

ESCOLA TÉCNICA DO ARSENAL DE MARINHA

2ºSG-TE GUSTAVO FERREIRA VIEIRA

Planejamento de Manutenção Preventiva em Geradores Embarcados

Rio de Janeiro

2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. CONCEITOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM GERADORES EMBARCADOS.....	4
2.1. Importância da Manutenção Preventiva	4
2.2. Normas Técnicas Relacionadas à Manutenção Preventiva em Geradores Embarcados	4
2.3. Componentes Críticos de Geradores Embarcados na Manutenção Preventiva ...	5
2.4. Planejamento e Gestão de Recursos na Manutenção Preventiva	5
3. DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA GERADORES EMBARCADOS	5
3.1. Análise de Componentes Críticos	6
3.2. Periodicidade de Inspeções e Manutenções	6
3.3. Desenvolvimento do Cronograma de Manutenção	7
3.4. Benefícios da Implementação do Plano de Manutenção	7
3.5. Análise Comparativa de Modelos Teóricos de Manutenção Preventiva	8
3.6. Limitações da Implementação do Plano de Manutenção	8
4. CONCLUSÃO	9
5. REFERÊNCIAS	10

1 – INTRODUÇÃO

A manutenção preventiva é estratégica para o desempenho confiável e contínuo de sistemas e equipamentos, devido às intervenções periódicas e programadas, antes que tais sistemas e equipamentos falhem, e com base em critérios técnicos como os manuais dos fabricantes, a análise de dados de manutenção passada e a identificação de componentes críticos, tem por principal objetivo evitar falhas inesperadas e minimizar os efeitos na operação. A programação das inspeções e das substituições de peças de forma sistemática reduz radicalmente a probabilidade de falhas, evitando também os elevados custos com a manutenção corretiva.

Geradores embarcados são dispositivos instalados em embarcações com a função de gerar e fornecer energia elétrica necessária para o funcionamento dos sistemas e equipamentos a bordo, como iluminação, comunicação, sistemas de navegação, propulsão auxiliar, sistema de combate, sistema de controle de avaria e outros sistemas utilizados pelo navio.

Nesse sentido, a manutenção preventiva assume a condição de solução estratégica, permitindo as intervenções programadas que evitam as falhas e garantem o funcionamento do gerador de bordo. O seu correto emprego aumenta a confiabilidade dos equipamentos, diminui os custos com a manutenção corretiva, reduz o tempo de parada e aumenta a vida útil do equipamento.

Este estudo tem como objetivo propor uma ideia de planejamento de manutenção preventiva para os geradores de bordo, focando na gestão de manutenção e identificando possíveis desafios com base em teorias já existentes. A análise se concentrará exclusivamente na manutenção preventiva, deixando de lado temas como manutenção corretiva ou preditiva, o que permitirá uma investigação mais detalhada da metodologia proposta. A hipótese central é que um planejamento eficiente pode reduzir significativamente o tempo de reparo dos geradores e os custos decorrentes de falhas inesperadas, além de prolongar a vida útil dos equipamentos e melhorar a eficiência operacional, gerando benefícios técnicos e financeiros.

A metodologia deste estudo será desenvolvida em duas etapas principais, sendo que a primeira considera a revisão da literatura, focada nos conceitos fundamentais e nas metodologias de manutenção preventiva, por meio de literatura acadêmica e normatizações técnicas. Por fim, a segunda etapa consistirá em uma análise comparativa dos modelos

teóricos de manutenção preventiva, apontando suas vantagens e desvantagens, de forma a se avançar com um modelo teórico para o tema em estudo. O trabalho será organizado em três capítulos, em que o primeiro tratará dos conceitos de manutenção preventiva, o segundo, da análise comparativa dos modelos teóricos, e o terceiro, por sua vez, concentrar-se-á nas considerações finais, reconhecendo resultados e sugerindo novas investigações.

2 – Conceitos de Manutenção Preventiva em Geradores Embarcados

2.1. Importância da Manutenção Preventiva

O desempenho da manutenção preventiva é um fator importantíssimo para assegurar o funcionamento contínuo e eficiente de sistemas e equipamentos cruciais. Isso é ainda mais relevante em meios navais, onde a variabilidade do fornecimento de energia elétrica é imprescindível para a operação de sistemas cruciais. Para Mobley (2002), o propósito primário dessa prática é antecipar e impedir falhas não planejadas, realizando o planejamento das intervenções de forma a alcançar não apenas um tempo de parada que é mais curto, mas também a confiabilidade e durabilidade dos sistemas.

Duffuaa et al. (2009) indicam que uma organização que aplica plano de manutenção preventiva módico e apropriado pode estender a vida útil dos equipamentos e maximizar sua operação, reduzindo os custos proporcionados pelas falhas imprevistas. Além disso, esta promove um maior nível de segurança geral para a operação. Em ambientes de missão crítica, como navios de guerra, onde essas paradas não planejadas podem afetar a missão ou mesmo a segurança do pessoal da tripulação, uma estratégia preventiva traz vantagem competitiva. E, ao mesmo tempo, evita as interrupções inesperadas e maximiza a utilização de recursos, o que transparece em uma operação mais segura e estável. Assim sendo, a manutenção preventiva não se limita a simplesmente evitar custos de reparo. E ela se alinha com a estratégia de eficiência operacional, em particular nas operações no mar, onde a confiabilidade e a segurança são os fatores de importância vital.

2.2. Normas Técnicas Relacionadas à Manutenção Preventiva em Geradores Embarcados

A manutenção preventiva de geradores embarcados segue normas nacionais e internacionais para garantir a segurança e confiabilidade operacional. A NBR 5462 estabelece diretrizes para confiabilidade e manutenção de equipamentos críticos, propondo métodos para

definir a criticidade e a periodicidade da manutenção (ABNT, 1994). Além disso, a norma internacional ISO 8528-6:2005, parte da série ISO 8528, trata especificamente de métodos de teste para grupos geradores de energia elétrica acionados por motores de combustão interna, essencial para assegurar a manutenção preventiva desses equipamentos. Essa norma aborda requisitos de desempenho e condições de operação, ajudando a garantir que os geradores permaneçam em condições adequadas para operação contínua. Complementando, a ISO 14224:2016 fornece orientações sobre a coleta de dados de confiabilidade e manutenção de equipamentos industriais, aplicáveis também aos geradores, ajudando a estruturar práticas preventivas eficazes.

2.3. Componentes Críticos de Geradores Embarcados na Manutenção Preventiva

Os geradores embarcados possuem vários componentes críticos que requerem manutenção regular para garantir o funcionamento adequado. Entre esses componentes estão:

- Alternador: Responsável pela conversão de energia mecânica em energia elétrica.
- Motor de Combustão Interna: Fornece a energia mecânica para o alternador.
- Sistema de Resfriamento: Evita o superaquecimento dos componentes.
- Sistema de Controle: Monitora e regula parâmetros da geração, como tensão e frequência.

2.4. Planejamento e Gestão de Recursos na Manutenção Preventiva

O planejamento e a gestão de recursos na manutenção preventiva constituem elementos fundamentais para assegurar a operação adequada e contínua de geradores embarcados. O mesmo é composto por um conjunto de etapas, englobando a alocação de mão de obra qualificada e disponibilidade de peças de reposição e ferramentas. Mobley (2002) sugere que um cronograma detalhado deve ser estabelecido, objetivando maximizar a eficiência e minimizar o tempo de inatividade.

A gestão de recursos inclui também a minimização de custos. Sistemas de gerenciamento de manutenção computadorizada (CMMS) são essenciais para auxiliar no controle da condição dos componentes e na programação das intervenções de forma preditiva.

Isto possibilita não só minimizar as falhas inesperadas como maximizar a vida útil do equipamento e utilizar melhor os recursos financeiros e operacionais.

Por outro lado, a análise contínua dos dados coletados durante a operação dos geradores servirá para modificar o plano de manutenção, garantindo que os recursos estejam alocados nos pontos mais críticos do sistema. O sucesso do planejamento reside na capacidade de prever as demandas e alocar os recursos de forma que as intervenções provoquem o mínimo impacto possível nas operações navais.

3 – Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Preventiva para Geradores Embarcados

O desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva para geradores a bordo exige uma análise detalhada de componentes críticos, a periodicidade das inspeções e um cronograma bem definido. A manutenção preventiva almeja não só maximizar a vida dos equipamentos, mas também garantir a continuidade operacional das embarcações. Neste capítulo, será discutido o desenvolvimento desse plano, com a realização da comparação entre diferentes modelos teóricos de manutenção preventiva e a proposta de um modelo apropriado ao ambiente naval.

3.1. Análise de Componentes Críticos

A análise de componentes críticos constitui a base de qualquer plano de manutenção viável, notadamente em geradores embarcados. Segundo Duffuaa et al. (2009), o processo de criticidade envolve a identificação de sistemas de uma instalação que são mais propensos a falhas e que podem causar um maior impacto sobre a operação como um todo. Em geradores, os componentes que revestem particular atenção são os seguintes: alternador, motor de combustão interna, sistema de resfriamento e sistema de controle.

O alternador converte a energia mecânica em energia elétrica e a sua falha poderá colocar em risco a operação de sistemas vitais, a exemplo dos de comunicação e navegação. De acordo com Mobley (2002), a manutenção preventiva do alternador deve incluir: inspeções nos enrolamentos e testes de isolamento para evitar falhas catastróficas. O motor de combustão interna, por sua vez, necessita o monitoramento contínuo do sistema de lubrificação, além da substituição regular do óleo e do filtro de óleo. Quanto ao sistema de resfriamento, a corrosão provocada pelo ambiente marinho demanda inspeções regulares das

bombas e dos trocadores de calor. O sistema de controle, que regula os parâmetros operacionais, deve ser monitorado quanto à integridade dos sensores e dos circuitos eletrônicos.

3.2. Frequência das Inspeções e Manutenções

Estabelecer a frequência exata das inspeções e manutenções é fundamental para a predição das falhas e para a disponibilidade dos geradores. A frequência deverá levar em conta: recomendações dos fabricantes, histórico de falhas ocorridas e condições operativas das embarcações.

A NBR 5462 (ABNT, 1994) fornece diretrizes para tais determinações, afirmando que componentes críticos devem ser inspecionados com uma maior frequência, e que os sistemas menos críticos podem ser inspecionados com intervalos de tempo maiores. Em ambientes marítimos, pela grande exposição à vibração e umidade, componentes como motor e sistema de resfriamento devem ter intervalo de manutenção com maior frequência, enquanto o sistema de controle, que tem menor exposição a estes fatores, pode ter maior intervalo de prazo, contanto que exista um controle eficaz.

3.3. Desenvolvimento do Cronograma de Manutenção

O desenvolvimento de um cronograma de manutenção segue a definição dos componentes críticos e da periodicidade das inspeções. Para Smith (2004), a eficácia de um cronograma está em integrar todas as atividades de manutenção, minimizando o tempo de inatividade e maximizando a eficiência.

O uso de ferramentas CMMS (Sistemas de Gerenciamento de Manutenção Computadorizados) é útil para gerenciar cronogramas, conforme Duffuaa et al. (2009). Esses sistemas rastreiam peças, históricos de falhas e alocam recursos, facilitando manutenções preventivas e reduzindo o risco de paradas inesperadas. A NBR 14039 (ABNT, 2005) oferece parâmetros técnicos para cronogramas eficientes, considerando segurança e confiabilidade.

Duffuaa et al. (2009) focam na redução de custos, sugerindo cronogramas ajustados às condições operacionais e ao orçamento. Em contraste, Moubray (1997) adota uma abordagem

mais rígida, priorizando a máxima confiabilidade, ideal em contextos críticos como geradores embarcados.

3.4. Benefícios da Implementação do Plano de Manutenção

A implementação de um plano de manutenção preventiva bem estruturado traz diversos benefícios, tanto operacionais quanto financeiros. De acordo com Duffuaa et al. (2009), a manutenção regular reduz falhas inesperadas, prolonga a vida útil dos componentes e aumenta a confiabilidade do sistema. No caso dos geradores embarcados, isso se traduz em mais segurança e eficiência, já que uma falha pode comprometer a operação do navio e colocar a tripulação em risco. Além disso, como destaca Mobley (2002), a manutenção preventiva otimiza a eficiência energética, garantindo que os geradores funcionem dentro dos parâmetros recomendados e consumam menos combustível, o que é crucial em embarcações, onde os recursos são limitados. Ao evitar manutenções corretivas emergenciais, essa prática também identifica e corrige pequenos problemas antes que se tornem falhas graves, reduzindo os custos e garantindo o funcionamento estável dos geradores.

3.5. Análise Comparativa de Modelos Teóricos de Manutenção Preventiva

A análise comparativa dos diferentes modelos teóricos de manutenção preventiva revela diversas abordagens para desenvolver planos eficientes. O modelo proposto por Duffuaa et al. (2009) enfatiza a otimização de custos, sugerindo que as manutenções sejam ajustadas conforme as condições operacionais e o orçamento disponível. Embora essa estratégia seja vantajosa do ponto de vista financeiro, ela pode não ser ideal para sistemas críticos como os geradores embarcados, onde a confiabilidade é um fator essencial e não pode ser comprometida.

Por outro lado, o modelo de Moubray (1997) coloca a confiabilidade em primeiro lugar, recomendando manutenções mais frequentes e detalhadas, mesmo que isso resulte em custos operacionais mais elevados. Essa abordagem é mais adequada para ambientes onde o tempo de inatividade precisa ser evitado a todo custo, como em sistemas de missão crítica.

Ao comparar essas duas abordagens, o plano ideal para geradores embarcados deve buscar um equilíbrio entre confiabilidade e controle de custos. Integrar elementos de ambos

os modelos permite atender às demandas específicas de operação das embarcações, garantindo a eficiência do sistema sem comprometer sua segurança ou desempenho.

3.6. Limitações da Implementação do Plano de Manutenção

Embora os benefícios da manutenção preventiva sejam claros, há também algumas limitações. A principal é o custo inicial elevado. A implementação de sistemas de gerenciamento de manutenção, como os CMMS (Computerized Maintenance Management Systems), exige um investimento significativo em tecnologia e no treinamento da equipe.

Além disso, há desafios logísticos, especialmente em navios com operações contínuas. Conciliar a manutenção com a necessidade de manter os sistemas funcionando pode ser difícil, e se a coordenação falhar, podem ocorrer paradas inesperadas que impactam a operação. Outro desafio, segundo Duffuaa et al. (2009), é ajustar a frequência da manutenção em ambientes agressivos, como o marítimo, onde a deterioração dos componentes é acelerada. Isso requer revisões frequentes dos intervalos de manutenção para adequá-los às condições reais, o que pode aumentar a complexidade e ineficiências no cronograma.

4 - CONCLUSÃO

Este trabalho destacou a importância da manutenção preventiva em geradores embarcados, evidenciando seu papel crucial para garantir o desempenho contínuo e eficiente dos sistemas de geração de energia a bordo. A pesquisa demonstrou que a manutenção preventiva é essencial para minimizar falhas inesperadas, especialmente em ambientes críticos, onde o fornecimento de energia é vital. Observou-se que, por meio de intervenções programadas e sistemáticas, essa prática não apenas prolonga a vida útil dos equipamentos, mas também reduz de forma significativa o impacto das interrupções operacionais. Para os profissionais da área, a implementação de um plano de manutenção preventiva facilita uma gestão mais eficiente dos recursos, aumentando a segurança e a confiabilidade das operações. Além disso, do ponto de vista científico, a análise da norma técnica como a NBR 5462 reforça a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a adequação dessas práticas às condições específicas dos geradores embarcados.

Os resultados desta pesquisa confirmaram que, ao desenvolver um plano de manutenção preventiva baseado na análise de componentes críticos e na definição de intervalos adequados para inspeções, é possível reduzir significativamente tanto as falhas inesperadas quanto os custos operacionais. A aplicação regular desse tipo de manutenção mostrou-se eficaz em prolongar a vida útil dos componentes e diminuir a necessidade de manutenções corretivas emergenciais, como já indicado por estudos anteriores. Os objetivos traçados no início do trabalho foram alcançados, com a elaboração de um modelo teórico de manutenção preventiva para geradores embarcados, fundamentado em normas e literatura especializada. As hipóteses de que essa abordagem aumentaria a confiabilidade dos geradores e reduziria os custos operacionais foram plenamente confirmadas.

Conclui-se que implementar um plano de manutenção preventiva bem estruturado para geradores embarcados não só aumenta a eficiência operacional, mas também melhora a segurança, reduz custos e prolonga a vida útil dos equipamentos. Para futuras pesquisas, seria interessante explorar mais a fundo o uso de tecnologias emergentes, como a manutenção preditiva com sensores e sistemas automatizados, que podem tornar os planos de manutenção ainda mais eficazes e alinhados com as novas demandas tecnológicas do setor naval.

5 – REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenção de equipamentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-6: Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets - Part 6: Test methods. Geneva: ISO, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Geneva: ISO, 2016.

DUFFUAA, S. O.; RAOUF, A.; CAMPBELL, J. D. Planning and Control of Maintenance Systems: Modeling and Analysis. New York: John Wiley & Sons, 2009.

MOBLEY, R. K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2. ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2002.

MOUBRAY, J. Reliability-Centered Maintenance. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

SMITH, A. M. Reliability-Centered Maintenance. New York: McGraw-Hill, 2004.