RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Manutenção preventiva baseada em confiabilidade em frotas de guindastes móveis: estruturação de planos, periodicidades e indicadores de desempenho

Reliability-based preventive maintenance in mobile crane fleets: structuring of plans, intervals and performance indicators

Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en flotas de grúas móviles: estructuración de planes, periodicidades e indicadores de desempeño

Guilherme Silva Pinheiro
Engenheiro Mecânico (Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – UNILESTE-MG). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Centro Universitário Única). Engenheiro de Manutenção na Guinvaço Guindastes Vale do Aço, Ipatinga, MG, Brasil.
E-mail: g.pinheiro1993@gmail.com

RESUMO
Guindastes móveis e demais equipamentos de içamento operam sob cargas variáveis, ciclos intermitentes e ambientes agressivos, condições em que a falha de um componente pode resultar em acidente grave e em longos períodos de indisponibilidade. Este artigo discute como estruturar a manutenção preventiva de frotas de guindastes móveis a partir dos princípios da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC/RCM), das exigências normativas brasileiras (NR-11 e NR-12) e das recomendações internacionais de inspeção (ISO 9927-1 e ASME B30.5). Por meio de revisão da literatura técnica publicada até 2022, apresentam-se: a taxonomia das estratégias de manutenção; os padrões de falha identificados por Nowlan e Heap; os fundamentos da distribuição de Weibull para definição de periodicidades; uma matriz de tarefas preventivas por subsistema do guindaste; e os indicadores MTBF, MTTR e disponibilidade inerente. Conclui-se que a manutenção preventiva por tempo ou uso é eficaz apenas para modos de falha relacionados à idade, devendo ser combinada com inspeções legais, tarefas sob condição e um ciclo estruturado de análise pós-atendimento para que a frota alcance níveis elevados de segurança e disponibilidade.
Palavras-chave: manutenção preventiva; confiabilidade; guindastes móveis; RCM; MTBF.

ABSTRACT
Mobile cranes operate under variable loads, intermittent cycles and harsh environments, where a component failure may cause severe accidents and long downtime. This paper discusses how to structure preventive maintenance for mobile crane fleets based on Reliability-Centred Maintenance (RCM), Brazilian regulations (NR-11 and NR-12) and international inspection standards (ISO 9927-1 and ASME B30.5). Through a review of the technical literature published up to 2022, it presents the taxonomy of maintenance strategies, the failure patterns identified by Nowlan and Heap, Weibull-based interval setting, a matrix of preventive tasks by crane subsystem, and the MTBF, MTTR and inherent availability indicators.
Keywords: preventive maintenance; reliability; mobile cranes; RCM; MTBF.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção deixou de ser entendida como atividade de reparo para assumir função estratégica na disponibilidade, na segurança e no custo do ciclo de vida dos ativos (KARDEC; NASCIF, 2009). Em frotas de guindastes móveis, essa mudança é especialmente relevante: os equipamentos combinam sistemas mecânicos, hidráulicos, elétricos e eletrônicos de alta complexidade, trabalham em canteiros com poeira, umidade e variações térmicas, e executam operações em que a perda de função de um

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

único componente, como um cabo de aço, uma válvula de retenção ou um limitador de momento de carga, pode provocar a queda da carga ou o tombamento do equipamento.

A gravidade dessas consequências é documentada em estatísticas oficiais. Nos Estados Unidos, o *Bureau of Labor Statistics* registrou 297 óbitos ocupacionais relacionados a guindastes entre 2011 e 2017, média de 42 por ano, dos quais 154 envolveram trabalhadores atingidos por objeto ou equipamento (BLS, 2019). A revisão de Neitzel, Seixas e Ren (2001) sobre segurança de guindastes na construção já apontava falhas mecânicas, inspeções inadequadas e manutenção deficiente entre os fatores recorrentes desses acidentes.

No Brasil, a NR-11 determina que cabos de aço, cordas, correntes, roldanas e ganchos sejam inspecionados permanentemente, com substituição das partes defeituosas (BRASIL, 2016), e a NR-12 exige que as intervenções de manutenção sejam realizadas por profissionais capacitados e registradas (BRASIL, 2019). Atender a esses requisitos de forma eficiente exige método. O objetivo deste artigo é apresentar uma estrutura para o planejamento da manutenção preventiva de frotas de guindastes móveis que articule a lógica da Manutenção Centrada em Confiabilidade, as periodicidades normativas e os indicadores de desempenho, com base na literatura técnica publicada até 2022.

2 METODOLOGIA

O trabalho consiste em uma revisão narrativa da literatura técnica e normativa. Foram consultados livros de referência em engenharia de manutenção e confiabilidade (MOUBRAY, 1997; NOWLAN; HEAP, 1978; KARDEC; NASCIF, 2009; RAUSAND; HØYLAND, 2004; DHILLON, 2002), artigos de revisão em periódicos internacionais (AHMAD; KAMARUD-DIN, 2012; WANG, 2002; GARG; DESHMUKH, 2006; SWANSON, 2001), relatórios técnicos de organismos públicos (SULLIVAN et al., 2010; BLS, 2019) e normas aplicáveis a equipamentos de içamento (ISO, 2013; ASME, 2021; ISO, 2017; BRASIL, 2016; BRASIL, 2019; ABNT, 1994; CEN, 2017). O recorte temporal limitou-se a publicações até 2022. Os resultados foram organizados em quatro eixos: (i) conceitos e taxonomia; (ii) comportamento de falhas e definição de periodicidades; (iii) estruturação do plano preventivo por subsistema; e (iv) indicadores de desempenho.

3 CONCEITOS E TAXONOMIA DA MANUTENÇÃO

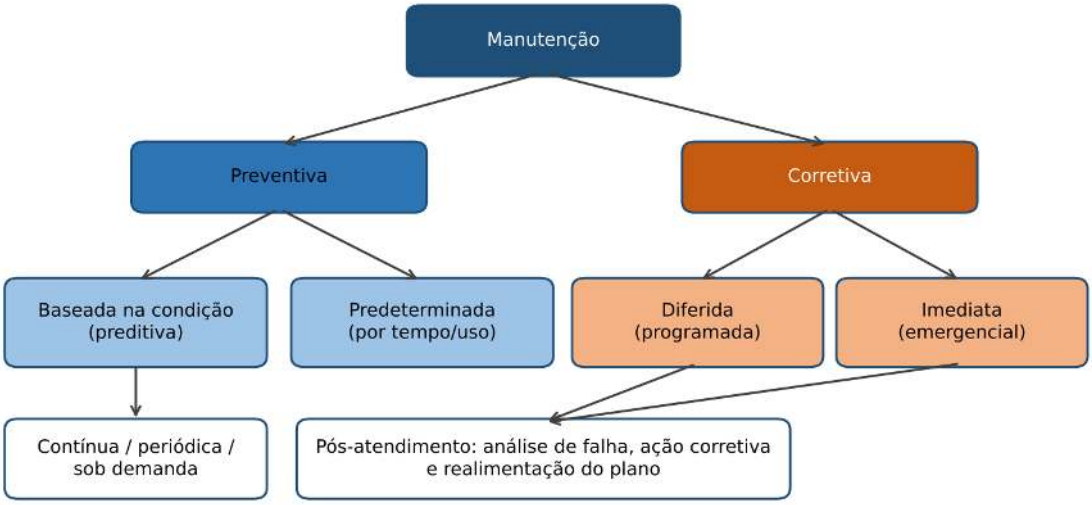
A NBR 5462 define manutenção como a combinação de ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT,

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

1994). A EN 13306 distingue a manutenção preventiva, executada para avaliar ou mitigar a degradação e reduzir a probabilidade de falha, da manutenção corretiva, executada após o reconhecimento de uma pane (CEN, 2017). A preventiva subdivide-se em predeterminada, realizada em intervalos fixos de tempo ou de uso, e baseada na condição, na qual a decisão de intervir depende do estado medido do item, conceito que no Brasil corresponde à manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF, 2009). A Figura 1 sintetiza essa classificação e acrescenta a etapa de pós-atendimento, em que as falhas corrigidas realimentam o plano.

Figura 1 – Taxonomia das estratégias de manutenção e realimentação pós-atendimento



Fonte: elaborado pelo autor com base na EN 13306:2017 e na NBR 5462:1994.

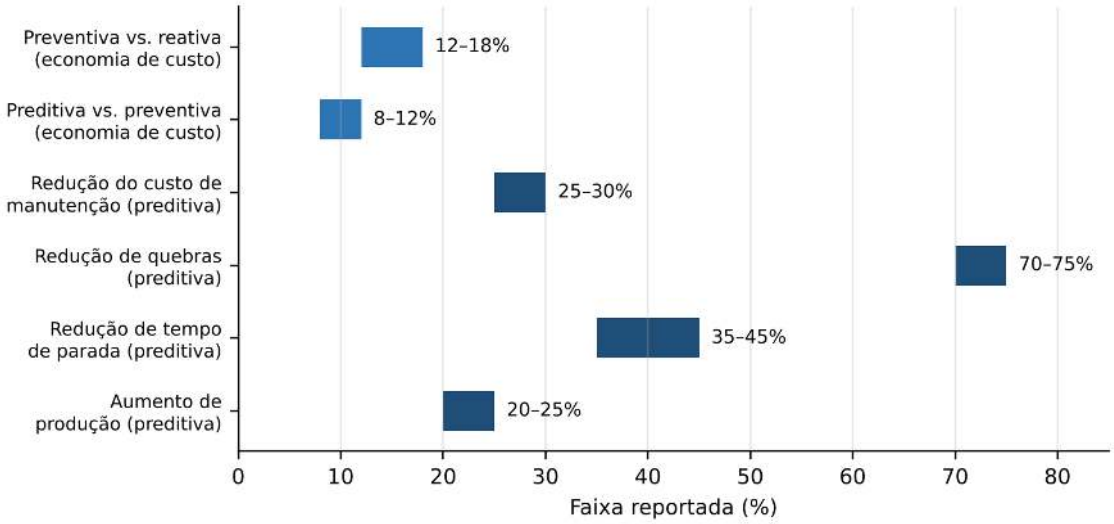
A escolha entre essas estratégias tem impacto econômico mensurável. O guia de boas práticas de operação e manutenção do Departamento de Energia dos Estados Unidos compilou estudos que indicam economia de 12% a 18% da manutenção preventiva em relação à reativa, e de 8% a 12% adicionais da preditiva em relação à preventiva (SULLIVAN et al., 2010). Para programas preditivos, o mesmo guia reporta redução de 25% a 30% nos custos de manutenção, de 70% a 75% nas quebras e de 35% a 45% no tempo de parada (Figura 2).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Figura 2 – Faixas de benefício reportadas para estratégias preventiva e preditiva



Fonte: elaborado pelo autor com dados de Sullivan et al. (2010, cap. 5), U.S. Department of Energy.

Esses números, porém, não autorizam a conclusão de que mais manutenção preventiva é sempre melhor. Swanson (2001) demonstrou que estratégias proativas estão associadas a melhor desempenho, mas que o benefício depende da adequação da estratégia ao comportamento de falha de cada item, tema da seção seguinte.

4 COMPORTAMENTO DE FALHAS E DEFINIÇÃO DE PERIODICIDADES

4.1 Os padrões de Nowlan e Heap

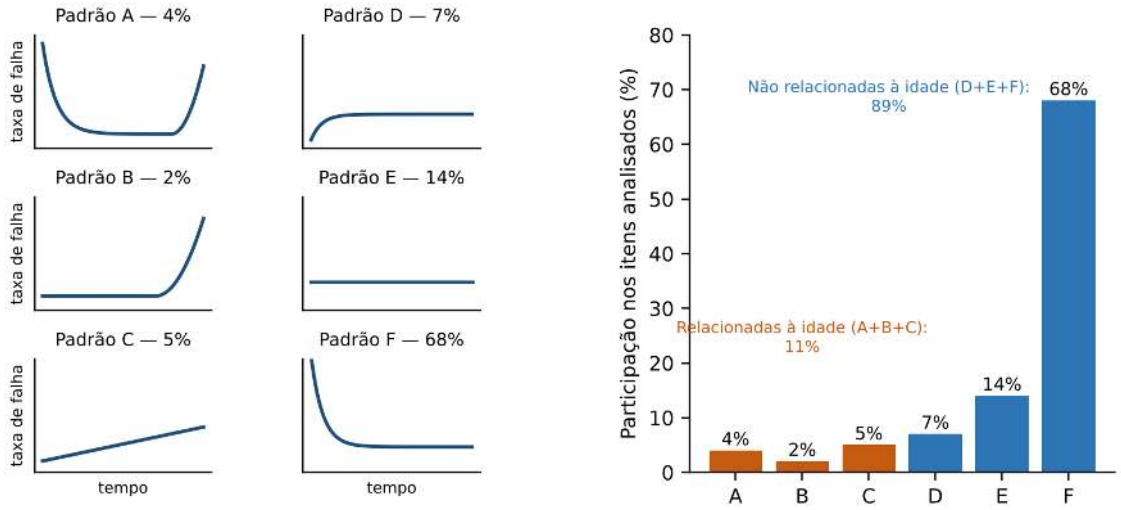
O estudo clássico de Nowlan e Heap (1978), conduzido na United Airlines, mostrou que apenas uma pequena parcela dos itens apresenta falhas relacionadas à idade. Dos seis padrões de taxa de falha identificados (Figura 3), os padrões A, B e C, que exibem aumento da taxa de falha com o tempo, responderam por 11% dos itens; os padrões D, E e F, em que a taxa de falha é constante ou decrescente após a fase inicial, responderam por 89%. Para estes últimos, a substituição programada por tempo não reduz a probabilidade de falha e pode até aumentá-la, ao introduzir mortalidade infantil decorrente de montagem e partida (MOUBRAY, 1997).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Figura 3 – Seis padrões de taxa de falha e sua participação nos itens analisados



Fonte: elaborado pelo autor com dados de Nowlan e Heap (1978).

Embora o estudo se refira a componentes aeronáuticos, a lição se aplica aos guindastes: componentes sujeitos a desgaste por fadiga, abrasão ou corrosão, como cabos de aço, buchas, pinos de articulação, pastilhas de freio e correntes, tendem a seguir os padrões B ou C e são candidatos à substituição ou restauração programada; componentes eletrônicos, sensores e muitas válvulas hidráulicas tendem a falhas aleatórias e exigem tarefas sob condição ou de busca de falha (MOUBRAY, 1997; RAUSAND; HØYLAND, 2004).

4.2 Distribuição de Weibull e a curva da banheira

A distribuição de Weibull é a ferramenta mais utilizada para caracterizar o comportamento de falhas de componentes mecânicos (RAUSAND; HØYLAND, 2004). Sua função taxa de falha é dada por:

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \qquad (1)$$

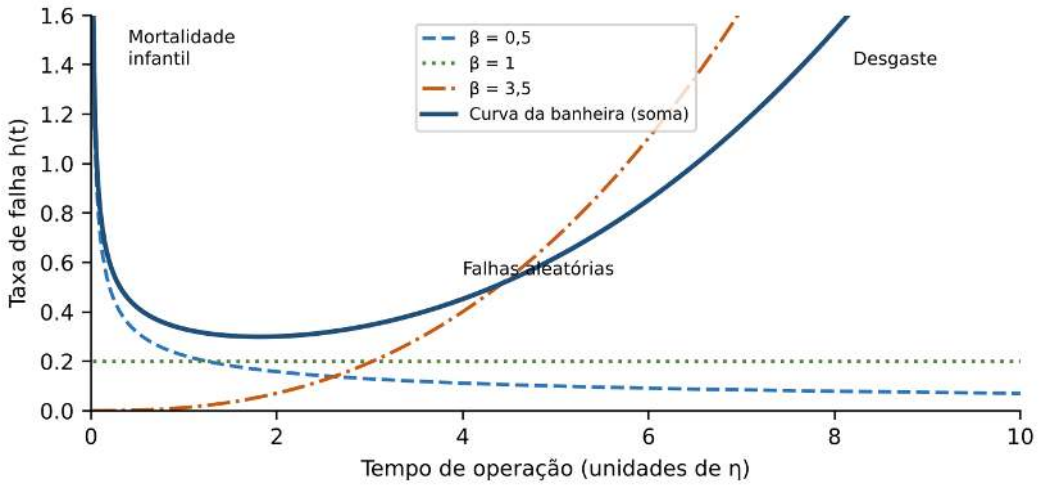
em que β é o parâmetro de forma e η o parâmetro de escala (vida característica). Valores $\beta < 1$ indicam mortalidade infantil, $\beta = 1$ indica falhas aleatórias (taxa constante) e $\beta > 1$ indica desgaste. A soma dessas três fases compõe a conhecida curva da banheira (Figura 4). A substituição preventiva só é tecnicamente justificável quando $\beta > 1$ e quando o custo da falha supera de forma significativa o custo da intervenção programada (DHILLON, 2002; WANG, 2002).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Figura 4 – Taxa de falha de Weibull para diferentes parâmetros de forma e curva da banheira



Fonte: elaborado pelo autor a partir da formulação de Rausand e Høyland (2004).

Na prática da frota, o histórico de ordens de serviço permite estimar β e η para os modos de falha mais frequentes, desde que os registros identifiquem com precisão o componente, o modo de falha e as horas de operação no momento da falha. A ISO 14224 oferece uma estrutura de taxonomia e de codificação de modos de falha que pode ser adaptada para esse fim (ISO, 2016).

5 ESTRUTURAÇÃO DO PLANO PREVENTIVO POR SUBSISTEMA

O ponto de partida do plano é a combinação de três fontes: as recomendações do fabricante, as inspeções exigidas por normas e a análise de modos de falha. A ASME B30.5 classifica as inspeções de guindastes móveis em frequentes, com intervalos de diário a mensal, e periódicas, com intervalos de um a doze meses, conforme a severidade do serviço (ASME, 2021). A ISO 9927-1 também prevê inspeções diárias, frequentes e periódicas, além de inspeções especiais após eventos anormais (ISO, 2013). A Tabela 1 apresenta uma matriz de tarefas preventivas por subsistema, com a estratégia indicada pela lógica RCM para cada tipo de modo de falha.

Tabela 1 – Matriz de tarefas preventivas por subsistema do guindaste móvel

Subsistema	Tarefa típica	Estratégia	Periodicidade de referência
Cabos de aço e polias	Inspeção visual, medição de diâmetro, contagem de arames rompidos, lubrificação	Inspeção legal e sob condição	Diária (visual) e periódica (detalhada)

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Subsistema	Tarefa típica	Estratégia	Periodicidade de referência
Gancho e moitão	Verificação de abertura, trincas, trava de segurança	Inspeção legal	Diária e periódica
Sistema hidráulico	Troca de filtros, análise de óleo, inspeção de mangueiras	Predeterminada e sob condição	Por horas de operação
Lança e estrutura	Inspeção de soldas, pinos, buchas e cilindros telescópicos	Sob condição	Periódica
Mecanismos de giro e elevação	Verificação de freios, redutores e folgas	Predeterminada e sob condição	Por horas / periódica
Dispositivos de segurança	Teste do limitador de momento de carga, fins de curso, alarmes	Busca de falha oculta	Diária (funcional) e periódica
Motor e transmissão	Troca de óleo e filtros, correias, arrefecimento	Predeterminada	Por horas / km

Fonte: elaborado pelo autor com base em ASME B30.5-2021, ISO 9927-1:2013, ISO 4309:2017, NR-11 e NR-12.

Três aspectos merecem destaque. Primeiro, os dispositivos de segurança, como o limitador de momento de carga e os fins de curso, apresentam falhas ocultas: não se manifestam durante a operação normal e só são percebidos quando solicitados. Para eles, a tarefa adequada não é a substituição periódica, mas o teste funcional, que verifica se a proteção continua operante (MOUBRAY, 1997). Segundo, os cabos de aço combinam desgaste progressivo, adequado à substituição programada, com danos súbitos, como amassamento ou gaiola de passarinho, que exigem inspeção diária; seus critérios de descarte estão definidos na ISO 4309 (ISO, 2017). Terceiro, o sistema hidráulico concentra modos de falha associados à contaminação do fluido, o que torna a análise de óleo uma tarefa preditiva de alto retorno (MOBLEY, 2002).

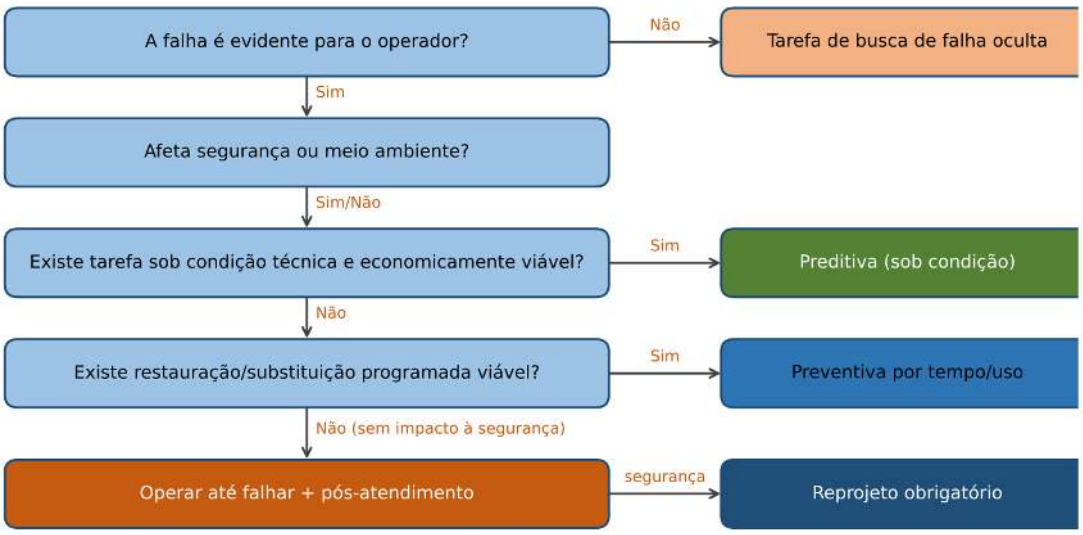
A Figura 5 apresenta a lógica de decisão simplificada da RCM, que orienta a escolha da tarefa para cada modo de falha. A norma SAE JA1011 estabelece os critérios mínimos para que um processo seja considerado RCM (SAE, 2009).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Figura 5 – Lógica de decisão simplificada da RCM para seleção de tarefas



Fonte: elaborado pelo autor com base em Moubray (1997) e SAE JA1011 (2009).

6 INDICADORES DE DESEMPENHO

O plano preventivo precisa ser avaliado por indicadores objetivos. Os mais utilizados são o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio para reparo (MTTR) e a disponibilidade (KARDEC; NASCIF, 2009; DHILLON, 2002):

$$\text{MTBF} = \frac{\text{tempo total de operação}}{\text{número de falhas}}, \qquad \text{MTTR} = \frac{\text{tempo total de reparo}}{\text{número de reparos}} \tag{2}$$

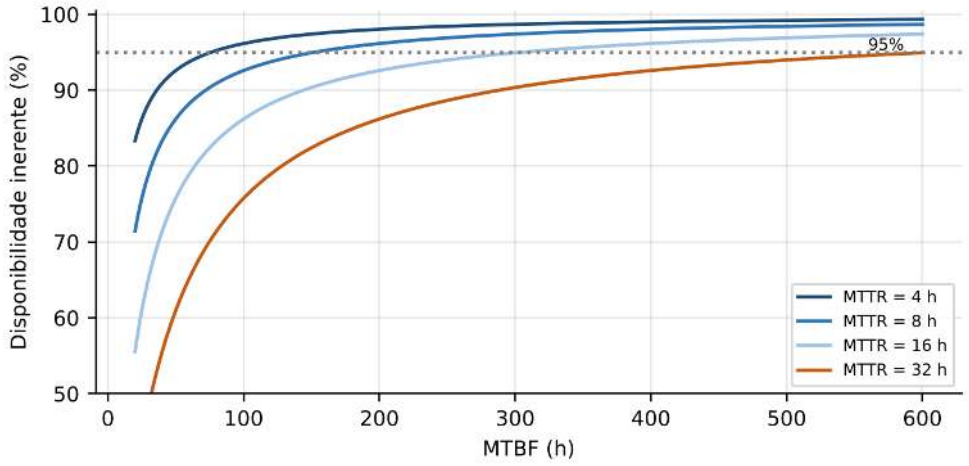
$$A_i = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \tag{3}$$

A disponibilidade inerente A_i considera apenas o tempo de reparo ativo. Em gestão de frotas, é útil acompanhar também a disponibilidade operacional, que incorpora tempos de espera por peças, deslocamento de equipes e liberação documental. A Figura 6 mostra como a disponibilidade varia com o MTBF para diferentes valores de MTTR: para um equipamento com MTTR de 32 horas, típico de reparos que dependem de peças importadas, são necessárias mais de 600 horas de MTBF para se aproximar de 95% de disponibilidade, enquanto com MTTR de 8 horas esse patamar é atingido com cerca de 150 horas.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Figura 6 – Disponibilidade inerente em função do MTBF para diferentes valores de MTTR



Fonte: elaborado pelo autor a partir da equação (3).

A leitura do gráfico tem consequência gerencial direta: em frotas de guindastes, reduzir o MTTR, com kits de peças críticas em estoque, procedimentos padronizados e diagnóstico rápido, pode elevar a disponibilidade tanto quanto aumentar o MTBF. Por isso, o plano preventivo deve ser acompanhado de uma política de estoque de sobressalentes baseada na criticidade dos componentes (GARG; DESHMUKH, 2006).

Tabela 2 – Indicadores recomendados para o acompanhamento do plano preventivo

Indicador	Definição	Uso gerencial
MTBF por equipamento	Horas de operação divididas pelo número de falhas	Confiabilidade e eficácia do plano
MTTR por equipamento	Tempo total de reparo dividido pelo número de reparos	Manutenabilidade e logística
Disponibilidade	MTBF / (MTBF + MTTR)	Capacidade de atendimento da frota
Aderência ao plano	Ordens preventivas executadas no prazo / programadas	Disciplina de execução
Relação preventiva/corretiva	Horas preventivas / horas corretivas	Maturidade da estratégia
Reincidência de falhas	Falhas repetidas no mesmo modo em 90 dias	Eficácia do pós-atendimento

Fonte: elaborado pelo autor com base em Kardec e Nascif (2009) e Dhillon (2002).

7 DISCUSSÃO

A literatura revisada converge em três pontos. O primeiro é que a manutenção preventiva por tempo

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

ou uso deve ser restrita a modos de falha com comportamento de desgaste comprovado ($\beta > 1$), pois a maior parte dos itens complexos falha de forma aleatória (NOWLAN; HEAP, 1978; MOUBRAY, 1997). O segundo é que, em guindastes, uma parcela das tarefas preventivas é imposta por norma independentemente da análise de confiabilidade: as inspeções diárias, frequentes e periódicas da ASME B30.5 e da ISO 9927-1, bem como a inspeção permanente de cabos e ganchos exigida pela NR-11, constituem um piso obrigatório sobre o qual se constrói o plano (ASME, 2021; ISO, 2013; BRASIL, 2016). O terceiro é que o plano só melhora se houver registro confiável: sem ordens de serviço que identifiquem modo de falha, causa e horas de operação, não é possível estimar parâmetros de Weibull, calcular MTBF por componente ou verificar a eficácia das ações corretivas (ISO, 2016). Para frotas de médio porte, a implantação pode ser gradual: inicia-se pelos equipamentos e subsistemas mais críticos, como cabos, ganchos, freios de elevação e dispositivos de segurança, aplica-se a lógica RCM a esses itens, estabelece-se o registro estruturado de falhas e só então se amplia o escopo. Essa abordagem é coerente com a recomendação de Ahmad e Kamaruddin (2012), para quem a transição de estratégias baseadas em tempo para estratégias baseadas em condição deve ser guiada pela criticidade e pela disponibilidade de dados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção preventiva de guindastes móveis é mais eficaz quando deixa de ser um calendário genérico de trocas e passa a ser um conjunto de tarefas selecionadas, para cada modo de falha, por critérios de confiabilidade, segurança e custo. A combinação das inspeções normativas com a lógica RCM, a análise de Weibull e o acompanhamento de MTBF, MTTR e disponibilidade permite justificar tecnicamente cada tarefa, eliminar intervenções sem valor e concentrar recursos nos itens cuja falha tem consequências graves. Como desdobramento, recomendase integrar esse plano a programas de manutenção preditiva, especialmente análise de óleo e inspeção não destrutiva de cabos, e a um ciclo formal de análise pós-atendimento que realimente o plano a cada falha.

REFERÊNCIAS

AHMAD, R.; KAMARUDDIN, S. An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application. **Computers & Industrial Engineering**, v. 63, n. 1, p. 135–149, 2012.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME). **ASME B30.5-2021**: mobile and locomotive cranes. New York: ASME, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462**: confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR-11**: transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais. Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Ministério da Economia. **Norma Regulamentadora NR-12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, DF, 2019.

BUREAU OF LABOR STATISTICS (BLS). **Fatal occupational injuries involving cranes**. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2019. Disponível em: https://www.bls.gov/iif/factsheets/fataloccupational-injuries-cranes-2011-17.htm.

DHILLON, B. S. **Engineering maintenance**: a modern approach. Boca Raton: CRC Press, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **EN 13306:2017**: maintenance – maintenance terminology. Brussels: CEN, 2017.

GARG, A.; DESHMUKH, S. G. Maintenance management: literature review and directions. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 3, p. 205–238, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 4309:2017**: cranes – wire ropes – care and maintenance, inspection and discard. Geneva: ISO, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 9927-1:2013**: cranes – inspections – part 1: general. Geneva: ISO, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14224:2016**: petroleum, petrochemical and natural gas industries – collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Geneva: ISO, 2016.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MOBLEY, R. K. **An introduction to predictive maintenance**. 2. ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2002.

MOUBRAY, J. **Reliability-centred maintenance**. 2. ed. New York: Industrial Press, 1997.

NEITZEL, R. L.; SEIXAS, N. S.; REN, K. K. A review of crane safety in the construction industry. **Applied Occupational and Environmental Hygiene**, v. 16, n. 12, p. 1106–1117, 2001.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-centered maintenance**. Springfield: National Technical Information Service, 1978. (Report AD-A066579).

RAUSAND, M.; HØYLAND, A. **System reliability theory**: models, statistical methods, and applications. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2004.

SAE INTERNATIONAL. **SAE JA1011**: evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. Warrendale: SAE, 2009.

SULLIVAN, G. P. *et al*. **Operations & maintenance best practices**: a guide to achieving operational

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

efficiency. Release 3.0. Richland: Pacific Northwest National Laboratory; U.S. Department of Energy, 2010. (PNNL-19634).

SWANSON, L. Linking maintenance strategies to performance. **International Journal of Production Economics**, v. 70, n. 3, p. 237–244, 2001.

WANG, H. A survey of maintenance policies of deteriorating systems. **European Journal of Operational Research**, v. 139, n. 3, p. 469–489, 2002.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.