

CÁLCULO E ANÁLISE DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO DOS GRUPOS MOTO-GERADORES DE EMERGÊNCIA DA SABESP

Yuri de Lima Barbosa⁽¹⁾

Cursando MBA em Data Science & Analytics na Escola Politécnica da USP, mestre em Energia pela Universidade Federal do ABC (UFABC) desde 2021, formado com graduação sanduíche nos Estados Unidos em Engenharia de Energia pela UFABC e pelo Indiana Institute of Technology em 2016 e em Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela UFABC em 2014. Trabalha na Sabesp desde 2018 como Técnico em Sistemas de Saneamento da Divisão de Manutenção Especiais de Oficina. Estuda sobre indicadores de manutenção.

Felipe Alves Miranda⁽²⁾

Cursando Pós-Graduação em Liderança e Inovação na FGV, formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Paulista (UNIP) em 2019 e em Técnico em Eletrotécnica pela ETEC Prof. Basílides 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.

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

RESUMO

A gestão de ativos tem sido cada vez mais difundida e aplicada em diversas empresas porque contribui para melhorar aquisição, operação, manutenção e disponibilidade dos equipamentos atrelado ao melhor custo benefício. Analisar o ativo grupo moto-gerador se mostra necessário para sistemas que necessitam desses equipamentos para suprir energia elétrica em períodos de interrupção. Além disso, um plano de manutenção preventiva desses faz parte da gestão desses ativos, sendo importantíssima e necessária. O objetivo desse trabalho é calcular e analisar os indicadores de manutenção de grupos moto-geradores da Sabesp cuja manutenção é responsabilidade do setor de Painéis, Dispositivo de Manobra e Geradores da OG. Através dos relatórios de manutenções dessas máquinas, foram calculados os indicadores de manutenção MTBF, MTTR, Disponibilidade, Confiabilidade e Distribuição por tipos de manutenção. Observou-se que a distribuição de manutenção corretiva na maior parte dos geradores analisados foi menor do que 20% e que poucos geradores possuem uma disponibilidade maior do que 90%. Dessa forma, conclui-se que as manutenções preventivas realizadas nos diversos grupos moto-geradores têm uma periodicidade adequada, que há possibilidade para que os valores de MTTR diminuam a partir de verificações minuciosas nas manutenções preventivas e que essa diminuição pode levar ao aumento da disponibilidade desses equipamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Grupos moto-geradores, indicadores de manutenção, gestão de ativos.

INTRODUÇÃO

A manutenção preventiva de grupos moto-geradores é essencial para garantir o desempenho confiável e a disponibilidade contínua desses ativos. 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.

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.

Todos os tipos de empresas precisam de gestão de ativos, como por exemplo os grupos moto-geradores. Essa gestão fornece uma estrutura que permite que as empresas tomem decisões informadas sobre a aquisição, operação, manutenção e disposição de ativos físicos e intangíveis. A gestão de ativos melhora a eficiência operacional, a redução de custos, a redução de riscos e a sustentabilidade financeira ao maximizar o valor dos ativos ao longo de seu ciclo de vida. Além disso, promove a conformidade regulatória, a melhoria da qualidade

dos serviços e a capacidade de adaptação às mudanças no ambiente de negócios. Por fim, o sucesso e a competitividade de uma organização dependem da gestão de ativos (Gurski, 2008).

Os indicadores de manutenção são essenciais para a gestão de ativos porque fornecem informações importantes sobre o desempenho e a condição dos ativos ao longo do tempo. O tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio para reparo (MTTR), a taxa de falha e os custos de manutenção estão entre esses indicadores. Os gestores de ativos podem identificar padrões de desempenho, antecipar possíveis falhas, planejar a manutenção de forma mais eficiente e tomar decisões informadas sobre investimentos em ativos observando e analisando esses indicadores. Os indicadores de manutenção também permitem avaliar a eficácia das estratégias de manutenção implementadas, garantindo que os recursos sejam alocados de maneira adequada para maximizar a confiabilidade, disponibilidade e desempenho dos ativos, contribuindo para o alcance dos objetivos organizacionais.

A Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é uma empresa de economia mista presente em mais de 375 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 com excelência" (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. 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. 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 (Cetesb e Arsesp, 2023).

A partir disso, a Sabesp é fiscalizada por essas entidades no que se refere à qualidade dos serviços e sua adequação as 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.

A Superintendência de Manutenção Estratégica da Sabesp (OG) é responsável por realizar atividades de manutenção, obras emergenciais e serviços de grande complexidade no Estado de São Paulo. 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 a diesel em instalações da Sabesp que estão na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Sabesp, 2023).

Com a responsabilidade de gerenciar e executar as manutenções em 229 grupo moto-geradores, é essencial que seja estudado os indicadores de manutenção desses equipamentos para que seja analisado a eficiência dos planos de manutenção desses ativos.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo calcular e analisar os indicadores de manutenção de grupos moto-geradores da Sabesp cuja manutenção é responsabilidade do setor de Painéis, Dispositivo de Manobra e Geradores da OG.

METODOLOGIA UTILIZADA

Indicadores de manutenção são medidas quantitativas ou qualitativas que ajudam a avaliar o desempenho e a eficiência das ações de manutenção realizadas em uma organização. Eles fornecem informações cruciais sobre a saúde dos equipamentos, o desempenho das equipes de manutenção e a eficácia dos planos de manutenção. Alguns exemplos de indicadores de manutenção são (Kardec, 2001)(Gurski, 2008):

- Tempo médio entre falhas (MTBF - Mean Time Between Failures);
- Tempo médio para reparo (MTTR - Mean Time To Repair)
- Disponibilidade;

- Confiabilidade;
- Distribuição por tipos de manutenção;
- Taxa de reparo preventiva versus corretivo;
- Taxa de falhas;
- Backlog;
- Custo de manutenção sobre faturamento;
- Custo de manutenção sobre valor de reposição (CPMV).

Os indicadores de manutenção contribuem para que as lideranças tomem decisões estratégicas e operacionais (Kardec, 2001):

- Alocação de recursos de forma mais eficiente direcionando-os para áreas que requerem mais atenção ou investimento, como mão de obra, peças de reposição ou tecnologia, usando os indicadores de desempenho;
- Aprimorar a programação de manutenção utilizando indicadores de manutenção para determinar quando fazer manutenção preventiva ou corretiva. As lideranças podem desenvolver os cronogramas de manutenção para maximizar a disponibilidade dos ativos calculando o tempo médio entre falhas, o tempo médio para reparo e a taxa de falhas dos equipamentos;
- Os indicadores de manutenção ajudam a descobrir onde melhorar os processos de manutenção, contribuindo para a melhoria contínua. Esses parâmetros ajudam a gerência a tomar medidas corretivas e preventivas para aumentar a confiabilidade dos equipamentos, reduzir custos e aumentar a eficiência operacional;
- Com base nos indicadores de desempenho dos equipamentos e das equipes de manutenção, a liderança pode priorizar investimentos em novos equipamentos, tecnologias de monitoramento de condição ou treinamento da equipe, direcionando recursos para onde eles terão o maior impacto positivo.

Portanto, os indicadores de manutenção têm grande relevância na tomada de decisões inteligentes, permitindo que recursos sejam otimizados, a eficiência operacional seja maximizada e garantir que os ativos da empresa sejam confiáveis.

Para este trabalho, os indicadores que serão definidos e calculados para análise são o MTBF, MTTR, Disponibilidade, Confiabilidade e Distribuição por tipos de manutenção cujas definições são apresentadas a seguir (Kardec, 2001)(Gurski, 2008).

O indicador de desempenho mais conhecido é o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e descreve o tempo médio decorrido entre as falhas de um sistema ou equipamento, ou seja, o MTBF mostra o tempo médio de operação de um dispositivo antes de uma falha. Essa métrica é frequentemente utilizada para avaliar a confiabilidade de um sistema ou equipamento. O MTBF é mais confiável porque tem uma menor probabilidade de falhar dentro de um determinado período de tempo. O recomendado é calcular 70% do tempo médio entre falhas para realizar as manutenções preventivas. O cálculo do MTBF é mostrado na Fórmula (1) e sua unidade de medida é em horas (h).

$$MTBF = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}} \quad \text{Fórmula (1)}$$

O indicador de desempenho conhecido como Tempo Médio para Reparo (MTTR) descreve o tempo médio necessário para reparar um sistema ou equipamento após uma falha. Esse indicador é importante para avaliar a eficiência do processo de restauração e reparo de equipamentos. Um MTTR mais baixo indica que a equipe de manutenção pode resolver problemas de forma rápida e eficiente, reduzindo o tempo de inatividade não planejada dos equipamentos. O MTTR é fundamental para maximizar a disponibilidade operacional, reduzir os custos de inatividade dos equipamentos e otimizar o tempo de resposta da equipe de manutenção. O cálculo do MTTR é mostrado na Fórmula (2) e sua unidade de medida é em horas (h).

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad \text{Fórmula (2)}$$

O indicador de Disponibilidade na manutenção é uma medida que mostra a capacidade de um equipamento, sistema ou instalação de funcionar corretamente durante o tempo necessário ou esperado, ou seja, é a proporção do tempo em que o equipamento está disponível para operação em relação ao tempo total em que deveria estar disponível. Como afeta diretamente a eficiência e a produtividade das operações, a disponibilidade é um indicador que merece atenção. A alta disponibilidade geralmente é desejada porque indica que o equipamento está disponível para produzir durante a maior parte do tempo planejado. Esse indicador contribui para a liderança avaliar o desempenho da manutenção, indicar áreas de melhoria e implementar estratégias para minimizar os tempos de inatividade não planejados, aumentando dessa forma a produtividade e a eficiência operacional. Padrões de classe mundial determinam que uma

boa disponibilidade é aquela acima de 90%. O cálculo da Disponibilidade é mostrado na Fórmula (3) e sua unidade de medida é adimensional.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad \text{Fórmula (3)}$$

O indicador de Confiabilidade é semelhante à disponibilidade. Regulamentada pela NBR 5462 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ela pode ser definida como a capacidade do equipamento de desempenhar uma função sob determinadas condições e dentro de um intervalo de tempo no futuro, ou seja, a confiabilidade mede se o sistema ou equipamento é confiável considerando a probabilidade dele desempenhar bem suas funções em um certo período no futuro. Nesse sentido, o conceito de confiabilidade pode contribuir diretamente na redução de custos operacionais da sua empresa. Não somente para a gestão da manutenção, mas para o setor de compras também. O cálculo da Disponibilidade é mostrado na Fórmula (4) e sua unidade de medida é adimensional.

$$\text{Confiabilidade (t)} = e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}} \quad (\text{taxa de falhas}) \quad \text{Fórmula (4)}$$

t = tempo no futuro que se quer descobrir a confiabilidade do equipamento e a unidade de medida do t é a mesma do MTBF

A partir de agosto de 2022 o setor de Painéis, Dispositivos de Manobras e Geradores começou a fazer manutenções preventivas em 229 grupo moto-geradores da RMSP com potências entre 15 a 1140kVA. 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 e poucas são feitas quinzenalmente. Desde fevereiro de 2023 os dados dos relatórios de manutenção preventiva planejada, manutenção corretiva e intervenção para melhorias começaram a ser digitais, facilitando o tratamento e aquisição dos dados, possibilitando o cálculo dos indicadores de manutenção para algumas máquinas.

Forma escolhidas 34 máquinas para avaliação e determinação dos indicadores de manutenção porque os dados estavam mais confiáveis e porque tinham mais dados já que as periodicidades da manutenção dessas máquinas são quinzenais ou mensais. O período de tempo de aquisição dos dados para os cálculos dos indicadores é de fevereiro de 2023 até março de 2024. A Tabela 1 mostra as potências e a indicação dos locais dos grupos moto-geradores analisados nesse trabalho. A coluna Grupo, indicado por G1, G2, G3 e G4 são identificadores dos grupos moto-geradores de cada estação da Sabesp. Por exemplo, o G1 do Call Center é o Grupo moto-gerador 1 desse local e o G2 do Call Center é o grupo moto-gerador 2 desse local.

Tabela 1 – Potência dos geradores analisados no trabalho

MOTO-GERADORES	GRUPO	POTÊNCIA (kVA)	PERIODICIDADE MANUTENÇÃO PREVENTIVA
CCO – COSTA CARVALHO	G1	150	Quinzenal
CALL CENTER	G1	200	Quinzenal
CALL CENTER	G2	115	Quinzenal
CCM – COSTA CARVALHO	G1	30	Mensal
ETA ABV	G1	330	Mensal
ETA ABV	G2	53	Mensal
EEAB GUARAPIRANGA	G1	310	Mensal
ETA CASA GRANDE	G1	255	Mensal
ETA CASA GRANDE	G2	360	Mensal
UAD LEOPOLDINA	G1	115	Mensal
LEOPOLDINA	G1	40	Mensal
TSP JAGUARI-ATIBAINHA	G1	100	Mensal
ETA ALTO COTIA	G1	700	Mensal



ETA ALTO COTIA	G2	700	Mensal
ETA ALTO COTIA	G3	700	Mensal
ETA ALTO COTIA	G4	700	Mensal
ETA RIO GRANDE	G2	405	Mensal
ETA RIO GRANDE	G3	405	Mensal
ETA GUARAÚ	G1	700	Mensal
ETA GUARAÚ	G3	700	Mensal
ETA GUARAÚ	G4	500	Mensal
EEE GRAJAÚ	G1	1128	Mensal
EAB TAQUACETUBA	G1	40	Mensal
EAB CAPIVARI	G1	75	Mensal
ETE ALDEIA DA SERRA	G1	340	Mensal
ETA ALDEIA DA SERRA	G1	260	Mensal
EEAB SANTA INÊS	G1	450	Mensal
EEAB SANTA INÊS	G2	450	Mensal
ETA VILA NOVA PIRAPORA DO BOM JESUS	G1	115	Mensal
ETA TAIACUPEBA	G1	400	Mensal
EEAB CACHOEIRA DA GRAÇA	G1	330	Mensal
EEAB CACHOEIRA DA GRAÇA	G2	330	Mensal
USINA GERADORA	G1	700	Mensal
USINA GERADORA	G2	700	Mensal

Fonte: elaboração própria a partir dos planos de manutenção da Sabesp.

Após o levantamento dos dados de manutenção preventiva, manutenção corretiva, tempo de funcionamento dos geradores e quantidade de intervenções corretivas, foi possível calcular os indicadores de manutenção MTBF, MTTR, Disponibilidade e Confiabilidade. Alguns geradores no período analisado não apresentaram falhas, então não foi possível calcular esses indicadores nesse caso. Portanto, para esses geradores serão apresentados a quantidade de horas média de funcionamento por mês. Esses dados estão apresentados na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 – Indicadores de manutenção de grupo moto-geradores

MOTO GERADORES	Tempo médio de funcionamento por mês (h/mês)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidade (%)	Confiabilidade (para 1 mês) (%)
EEE GRAJAÚ - G1	0,77	10,02	625,47	1,58	92,62
EAB TAQUACETUBA - G1	0,08	0,25	485,91	0,05	73,58
EAB CAPIVARI - G1	2,18	28,35	4,68	85,82	92,62
ETA CASA GRANDE - G2	5,00	32,50	115,66	21,94	85,78
ETE ALDEIA DA SERRA - G1	17,83	231,77	1033,07	18,32	92,62
EEAB SANTA INÊS - G1	1,15	15,00	0,98	93,85	92,62
EEAB SANTA INÊS - G2	9,38	40,67	464,47	8,05	79,45

ETA VILA NOVA PIRAPORA DO BOM JESUS - G1	1,62	10,50	1430,60	0,73	85,78
LEOPOLDINA - G1	205,08	666,50	909,34	42,29	73,58
ETA TAIACUPEBA - G1	0,62	8,00	93,10	7,91	92,62
ETA ALDEIA DA SERRA - G1	10,62	69,00	991,63	6,51	85,78
ETA ALTO COTIA - G4	15,08	196,00	45,02	81,32	92,62
EEAB CACHOEIRA DA GRAÇA - G1	6,09	39,56	2,88	93,22	85,78
EEAB CACHOEIRA DA GRAÇA - G2	8,25	107,30	1,48	98,64	92,62
USINA GERADORA - G1	53,08	690,08	38,95	94,66	92,62
USINA GERADORA - G2	66,62	866,08	5,77	99,34	92,62
ETA GUARAÚ - G4	3,92	25,50	289,23	8,10	85,78

Fonte: autores.

Tabela 3 – Tempo médio de funcionamento por mês dos grupo moto-geradores que não apresentaram falhas

MOTO GERADORES	Tempo médio de funcionamento por mês (h/mês)
CCM – COSTA CARVALHO - G1	1,74
ETA ABV - G1	1,23
ETA ABV - G2	0,77
EEAB GUARAPIRANGA - G1	0,33
ETA CASA GRANDE - G1	2,88
UAD LEOPOLDINA - G1	8,69
TSP JAGUARI-ATIBAINHA - G1	1,08
ETA ALTO COTIA - G1	15,69
ETA ALTO COTIA - G2	15,46
ETA ALTO COTIA - G3	15,00
ETA RIO GRANDE - G2	2,01
ETA RIO GRANDE - G3	1,85
CCO – COSTA CARVALHO - G1	1,31
CALL CENTER - G1	1,23
CALL CENTER - G2	1,38
ETA GUARAÚ - G1	7,46
ETA GUARAÚ - G3	14,85

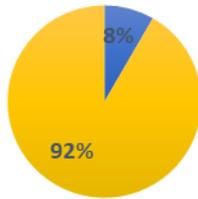
Fonte: autores.

Para todos os grupos moto-geradores foi determinado o indicador de Distribuição por tipos de manutenção, que estão apresentados nos gráficos da Figura 1. Para os geradores que apresentaram 100% de manutenção preventiva no período analisado não foram apresentados os gráficos para não haver muitas repetições da mesma imagem.

Figura 1 – Indicador de Distribuição por tipos de manutenção (%)

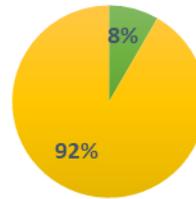


EEE GRAJAÚ - G1



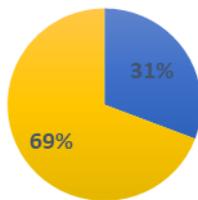
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

ETA ABV - G1



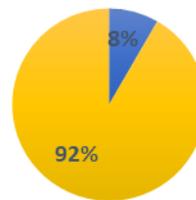
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

EAB TAQUACETUBA - G1



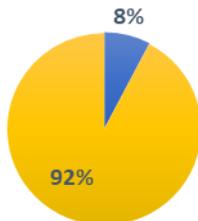
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

EAB CAPIVARI - G1



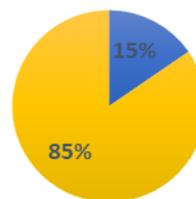
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

ETA TAIACUPEBA - G1



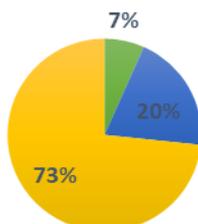
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

ETA CASA GRANDE - G2



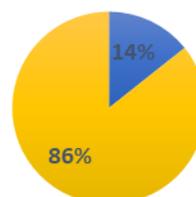
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

EEAB SANTA INÊS - G2



- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

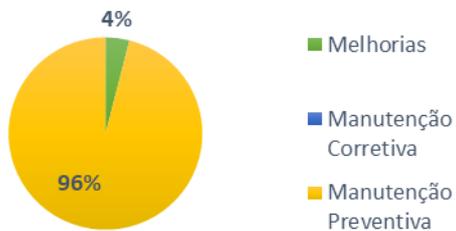
ETA GUARAÚ - G4



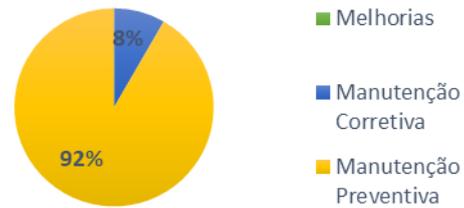
- Melhorias
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva



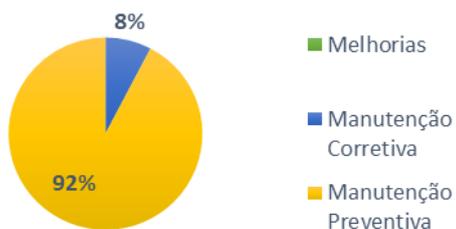
CALL CENTER - G2



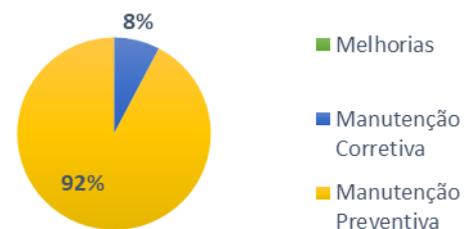
ETE ALDEIA DA SERRA - G1



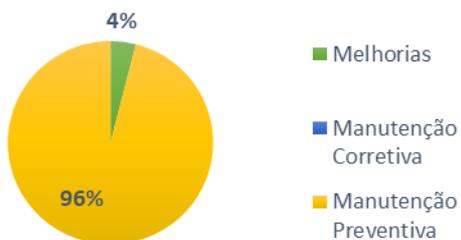
EEAB SANTA INÊS - G1



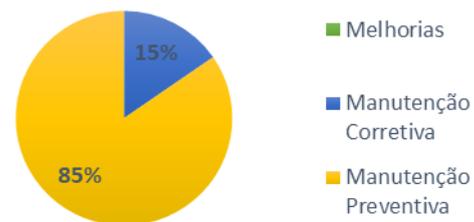
USINA GERADORA - G1



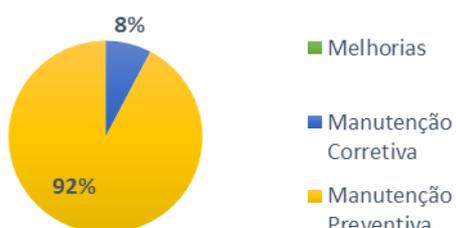
CCO – COSTA CARVALHO - G1



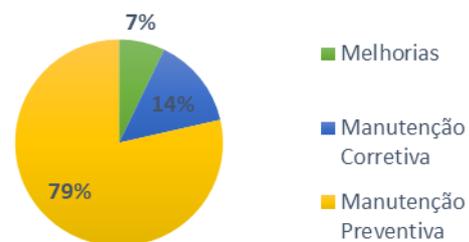
ETA VILA NOVA PIRAPORA DO BOM JESUS - G1

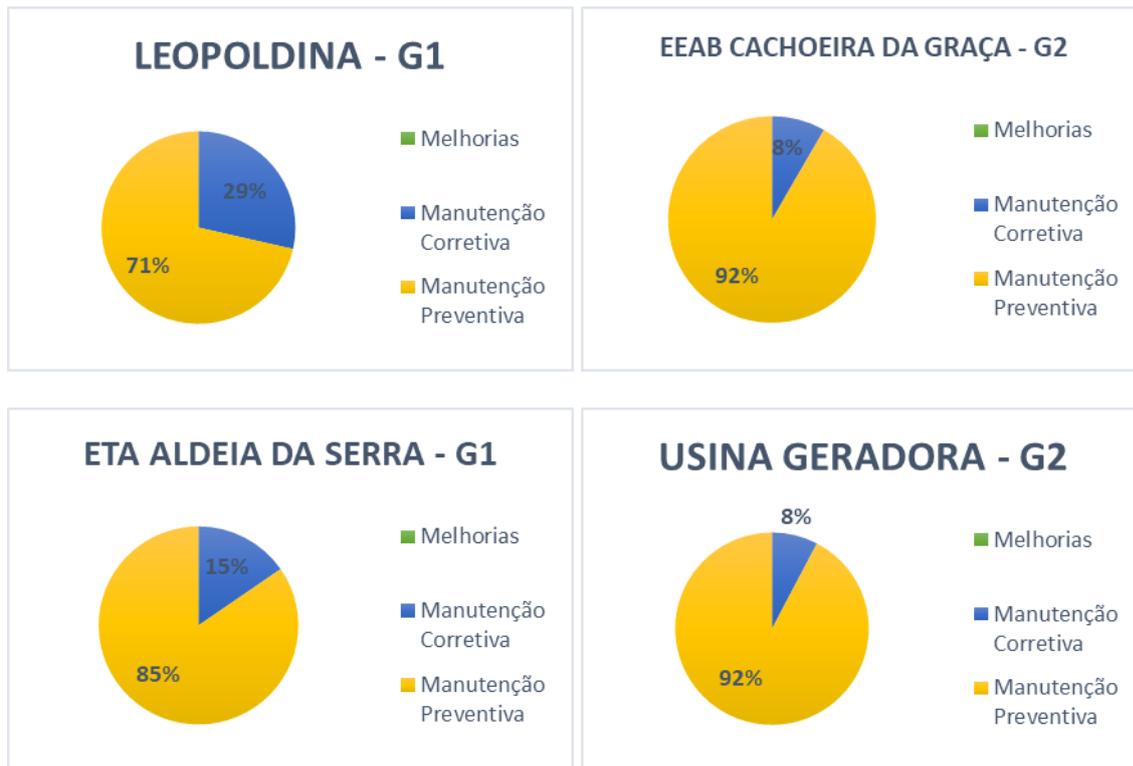


ETA ALTO COTIA - G4



EEAB CACHOEIRA DA GRAÇA - G1





ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os parâmetros apresentados na Metodologia para alguns indicadores são:

- MTBF: quanto maior é melhor e as manutenções preventivas devem ocorrer com o tempo de 70% do MTBF;
- MTTR: quanto menor é melhor;
- Disponibilidade: Acima de 90%;
- Confiabilidade: sem parâmetro definido;
- Distribuição por tipos de manutenção: máximo de 20% de manutenção corretiva.

A partir da Tabela 2 é possível observar que os valores de Tempo médio de funcionamento de cada gerador por mês são menores que 70% do MTBF. Por exemplo, para o gerador EEE GRAJAÚ – G1 o MTBF é de 10,02 h e o seu tempo médio de funcionamento por mês é de 0,77 h/mês. Calculando 70% desse MTBF encontra-se o valor de 7,01h. Portanto, a manutenção preventiva deve ocorrer a cada 7,01h de funcionamento do equipamento. Entretanto, por mês esse equipamento em média funciona 0,77h. Logo, seria necessário em torno de 9 meses para esse equipamento atingir o valor de funcionamento de 7,01h. De acordo com a Tabela 1, a manutenção preventiva desse equipamento acontece mensalmente, ou seja, a cada 0,77h em média de seu funcionamento. Portanto, o período de manutenção calculado para esse equipamento pode ser de a cada 9 meses. Estendendo esse raciocínio para todos os equipamentos da Tabela 2, verifica-se que esses geradores possuem uma periodicidade de manutenção preventiva bem maior do que os parâmetros encontrados pelos indicadores.

A Sabesp é uma empresa de economia mista e tem o Governo do Estado de São Paulo como acionista controlador. Portanto, a empresa precisa obedecer às leis de empresas estatais e as regras de seu regulamento interno para contratação de serviços e materiais. Apesar desse processo garantir a vantajosidade das contratações para a empresa, esse método de contratação possui períodos específicos para acontecer o que pode fazer com que a solução de situações emergenciais dos equipamentos demore mais do que o necessário. Logo, os valores calculados de MTTR apresentados na Tabela 2 poderiam ser menores se houvesse um estudo de materiais críticos e essenciais utilizados nas manutenções dos geradores para compra prévia, evitando o período de contratação.

Em relação a disponibilidade calculada para os equipamentos da Tabela 2, observa-se que os geradores EEAB SANTA INÊS - G1, EEAB CACHOEIRA DA GRAÇA - G1e G2 e USINA GERADORA - G1 e G2 possuem

disponibilidade acima de 90%. Os outros equipamentos dessa tabela tiveram disponibilidades menores devido à alguns fatores, como o valor alto de MTTR, um valor baixo de MTBF e poucas horas de funcionamento durante o período analisado.

Já a confiabilidade de todos os equipamentos da Tabela 2 foram mais elevados porque em um mês a previsão de tempo de funcionamento dos equipamentos é baixa.

Ao observar os gráficos da Figura 1, percebe-se que os equipamentos EAB TAQUACETUBA - G1, EEAB SANTA INÊS - G2 e LEOPOLDINA - G1 apresentaram uma distribuição igual ou maior do que 20% de manutenções corretivas. Para evitar que essa proporção seja maior do que 20%, é necessário que as manutenções preventivas desses locais sejam mais cuidadosas e que teste em carga devem ser feitos com mais frequência, com simulação da queda da energia da concessionária (rede) para identificar possíveis problemas desses equipamentos quando eles forem demandados em situações de falta de energia elétrica. É possível identificar em alguns gráficos que algumas intervenções de melhorias foram feitas nos geradores, como por exemplo a troca da USCA para um equipamento mais moderno ou a instalação de tanque de combustíveis externos.

A partir dessas análises, conclui-se que de as manutenções preventivas realizadas nos grupos moto-geradores analisados pelo Setor de Painéis, Dispositivos de Manobra e Geradores da OG estão acontecendo em uma periodicidade menor do que a sugerida pelos indicadores. A periodicidade para essas manutenções ocorrerem nos geradores a diesel não pode ser grande pelos seguintes motivos:

- Lubrificação: para evitar o desgaste excessivo, as peças móveis dos motores a diesel devem ser lubrificadas adequadamente. Quando um gerador não é usado por muito tempo, a lubrificação pode se deteriorar, o que pode causar danos no motor quando ele é reiniciado;
- Acúmulo de impurezas no combustível: quando um gerador a diesel fica parado por muito tempo, o combustível dentro do tanque pode começar a degradar-se e formar depósitos. Isso pode causar danos às linhas e filtros de combustível, o que pode causar problemas de funcionamento quando o gerador é ligado novamente;
- Corrosão: os componentes metálicos do sistema de exaustão e do motor podem corroer quando não estão em uso, especialmente em ambientes úmidos;
- Baterias: a maioria dos geradores a diesel usa baterias para iniciar o motor. Se o gerador não for usado por um longo período de tempo, a bateria pode descarregar completamente. Isso pode danificar a bateria e exigir uma nova.

Portanto, para manter um gerador a diesel em bom funcionamento, é recomendável operá-lo regularmente.

De forma geral, os equipamentos analisados possuem uma distribuição de manutenção corretivas menor do que 20% e alguns equipamentos não foram determinados os indicadores de desempenho porque não terem ocorrido falhas durante o período do estudo.

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 gestão de ativos fornece uma estrutura que permite que decisões possam ser tomadas a partir de análises, dados e indicadores para otimizar a aquisição, operação, manutenção e disposição de ativos.

Com a discussão apresentada nesse trabalho, conclui-se que:

- As manutenções preventivas realizadas nos grupos moto-geradores analisados estão acontecendo em uma periodicidade menor do que a sugerida pelos indicadores;
- Que o MTTR poderia ser menor;
- Que a partir dos valores de disponibilidade pode-se escolher os geradores que precisam de mais atenção nas manutenções preventivas;
- Que a maioria dos equipamentos possuem uma distribuição de manutenção corretiva menor do que 20%.

A análise dos dados dos geradores que apresentam os piores índices pode contribuir para a prevenção de futuras ocorrências emergenciais. Portanto, recomenda-se evoluir os estudos para estudo e indicação de ações para melhorar os indicadores desses equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARSESP. Disponível em <http://www.arsesp.sp.gov.br/Paginas/saneamento/saneamento-basico.aspx>. Acesso em: 29/05/2023.
2. BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. *Manual de Saneamento*. 3 ed. Ver - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 408 p. 2004
3. CETESB. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/>. Acesso em: 29/05/2023.
4. KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. *Manutenção: Função Estratégica*. 2.ªed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.
5. GURSKI, Carlos Alberto; RODRIGUES, Marcelo. *Planejando Estrategicamente a Manutenção*. Rio de Janeiro, out 2008.
6. SABESP. Disponível em <https://www.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaoId=3>. Acesso em: 29/05/2023.
7. SABESP. Disponível em <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=173>. Acesso em: 29/05/2023.