

## **ESTUDO DO IMPACTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE DOS GRUPOS MOTO-GERADORES DE EMERGÊNCIA DA SABESP**

### **Yuri de Lima Barbosa<sup>(1)</sup>**

Mestre em Energia pela Universidade Federal do ABC (UFABC) desde 2021, formado com graduação sanduíche em Engenharia de Energia pela UFABC e pelo Indiana Institute of Technology em 2016, em Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela UFABC em 2014 e em Técnico em Eletrotécnica pela ETEC Aristóteles Ferreira em 2010. Trabalha na Sabesp desde 2018 como Técnico em Sistemas de Saneamento da Divisão de Manutenção Elétrica e Instrumentação. Estuda sobre indicadores de manutenção.

### **Felipe Alves Miranda<sup>(2)</sup>**

Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Paulista (UNIP) em 2019 e em Técnico em Eletrotécnica pela ETEC Prof. Basilides de Godoy em 2013. Trabalha na Sabesp desde 2016 e atualmente está na função de Encarregado do Setor de Painéis, Dispositivos de Manobra e Geradores da Superintendência de Manutenção Estratégica. Gerencia e implementa melhorias nos processos de manutenção preventiva dos geradores da Sabesp.

### **Alan Proença Oliveira<sup>(3)</sup>**

Cursando Tecnologia da Informação na Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP) e formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estácio de Sá em 2018 e em Tecnologia de Sistemas Elétricos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) em 2015. Trabalha na Sabesp desde 2018 e atualmente atua no setor de Painéis, Dispositivos de Manobra e Geradores da Superintendência de Manutenção Estratégica. Estuda tecnologias de IoT, telemetria e unidades de supervisão de corrente alternada.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua José Rafaeli, 284 – Socorro – São Paulo – SP – CEP: 04763-280 – Brasil – Tel: +55 (13) 98802-5552 – e-mail: [ybarbosa@sabesp.com.br](mailto:ybarbosa@sabesp.com.br).

## **RESUMO**

O descumprimento de normas e regulamentos, a contaminação da água, a necessidade de planos de contingência e investimentos adicionais, bem como os prejuízos à saúde pública e ao meio ambiente, são alguns dos problemas enfrentados pela descontinuidade de fornecimento de energia elétrica. Portanto, os grupos moto-geradores se mostram uma alternativa para esse problema. Além disso, um plano de manutenção preventiva desses equipamentos se mostra importantíssima e necessária. O objetivo desse trabalho é observar se o plano de manutenção preventiva dos grupos moto-geradores da Superintendência de Manutenção da Sabesp (MM) tem impactado na melhora da confiabilidade e disponibilidade desses equipamentos. Através dos relatórios de manutenções preventivas dessas máquinas, cada um desses geradores foi classificado qualitativamente enquanto sua operacionalidade a cada mês e posteriormente quantificando a quantidade de máquinas operacionais em relação a quantidade de máquinas atendidas. Observou-se que as manutenções preventivas realizadas nos diversos grupos moto-geradores têm contribuído para o aumento da quantidade de máquinas operacionais desse conjunto. Dessa forma, conclui-se que até o momento esse serviço de manutenção preventiva nos geradores tem melhora a disponibilidade e confiabilidade desses equipamentos e que os planos, roteiros, verificações e serviços realizados nessas manutenções tem se mostrado eficiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** grupos moto-geradores, manutenção preventiva, manutenção estratégica.

## **INTRODUÇÃO**

A manutenção preventiva de grupos moto-geradores é uma prática essencial para garantir o desempenho confiável e a disponibilidade contínua desses ativos (KARDEC, 2001). Os geradores são considerados ativos importantes em diversos setores, como hospitais, saneamento, data centers, indústrias, entre outros, onde a interrupção no fornecimento de energia pode ter consequências econômicas, sociais e ambientais graves (BIM, 2009).

Portanto, esse tipo de manutenção em geradores visa evitar falhas inesperadas, prolongar a vida útil do equipamento, minimizar interrupções não programadas e garantir que o gerador esteja pronto para fornecer energia de backup quando necessário. Ao seguir um programa de manutenção preventiva adequado, é possível reduzir o risco de

paralisações inesperadas, aumentar a confiabilidade do sistema e otimizar o desempenho dos geradores como ativos críticos para a continuidade dos negócios (GURSKI, 2008).

A Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é uma empresa de economia mista presente em mais de 370 municípios paulistas e atua no segmento de saneamento básico, que inclui tratamento e distribuição de água e coleta e tratamento dos esgotos. Ela tem como missão "prestar serviços de saneamento, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente." (SABESP, 2023)

A Sabesp é regulada e fiscalizada pela ARSESP (Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo), que é a agência responsável por estabelecer as diretrizes, normas e tarifas relacionadas aos serviços de saneamento básico no estado (ARSESP, 2023). Já a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) regula, fiscaliza e monitora as questões ambientais relacionadas às atividades da Sabesp e de outras empresas no estado de São Paulo (CETESB, 2023). Logo, a Sabesp, a ARSESP e a CETESB atuam de forma coordenada para garantir a oferta de serviços de qualidade, a proteção ambiental e a saúde da população.

A partir disso, a Sabesp é fiscalizada por essas entidades no que se refere à qualidade dos serviços e sua adequação a normas vigentes em relação a questão ambiental. Dessa forma, os grupos moto-geradores de emergência desempenham um papel crucial na garantia do funcionamento contínuo e eficiente das estações de tratamento e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto. Eles permitem que essas instalações forneçam um serviço essencial à comunidade, evitando interrupções no tratamento de água e de esgoto, prevenindo riscos ambientais e sociais (BRASIL, 2004). Além disso, os geradores de emergência desempenham um papel fundamental em situações de crise, como desastres naturais, ao assegurar a segurança e a saúde pública. Portanto, investir na manutenção preventiva em geradores de emergência é fundamental para manter o fornecimento de água tratada e preservar a qualidade do meio ambiente (KARDEC, 2001).

A Superintendência de Manutenção Estratégica da Sabesp (MM) é responsável por realizar atividades de manutenção, obras emergenciais e serviços de grande complexidade. Os serviços de manutenção de diversas áreas (civil, elétrica, instrumentação e mecânica) realizados são de manutenção preventiva, preditiva e corretiva, com planos de manutenção para diversos equipamentos importantes da Sabesp. A partir de agosto de 2022 o setor de Painéis, Dispositivos de Manobra e Geradores da Divisão de Manutenção Elétrica e Instrumentação da MM (MMOE) ficou responsável pelos planos de manutenção preventiva e da manutenção corretiva de 229 grupos moto-geradores em instalações da Sabesp que estão na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Esse setor já realizava a manutenção de 60 máquinas anteriormente, porém ao aumentar a quantidade de geradores cujas manutenções preventivas estão na responsabilidade desse setor, aumentou a complexidade de como fiscalizar e monitorar as condições gerais desse parque de geradores (SABESP, 2023).

## **OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo observar o impacto das manutenções preventivas realizadas pelo setor de Painéis, Dispositivos de manobra e geradores da MM na melhoria da confiabilidade e disponibilidade desses equipamentos gerenciados por esse setor.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Neste trabalho foi utilizando primeiramente uma análise qualitativa da situação de operação dos geradores a partir dos relatórios de manutenção preventivas produzidos em campo durante esse serviço no parque de grupos moto-geradores atendidos pela Superintendência de Manutenção Estratégica da Sabesp (BUSSAB, 2003).

Durante as manutenções preventivas são elaborados relatórios de verificações de parte elétrica e mecânica tanto de aspectos qualitativos da máquina quanto de grandezas físicas. Alguns aspectos gerais do grupo moto-gerador são verificados, como o horímetro e nível de combustível. Em relação à parte de elétrica, são verificados por exemplo as condições da bazeta, do quadro de comando do gerador e do quadro de transferência automática (QTA) e a medição da corrente, tensão e frequência do circuito de força do gerador e a corrente de partida do motor de arranque a tensão e impedância das baterias. Já em relação aos aspectos mecânicos, são verificadas as condições do sistema de arrefecimento, de alimentação, de lubrificação e de vibração e a medição da pressão de óleo e da temperatura da água enquanto o gerador está funcionando.

Esses relatórios são disponibilizados aos clientes internos da MM através do sistema corporativo de compartilhamento e armazenamento de arquivos em nuvem chamado "Compartilhe Sabesp", que pode ser acessado por endereço web ou pelo QR code disponibilizado nos equipamentos em campo. Para este trabalho serão analisados

os relatórios do período de agosto de 2022 até abril de 2023, período do qual o parque de geradores na qual é feita a manutenção preventiva pela MM aumentou para 229 máquinas.

Dessa forma, ao analisar os relatórios de cada um dos grupos moto-geradores, esses grupos foram classificados de acordo com as categorias mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Classificação da situação operacional dos grupos moto-geradores**

Índice (n)*	Classificação	Descrição
1	Totalmente operacional	O grupo moto-gerador está funcionando sem nenhum tipo de problema tanto de natureza elétrica quanto mecânica.
2	Operacional com pendência elétrica	O grupo moto-gerador está funcionando com algum problema elétrico que não interfere gravemente no funcionamento do grupo, como por exemplo problema com o display da USCA.
3	Operacional com pendência mecânica	O grupo moto-gerador está funcionando com algum problema mecânico que não interfere gravemente no funcionamento do grupo, como por exemplo problema com o pré-aquecimento.
4	Operacional com pendências elétricas e mecânicas	O grupo moto-gerador está funcionando com alguns problemas elétricos e mecânicos que não interferem gravemente no funcionamento do grupo.
5	Não operacional com pendência elétrica	O grupo moto-gerador não está funcionando com algum problema elétrico que interfere gravemente no funcionamento do grupo, como por exemplo bateria descarregada e carregador de bateria queimado.
6	Não operacional com pendência mecânica	O grupo moto-gerador não está funcionando com algum problema mecânico que interfere gravemente no funcionamento do grupo, como por exemplo problema na bomba injetora.
7	Não operacional com pendências elétricas e mecânicas	O grupo moto-gerador não está funcionando com alguns problemas elétricos e mecânicos que interferem gravemente no funcionamento do grupo.

\*Esse índice é utilizado na Fórmula (1).

Após essa classificação qualitativa, uma análise quantitativa foi realizada com o objetivo de encontrar os dados relativos que indicam a relação entre a quantidade de grupos moto-geradores operacionais e a quantidade de grupos moto-geradores atendidos (BUSSAB, 2003). Dessa forma, uma primeira etapa de monitoramento da situação desses ativos é realizada. A fórmula 1 foi utilizada para encontrar essa relação e que é o objetivo principal desse trabalho.

$$I = \frac{\sum_{n=1}^4 O_n}{G_T} \times 100$$

Fórmula (1)

Onde:

- I é o Índice de geradores operacionais em % que mostra a razão entre a quantidade de máquinas operacionais e a quantidade de máquinas total atendidas calculado mensal ou bimestralmente;
- $O_n$  é a quantidade de máquinas classificadas como operacionais verificados mensal ou bimestralmente. O índice  $n = 1$  representa as máquinas totalmente operacionais, o índice 2 representa as máquinas operacionais com pendência elétrica, o índice 3 representa as máquinas operacionais com pendência mecânica e o índice 4 representa as máquinas operacionais com pendências elétricas e mecânicas. Logo, por exemplo,  $O_1$  é a quantidade de máquinas que foram classificadas como totalmente operacionais,  $O_2$  é a quantidade de máquinas que foram classificadas como operacionais com pendência elétrica e assim por diante;
- $G_T$  é a quantidade total de máquinas em que foram realizadas as manutenções preventiva verificado mensal e quinzenalmente.

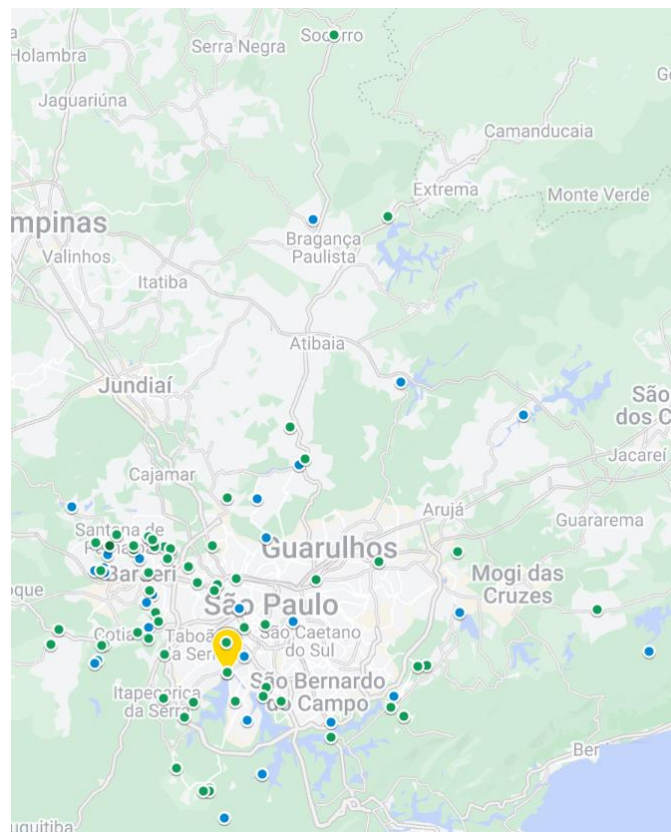
## RESULTADOS OBTIDOS

No período de 2011 a 2019 foram atendidos pela MMOE 40 grupos moto-geradores com manutenções preventivas mensais com mão de obra própria da Sabesp. Em 2020 essa quantidade de geradores aumentou para 60 máquinas e as manutenções preventivas foram realizadas por uma empresa terceirizada e fiscalizada pela MMOE. Até 2020 eram atendidas estações da Sabesp de 18 cidades da RMSP: São Paulo, Aldeia da Serra, Cotia, Salesópolis, Santana do Parnaíba, Embú das Artes, Biritiba Mirim, São Bernardo do Campo, Suzano, Mairiporã, Pirapora do Bom Jesus, Ribeirão Pires, Carapicuíba, Bragança Paulista, Socorro, Alphaville, Vergem Grande Paulista e Embú Guaçu.

De 2021 ao meio do ano de 2022 as manutenções preventivas dessas 60 máquinas voltaram a ser realizadas com mão de obra própria da Sabesp. Esses grupos moto-geradores fazem parte do sistema de emergências de importantes processos da empresa, como por exemplo das Estações de Tratamento de Água e Esgoto e de áreas administrativas de atendimento ao cliente, de operação remota e supervisão da RMSP e dos sistemas de data center.

Pelo bom reconhecimento dessa prestação de serviço oferecido pela MMOE durante esses anos e pela necessidade de manter em funcionamento as instalações da Sabesp que impactam no fornecimento de água tratada e de coleta e tratamento de esgoto, a demanda desse tipo de serviço veio aumentando e culminou em um grande número de máquinas atendidas a partir de agosto de 2023. A partir dessa data começaram a ser atendidas 229 máquinas da RMSP com potências entre 15 a 1140 kVA por uma empresa terceirizada e fiscalizada pela MMOE e a área de abrangência aumentou para 38 cidades, sendo as 18 já atendidas acrescentadas das seguintes cidades: Santa Isabel, Barueri, Osasco, Itapeverica da Serra, Rio grande da Serra, Diadema, Caieiras, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Poá, Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Piracaia, Joanópolis, Pirituba, Cajamar, Nazaré Paulista, Franco da Rocha, Pinhalzinho e Francisco Morato. A Figura 1 mostra alguns pontos onde são feitas as manutenções preventivas dos grupos moto-geradores pela MMOE.

**Figura 1 - Abrangência territorial do serviço de manutenção preventiva de geradores feitos pela MMOE.**

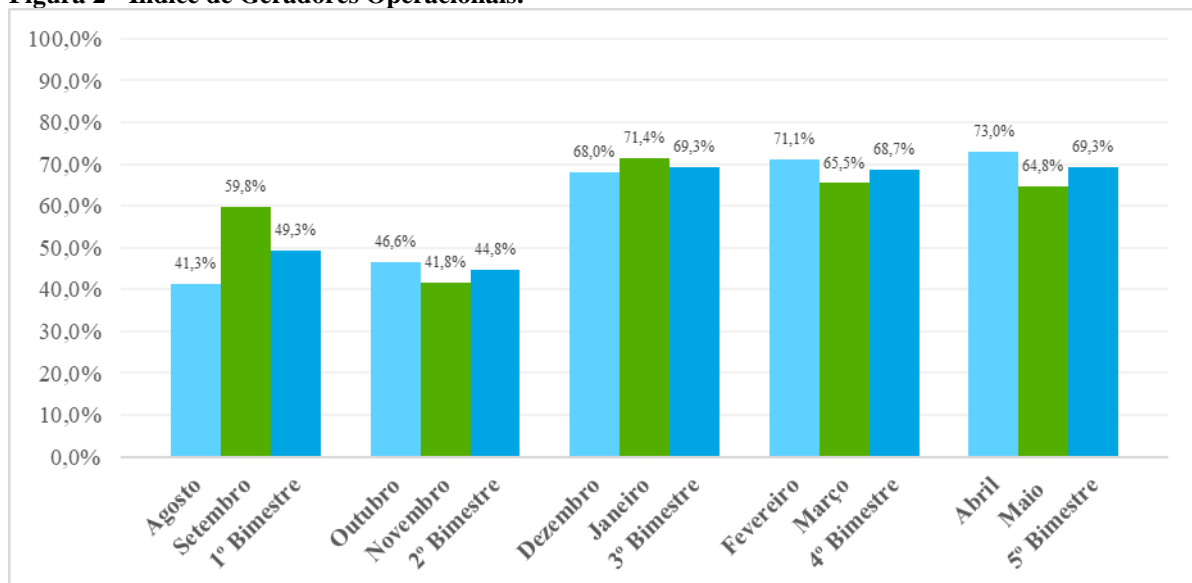


Obs.: O ponto em destaque em amarelo é a sede MMOE. Fonte: Autores.

Como a quantidade de máquinas teve um aumento de 282% e que ainda não eram mapeadas pela MMOE, houve um trabalho anterior de fazer a vistoria de cada grupo moto-gerador para fazer o levantamento das condições de cada máquina. Por isso, apesar do serviço ser prioritariamente de manutenção preventiva, até o presente momento ainda se está mapeando as necessidades de reparos em algumas máquinas, por isso que manutenções corretivas acontecem a partir dessas manutenções preventivas, tendo em vista que essas máquinas somente entram em operação em emergência e dependendo da região essas máquinas não entram em operação com frequência devido a boa qualidade da energia elétrica do sistema local. Dessa forma, é difícil identificar problemas nesses geradores em momentos diferentes de quando acontecem a manutenção preventiva. A partir da identificação dessas manutenções corretivas, a MMOE faz os reparos necessários com mão de obra próprio ou com mão de obra terceirizada.

As manutenções preventivas da totalidade dessas 229 máquinas são realizadas a cada dois meses, já que a maioria delas são feitas bimestralmente e algumas são feitas mensalmente. Dessa forma, a Figura 2 mostra o Índice de geradores operacionais. Nessa figura mostra a porcentagem de geradores operacionais mensalmente e a cada bimestre. Nos meses de agosto, outubro, dezembro e abril foram feitas as manutenções preventivas das mesmas máquinas. Nos meses de setembro, novembro, janeiro e março são feitas as manutenções preventivas das mesmas máquinas, porém são máquinas diferentes do conjunto de máquinas do caso dos meses anteriores. Como explicado anteriormente, a cada dois meses são realizadas as manutenções da totalidade das máquinas.

**Figura 2 - Índice de Geradores Operacionais.**



Fonte: Autores.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir da Figura 2 é possível observar durante os meses a quantidade relativa dos grupos moto-geradores operacionais com o objetivo de observar se há consequências das manutenções preventivas nessa quantidade. A análise dos números da Figura 2 serão separados em três cenários que correspondem os seguintes meses ou períodos:

- Cenário 1: agosto, outubro, dezembro, fevereiro e abril;
- Cenário 2: setembro, novembro, janeiro, março e maio;
- Cenário 3: 1º, 2º, 3º, 4º e 5º bimestres.

No cenário 1 é possível perceber que o valor aumentou em relação ao tempo, mostrando que possivelmente as manutenções preventivas (e as corretivas feitas a partir da identificação da necessidade nas manutenções corretivas) vem contribuindo para o aumento da quantidade de máquinas operacionais e que a rotina de verificações, medições e operações realizadas durante as manutenções preventivas tem sido eficiente.

No cenário 2 nota-se que o valor em relação ao tempo variou, mostrando que possivelmente as manutenções preventivas não têm sido eficiente ou estão identificando muitas situações em que são necessárias manutenções

corretivas. Entretanto, nos meses desse cenário as manutenções preventivas são realizadas em mais máquinas que não faziam parte dos planos de manutenção preventivas dos anos anteriores. Conseqüentemente a MMOE não possuía o histórico dessas máquinas e as situações desses geradores vão variar possivelmente sem padrão até que todas as máquinas estejam plenamente operacionais ou que os problemas identificados estejam melhor mapeados. Acontece frequentemente que após fazer uma corretiva em uma máquina seja observado outro problema que não poderia ser identificado sem fazer a corretiva anterior.

No cenário 3 é observa-se que em geral os valores têm aumentado com exceção do 2º bimestre por consequência dos valores do mês de novembro. Esse cenário mostra a consolidação total do parque de máquinas atendidas pela MMOE e mostra de forma geral, levando em consideração os números dos cenários 1 e 2, as condições dos geradores. Apesar da imprevisibilidade das manutenções corretivas que acontecem durante esse tempo e que deixam algumas máquinas fora de operação, em geral o ciclo de manutenções preventivas vem contribuindo para o aumento do índice de geradores operacionais.

A partir dessas análises, conclui-se que de forma geral as manutenções preventivas realizadas nos diversos grupos moto-geradores pela MMOE vêm se mostrando eficientes e que tem contribuído para o aumento da quantidade de máquinas operacionais durante o tempo. Dessa forma, proporcionando para que o objetivo das manutenções preventivas seja alcançado, que é deixar todas as máquinas operacionais e prevenindo situações críticas que culminem em manutenções corretivas. Portanto, a manutenção preventiva que está sendo realizada deve ser mantida, de acordo com os roteiros e serviços realizados durante essas manutenções.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A falta de energia elétrica pode ter sérios impactos nos aspectos regulatórios dos sistemas de tratamento e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto. A contaminação da água, o descumprimento de normas e regulamentos, a necessidade de investimentos adicionais e planos de contingência, bem como os prejuízos ao meio ambiente à saúde pública, são alguns dos problemas decorrentes pela interrupção de fornecimento de energia elétrica. À vista disso, os grupos moto-geradores são uma alternativa para que os diversos sistemas estejam preparados para enfrentar as descontinuidades do fornecimento de energia da rede elétrica, a fim de preservar o meio ambiente, garantir a saúde e o bem-estar da população e cumprir os aspectos legais. Além disso, a manutenção preventiva desses equipamentos se mostra importantíssima e necessária.

Com a discussão apresentada nesse trabalho, conclui-se as manutenções preventivas realizadas nos diversos grupos moto-geradores pela MMOE tem contribuído para a disponibilidade e confiabilidade desses equipamentos. Além disso, contribui para reforçar que os planos, roteiros, verificações e serviços realizados nessas manutenções tem se mostrado eficiente. Dessa forma, deve-se manter os serviços de manutenção preventiva desses geradores para que o objetivo de aumentar a disponibilidade e confiabilidade desse conjunto de equipamentos seja alcançado.

A determinação do índice de geradores operacionais para monitorar a evolução da manutenção preventiva no conjunto dessas máquinas é a primeira etapa para esse gerenciamento. Portanto, recomenda-se evoluir os estudos para determinar indicadores de manutenção individuais para cada máquina.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ARSESP. Disponível em <http://www.arsesp.sp.gov.br/Paginas/saneamento/saneamento-basico.aspx>. Acesso em: 29/05/2023.
2. BIM, Edson. Máquinas Elétricas e Acionamento. Editora Elsevier, 2009.
3. BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. Manual de Saneamento. 3 ed. Ver – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 408 p. 2004
4. BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística Básica. São Paulo: Saraiva, 526p. 2003.
5. CETESB. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/>. Acesso em: 29/05/2023.
6. KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica. 2.ªed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

7. GURSKI, Carlos Alberto; RODRIGUES, Marcelo. Planejando Estrategicamente a Manutenção. Rio de Janeiro, out 2008.
8. SABESP. Disponível em <https://www.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaoId=3>. Acesso em: 29/05/2023.
9. SABESP. Disponível em <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=173>. Acesso em: 29/05/2023.