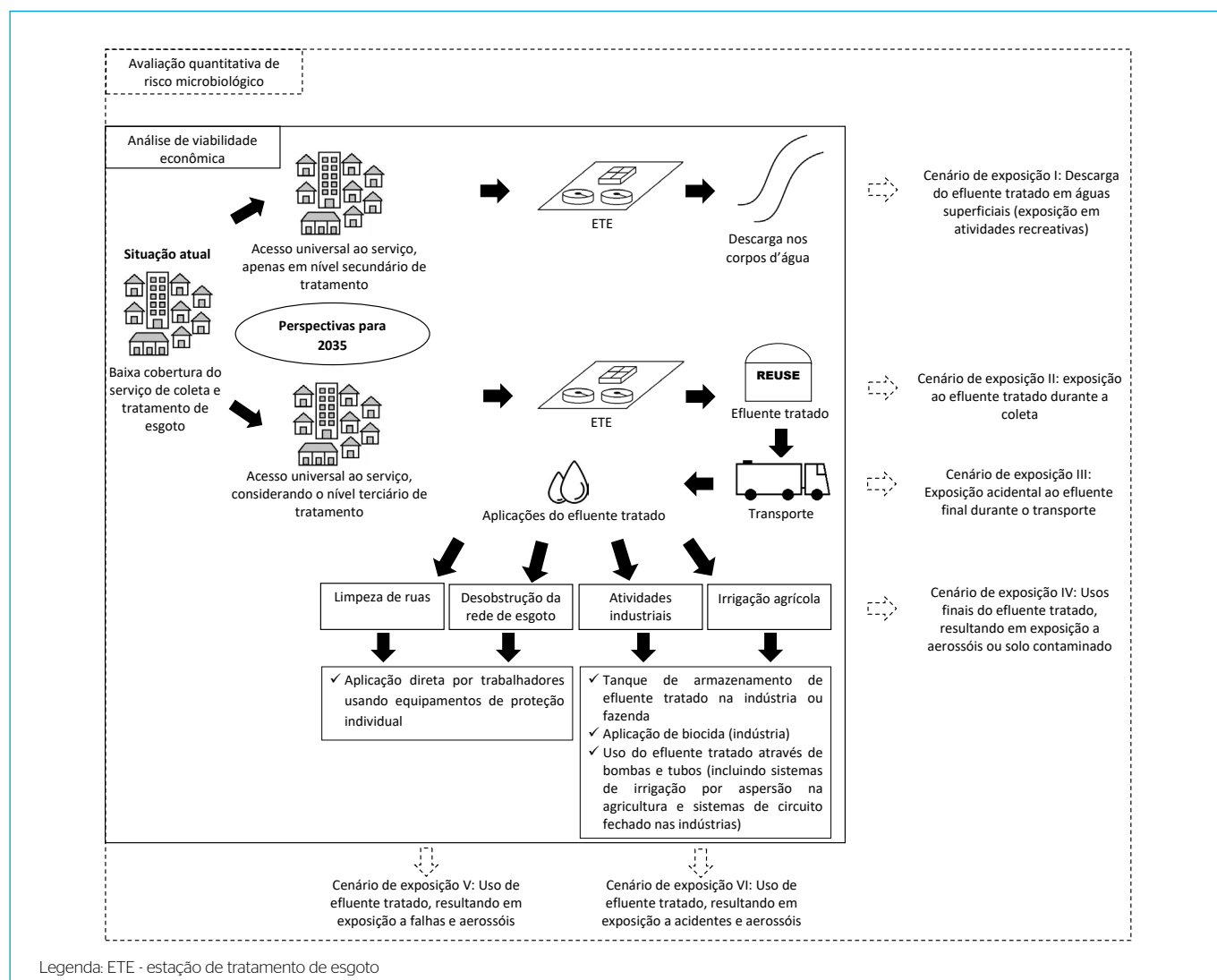


Figura 2 – Escopo da Análise Quantitativa de Risco Microbiológico e viabilidade financeira do reúso de água em sistemas centralizados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a implementação de sistemas integrados e sustentáveis de tratamento de esgoto, com recuperação e valorização dos subprodutos do tratamento, ainda é incipiente. Para fomentar e viabilizar a implantação desses sistemas, torna-se necessária a aplicação de ferramentas que garantam a segurança em toda a cadeia de esgotamento sanitário. Como visto, o PSS, além de auxiliar na implementação das orientações contidas nos guias da OMS para o uso seguro de águas residuárias e excreta de forma prática, vai além, auxiliando na identificação e gestão de riscos para a saúde de forma sistemática, orientando o investimento com base nos riscos atuais e fornecendo garantias às autoridades e à população sobre a segurança de produtos e serviços relacionados aos serviços de esgotamento sanitário.

O conteúdo apresentado nesta NT é uma base para explorar o manual do PSS, que é composto de 138 páginas

em sua versão em português com vários exemplos de aplicação do que é preconizado no plano.

A proposta de inserção dos PSS nos PMSB traz a sua aplicação para o contexto brasileiro e pode auxiliar na meta de 90% de atendimento da população por coleta e tratamento de esgoto, definida pela Lei Federal nº 14.026/2020 (Brasil, 2020), a qual também inclui o uso de efluentes sanitários tratados para a produção de água para reúso em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública. Espera-se que os possíveis usuários, atuando do nível local ao nacional, explorem a abordagem e as ferramentas constantes no manual para elaboração de planos de segurança para sistemas de esgotamento sanitário, reduzindo os impactos negativos sobre a saúde e estimulando o aproveitamento de recursos produzidos nos sistemas de tratamento de esgoto.

Tabela 4 - Riscos de infecção com *E. coli* patogênica e os DALY associados aos diferentes cenários de reúso de água em estações de tratamento de esgoto (tratamento secundário).

Cenário	Eventos potencialmente perigosos	Rotas de exposição	Risco (DALY por pessoa/ano ⁽¹⁾ - ±90% IC ⁽²⁾)		Medidas de controle
			Trabalhadores	População em geral (adultos)	
Lançamento de efluente tratado em corpos d'água	Lançamento em águas superficiais (exposição durante atividades recreativas)	Ingestão direta durante recreação (natação)	-	Dia 0: 2,60E-04 ± 1,90E-05 Dia 5: 1,31E-06 ± 2,46E-05	Evitar atividades recreativas próximas a locais de lançamento de efluente tratado
Limpeza de vias públicas e desobstrução de rede de esgoto	Coleta da água de reúso nas estações de tratamento de esgoto, transporte e aplicação	Inalação de aerossol, ingestão de gotículas, ingestão por contato da mão na boca	Aplicação da água de reúso (inalação de aerossol): 1,44E-05 ± 7,45E-06	Aplicação da água de reúso (inalação de aerossol): 2,44E-07 ± 1,18E-09	Uso de equipamentos de proteção individual por parte dos trabalhadores; programação da limpeza das ruas para horários em que a movimentação de pessoas seja menor
Atividades industriais	Coleta, transporte, tanque de armazenamento na indústria e aplicações gerais, como uso em torre de resfriamento, cura de concreto em obras, etc.	Inalação de aerossol, ingestão de gotículas, ingestão por contato da mão na boca	Descarga da água de reúso no tanque de armazenamento interno da indústria (ingestão de gotículas): 5,68E-05 ± 2,97E-07	-	Uso de equipamentos de proteção individual por parte dos trabalhadores; treinamento e capacitação dos trabalhadores
Atividades agrícolas	Coleta, transporte, tanque de armazenamento no ponto de uso e irrigação	Inalação de aerossol, ingestão de gotículas, ingestão por contato da mão na boca, ingestão direta durante a contato durante a irrigação (agricultores), consumo de vegetais	Fazendeiros: 9,20E-03 ± 4,59E-05 Após tratamento terciário: 1,35E-05 ± 6,73E-08	Consumidores: 1,80E-02 ± 9,30E-05 Após tratamento terciário: 2,82E-05 ± 1,38E-07	Uso de equipamentos de proteção individual por parte dos trabalhadores; interrupção da irrigação antes da colheita, higienização dos vegetais; quando possível, irrigação por gotejamento (minimizando a exposição humana)

Notas: ⁽¹⁾A OMS estabeleceu um nível máximo aceitável de risco de 10⁻⁶ DALY (do inglês, *disability-adjusted life year*) por pessoa por ano para todas as doenças relacionadas à água. ⁽²⁾IC - Incidência.

Tabela 5 – Proposta de elaboração de um plano municipal de saneamento básico inserindo os módulos do Plano de Segurança do Saneamento.

Plano municipal de saneamento básico	Plano de Segurança do Saneamento	Observação
Definição do Comitê Gestor	<ul style="list-style-type: none"> Módulo 1. Preparar para o Plano de Segurança do Saneamento Constituir a equipe e definir a organização líder. Estabelecer as áreas ou atividades prioritárias e as fronteiras do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> A equipe deve incluir os <i>stakeholders</i> específicos da área de riscos. Na elaboração do plano municipal de saneamento básico, nem sempre é planejado um sistema que faça reúso da água e reciclagem de nutrientes. Logo, a cadeia de atores do processo e as partes interessadas serão maiores, sendo importante o envolvimento de sociedade e usuários dos subprodutos de maneira geral.
Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> Módulo 2. Descrever o sistema de saneamento Mapear o sistema. Caracterizar os resíduos. Identificar grupos expostos. Validar a descrição do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> Na elaboração de planos municipais de saneamento básico, é comum caracterizar a área e o sistema, porém sem identificar os potenciais grupos de risco. Neste caso, será necessário validar os grupos de risco com a equipe.
	<ul style="list-style-type: none"> Módulo 3. Identificar os eventos perigosos, a exposição ao risco e medidas de controle existentes. Identificar perigos, vias de exposição (rotas), medidas de controle existentes e determinar o que é prioritário para diminuir os riscos. 	<ul style="list-style-type: none"> A identificação de eventos perigosos geralmente não é contemplada no plano municipal de saneamento básico, sendo inteiramente necessária sua inclusão na etapa de diagnóstico do sistema. Cabe identificar os perigos e os eventos perigosos, incluindo as rotas de exposição e a descrição das medidas de controle existentes. É fundamental verificar o que é prioridade mediante ao risco de exposição.
Prognóstico	<ul style="list-style-type: none"> Módulo 4. Desenvolver e implementar um plano de melhoria contínua. Considerar as opções e alternativas para controlar os riscos identificados no diagnóstico. Selecionar opções como solução. Apresentar um plano de ação e melhoria. 	<ul style="list-style-type: none"> Semelhante ao item anterior, o desenvolvimento de planos de melhoria contínua para controle de riscos geralmente não é contemplado no plano municipal de saneamento básico. Sua inclusão deve ser feita na etapa de prognóstico, ou seja, as soluções adotadas para os cenários identificados conforme os riscos de exposição.
Seleção de indicadores de desempenho	<ul style="list-style-type: none"> Módulo 5. Monitoramento do desempenho e das medidas de controle propostas. Definir os indicadores de desempenho e de controle e monitoramento do plano. 	<ul style="list-style-type: none"> Os planos municipais de saneamento básico possuem indicadores de desempenho que são usados geralmente para avaliar a expansão do sistema, em função do objetivo maior que é a universalização, como é o caso do índice de atendimento de cobertura de esgoto. Porém, neste caso, será fundamental criar indicadores adequados tanto para avaliar a expansão no aumento do reúso do esgoto e na reciclagem dos nutrientes, quanto para garantir segurança nesse processo.
Revisão do plano	<ul style="list-style-type: none"> Módulo 6. Desenvolver um programa de apoio e prever a revisão do plano. 	<ul style="list-style-type: none"> Para os planos municipais de saneamento básico, já é prevista a sua revisão periodicamente. Sendo assim, este item está de acordo entre planos municipais de saneamento básico e Plano de Segurança do Saneamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, da Fundação de Amparo à Pesquisa

do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto – INCT ETEs Sustentáveis.

Este trabalho faz parte da série de publicações do INCT ETE Sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Casa Civil. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece a Política Nacional de Saneamento básico. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Secretaria Geral. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico... Brasília, DF, 2020.

MARQUES, F. R. *Avaliação semiquantitativa do risco microbiológico do reuso domiciliar de água cinza*. 2016. s f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

OMS. Organização Mundial de Saúde. *Planeamento da segurança do saneamento: manual para o uso e eliminação segura de águas residuais, águas cinzentas e dejetos*. 2015. 138p. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/171753/9789248549243-por.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2021.

WHO. World Health Organization. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume IV - Excreta and greywater use in agriculture*. Geneva, Switzerland: WHO. 2006. 182 p.

