

## 27º. Encontro Técnico AESABESP

### A NBR ISO 24512:2012 E O USO DE INDICADORES NA GESTÃO DE RESÍDUOS GERADOS EM ETA

**Maira Neves do Vale** <sup>(1)</sup>

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

**Cali Laguna Achon**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) e Pós-doutora pelo Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rodovia Washington Luís, Km 235 – SP310 – UFSCar. São Carlos-SP - CEP:13565-905, Brasil. Tel: (16) 3351-9672, e-mail: [maira-neves@hotmail.com](mailto:maira-neves@hotmail.com); [caliachon@ufscar.br](mailto:caliachon@ufscar.br)

#### RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar as diretrizes recomendadas pela NBR ISO 24512:2012 e propostas de indicadores para gestão do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água (ETAs), analisando as variáveis, sua confiabilidade e exatidão e os desafios inerentes a esse processo. A construção de indicadores é trabalhosa, exige análise e interpretação para contemplar um processo específico. A principal dificuldade para implantação dos indicadores encontra-se na aquisição de dados e variáveis, uma vez que a maioria das ETAs no Brasil nem ao menos dimensiona a quantidade de resíduos gerados (ACHON et al., 2013). Há dificuldade na obtenção de amostra que seja representativa da concentração de sólidos no lodo bruto gerado no processo. A concentração de sólidos no lodo e seu volume podem variar consideravelmente. Dessa forma, a dificuldade na determinação de algumas variáveis compromete a aplicabilidade dos indicadores. Para obtenção das variáveis necessárias é imprescindível a conscientização sobre a importância da confiabilidade e exatidão, para que os indicadores possam ser utilizados como instrumentos de gestão e tomada de decisão. Uma vez dados os passos necessários à aplicação dos indicadores, pode-se simplificar o processo de gestão, que de outro modo seria mais complexo e intangível.

**PALAVRAS-CHAVE:** indicadores, lodo de ETA, NBR ISO 24512.

#### INTRODUÇÃO

O abastecimento público de água é um serviço essencial aos setores econômico, social e ambiental das comunidades. Sua oferta contínua é inerente à saúde pública, às atividades econômicas, à preservação ambiental e ao bem-estar da população (ALEGRE et al., 2006).

Durante o processo de potabilização da água para abastecimento público, considerado uma das etapas da indústria da água, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) geram resíduos que podem ser tóxicos ao homem e ao meio ambiente, os quais são: o lodo e a água de lavagem de filtros (ALAF). Estes resíduos precisam ser removidos, para garantir a eficiência do sistema, e tratados, sendo dispostos de forma adequada para evitar impactos ambientais.

No Brasil, tem-se observado que a grande maioria das estações não trata esses resíduos e lança-os em corpos d'água (ACHON et al., 2013), prática considerada crime ambiental segundo a Lei 9.605 (BRASIL, 1998). Ao serem dispostos *in natura* nos rios, esses resíduos podem elevar consideravelmente a concentração de poluentes, prejudicando os ecossistemas e causando impactos negativos no meio ambiente. Apesar disso, os rios, que são os principais fornecedores de água para o abastecimento público, muitas vezes também são receptores de todo e qualquer tipo de resíduo, que também pode ser gerado pelo próprio sistema de tratamento de água.

A água a ser distribuída para a população deve atender ao padrão de potabilidade para consumo humano estabelecido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Com o aumento da concentração de partículas nos mananciais superficiais, os sistemas de tratamento têm a necessidade de remover sólidos em suspensão e dissolvidos cada vez mais diversos e complexos, exigindo técnicas e tecnologias mais avançadas. Conseqüentemente, os resíduos gerados também possuem as mais diversas características e quantidades, em função das diferentes tecnologias e coagulantes químicos empregados (SOUZA et al., 2004).

A Lei 12.305/2010 define resíduo e rejeito, sendo o primeiro passível de ser reutilizado e reciclado. O lodo de ETA se enquadra como resíduo sólido e, portanto, precisa ser gerenciado de forma a garantir as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei 12.305 (BRASIL, 2010).

Segundo Achon et. al.(2008), a maioria dos problemas encontrados nos sistemas de tratamento de água podem ser minimizados através de uma gestão integrada de recursos humanos e comprometida com o tratamento em si e seus intervenientes. Os autores verificaram que a preocupação com os recursos hídricos em alguns sistemas de saneamento no Estado de São Paulo ainda é incipiente, fato comprovado pelo lançamento indiscriminado de resíduos de ETAs (lodo e ALAF) nos mananciais, o que acaba por comprometer todos os processos e operações dos próprios sistemas de tratamento.

Segundo Vieira e Morais (2005) nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente por parte das entidades gestoras portuguesas em adotar, ainda que informalmente, metodologias de avaliação e gestão de riscos nos respectivos sistemas de abastecimento de água.

Para garantir a eficiência dos sistemas de tratamento de água, assim como a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, é fundamental desenvolver uma gestão ambiental abrangente, que englobe os sistemas de tratamento como um todo, principalmente os resíduos gerados.

A série de normas ISO 24510 é composta por três normas que têm estruturas semelhantes e adotam conceitos comuns direcionadas às atividades de abastecimento de água e esgotamento sanitário, sendo que a ISO 24510:2007 fornece diretrizes para a avaliação e a melhoria do serviço prestado aos usuários, no que diz respeito às necessidades e expectativas dos mesmos; a ISO 24511:2007 (ABNT, 2012a) fornece diretrizes para gestão dos prestadores de serviços e avaliação dos serviços de esgotamento sanitário; e a ISO 24512:2007 (ABNT, 2012b) apresenta diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços e avaliação dos serviços de abastecimento de água.

Em dezembro de 2012, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a versão traduzida da norma internacional ISO 24512:2007 de gestão dos sistemas de água, culminando na NBR ISO 24512:2012:

- NBR ISO 24512:2012 - *Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto – Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável* (ABNT, 2012b).

A NBR ISO 24512:2012, assim como a original ISO 24512:2007, fornece diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. Esta norma preconiza o uso de indicadores de desempenho como instrumento chave entre os diversos outros, visando à avaliação dos serviços de água. Nesta norma são apresentados conceitos e diretrizes para proposição de indicadores, que se inicia pelos objetivos e critérios de avaliação, sendo necessárias variáveis com grau de confiabilidade e exatidão bem definidos, que servirão de base para aplicação dos indicadores e que, por fim, concerne a cada entidade gestora adotar aqueles que melhor se adaptarem à sua realidade.

## **OBJETIVO**

Avaliar as diretrizes recomendadas pela NBR ISO 24512:2012 e propostas de indicadores para gestão do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água (ETAs) na literatura correlata. Propor um compilado de referência de indicadores que consista em ferramenta de apoio à gestão das entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água. Analisar as variáveis necessárias para aplicação destes indicadores, discutindo a confiabilidade e exatidão destas e os desafios inerentes a esse processo.

## **METODOLOGIA**

Foi realizado levantamento bibliográfico aprofundado sobre a gestão de lodo gerado em Estações de Tratamento de Água e o uso (elaboração e aplicação) de indicadores em artigos publicados em congressos nacionais e internacionais, livros, revistas científicas e na NBR ISO 24512:2012.

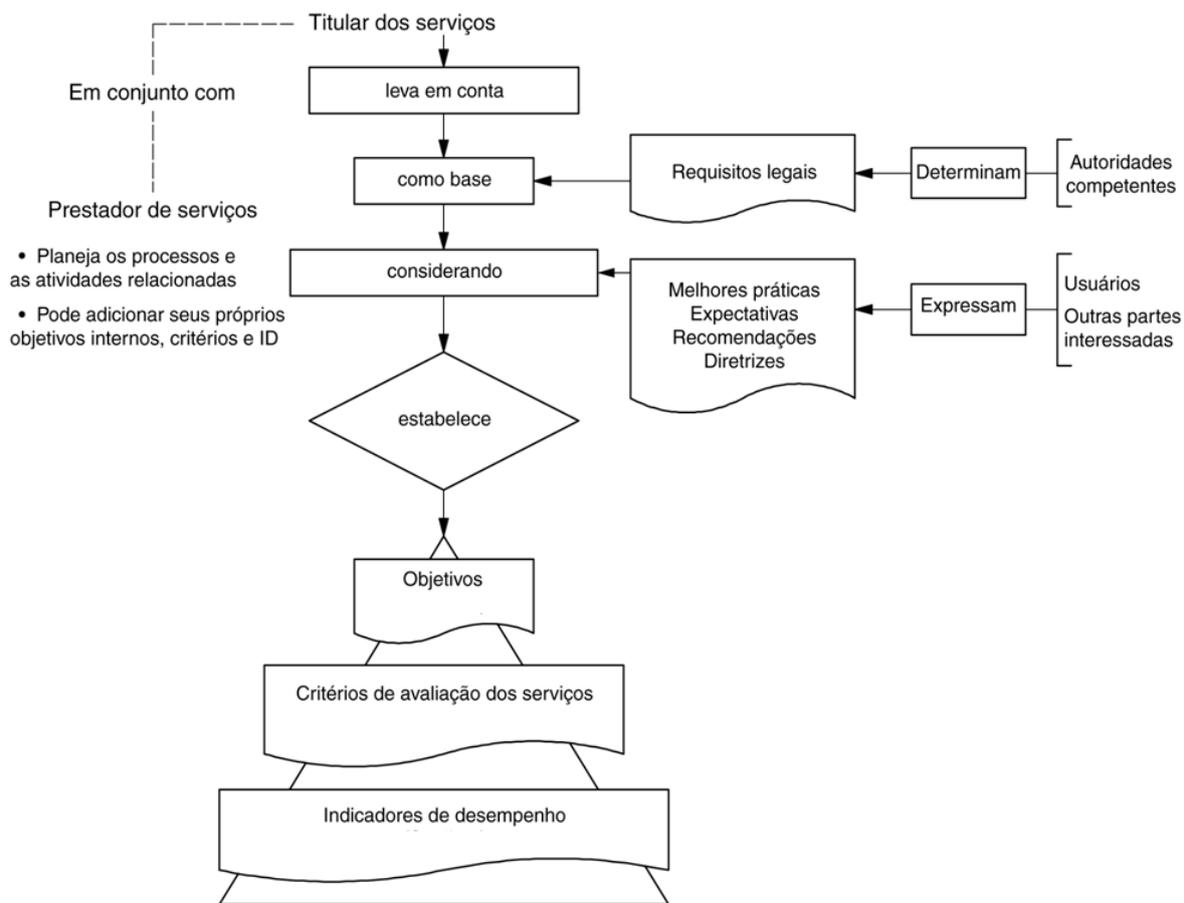
Primeiramente realizou-se um estudo da NBR ISO 24512:2012. Em seguida foi realizada a seleção de indicadores considerados mais relevantes para a gestão do lodo e em conformidade com os preceitos da NBR ISO 24512:2012.

Após a apresentação de uma proposta final de indicadores, foram identificadas as variáveis necessárias para sua aplicação. Em seguida, avaliaram-se os desafios de obtenção dessas variáveis com qualidade satisfatória para aplicação dos indicadores de gestão de lodo de ETA, medida em termos de confiabilidade e exatidão.

## **RESULTADOS**

O principal objetivo de qualquer sistema de indicadores de desempenho deve ser fornecer informação. Nesse sentido, devem prover um panorama amplo que englobe tanto dados e variáveis quanto seus elementos complementares (qualidade, fatores explicativos, contexto) para permitir a tomada de decisões apropriadas. A NBR ISO 24512:2012 (ABNT, 2012b) estabelece que cada indicador de desempenho específico deve ser o único de sua natureza e, em conjunto com os outros estabelecidos, representar confiável e objetivamente os aspectos pertinentes dos serviços, simplificando análises mais complexas. Para tanto, estes indicadores devem ser explícita e concisamente definidos, obtidos a partir de variáveis viáveis em termos de confiabilidade e custo, relacionadas a áreas geográficas bem definidas e a intervalos de tempo específicos. A interpretação advinda deles deve ser verificável, atrelada a informações de contexto intrínsecas ao sistema e a fatores explicativos dos valores obtidos.

A construção de indicadores é trabalhosa e exige análise e interpretação. Os indicadores descrevem um processo específico e são particulares a esse processo, e por isso não há um conjunto de indicadores globais adaptáveis a qualquer realidade (ALEGRE et al., 2006). Para elucidar esse desafio, a Figura 1 apresenta possíveis relações a serem estabelecidas entre os objetivos, os critérios de avaliação dos serviços e a posição dos indicadores de desempenho (IDs).



**Figura 1** - Exemplos de relações pertinentes entre as partes interessadas para o estabelecimento dos objetivos, dos critérios de avaliação e dos indicadores de desempenho

**Fonte:** ABNT, 2012b

Os indicadores de desempenho podem auxiliar o monitoramento da eficácia e da eficiência dos sistemas de tratamento de água. A eficácia mede o nível de cumprimento dos objetivos da gestão; eficiência, em que medida os recursos disponíveis foram otimizados para a produção do serviço (ALEGRE et al., 2006).

Vieira et. al. (2009) propuseram um sistema de indicadores de performance (PAS – *Performance Assessment Systems*) para avaliação do desempenho de ETAs em Portugal, e confirmaram a aplicabilidade desse sistema em um estudo de caso em quatro ETAs, cujo período de estudo foi de 2001 a 2007. No entanto, segundo os autores, ainda é necessário reforçar a aplicabilidade do sistema PAS em ETAs com diferentes tipologias e estabelecer valores de referência para as medidas de desempenho global e operacional.

Segundo Achon et al. (2013a) em ETAs de pequeno porte pode-se optar pela implantação gradativa das diretrizes da norma NBR ISO 24512:2012, visando sempre à melhoria contínua. A norma não apresenta solução estanque, única para todos os sistemas. Apresenta direcionamentos para que cada sistema se adapte e adeque a gestão dentro de sua realidade.

Outra forma de facilitar a aplicação desta norma é o desenvolvimento de guias de implementação práticos, *checklist* ou aplicações específicas e temáticas, como por exemplo, o caso de Portugal, que vem desenvolvendo através do AWARE-P a Gestão Patrimonial de Infraestruturas Urbanas de Água (ALEGRE, 2009).

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) geram muitos dados sobre a forma de planilhas manuais, eletrônicas, medições automatizadas etc. A oportunidade de organizar toda esta informação e resultados, propondo e aplicando indicadores, é essencial na busca da melhoria contínua desses sistemas (ACHON et al., 2013a).

Assim, os indicadores podem se tornar ferramentas imensuráveis de avaliação, possibilitando:

- Avaliar o sistema como um todo de forma clara e objetiva
- Estabelecer metas
- Verificar cumprimento de metas e replanejar, buscando a melhoria contínua
- Verificar o desempenho do sistema ao longo do tempo
- Comparar diferentes sistemas
- Auxiliar a tomada de decisão gerencial

A aplicação de indicadores para avaliar a gestão de resíduos gerados em ETAs, conforme preconizado pela NBR ISO 24512:2012 (ABNT, 2012b), pode subsidiar programas futuros de gestão em SAA, encorpar as estatísticas internacionais, principalmente da *InternationalWaterAssociation*(IWA), e fomentar as pesquisas neste tema, contribuindo de forma efetiva na avaliação e propostas de soluções para esses resíduos. Além disso, indicadores que forem considerados mais representativos desse serviço e de sua principal problemática podem ser exigidos por agências regulatórias, exercendo pressão para tornar seu uso cada vez mais difundido e confiável.

A principal dificuldade para implantação dos indicadores muitas vezes encontra-se na aquisição de dados e variáveis confiáveis, uma vez que a maioria das ETAs no Brasil nem ao menos dimensiona a quantidade de resíduos gerados (ACHON et al., 2013).

#### • PROPOSTAS DE INDICADORES PARA RESÍDUOS GERADOS EM ETA

Na Tabela 1, a seguir, tem-se a proposta de indicadores de gestão de lodo de ETA resultante da pesquisa de Achon e Cordeiro (2013).

**Tabela 1: Indicadores para gestão de resíduos gerados em ETA propostos por Achon e Cordeiro (2013)**

Código	Indicador individual - resíduos de ETA (IinA)	Unidade
IinA1	Volume de lodo gerado por metro cúbico de água tratada	L/m <sup>3</sup>
IinA2	Porcentagem de lodo gerado em função do volume de água tratada	%
IinA3	Massa de lodo gerado por metro cúbico de água tratada	kg/m <sup>3</sup>
IinA4	Nível de caracterização do lodo gerado <sup>(1)</sup>	un (0 a 3)
IinA5	Porcentagem de sólidos no lodo bruto	%
IinA6	Nível de destinação do lodo bruto <sup>(2)</sup>	un (0 a 3)
IinA7	Nível de desaguamento do lodo bruto <sup>(3)</sup>	un (0 a 3)
IinA8	Porcentagem do lodo gerado que é reutilizado ou reciclado	%

<sup>(1)</sup> 0 = não se aplica (não faz nenhuma caracterização do lodo); 1= apenas quantifica o lodo (mede/estima o volume de lodo gerado); 2 = quantifica e faz análises de qualidade, porém não classifica o lodo segundo a NBR 10.004/2004; 3 = quantifica e classifica o lodo segundo a NBR 10.004/2004.

<sup>(2)</sup> 0 = não deságua o lodo; 1 = adensamento do lodo; 2 = desaguamento em sistemas ou mecânicos; 3 = secagem em sistemas térmicos (naturais ou mecânicos).

<sup>(3)</sup> 0 = lança o lodo em corpo d'água; 1 = armazena o lodo bruto/tanque adensamento; 2 = encaminha o lodo para ETE; 3 = destina o lodo para tratamento/desaguamento.

Na Tabela 2, apresenta-se um compilado de outros indicadores relevantes para auxiliar a gestão de lodo de ETA.

**Tabela 2: Indicadores propostos para gestão dos resíduos gerados em ETA com suas respectivas fontes de consulta**

Código	Indicador individual	Unidade	Fonte
wEn7	Valorização <sup>(1)</sup> de lodo de ETAR <sup>(4)</sup>	%	IWA <sup>(2)</sup>
wEn8	Destino final de lodo de ETAR <sup>(4)</sup>	%	IWA <sup>(2)</sup>
wEn9	- Deposição em aterro	%	IWA <sup>(2)</sup>
wEn10	- Incineração	%	IWA <sup>(2)</sup>
wEn11	- Outras formas de destino final	%	IWA <sup>(2)</sup>
wOp52	Análises de lodo	n.º/ano	IWA <sup>(2)</sup>
Op7	Calibração de medidores de vazão do sistema	n.º/ano	IWA <sup>(2)</sup>
AA16	Destino de lodo do tratamento	%	ERSAR <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> A valorização de lodo inclui todos os tipos de reutilização (p.e.: fertilizantes, produtos e materiais)

<sup>(2)</sup> IWA: *International Water Association*

<sup>(3)</sup> ERSAR: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

<sup>(4)</sup> ETAR: Estação de Tratamento de Águas Residuais

Ressalta-se que alguns indicadores apresentados na Tabela 2 foram propostos inicialmente para a gestão de lodo gerado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), porém podem ser adaptados e utilizados para a avaliação do lodo originado de ETAs.

### • VARIÁVEIS NECESSÁRIAS PARA APLICAÇÃO DOS INDICADORES

Na Tabela 3 têm-se as variáveis necessárias para aplicação dos indicadores apresentados na Tabelas 1 e 2.

**Tabela 3: Variáveis necessárias para a aplicação dos indicadores propostos.**

Variável	Unidade	Indicador
Massa (base seca) de lodo gerado	kg	IinA3, IinA8
Massa (base seca) de lodo depositado em aterro	ton	wEn8, wEn9
Massa (base seca) de lodo incinerado	ton	wEn8, wEn10
Massa (base seca) de lodo não depositado/incinerado	ton	wEn11
Massa (base seca) de lodo reciclado ou reutilizado	kg, ton	IinA8, wEn7
Massa (base seca) de lodo tratado	ton	wEn7, wEn8, wEn9, wEn10, wEn11
Massa de sólidos secos de uma amostra de lodo bruto	g	IinA5
Massa de uma amostra de lodo bruto	g	IinA5
Volume de água bruta	L, m³	IinA1, IinA2, IinA3
Volume de lodo gerado	L, m³	IinA1, IinA2
Nível de caracterização e classificação do lodo gerado <sup>(1)</sup>	un (0 a 3)	IinA4
Nível de desaguamento/secagem do lodo bruto gerado <sup>(2)</sup>	un (0 a 3)	IinA7
Nível de destinação do lodo bruto gerado <sup>(3)</sup>	un (0 a 3)	IinA6
Medidores de vazão do sistema	n.º	Op7
Calibração de medidores de vazão	n.º	Op7
Total de análises realizadas no lodo produzido	n.º	wOp52
Total de análises no lodo produzido requeridas pela legislação	n.º	wOp52
Duração do período de referência	dia	Op7, wOp52

## • CONFIABILIDADE E EXATIDÃO DAS VARIÁVEIS

Segundo a NBR ISO 24.512:2012 (ABNT, 2012b), a qualidade das informações obtidas através dos indicadores de desempenho é medida pelo grau de confiança dos mesmos, avaliados em termos de exatidão dos dados e confiabilidade da fonte. A primeira refere-se aos erros de medição na aquisição de dados de entrada, enquanto a segunda considera as incertezas na origem das informações, avaliando a capacidade da fonte de produzir resultados consistentes e estáveis para as medições repetidas nas mesmas condições. Recomenda-se que essas duas características sejam avaliadas para cada variável usada na obtenção de um indicador.

## • DESAFIOS DE APLICAÇÃO DOS INDICADORES E OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS

No Brasil, o uso de indicadores para gestão do lodo gerado nos sistemas de tratamento de água é limitado por diversos desafios, a começar pela obtenção das variáveis necessárias. Por exemplo, existe dificuldade na obtenção de uma amostra - ou quantas forem necessárias - que seja representativa da concentração de sólidos no lodo bruto gerado no processo, sendo que a concentração de sólidos é importante para a estimativa de massa total de lodo em base seca.

Porém, a concentração de sólidos no lodo, assim como seu volume pode variar consideravelmente, a depender de diversos fatores, entre os quais: as características da água bruta, afetadas pela sazonalidade dos mananciais; a eficiência da operação e dos processos de tratamento na ETA; a tecnologia de tratamento; o tempo de acúmulo do lodo nos decantadores; a forma de remoção do lodo; o tipo e dosagem dos insumos utilizados no tratamento de água.

O tipo de decantador influencia as características do lodo na medida em que decantadores providos de raspadores mecânicos, com operação de descarte diário, produzem volumes de lodo maiores que os decantadores com operação manual de limpeza. Apesar disso, devido ao menor tempo de acúmulo, o teor de sólidos do lodo seria menor na operação de remoção contínua (REALI, 1999).

Dessa forma, a dificuldade na determinação de amostras adequadas de lodo gerado compromete a aplicabilidade dos indicadores IinA3, IinA5 e IinA8, que dependem da confiabilidade da variável teor de sólidos e os indicadores IinA1 e IinA2 que dependem do volume de lodo gerado.

Para tornar efetiva a gestão orientada por indicadores é fundamental garantir os equipamentos necessários para a aquisição de dados, bem como sua manutenção. Por isso, também se propõe nesta pesquisa o indicador de calibração dos medidores de vazão Op7 (IWA, 2006), um aspecto que interfere diretamente na exatidão dos volumes de água bruta e tratada, necessários para aplicação dos indicadores IinA1, IinA2 e IinA3.

A quantificação do lodo é de suma importância para que sua destinação possa ser decidida com cautela de forma ambientalmente adequada, cumprindo-se a Lei 12.305/2010. Segundo Reali (1999), a estimativa da real produção de lodo em sistemas de tratamento de água depende de dois parâmetros: a massa de sólidos presentes no lodo resultante do processo de tratamento e o volume de água descartada que atua como veículo da massa de sólidos.

Para que estas variáveis de quantificação de lodo sejam determinadas, primeiramente pode-se calcular a produção de lodo de forma estimada, efetuando-se um balanço dos sólidos presentes no sistema, considerando como deverão se apresentar no lodo. Procede-se calculando estequiometricamente os resíduos resultantes da aplicação dos coagulantes químicos e, finalmente, pode-se estimar a produção total de lodo para a vazão diária de água no sistema. Assim, a variável que corresponde à estimativa do teor de sólidos no lodo, expresso pela porcentagem em massa de sólido seco presentes no lodo, pode ser estimada através da quantificação da água descartada com os resíduos sólidos depositados nos decantadores. Por fim, a variável de quantidade de lodo produzido (massa em base seca) poderá ser estimada *in loco*, pela determinação do teor de sólidos proveniente das descargas dos decantadores e de suas vazões, ou através de outras fórmulas empíricas (REALI, 1999).

## CONCLUSÃO

O lodo gerado em Estações de Tratamento de Água é classificado como resíduo sólido, passível de ser reutilizado e reciclado no que tange à Lei 12.305 (Brasil, 2010). A prática de lançamento indiscriminado do lodo em corpos d'água é insustentável ambiental e legalmente, visto que se constitui em crime ambiental segundo a Lei 9.605 (Brasil, 1998). Dessa forma, deve-se estabelecer um planejamento no âmbito da ETA prevendo a gestão e destinação desse resíduo em conformidade com as premissas legais.

A NBR ISO 24512:2012 sugere a aplicação de indicadores como instrumento eficaz para auxiliar o gerenciamento de resíduos sólidos originados de ETA; tarefa onerosa, mas indiscutivelmente necessária. Porém, ressalta-se que a utilidade desses indicadores está atrelada à sua qualidade, avaliada em termos de exatidão e confiabilidade.

A ausência ou imprecisão de dados sobre determinados aspectos importantes, como a quantificação do lodo, em termos de volume e massa, tem-se mostrado um dos grandes desafios aos avanços nessa área. Em vista disso, devem ser pesquisados e implantados equipamentos e métodos de medição que forneçam informações necessárias para a obtenção de variáveis com boa qualidade e confiabilidade, bem como providenciada a constante manutenção do sistema de medição de modo a garantir a exatidão dos dados.

Conforme resultados desta pesquisa, há dificuldade de obtenção de amostras representativas do lodo gerado no processo de tratamento de água, principalmente porque as formas e intervalos de remoção do lodo nos decantadores são, geralmente, muito variáveis. Com isso, o lodo adquire propriedades muito diferentes de tempos em tempos, e a confiabilidade das informações é prejudicada. Assim, uma possível solução para esse desafio poderia ser a padronização das condições de remoção do lodo quanto a aspectos técnicos e frequência, consequentemente obtendo-se características mais uniformes dos resíduos sólidos avaliados. Mais uma vez isto esbarra de forma indissociável na gestão dos resíduos, no âmbito operacional.

Em suma, para viabilizar a implantação de sistema de gestão de resíduos em consonância com a legislação vigente, com definição das melhores alternativas de tratamento e destinação do lodo, é imprescindível adotar ferramentas que facilitem esse processo, sendo os indicadores uma opção viável. Assim, na obtenção das variáveis necessárias é imprescindível a conscientização sobre a importância da confiabilidade e exatidão destas, para que os indicadores possam ser utilizados como instrumento de gestão e tomada de decisão.

Uma vez dados os passos necessários à aplicação dos indicadores, pode-se simplificar o processo de gestão, que de outro modo seria mais complexo e intangível.

## RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa abre caminhos para desenvolvimentos de outros temas complementares a abordagem desenvolvida neste trabalho. A seguir têm-se algumas recomendações:

- Aplicação dos indicadores propostos nesta pesquisa em diferentes ETAs;
- Construção e proposta de outros indicadores;
- Avaliação de confiabilidade e exatidão das variáveis;
- Verificação e estudo de métodos de quantificação de lodo (volume e massa).

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa (Processo n°. 139079/2015-7).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (2012a). NBR ISO 24511:2012. Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de esgoto e para a avaliação dos serviços de esgoto. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013, 68p.

2. ABNT (2012b). NBR ISO 24512:2012. Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013, 61p.
3. ACHON, C. L., PAPANI P.C. e CORDEIRO J. S. (2008). Análise de gestão de recursos humanos em Sistemas de Tratamento de Água (SiTAs) no Brasil. In: *International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering*, 24 a 27 de junho, Firenze, Italy. 1-8, 2008.
4. ACHON, C.L.; BARROSO, M. M; CORDEIRO, J.S. (2013). Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, versão impressa ISSN 1413-4152, vol. 18, nº.2, Rio de Janeiro, abril/junho 2013, pp. 115-122.
5. ACHON, C.L.; CORDEIRO, J.S.; BARROSO, M. M. (2013a). A ISO 24512:2007 e o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) - desafio brasileiro. *Revista Saneamento Ambiental*, ISSN 0103-7056, Ano XXIII, nº 169, maio/junho 2013, pp. 12-20.
6. ALEGRE, H. Normas ISO 24500: um instrumento de apoio à gestão de serviços de abastecimento de água e de águas residuais. Arquivo apresentado no 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, set. 2009, 55p. Disponível em: <<http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyPortal/Site/XP-PortalPaginaShow.php?id=565&min=0>>. Acesso em: 12/07/2011.
7. ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JR., H.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. *Performance indicators for water supply services*. 2. Ed. Londres: IWA Publishing, 2006. 312 p.
8. BRASIL. Lei 9.605. Lei da Vida – A lei dos Crimes Ambientais. Brasília: 1998.
9. BRASIL. Portaria Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.
10. BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Congresso Nacional, 2010.
11. ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2015) – Caracterização do setor de águas e resíduos. Lisboa, 2008.
12. MATOS, R.; CARDOSO, A.; ASGLEY, R.; DUARTE, P.; MOLINARI, A.; SCHULZ, A. *Performance indicators for wastewater services*. Londres: IWA Publishing, 2003. 192 p.
13. REALI, M. A. P. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.
14. SOUZA, Francisco Gláucio Cavalcante de; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, João Sérgio. Estudo comparativo da geração de sólidos em estação de tratamento de água convencional de ciclo completo e ETA ciclo completo com decantador de alta taxa. São Carlos, SP: Universidade de São Paulo: USP, 2004. 7 p.
15. VIEIRA, P.; ALEGRE, H.; ROSA, M. J.; RAMALHO, P.; SILVA, C. (2009). Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água. *Revista Água & Resíduos - Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental*, APESB, série III, nº 9, 2009. p. 4-17.
16. VIEIRA, J. M.; MORAIS, C. Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimentos. IRAR - Instituto Regulador de Água e Resíduos; Universidade do Minho. 2005.