

Normas Brasileiras e a recomendação de eficiência energética para a elaboração do projeto de estação elevatória de esgoto sanitário
Brazilian Norms and the recommendation of energy efficiency for the preparation of the sewage pumping station project
Normas brasileñas y la recomendación de eficiencia energética para la elaboración del proyecto de estación de bombeo de aguas residuales sanitarias

Recebido: 29/06/2020 | Revisado: 13/07/2020 | Aceito: 15/07/2020 | Publicado: 20/07/2020

Francisca Nara da Conceição Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5983-5190>

Universidade Federal do Para, Brasil

E-mail: namoreira2012@gmail.com

Jorge Fernando Hungria Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6653-4633>

Universidade Federal do Para, Brasil

E-mail: fernandohughes13@hotmail.com

José Almir Rodrigues Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3144-1787>

Universidade Federal do Para, Brasil

E-mail: rpereira@ufpa.br

Resumo

Análise das orientações de eficiência energética constantes das normas brasileiras utilizadas em projetos de estações elevatórias de esgoto sanitário (EEE). A pesquisa foi desenvolvida em três etapas. Inicialmente foi realizada revisão bibliográfica, com caráter analítico, da concepção e das partes componentes de EEE. Na etapa II foram identificadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas ao sistema de esgotamento sanitário, verificando os itens com orientação de eficiência energética para o projeto da EEE. Na última etapa foram analisadas as orientações de companhias de saneamento para a elaboração de projetos de EEE. Foi constatado que as informações de eficiência energética são deficientes nas 12 normas analisadas. Também foram identificados documentos de companhias de saneamento para orientar a elaboração dos projetos de EEE. Com a pesquisa foi constatada a necessidade dos projetistas avaliarem o aumento do tempo de detenção do

esgoto no poço úmido, a instalação de medidores de parâmetros hidráulicos e elétricos e o dimensionamento dos conjuntos motor e bomba da EEE, observando o horário de ponta estabelecido pelo setor elétrico, entre outros. Assim, é oportuna a revisão e a atualização da NBR12208/1992 “Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário- Procedimento” e das normas complementares, para disponibilizar recomendações que atendam à evolução tecnológica com a consideração da eficiência energética ainda na etapa de projeto da EEE.

Palavras-chave: Projeto; Energia elétrica; Eficiência; Norma; Esgoto sanitário.

Abstract

Analysis of the energy efficiency guidelines contained in the Brazilian norms used in the sanitary sewage pumping station (EEE) project. The research was developed in three stages. Initially, a bibliographic review was carried out, with an analytical character, of the design and component parts of EEE. In step II, the standards of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) related to the sanitary sewage system were identified, verifying the items with orientation of energy efficiency for the EEE project. In the last stage, the guidelines of sanitation companies for the elaboration of EEE projects were analyzed. It was found that the energy efficiency information is deficient in the 12 analyzed standards. Documents from sanitation companies were also identified to guide the preparation of EEE projects. With the research, it was found that designers need to evaluate the increase in the sewage detention time in the humid well, the installation of hydraulic and electrical parameters meters and the dimensioning of the EEE motor and pump assemblies, observing the peak hours established by the electricity sector. Among others. Thus, it is opportune to review and update NBR12208/1992 “Sanitary sewage pumping stations project-Procedure” and complementary norms, to provide recommendations that meet the technological evolution with the consideration of energy efficiency still in the design stage of the EEE.

Keywords: Project; Electricity; Efficiency; Standard; Sanitary sewage.

Resumen

Análisis de las pautas de eficiencia energética contenidas en las normas brasileñas utilizadas en el proyecto de la estación de elevación de aguas residuales sanitarias (EEE). La investigación se desarrolló en tres etapas. Inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica, con carácter analítico, del diseño y las partes componentes del EEE. En el paso II, se identificaron los estándares de la Asociación Brasileña de Estándares Técnicos (ABNT) relacionados con el sistema de alcantarillado sanitario, verificando los elementos con orientación de eficiencia energética para el proyecto EEE. En la última etapa, se analizaron las pautas de las empresas de saneamiento para la elaboración de proyectos de EEE. Se

encontró que la información de eficiencia energética es deficiente en los 12 estándares analizados. También se identificaron documentos de empresas de saneamiento para guiar la preparación de proyectos de EEE. Con la investigación, se descubrió que los diseñadores deben evaluar el aumento del tiempo de retención de aguas residuales en el pozo húmedo, la instalación de medidores de parámetros hidráulicos y eléctricos y el dimensionamiento de los conjuntos de motor y bomba EEE, observando las horas pico establecidas por el sector eléctrico. , entre otros. Por lo tanto, es oportuno revisar y actualizar NBR12208/1992 "Procedimiento-proyecto de estaciones de bombeo de aguas residuales sanitarias" y normas complementarias, para proporcionar recomendaciones que cumplan con la evolución tecnológica con la consideración de la eficiencia energética aún en la etapa de diseño de la EEE.

Palabras clave: Proyecto; Energia electrica; Eficiencia; Estándar; Alcantarillado sanitario.

1. Introdução

A demanda de energia elétrica no Brasil ocorre de maneira irregular, tendo períodos críticos de consumo que exigem geração máxima, e outros com baixa demanda (Castellanelli, 2015, p. 7 & Nitatori, 2016, p. 51). Além disso, apresenta tarifa mais onerosa no horário de ponta, normalmente de 18:00 às 21:00 horas, que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2017) cita ser o período de 3 (três) horas consecutivas do dia definido pela distribuidora em função da curva de carga de seu sistema elétrico.

Esse cenário e o grande desperdício de energia elétrica resultam em mudanças na gestão dos prestadores de serviços de saneamento, com destaque para a implementação de ações que aumentem a eficiência energética e reduzam as despesas de energia elétrica na operação dos sistemas de saneamento.

Wallace et al. (2016, p. 165) e Basrawi (2017, p. 240) comentam a importância de minimizar o desperdício e reduzir o custo de energia elétrica na operação dos conjuntos motor e bomba (CMB). Gonçalves et al. (2013, p. 408) enfatizam que nove de cada dez quilowatts-hora são destinados aos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Em muitos casos, o consumo de energia ocorre no período de maior valor da tarifa, no caso no horário de ponta do setor elétrico, em razão de planejamento inadequado, deficiências no projeto de engenharia, instalações construídas de forma provisória, rotina operacional inadequada, manutenção insuficiente dos equipamentos entre outros.

Considerando o custo de energia elétrica crescente, Gong (2012, p. 13), Park (2016, p.

258) e Freitas et al. (2019, p. 3) destacam que a eficiência global de um sistema de bombeamento de esgoto depende da capacidade de adequação às necessidades. Pereira & Soares (2018, p. 197) ressaltam que a eficiência energética das instalações deve ser considerada na elaboração do projeto do sistema de esgoto sanitário (SES).

Ronga et al. (2017, p. 5) e Zeng et al. (2017, p. 71) observam que o planejamento e o projeto de engenharia devem ser elaborados para operação da estação elevatória de esgoto (EEE) com eficiência energética, sempre observando as ações a serem realizadas de forma sistêmica. Portanto, ainda na fase de projeto devem ser analisadas opções para o funcionamento das instalações ao longo da vida útil do empreendimento.

Assim, o objetivo da pesquisa foi analisar se os procedimentos, critérios e recomendações das normas brasileiras (NBR) são suficientes e adequados para que as condicionantes de eficiência energética sejam analisadas e inseridas ainda na etapa de elaboração do projeto de engenharia da EEE.

2. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida em 3 etapas de atividades, tendo revisão bibliográfica caracterizada como analítica, considerando os procedimentos e as informações técnicas que devem constar na elaboração do projeto da EEE sanitário.

Na etapa I foi verificada a concepção e partes componentes normalmente empregadas em instalações de bombeamento de esgoto sanitário de cidades de médio e grande porte. Para isso, foram consultados documentos e manuais técnicos de companhias de saneamento, livros, e trabalhos técnico-científicos.

Na etapa II foram identificadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponíveis para a elaboração do projeto de engenharia do sistema de esgotamento sanitário, sendo verificados os itens dessas normas relacionados com a recomendação técnica de eficiência energética na elaboração do projeto e dimensionamento da EEE, o que foi analisado em função da concepção e arranjo das partes componentes da EEE.

A etapa III foi destinada a verificação das exigências e/ou recomendações das companhias de saneamento para a elaboração de projetos de EEE. Para isso, foram pesquisados documentos técnicos e manuais de procedimentos disponibilizados nos sites das 27 companhias estaduais com atuação no setor de esgotamento sanitário, com a finalidade de verificar se a inclusão de procedimentos e/ou dispositivos de eficiência energética consta da etapa de elaboração do projeto de EEE.

Finalizando a pesquisa, foram discutidos os resultados em função da importância de a eficiência energética constar nas recomendações das normas técnicas da ABNT utilizadas na elaboração do projeto de EEE em cidades brasileiras.

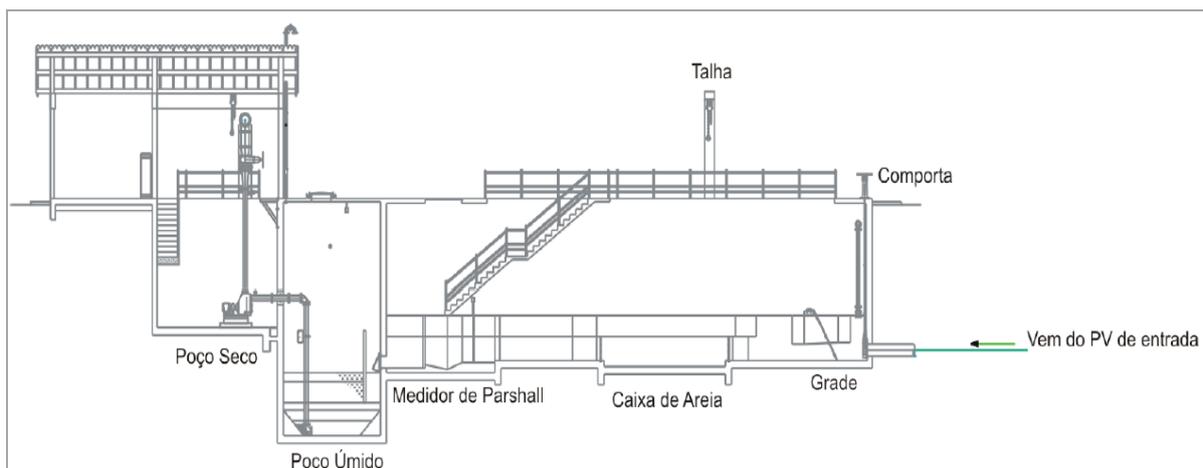
3. Resultados e Discussão

A EEE deve ser projetada como unidade independente e cabe ao projetista prospectar o impacto operacional no consumo e na despesa de energia elétrica, de acordo com a rotina operacional concebida.

A utilização de EEE no meio da rede coletora é implantada quando o coletor atinge a profundidade máxima estabelecida ou sofre interferência de alguma estrutura do espaço urbano (metrô, canal, galeria de drenagem, etc.), o que obriga o bombeamento do esgoto sanitário por determinada distância e para nova cota, naturalmente com consumo de energia elétrica.

A EEE também pode ser empregada ao final da rede coletora, no caso para recalque do esgoto bruto para a entrada da ETE. Uma outra localização da EEE é para recalque do efluente líquido tratado para o corpo receptor. Normalmente são empregadas EEE com concepção do tipo convencional em comunidades de médio e grande porte, constituídas por canal de acesso, grade de barras, desarenador, poço úmido, poço seco, CMB's e dispositivos hidráulicos, conforme representado na Figura 1.

Figura 1. Representação dos componentes principais- EEE de esgoto.



Fonte: Campos (1999).

Na pesquisa foi identificado que apenas 1 das 12 normas publicadas pela ABNT é específica para o projeto de engenharia da EEE, sendo as outras 11 normas relacionadas ao projeto de outros componentes do sistema de esgotamento sanitário de áreas urbanas.

Apesar das recomendações e orientações dessas normas da ABNT serem destinadas à concepção e dimensionamento da rede coletora, da estação elevatória e da estação de tratamento de esgoto sanitário, foi constatado que todas apresentam deficiências informacionais quanto ao tema eficiência energética no projeto da EEE e do SES, conforme relacionado na Tabela 1.

Tabela 1. Recomendação de eficiência energética nas normas de SES.

norma ABNT	nome	ano de publicação	recomendação EE	unidade do sistema
12209	Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários	2011	não	ETE
15710	Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo	2009	não	rede coletora
14486	Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário-Projeto de redes coletoras com tubos de PVC	2000	não	rede coletora
8160	Sistemas prediais de esgoto sanitário-projeto e execução	1999	não	instalação predial
13969	Tanques sépticos-unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos-projeto, construção e operação	1997	não	tratamento primário
12266	Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação água, esgoto ou drenagem urbana	1992	não	rede coletora
12587	Cadastro de sistema de esgotamento sanitário	1992	não	rede coletora
12207	Projeto de interceptores de esgoto sanitário	1992	não	rede coletora
12208	Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário-procedimento	1992	não	EEE
7367	Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário	1988	não	rede coletora
9648	Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário	1986	não	projeto
9649	Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário	1986	não	rede coletora

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) * eficiência energética.

Após serem descartadas as sete normas sem relação direta com o tema eficiência energética, na pesquisa foram analisadas as NBR 9648/1986 (estudo de concepção), a NBR 9649/1986 (rede coletora), a NBR 12208/1992 (estação elevatória) e a NBR 12209/2011 (estação de tratamento de esgoto).

A NBR 9648/1986 não apresenta recomendações de eficiência energética para o projetista, apesar da localização da ETE e da área das bacias de coleta e transporte de esgoto

influenciarem no número de estações elevatórias, que utilizam equipamentos que consomem energia elétrica.

Da mesma forma, na NBR 9649/1986 não é citada a importância do estudo de várias alternativas de traçado para reduzir o número de estações elevatórias e, com isso, aumentar a eficiência energética no SES. Apesar do consumo de energia elétrica na operação dos equipamentos eletromecânicos da estação de tratamento e da estação elevatória de esgoto, a NBR 12209/2011 e a NBR 12209/2011 não apresentam as recomendações esperadas para os projetistas quanto a necessidade de eficiência energética.

Esta falta de referência e/ou orientação de eficiência energética nas normas vai de encontro ao objetivo do projeto de engenharia, no caso:

“Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento [...]” (BRASIL, 1993, p. 3).

Uma possível explicação é que essas normas foram elaboradas em momentos de pequena exigência de eficiência energética no meio técnico, na sociedade e na gestão da infraestrutura dos sistemas de saneamento das cidades.

Contudo, a evolução tecnológica e a necessidade de sustentabilidade econômica na prestação dos serviços obrigam o projetista da instalação de bombeamento de esgoto a observar e atender às atuais exigências legais e socioambientais. Isso justificou a análise mais detalhada da norma da ABNT específica para o projeto e dimensionamento das partes componentes da instalação de bombeamento, no caso a NBR 12.208 “Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário” aprovada no ano de 1992.

Nessa NBR 12208/1992 são recomendados os parâmetros hidráulicos para o dimensionamento do medidor de vazão, do poço de sucção, dos CMB's, registros, válvulas e comportas, tubulações, do controle e alarme e do gerador de emergência. Pela maior relação com a eficiência energética na operação da EEE, foram avaliadas as orientações quanto ao tempo de detenção do esgoto no poço úmido, aos medidores de vazão e de energia elétrica no bombeamento do esgoto e ao funcionamento dos CMB's da EEE.

Tempo de detenção do esgoto no poço úmido

Na NBR 12208/ 1992 é recomendado que o período de detenção do esgoto no poço de sucção deve ser o menor possível, sendo estabelecido o valor máximo de 30 minutos:

“Tempo de detenção média deve ser o menor possível e, portanto, eventuais folgas nas dimensões do poço de sucção devem ser eliminadas. O maior valor recomendado é de 30 min” (NBR 12208, 1992, p. 2).

Essa recomendação da NBR reduz o volume de acumulação do esgoto no poço de sucção, aumenta o número de acionamentos e afeta o consumo de energia elétrica nos CMB's, naturalmente prejudicando a eficiência energética da EEE.

Pereira & Silva (2018, p. 188) comentam que, quanto menor o volume do poço de sucção, maior será o número de vezes de acionamento dos CMB's, conseqüentemente, o consumo e despesa com energia elétrica tende a ser maior.

Além disso, Pereira & Condurú (2014, p. 115), Moreira et al. (2019, p. 121), Shokri et al. (2014) ressaltam a relação direta e o impacto do volume útil do poço de sucção na rotina operacional das EEE, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica tem sido cada vez maior nesses sistemas. Portanto, os projetistas que seguem essa orientação da NBR 12208/1992 acabam dimensionando EEE com menor eficiência energética.

Medição de vazão de esgoto bombeado e do consumo de EE

Na NBR 12208/1992 é apenas recomendada a instalação de medidor de vazão antes da entrada no poço úmido, apesar da importância para o controle operacional, a localização desse medidor dificulta o controle e eventual ajuste para melhorar a eficiência energética, como pode ser verificado na citação da referida norma:

“Recomenda-se a previsão de facilidades para instalação de medidor da vazão afluente, localizando-se o ponto de medição a jusante da grade de barras, quando esta for empregada” (NBR 12208, 1992, p. 4).

A NBR 12208/1992 (p. 4) não faz referência à instalação de medidor de vazão do esgoto bombeado, o que seria ideal para o controle operacional em conjunto com a medição de vazão na entrada da instalação, bem como para relacionar com os dados de energia elétrica consumidos pelos CMB's.

Contudo, também não faz referência direta a instalação dos medidores de energia elétrica, como os analisadores de energia elétrica recomendados por Vilanova (2015, p. 3). Com isso, projetos de EEE justificados somente na NBR 12208/1992 acabam sem

equipamentos para medição dos parâmetros hidráulicos e elétricos, o que dificulta o adequado controle operacional e a determinação de indicadores metro cúbico bombeado por dia (m^3/dia), reais por metro cúbico ($R\$/m^3$), energia elétrica por metro cúbico (E/m^3), energia elétrica por metro cúbico, altura, cem metros $E/(m^3 \times H/100m)$ para a gestão da eficiência energética na EEE.

A medição da vazão de esgoto bombeada tem relevância no tempo e período de operação dos CMB's. Leoneti et al. (2013, p. 58), Pereira & Silva (2018, p. 198) comentam que a diminuição na vazão bombeada reduz diretamente a potência requerida pelos CMB's e, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica.

O controle operacional de uma EEE ocorre quando se tem efetivamente o monitoramento e o controle dos parâmetros hidráulicos e elétricos, isso foi discutido por Silva et al. (2015, p. 408). Dutra (2016, p. 21) destaca que o benefício da informatização é a precisão com que as companhias de saneamento podem medir o que recebem, bombeiam e despejam, ajuda diretamente na economia.

Uma explicação para a NBR não apresentar a opção de instalação de modernos equipamentos eletromecânicos de medição de vazão é a evolução tecnológica e a redução nos valores de comercialização que vem ocorrendo desde o ano de publicação da norma até o presente momento.

Apesar de recomendado na literatura técnica, alguns projetos de EEE ainda apresentam deficiências de medição. O ideal é que nos novos projetos sejam previstos medidores com dispositivos informatizados para registro e armazenagem dos dados do bombeamento de esgoto.

Funcionamento dos CMB's da EEE

Na NBR 12208/1992 não existe recomendações quanto aos arranjos dos CMB's para a operação o horário de ponta. A explicação para essa lacuna é que essa norma foi publicada em março do ano de 1992, enquanto a regulamentação da ANEEL com os horários de ponta e fora de ponta foi publicada em março do ano de 1993 por meio da lei nº 8.631(1993) e do decreto nº 774 (1993) que criaram sistema de tarifas diferenciadas para o horário de ponta.

De acordo com Barreto (2006, p. 35) & Almeida (2010, p. 4) a relação do horário de ponta do setor elétrico é direta com a eficiência energética na EEE. Ramos et al. (2012, p. 4) defendem que o consumo de energia elétrica poderia ser reduzido em pelo menos 25% por

meio de melhorias de energética, o que evidencia a relevância de tais informações no dimensionamento de projeto e engenharia de EEE.

Também deveriam ter recomendações das características hidráulicas para a seleção dos CMB's, pois o desempenho dos CMB's pode aumentar ou diminuir o consumo de energia elétrica. Apesar disso, na NBR 12208/1992 não foi encontrada orientação de eficiência energética com maior detalhamento para o dimensionamento dos CMB's.

Na NBR 12208/1992 também não recomenda a utilização de equipamentos para o controle da partida dos CMB's. Mahar & Singh (2014, p. 401) relatam que o inversor de frequência na operação dos CMB's é capaz de flexibilizar o controle da vazão por meio da variação da velocidade de operação do motor elétrico.

De acordo com Marchi & Simpson (2013, p. 457), o inversor de frequência trabalha alterando a frequência da tensão aplicada ao motor, possibilitando controlar a sua rotação. Sobre isso, Simpson & Marchi (2013, p. 1315) observam que em sistemas de bombeamento é prática bastante comum o uso desse dispositivo, pois sua aplicabilidade econômica é justificável pela redução do consumo energético no sistema.

Além disso, é importante também recomendações sobre a relação da altura manométrica e uso de inversores de frequência. Neste contexto, Marchi & Simpson (2013) salientam que, ao controlar a rotação do motor pelo inversor de frequência, em função da altura manométrica e da vazão requerida, melhoram as condições de corrente para o motor em operação com partidas e desligamentos suaves, o que possibilita o redimensionamento do motor elétrico para potência menor.

Orientação das companhias para o projeto de EEE

Como a NBR 12.208 foi publicada no ano de 1992, diversas companhias de saneamento começaram a estabelecer diretrizes para elaboração de projeto de EEE, disponibilizando informações da evolução da tecnologia em documentos para orientar a elaboração de projetos de EEE que considerem a eficiência energética.

Na pesquisa foram consultados documentos técnicos disponibilizados por 27¹ companhias estaduais de saneamento brasileiras para projeto de EEE. Nos documentos analisados foi constatado que a maioria apresenta informações semelhantes, razão para serem exemplificados pontos importantes detalhados em informações da Companhia de Saneamento

¹ AGESPISA, CAESB, CEDAE, CAESA, CAERN, CASAN, CAGECE, CAGEPA, CAERD, CAEMA, CASAL, COPASA, DESO, COSANPA, SANEPAR, CESAN, COMPESA, CORSAN, SANESUL, SABESP, EMBASA, CAER, DEPASA, SANEAGO, COSAMA, SANEMAT, SANEATINS.

Básico do Estado de São Paulo (SABESP), da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que trazem as seguintes considerações para a eficiência energética:

Na SABESP é possível consultar a orientação técnica na Norma 020 (2003) “Norma Técnica SABESP NTS 020, estações elevatórias, elaboração de projetos - procedimento”, que apresenta diretrizes para eficiência energética de projeto, como:

- Estudo hidráulico das EEE, para redução no consumo de energia elétrica;
- Modernização das plantas e confiabilidade operacional;
- Unificação de entradas de energia elétrica de instalações, média e baixa tensão;
- Consumo médio de energia elétrica por unidade;
- Índice de consumo específico de energia elétrica.

A SANEPAR estabelece diretrizes para o projeto de EEE para pequeno, médio e grande porte. No sistema de entrada da EEE é recomendada a instalação de medidores eletromagnético em todos projetos de EEE com vazão acima de 2,5 l/s e também a instalação de manômetro com caixa em aço inox.

Ainda recomenda projetar o nível mínimo do poço de sucção para que o CMB fique totalmente imerso no esgoto, bem como que os CMB's tenham menos de 5 partidas (acionamentos) a cada hora o que tem influência direta no consumo de energia elétrica. Também apresenta recomendações para a seleção dos CMB's, que devem ser observados quanto ao rendimento, a rotação e a eficiência energética.

Em relação aos Indicadores de Eficiência Energética cita avaliar a possibilidade de estagiamento dos equipamentos em 10 anos e o custo/benefício de instalação para este mesmo período de tempo. Além disso, recomenda que devem ser apresentados, juntamente com a seleção do tipo de CMB, cálculos com os respectivos valores em reais por Megawatt-hora (R\$/MWh) e os valores do quilowatt hora por metro cúbico bombeado (kWh/m³).

Em relação ao uso de Inversor de Frequência, a SANEPAR recomenda a apresentação da simulação das curvas com a variação de frequência (partindo de 60Hz a no máximo 30Hz) para o ponto de trabalho. Também que deve ser definida a frequência mínima de operação, verificada a viabilidade técnica de utilização de inversor de frequência e a relação de custo/benefício ou proposta de outro tipo de partida.

A norma técnica 015 do DMAE recomenda os aspectos essenciais a serem abordados na execução, apresentação, verificação e medição para execução total ou parcial de projetos de Estação de Bombeamento de Esgoto Sanitário, novas ou reformas.

No projeto hidráulico e mecânico são solicitados o estudo das curvas do sistema; a escolha das unidades de bombeamento; o dimensionamento dos barriletes de sucção e de recalque, dos transientes hidráulicos e definição dos equipamentos de proteção e deve ser acompanhado de perfil reduzido da linha de sucção e de recalque, com todas as informações necessárias à análise.

Também propõem o emprego e especificação dos equipamentos de medição necessários para aferição de pressão e vazão, tais como, manômetros de sucção e recalque e macromedidores de vazão, respectivamente.

Em relação ao projeto de automação, que deve permitir: registrar as situações operacionais, bem como que deve ser completo, com todos os detalhamentos do Centro de Comando Operacional, quanto ao “hardware”, “software” aberto, posicionamento e especificações dos CLP’s, diagrama Processo e Instrumentação e comunicação / conexão entre diferentes sistemas.

4. Discussão dos Resultados

A NBR12208/1992 precisa ser atualizada para oferecer informações adequadas ao projeto com a observância da eficiência energética na operação da EEE. Uma das principais lacunas é a falta de orientação quanto ao funcionamento dos CMB’s no horário de ponta do setor elétrico e ao consumo específico de energia elétrica. Isso vai de encontro ao recomendado por Gomes (2012, p. 287) para projetos que pretendem retirar demanda do posto horário de ponta:

“Possíveis configurações para o bombeamento, com ou sem o uso de inversor de frequência e as respectivas vazões bombeadas, hora a hora. O consumo e demanda de energia, no horário de ponta e fora de ponta, com a situação atual. As especificações e curvas características do bombeamento atual e a curva do sistema. As especificações e curvas características para o bombeamento e sistema proposto” (Gomes, 2012, p. 287).

Nesse cenário, é importante que na atualização da NBR seja definida a instalação de medidores eletrônicos em vários pontos da EEE, para permitir analisar quais

máquinas/motores consomem energia, e em que horários, além de calcular os custos de energia e as “contas “de energia de cada CMB.

O projeto elaborado com dispositivos de monitoramento também possibilita a determinação do rendimento dos CMB's, do volume de esgoto por kWh consumido e por R\$ gasto. Portanto, cabe ao projetista antever os futuros procedimentos de controle e de economia energética, a partir do detalhamento de pontos de medição de vazão de esgoto e de energia elétrica na instalação de bombeamento.

Na atualização da NBR 12208/1992 também devem constar orientações que relacionem a altura manométrica de bombeamento com uso de inversor de frequência, consumo específico de energia, custo médio de energia elétrica por m³ bombeado, rendimento da bomba, rendimento do motor, tarifa de energia no horário de ponta e fora de ponta, tempo de bombeamento no horário de ponta e fora da ponta, consumo de energia normalizado, volume de esgoto bombeado.

Essas atualizações das normas devem ampliar os esforços para que os resultados projetados venham a ser alcançados na operação da EEE. Caso isso venha a ocorrer, será atendida a finalidade:

“Prover a sociedade brasileira de conhecimento sistematizado, por meio de documentos normativos, que permita a produção, a comercialização e uso de bens e serviços de forma competitiva e sustentável nos mercados interno e externo, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico, proteção do meio ambiente e defesa do consumidor”, além de ser reconhecida como único Foro Nacional de Normalização aprovada por meio da Resolução n.º 07 do CONMETRO² 1992” (CONMETRO, 1992, p. 1).

Além disso, ao contemplar a eficiência energética, o projeto de engenharia passa a ser uma ação para atender aos objetivos de desenvolvimento sustentável da organização das nações unidas (ONU) de n.º 7 (energia acessível e limpa) e de n.º 11 (cidades e comunidades sustentáveis), correspondem a ações para pessoas, o planeta e para a prosperidade.

Paralelamente, a inclusão da eficiência energética no projeto de engenharia da instalação de bombeamento de esgoto sanitário atende aos requisitos sanitários e ambientais brasileiros preconizados em resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e em legislações específicas.

² Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

Outro ponto a ser destacado é que o projeto da EEE com eficiência energética também contribui para a redução das despesas operacionais do prestador dos serviços de esgotamento sanitário, o que poderá contribuir significativamente com a recita.

5. Conclusão

Apesar da importância das normas analisadas, faltam informações mais detalhadas e necessárias para o projeto de EEE com eficiência energética. Isso resulta em ações isoladas e independentes das companhias de saneamento para orientação dos projetistas, o que pode resultar em falta de padronização e na utilização de critérios distintos e que podem provocar polêmicas e diferentes interpretações técnicas.

Na NBR12208/1992 foram verificadas recomendações aos projetistas que dificultam a eficiência energética na rotina operacional da EEE. Entre essas estão a falta de orientação da localização adequada dos medidores das grandezas hidráulicas e elétricas; o pequeno tempo de detenção hidráulica para o dimensionamento do poço de sucção e a necessidade de ser considerado o horário de ponta no dimensionamento dos CMB's.

Apesar do projeto dever assegurar o adequado funcionamento de qualquer empreendimento, as lacunas das normas podem resultar em projetos de EEE elaborados sem considerar as orientações, critérios e parâmetros atualmente procurados de eficiência energética.

Diante disso, o projeto da EEE precisa ter informações suficientes e necessárias para caracterização da obra, com nível de precisão adequado, assegurando a viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Portanto, é importante a atualização da NBR12208/1992 e das normas complementares com informações que orientem os projetistas de EEE quanto a eficiência energética. É preciso destacar aspectos diretamente relacionados com a eficiência energética da EEE, como o aumento no tempo de detenção do esgoto no poço úmido, à instalação de equipamentos de medição das variáveis hidráulicas e energéticas, o dimensionamento dos CMB's considerando o horário de ponta estabelecido pelo setor elétrico, entre outros.

Assim, dada a relevância da eficiência energética, o emprego da EEE deve ser rigorosamente planejado e projetado para que a operação venha a ocorrer com a eficiência energética estabelecida em cada local, razão para a atualização da NBR12208/1992 ser importante ação para a orientação e padronização das alternativas técnicas de eficiência energética que devem ser considerados na elaboração dos projetos de EEE no Brasil.

Referências

Almeida, P. L. C. (2010). *Optimização da operação de uma estação elevatória, minimização do custo da energia respeitando critérios de qualidade da água*. 2010. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Basrawi, F. (2017). Techno-economic performance of biogas-fueled micro gas turbine cogeneration systems in sewage treatment plants: Effect of prime mover generation capacity. *Energy*, 124, 238-248.

Brasil. (1993). Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Lei nº 8.666, 1993. Acesso em: 22 de maio de 2020, em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm

Barreto, G. C. (2010). *Avaliação da operação e estimativa das perdas de água e de energia elétrica no 3º setor de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém*. 2006, 151. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPA, Belém, PA.

Castellanelli, C. A. Autosuficiência energética no horário de ponta: Análise técnico-econômica de geradores operados com diesel e biodiesel obtido através do óleo de fritura usado. *Revista ESPACIOS*, 36(19), 2015.

Campos, J. R. (1999). *Projeto Executivo da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Tavares Bastos do Município de Belém - Pará*. São Carlos, SP: [s. n].

Dutra, J. (2016). *Efetividade dos investimentos em saneamento no Brasil: da disponibilidade dos recursos financeiros à implantação dos sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário*. São Paulo: FGV - Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura.

Freitas, L. C. F. F.; Santiago, Y. C.; Ribeiro, N. S. (2019). Avaliação econômica e do potencial energético do biogás de aterro em Campinas-SP. *Res. Soc. Dev.* 2019; 8 (6): e4286788. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i6.788>

Gong, C. Lingling, Z. Hu, D. X. (2012). Energy Saving And Reducing Consumption Approach For Urban Sewage Treatment Plant [J]. *Technology of Water Treatment.* (04), 12-15.

Gomes, H. P. (2012). *Sistema de Bombeamento: Eficiência Energética*. 2ª edição. 460 p. João Pessoa. Editora Universitária/UFPB.

Leoneti, A. B., Oliveira, S. V. W. B., & Pires, E. C. (2013). Método baseado em indicadores de sustentabilidade para escolha de estações de tratamento de esgoto. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 30, 56-67.

Mahar, P. S., & Singh, R. P. (2014). Optimal design of pumping mains considering pump characteristics. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, Arlington, 5(1), 40130101-40130106.

Marchi, A., & Simpson, A. R. (2013). Correction of the EPANET inaccuracy in computing the efficiency of variable speed pumps. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Reston, 139(4), 456-459.

Nitatori, D. H. (2016). Avaliação operacional de estação elevatória de esgoto utilizando eficiência energética: estudo de caso na cidade de Itaí/São Paulo. 1 recurso online (144 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.

Park, K., Lee, H., Phelan, S., Liyanaarachchi, S., Marleni, N., Navaratna, D., Jegatheesan, V., & Shu, L. (2014). Mitigation strategies of hydrogen sulphide emission in sewer networks: a review. *International Biodeterioration e Biodegradation*, 95, Part A, p. 251-261.

Pereira, J. A. R., & Soares, J. M. (2018). *Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação*. 3 ed. Belém: EDUFPA. ver. e ampl. 310 p.

Pereira, J. A., & Condurú, M. (2014). Abastecimento de água: informação para eficiência hidroenergética. João Pessoa: UFPB.

Pereira, J. A., & Silva, J. M. S. (2018). Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação. 3. ed. rev. e ampl. 310 p. Belém, PA.

Ramos, H. M., Costa L. H. M., & Gonçalves F. V. (2012). “Energy Efficiency in Water Supply Systems: GA for Pump Schedule Optimization and ANN for Hybrid Energy Prediction, Water Supply System Analysis” - Selected Topics, Dr. Avi Ostfeld (Ed).

Ronga, Q., Yanpeng, C., & Chend, B. (2017). Field management of a drinking water reservoir basin based on the investigation of multiple agricultural nonpoint source pollution indicators in north China. *Ecological Indicators*.

Silva, M. J. S., Araújo, C. S., Bezerra, S. T. M., Arnaud, S., Souto, C. R., & Gomes, H. P. (2015). Sistema de controle adaptativo aplicado a um sistema de distribuição de água com ênfase na eficiência energética. *Revista de Eng Sanit Ambient*, 20(3), 405-413.

Simpson, A. R., & Marchi, A. (2013). Evaluating the approximation of the affinity laws and improving the efficiency estimate for variable speed pumps. *Journal of Hydraulic Engineering*, New York, 139(12), 1314-1317.

Shokri, A., Bozorg, O., & Mariño, M. A. (2014). Multi-objective quantity-quality reservoir operation in sudden pollution. *Water Resour. Manag.* 28, 567-586.

Tsutiya, M. T. (2006). Abastecimento de água: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 4 ed., 643p, São Paulo.

Wallace, K. J., Wagner, C., & Smith, M. J. (2016). Eliciting human values for conservation planning and decisions: a global issue. *J. Environ. Manag.* 170, 160-168.

Zeng, X. T., Zhang, S. J., Huang, G. H., & Zhang, P. (2017). A multi-reservoir based water-hydroenergy management model for identifying the risk horizon of regional resources-energy policy under uncertainties. *Energy Conversion and Management*, 143, 66-84.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Francisca Nara da Conceição Moreira - 45%

Jorge Fernando Hungria Ferreira - 10%

José Almir Rodrigues Pereira - 45%