

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

João Manuel Laia Antunes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2^o ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Francisco Miguel Ribeiro Proença Brójo

junho de 2023

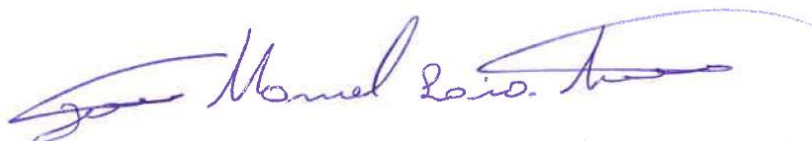
Folha em branco

Declaração de Integridade

Eu, João Manuel Laia Antunes, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11759 do Curso de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade da Beira Interior, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 7 / 6 / 2023



(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente
assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)

Folha em branco

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a todos aqueles com quem vivo diariamente, principalmente a ti Madalena e Filipa, que sempre foram a minha razão de acreditar e não desistir e sem vocês nunca teria sido possível ver o dia de conclusão desta etapa.

Em segundo lugar, mas igualmente importante, um agradecimento ao Professor Francisco Brójo, orientador desta dissertação, que sempre se mostrou disponível para esclarecer todas as minhas questões e ao Professor João das Neves e ao Engenheiro António Quelhas, pela disponibilidade em me acolherem para a elaboração deste trabalho e pelo apoio constante e inexcedível que demonstraram.

Aproveito também para agradecer ao Pedro Oliveira pelas suas sugestões, conselhos, amizade e ajuda neste projeto. E também um obrigado muito especial ao Luís Vieira, pelas horas que me acompanhou com o objetivo de tentarmos chegar a bom porto com este trabalho que por vezes parecia ser megalómano e inalcançável, ajudando-me sempre com enorme profissionalismo e dedicação, bem como com um conhecimento técnico de inestimável valor.

Por fim, um agradecimento muito especial aos meus companheiros de carteira que me acompanharam ao longo destes 2 anos.

Folha em branco

Resumo

Cada vez mais os equipamentos hidráulicos utilizados para a movimentação de grandes cargas, quer seja na agricultura, indústria ou construção têm de ser muito versáteis, a fim de conseguirem efetuar os vários trabalhos a que se destinam.

O caso de estudo refere-se a uma giratória multifunções da marca Mecalac 12 MXT, sendo o objeto de estudo da dissertação a análise dos parâmetros hidráulicos para identificação de falhas dos vários sistemas hidráulicos, uma vez que este equipamento sofreu uma profunda intervenção técnica de substituição de componentes hidráulicos depois de largas horas de funcionamento sem ser seguido o plano de manutenção adequado ao seu bom funcionamento, tendo perdido grande parte das suas funções de trabalho após a intervenção.

Sendo a atividade de manutenção, uma parte essencial para o objetivo de assegurar as perfeitas condições de trabalho dos equipamentos, é por isso de extrema importância seguir os planos de manutenção aconselhados pelos fabricantes, de modo a reduzir custos de operação e ajudar na longevidade dos equipamentos.

Para tal, e com base no manual de reparação do equipamento, foram identificados os movimentos afetados pela intervenção referida, sendo estudados todos os vários sistemas hidráulicos que constituem o equipamento e respetivas eletroválvulas.

Após a identificação dos sistemas hidráulicos inoperativos, foram efetuadas as intervenções recomendadas no manual de reparação do fabricante. Com o objetivo de se solucionarem as anomalias, optou-se por esta estratégia uma vez que este equipamento já tinha sido intervencionado e também porque o manual de reparação existente é um pouco escaço em termos de falhas hidráulicas.

Palavras-chave

Sistema hidráulico; falhas; manutenção; manual de reparação; equipamento.

Folha em branco

Abstract

Increasingly, the hydraulic equipment used to move large loads, whether in agriculture, industry or construction, must be very versatile in order to perform the various tasks for which they are intended.

The case study refers to a multifunction gyrotory of the Mecalac 12 MXT brand, being the object of study of the dissertation the analysis of the hydraulic parameters for the identification of failures of the various hydraulic systems, since this equipment suffered a deep technical intervention of replacement of hydraulic components after many hours of operation without being followed the maintenance plan suitable for its proper functioning, having lost much of its work functions after the intervention.

As maintenance activity is an essential part of the objective of ensuring perfect working conditions for equipment, it is therefore extremely important to follow the maintenance plans recommended by manufacturers, in order to reduce operating costs and help ensure the longevity of the equipment.

To this end, and based on the equipment repair manual, the movements affected by the aforementioned intervention were identified, and all the various hydraulic systems that make up the equipment and their respective solenoid valves were studied.

After the identification of the inoperative hydraulic systems, the interventions recommended in the manufacturer's repair manual were performed in order to solve the anomalies. This strategy was chosen because this equipment had already been serviced and also because the existing repair manual is rather scarce in terms of hydraulic failures.

Keywords

Hydraulic system; faults; maintenance; repair manual; equipment.

Folha em branco

Índice

Declaração de Integridade	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Palavras-chave	vii
Abstract.....	ix
Keywords	ix
Lista de Figuras	xvi
Lista de Tabelas	xviii
Lista de Acrónimos	xx
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1. Motivação	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Revisão Bibliográfica	2
1.3.1. Manutenção	2
1.3.2. A evolução da manutenção	3
1.3.3. Objetivos da manutenção.....	5
1.3.3.1. Gestão de equipamentos	7
1.3.3.1.1. Planeamento e programação de intervenções	7
1.3.3.1.2. Gestão de materiais e custo associado.....	9
1.3.3.2. Classificação das ações de manutenção.....	9
1.3.4. A importância de medir o desempenho da manutenção	11
1.3.4.1. As diferentes categorias de indicadores da manutenção	12
1.3.4.2. O indicador OEE - Overall Equipment Effectiveness.....	15
1.3.5. A estratégia para a manutenção	18
1.3.6. Políticas de manutenção	19
1.3.6.1. Política de manutenção corretiva	21
1.3.6.2. Política de manutenção preventiva.....	21
1.3.6.3. Política de manutenção preditiva.....	22
1.3.6.4. Política de manutenção detetiva	23
1.3.7. Manutenção hidráulica	23
Capítulo 2 – Caso prático de estudo	27

2.1. Giratória Multifunções Mecalac 12 MXT	27
2.2. Características gerais da giratória multifunções Mecalac.....	28
2.3. Características técnicas do motor diesel	28
2.4. Características técnicas dos circuitos Hidráulicos	29
2.4.1. Circuito A – Tração	29
2.4.2. Circuito B – Acelerador e travões.....	30
2.4.3. Circuito C – Direção e orientação	30
2.4.4. Circuito D – Alimentação e retorno da mesa giratória	30
2.4.5. Circuito E – Bomba do equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento	31
2.4.6. Circuito F – Lança e braço	31
2.4.7. Circuito G – Balde.....	31
2.4.8. Circuito H – Distribuidor de 5 saídas para braço.....	31
2.4.9. Circuito I – Retorno do martelo	32
2.4.10. Circuito J – Porta-ferramentas.....	32
2.4.11. Circuito K – Ar condicionado	32
2.4.12. Circuito L – Estabilizadores telescópicos.....	32
2.4.13. Circuito M – Válvulas de segurança do braço.....	32
2.4.14. Circuito N – Acelerador manual.....	33
2.4.15. Circuito O – Porta-ferramentas Volvo	33
2.4.16. Circuito P – Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico.....	33
2.5. Falhas e soluções do equipamento	33
2.6. Plano de manutenção do fabricante.....	34
Capítulo 3 – Metodologia	36
3.1. Detecção de falhas	36
3.2. Falhas e soluções no equipamento	36
3.2.1. Falhas e soluções circuito A – Tração	37
3.2.2. Falhas e soluções circuito B – Acelerador e travões	37
3.2.3. Falhas e soluções circuito C – Direção e orientação	38
3.2.4. Falhas e soluções circuito D – Alimentação e retorno da torre	38
3.2.5. Falhas e soluções do circuito E – Bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento	39
3.2.6. Falhas e soluções do circuito F – Lança e braço	39

3.2.7. Falhas e soluções do circuito G – Balde	40
3.2.8. Falhas e soluções do circuito H – Distribuidor de 5 saídas para o braço.....	41
3.2.9. Falhas e soluções do circuito I – Retorno martelo	41
3.2.10. Falhas e soluções do circuito J – Porta-ferramentas	41
3.2.11. Falhas e soluções do circuito K – Ar condicionado.....	42
3.2.12. Falhas e soluções do circuito L – Estabilizadores.....	42
3.2.13. Falhas e soluções do circuito M – Válvulas de segurança do braço .	43
3.2.14. Falhas e soluções do circuito N – Acelerador manual	43
3.2.15. Falhas e soluções do circuito O – Porta-ferramentas Volvo.....	44
3.2.16. Falhas e soluções do circuito P – Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico	45
3.3. Falhas e soluções elétricas.....	45
Capítulo 4 – Resultados	47
4.1. Circuitos Hidráulicos.....	47
4.1.1. Circuito A - Tração	47
4.1.2. Circuito B – Acelerador e travões.....	48
4.1.3. Circuito C – Direção e orientação.....	48
4.1.4. Circuito D – Alimentação e retorno da torre.....	49
4.1.5. Circuito E – Bomba do equipamento, estabilizador, bloqueio da oscilação e arrefecimento.....	50
4.1.6. Circuito F – Lança e braço.....	50
4.1.7. Circuito G – Balde.....	51
4.1.8. Circuito H – Distribuidor de 5 saídas para braço	52
4.1.9. Circuito I – Retorno do martelo	52
4.1.10. Circuito J – Porta-ferramentas.....	53
4.1.11. Circuito K – Ar condicionado	53
4.1.12. Circuito L – Estabilizadores	54
4.1.13. Circuito M – Válvulas de segurança do braço.....	54
4.1.14. Circuito N – Acelerador manual	55
4.1.15. Circuito O – Porta-ferramentas Volvo	56
4.1.16. Circuito P - Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico	56
4.2. Melhoria do plano de manutenção	57

4.2.1. Plano de manutenção TPM.....	57
4.2.2. Plano de manutenção melhorado.....	58
Capítulo 5 – Conclusões	60
Referências Bibliográficas	62
Apêndice A - Caraterísticas técnicas da giratória multifunções Mecalac	64
Apêndice B – Caraterísticas do motor Cummins – 4BT 4.5C.....	65
Apêndice C – Circuito hidráulico A - Tração	66
Apêndice D – Circuito hidráulico B – Aceleração e travões.....	67
Apêndice E – Circuito hidráulico C – Direção e orientação	68
Apêndice F – Circuito hidráulico D – Alimentação e retorno da mesa giratória	69
Apêndice G – Circuito hidráulico E – Bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento.....	70
Apêndice H – Circuito hidráulico F – Lança e braço	71
Apêndice I – Circuito hidráulico G - Balde.....	72
Apêndice J – Circuito hidráulico H – Distribuidor de 5 saídas para o braço	73
Apêndice K – Circuito hidráulico I – Retorno do martelo	74
Apêndice L – Circuito hidráulico J – Porta-ferramentas	75
Apêndice M – Circuito hidráulico K – Ar condicionado.....	76
Apêndice N – Circuito L – Estabilizadores telescópicos.....	77
Apêndice O – Circuito hidráulico M – Válvulas de segurança do braço	78
Apêndice P – Circuito hidráulico N – Acelerador manual	79
Apêndice Q – Circuito hidráulico O -Porta-ferramentas Volvo.....	80
Apêndice R – Circuito hidráulico P – Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico.....	81
Apêndice S – Falhas e soluções do equipamento.....	82
Apêndice T – Plano de manutenção do fabricante	83
Apêndice U – Verificações diárias do equipamento	84
Apêndice V - Registo histórico das ações de manutenção.....	85

Folha em branco

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Objetivos da manutenção industrial [3].....	6
Figura 1.2 – Gestão do planeamento e programação da manutenção [9].....	8
Figura 1.3 – Lista de indicadores de desempenho para manutenção [4].....	13
Figura 1.4 – Índices de desempenho com associação de perdas, conforme metodologia OEE [5].....	17
Figura 1.5 – As políticas de manutenção adotadas para os equipamentos [16].....	20
Figura 2.6 – Giratória multifunções Mecalac 12 MXT [22].....	27
Figura 2.7 – Motor Cummins – 4BT 4.5C.....	28
Figura 2.8 – Circuito de relés, circuito de electroválvulas, circuito de mesa de força....	34
Figura A.1 – Dimensões do equipamento [22].....	63
Figura C. 1 – Circuito hidráulico A – Tração [22].....	65
Figura D. 1 – Circuito hidráulico B – Aceleração e travões [22].....	66
Figura E. 1 – Circuito hidráulico C – Direção e orientação [22].....	67
Figura F. 1 – Circuito hidráulico D – Alimentação e retorno da torre [22].....	68
Figura G. 1 – Circuito hidráulico E – Bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento [22].....	69
Figura H. 1 – Circuito hidráulico F – Lança e braço [22].....	70
Figura I. 1 – Circuito hidráulico G – Balde [22].....	71
Figura J. 1 – Circuito hidráulico H – Distribuidor de 5 saídas para o braço [22].....	72
Figura K. 1 – Circuito hidráulico I – Retorno do martelo [22].....	73
Figura L. 1 – Circuito hidráulico J – Porta-ferramentas [22].....	74
Figura M. 1 – Circuito hidráulico K – Ar condicionado [22].....	75
Figura N. 1 – Circuito hidráulico L – Estabilizadores [22].....	76
Figura O. 1 – Circuito hidráulico M – Válvulas de segurança do braço [22].....	77
Figura P. 1 – Circuito hidráulico N – Acelerador manual [22].....	78
Figura Q. 1 – Circuito hidráulico O – Porta ferramentas [22].....	79
Figura R. 1 – Circuito hidráulico P – Suplemento hidráulico, controlo elétrico [22]....	80

Folha em branco

Lista de Tabelas

Tabela 1.1– Manutenção numa perspetiva temporal [2].....	5
Tabela 1.2 – Classificação específica de ações de manutenção por níveis [10].....	10
Tabela 1.3 – Percentagem a atingir nos indicadores da atividade de manutenção [3]...14	
Tabela 1.4 – As perdas nos equipamentos identificadas pelas metodologias OEE [4]...16	
Tabela 1.5 - Melhores práticas na reparação de manutenção hidráulica [20].....	25
Tabela 2.6 – Pressões dos circuitos hidráulicos do equipamento [22].....	29
Tabela 4.7 - Dados das falhas do circuito A.....	47
Tabela 4.8 - Dados das falhas do circuito B.....	48
Tabela 4.9 – Dados das falhas do circuito C.....	48
Tabela 4.10 – Dados das falhas do circuito D.....	49
Tabela 4.11 – Dados das falhas do circuito E.....	50
Tabela 4.12 – Dados das falhas do circuito F.....	51
Tabela 4.13 – Dados das falhas do circuito G.....	52
Tabela 4.14 – Dados das falhas do circuito J.....	53
Tabela 4.15 – Dados das falhas do circuito K.....	53
Tabela 4.16 – Dados das falhas do circuito L.....	54
Tabela 4.17 – Dados das falhas do circuito M.....	55
Tabela 4.18 – Dados das falhas do circuito N.....	55
Tabela 4.19 – Dados das falhas do circuito O.....	56
Tabela 4.20 – Dados das falhas do circuito P.....	57
Tabela B. 1 – Características técnicas do motor Cummins – 4BT 4.5C [22].....	64
Tabela U.1 – Verificação diária da giratória multifunções Mecalac 12 MXT.....	86
Tabela V.1 – Registo histórico das ações de manutenção.....	87

Folha em branco

Lista de Acrónimos

TPM	Total Productive Maintenance
ISO	International Organization for Standardization
PCM	Planeamento e Controlo da Manutenção
AFNOR	Association Française de Normalisation
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPS	Toyota Production System

Folha em branco

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Motivação

Com a revolução industrial, surgem os primeiros veículos com locomoção própria, através de motores de combustão interna [23]. Com o passar do tempo e com a evolução da indústria no pós-segunda guerra mundial, surge em 1951 a primeira escavadora hidráulica, criada pelo francês Georges Bataille. A partir desse marco e com a junção do motor a diesel e dos sistemas hidráulicos, foi levada a cabo uma generalização na utilização de equipamentos industriais hidráulicos [23].

Apesar de todos os benefícios associados ao uso deste tipo de equipamentos, estes também apresentam alguns inconvenientes. A grande complexidade de interligações e múltiplos sistemas que complementam o equipamento, bem como o seu acionamento através de eletroválvulas, leva a que seja necessário um plano de manutenção adequado e rigoroso, a fim de aumentar a longevidade e durabilidade dos mesmos.

O caso prático de estudo desta dissertação foi uma giratória multifunções da marca Mecalac. Este equipamento e ao contrário do que recomenda o seu fabricante, passou grande parte das suas horas de trabalho sem sofrer praticamente planos de manutenção, o que levou a que atingisse um estado de degradação muito elevado. Como tal, sofreu um plano de intervenção técnica de substituição de componentes hidráulicos, intervenção esta que não correu da melhor forma, levando à perda de parte das suas funções de trabalho.

Com o objetivo de contornar estes problemas e conseguir tirar o máximo de proveito deste equipamento, foi seguido o manual de reparação do equipamento, tendo em conta que é o único documento técnico existente para consulta, sendo analisados todos os sistemas hidráulicos que constituem o equipamento e respetivas eletroválvulas.

Após a identificação dos sistemas hidráulicos que apresentavam falhas, foram efetuadas as intervenções recomendadas no manual de reparação do fabricante. Por todas as razões mencionadas no parágrafo anterior, pretende-se com este trabalho operacionalizar o equipamento e preencher algumas lacunas na informação atualmente existente no que diz respeito ao plano de manutenção disponível para consulta.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem por base o cumprimento de alguns objetivos que foram previamente propostos e discutidos. De um modo geral, esses objetivos são os que se apresentam nos pontos abaixo:

- Efetuar um levantamento bibliográfico sobre o tema.
- Aprofundar o conhecimento sobre sistemas hidráulicos e de planos de manutenção indicados para os mesmos;
- Identificar as causas de não funcionamento de uma máquina giratória multifunções da Mecalac 12 MXT que sofreu um plano de intervenção técnica de substituição de componentes hidráulicos e não se encontra funcional;
- Encontrar soluções para as causas do não funcionamento;
- Desenvolver um plano de manutenção preventiva, adequado a este equipamento para que se evitem novas falhas;

1.3. Revisão Bibliográfica

1.3.1. Manutenção

Neste capítulo é feita uma abordagem genérica ao conceito e objetivos estratégicos para a manutenção, com especial abordagem aos vários tipos de política da manutenção. Aqui, são ainda classificadas as ações e políticas de manutenção usualmente adotadas nas organizações industriais. Por último, é feita referência aos sistemas de manutenção hidráulicos em geral e em particular ao equipamento que serve de base de estudo. A pesquisa das principais teorias aqui abordadas permitiram definir a estrutura utilizada para atingir os objetivos propostos com o presente estudo de caso.

1.3.2. A evolução da manutenção

Com o começo da criação de instrumentos por parte do homem e com o desenvolvimento de máquinas para a produção de bens de consumo, a manutenção foi ganhando importância como uma necessidade para responder às exigências dos mercados, tendo acompanhado a evolução técnico-industrial do homem.

Com a mecanização da indústria no fim do século XIX, surgiram as primeiras reparações, mas só em meados do ano de 1914 é que a manutenção começou a ser considerada sem ser deixada para segundo plano.

Com o aparecimento da produção em série iniciada por Henry Ford, as fábricas passaram a ter produções mínimas e por tal facto surge a necessidade de criar equipas para executar reparações nos equipamentos no menor tempo possível. Com tal alteração surge um novo órgão cujo objetivo básico era a execução da chamada manutenção corretiva.

Depois da Segunda Guerra Mundial, com o aumento da produção chegou-se à conclusão de que as intervenções corretivas não eram suficientes nem conseguiam alcançar os objetivos das empresas. Sendo assim surgiu a manutenção preventiva, não só para corrigir as falhas, mas também para as evitar, rentabilizando-se o tempo de operação em produção efetiva.

Depois dos anos 50 do século passado, existiu uma grande evolução na aviação e na indústria eletrónica. Sendo a manutenção preventiva assente na estatística, em horas ou tempos de trabalho, concluindo-se que o tempo utilizado para detetar avarias era superior ao tempo gasto para efetuar as reparações. Assim sendo, os órgãos de gestão de topo das empresas criaram equipas especializadas de engenharia de manutenção, com a função de efetuar o planeamento e o controlo da manutenção preventiva, efetuando uma análise das causas e efeitos das avarias.

Com a utilização massiva dos computadores nas empresas nos anos 90 do século passado, a solidificação das associações nacionais de manutenção e a introdução de novos instrumentos de proteção e medição, ajudaram a que a engenharia de manutenção desenvolvesse novos critérios de manutenção juntamente com sistemas automáticos de planeamento e controle.

Tais atividades iniciaram a separação da engenharia de manutenção que passou a ser composta por duas equipas, uma responsável pelos estudos de ocorrências crónicas, e a outra responsável pelo planeamento e controlo da manutenção, tendo esta última a finalidade de desenvolver, implementar e analisar os resultados dos serviços de manutenção.

Na década de 70 do século passado as organizações tinham como receio os custos do processo da gestão de manutenção, para tal foi criada uma técnica que estudou o tema, conhecida como tero tecnologia.

Esta técnica aprimorou a capacidade de combinar os meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações técnico-económicas e métodos de gestão, de forma a se conseguirem ciclos de vida dos equipamentos mais longos e menos dispendiosos. A tero tecnologia foi a base da atual manutenção centrada no negócio, onde os custos ajudam na tomada de decisão na área da manutenção e nas

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

decisões estratégicas das empresas. Tal mudança é devida aos novos desafios que as empresas se deparam neste novo cenário de economia global, altamente competitivo, onde as alterações sucedem a alta velocidade, e onde a manutenção é uma das atividades essenciais do processo produtivo, sendo pró-ativo nas organizações [1].

Nos anos 70 do século passado, existiu o aparecimento do conceito TPM - Total Productive Maintenance, estabelecendo como objetivo a máxima disponibilidade dos equipamentos de produção, através da meta de zero avarias, com a eliminação das perdas de produção no envolvimento e participação de todos os intervenientes da organização no sector da manutenção. Na década de 80 com o aparecimento dos computadores, a manutenção passou a ser apoiada por softwares dedicados, o que ajudou a melhorar o processamento das informações, diminuindo a necessidade do homem na execução das tarefas de gestão de manutenção. Já no início do século XXI e devido á consciencialização da importância da manutenção pelas empresas, verifica-se que o setor de planeamento e controlo da manutenção passou a ter um lugar de destaque na produção, devido ao facto da introdução de tarefas de manutenção realizadas pelos operadores de máquinas e equipamentos produtivos.

No início dos anos 90, com as novas exigências para a melhoria da qualidade dos produtos e serviços por parte dos consumidores, a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho e fiabilidade dos equipamentos. Tal foi conseguido com a atribuição em 1993 da organização ISO - International Organization for Standardization, revê a norma ISO 9000, onde foi incluída a função manutenção no processo de certificação, aceitando a área de manutenção como tendo um contributo importante para as estruturas organizacionais, na introdução da qualidade, aumento da fiabilidade operacional, diminuição dos custos e redução dos prazos de produção e respetiva entrega, conseguindo-se a segurança do trabalho e a preservação do meio ambiente.

No início do século XXI, a manutenção passou a ter uma importância idêntica à das operações. Como consequência, o planeamento e controlo da manutenção, passou a ter uma função estratégica na área de produção, pelo registo de informações e análise de resultados, ajudando a gestão da produção e operação, na tomada de decisão.

Na tabela 1.1, é representada a evolução histórica da manutenção nas últimas décadas, onde se verifica uma mudança de mentalidade nas organizações para com a manutenção. Tendo estas reconhecido o sector da manutenção como um aliado com muita importância para o sucesso produtivo [2].

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 1.1– Manutenção numa perspetiva temporal [2].

< 1950	1950 - 1975	> 1975	> 2000 >
Mão de Obra não qualificada	Mecanização complexa	Automação aumenta a complexidade	Globalização tecnológica de informação e comunicação.
Conceito de “Repara-se quando Avariar”	Conceito “Eu produzo, tu reparas”	Conceito “Manutenção não tem uma função isolada”	Conceito “manutenção é um parceiro interno e externo da produção”
Manutenção é uma tarefa da operação	Manutenção passa a ser uma tarefa do departamento de manutenção. Conceito de disponibilidade, custo, manutenção preventiva, são introduzidos.	Manutenção passa a ter importância no âmbito da qualidade e segurança. Aposta na confiabilidade e manutibilidade.	A importância e necessidade da manutenção, introduz o conceito “outsourcing”
“Mal necessário”	“Importância técnica”	“Contributo para a obtenção de lucros”	“Parceiro estratégico”

1.3.3. Objetivos da manutenção

Segundo os autores, a manutenção é uma mistura de todas as funções técnicas e administrativas precisas para manter máquinas, equipamentos, instalações e outros ativos físicos operacionais ou recuperá-los para tal condição [3,4,5,6].

A manutenção incorpora as decisões e ações de engenharia necessárias a fim de otimizar um determinado equipamento, capacitando-o para realizar uma função específica dentro de uma gama de desempenho relacionada com a taxa de qualidade e a sua capacidade de resposta. A degradação dos equipamentos, máquinas e instalações, resulta da utilização e operação dos mesmos, sendo que a sua degradação se inicia a partir de qualquer instalação produtiva. Além da degradação devido ao desgaste provocado pelo normal funcionamento dos equipamentos, outras falhas podem ocorrer, principalmente quando os equipamentos trabalham além dos limites para os quais foram projetados, ou devido a erros operacionais. Face ao apresentado, o aumento da paragem dos equipamentos, os problemas de qualidade, a perda de desempenho produtivo, os riscos de segurança ou de contaminação ambiental tornam-se resultados óbvios [7].

Todos estes pontos têm o potencial de influenciar negativamente o custo operacional, rentabilidade, satisfação dos clientes e produtividade. A fim de garantir uma instalação produtiva a operar na condição necessária ideal, atingindo o custo de produção e rentabilidade esperados, a manutenção tem de tomar decisões refletidas sobre os objetivos e estratégias de manutenção que são necessários adotar, para que os objetivos da organização possam ser atingidos na íntegra.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Sendo assim, é de extrema importância que a estratégia e os objetivos da manutenção não devam ser pensados de forma isolada, mas sim derivados de fatores como a política da empresa no que respeita à produção, bem como de outras exigências e restrições existentes nas organizações [8], os objetivos da manutenção devem estar diretamente relacionados com as metas definidas para a produção, tendo em conta a disponibilidade necessária, qualidade exigida e segurança estabelecida para o sistema.

Os recursos de manutenção terão de ser utilizados tendo em conta alguns fatores, tais como a promoção, a conservação e operacionalidade dos equipamentos de produção, assegurar que a instalação e os equipamentos conseguem ter o ciclo de vida do projeto, mantendo as normas de segurança, garantir a otimização do uso de energia e utilização de matérias-primas na produção. Sendo assim, os objetivos da manutenção podem ser restringidos em cinco pontos, figura 1.1; garantir a instalação funcional, mantendo a disponibilidade, confiabilidade e qualidade do produto; mantendo o ciclo de vida útil, para o qual a instalação foi dimensionada e construída; garantir a segurança da instalação, no que diz respeito a operações e ambiente; promover a rentabilidade e diminuição dos custos de atividade; assegurar o uso eficiente de recursos energéticos e das matérias-primas. Tendo em conta o referido anteriormente, constata-se que a manutenção relaciona-se diretamente com todos os setores da empresa. Promovendo a disponibilidade e conservação dos equipamentos operativos, como também, a segurança humana, material e o ambiente nas instalações produtivas.

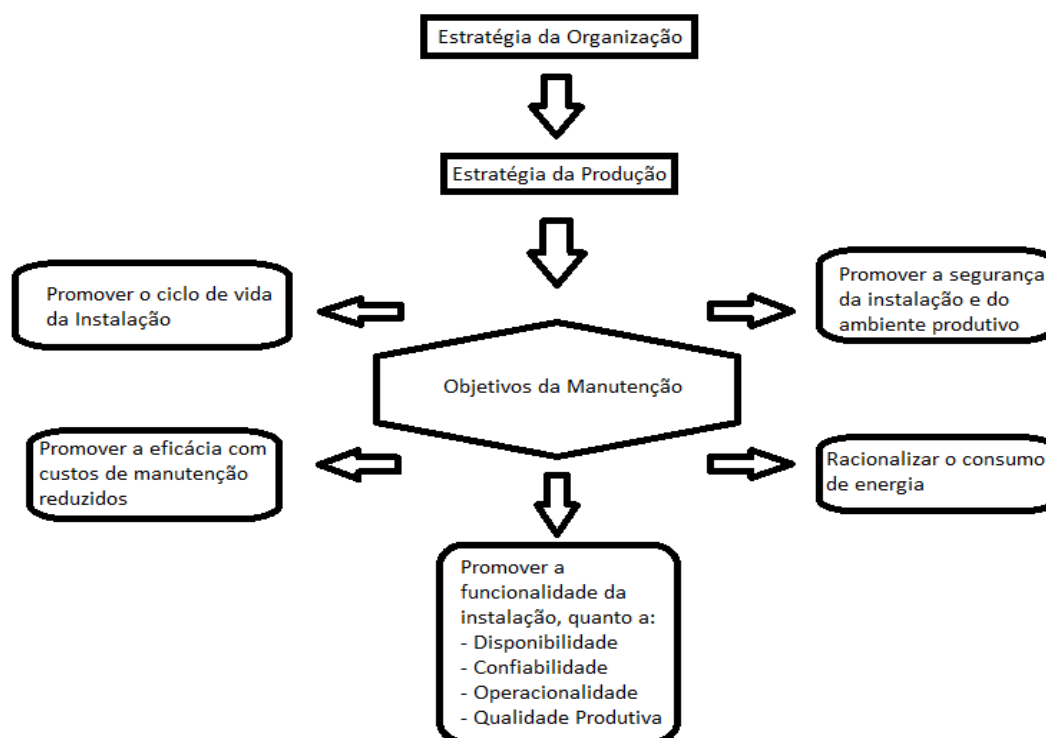


Figura 1.1 – Objetivos da manutenção industrial [3].

1.3.3.1. Gestão de equipamentos

Com o intuito de que a gestão da manutenção possa efetuar uma correta e eficaz gestão dos equipamentos produtivos, é fundamental reunir e organizar informações fundamentais sobre cada equipamento produtivo. Sendo assim, torna-se imprescindível criar um arquivo técnico individual, que agrupe informações de cada máquina ou equipamento, sendo possível atingir a eficácia do processo de gestão da manutenção. Englobado na informação inserida nesse arquivo, realça-se os dados técnicos dos equipamentos, o registo de componentes ou de peças de reserva, o histórico de avarias, o posicionamento dos equipamentos dentro da instalação, os gastos detalhados de cada intervenção, custos de mão-de-obra e materiais, o resultado da paragem de um equipamento no processo produtivo, as normas de segurança a adotar, os riscos de cada operação de manutenção, os planos de manutenção preventiva, com os planos de lubrificação indicados, o histórico das intervenções de manutenção corretiva e os custos referentes a cada intervenção.

1.3.3.1.1. Planeamento e programação de intervenções

A melhoria dos recursos de manutenção está intrinsecamente relacionada com uma estrutura capaz, para planear, programar e efetuar tarefas relacionadas à atividade do sector. O planeamento das intervenções de manutenção deve ser referido na concretização do pedido de manutenção, por quem efetua o pedido de intervenção, juntamente com a emissão de uma ordem de serviço, contendo os pontos de ação a efetuar. Este procedimento deve indicar os recursos ótimos para se efetuar a tarefa, mão-de obra, materiais e serviços extras precisos para esta ser efetuada, e respetiva duração da intervenção, prioridades de ação, data e hora pensadas para o início e fim da ação, bem como as tarefas necessárias para a sua execução. De modo a transformar a gestão do planeamento de manutenção eficaz deve-se ter em conta os seguintes aspetos:

- O responsável pelo planeamento da manutenção deve possuir responsabilidades que lhe permitam a tomada de decisões a fim de definir a carga de trabalho dos recursos que são colocados ao seu dispor, relativamente às suas prioridades;
- Devem existir de forma acessível informações fidedignas e atuais sobre a carga de trabalho e recursos;
- As áreas de chefia e os canais de comunicação existentes devem ser definidas com clareza entre os vários níveis hierárquicos.

O planeamento da programação basear-se na preparação dos serviços, integração da mão-de-obra, tempo da ação a efetuar, classificação do desempenho da mão-de-obra de cada ação. A programação dos grandes trabalhos de manutenção em período de paragem produtiva, podem ser um enorme número de atividades que envolvem o trabalho em simultâneo de meios próprios e

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

também prestadores de serviços. Por isso, o sucesso das ações está relacionado com uma coordenação, planeamento e programação eficaz, em que os custos, qualidade e prazos, são levados em consideração pela coordenação. Sendo assim, fazem parte das funções de gestão, planeamento e programação da manutenção, as atividades de [9]:

- Efetuar uma escala de trabalho de manutenção preventiva em função do tempo;
- Responder aos pedidos de modificação e melhoria dos equipamentos produtivos;
- Dar resposta às paragens e serviços de emergência, com a ação corretiva necessária.

Desta forma, a gestão do planeamento e programação da manutenção deve ser sistematizada, como se pode visualizar na figura 1.2. O PCM – planeamento e controlo da manutenção, devendo atender a três tipos de pedidos de serviços; projetos de melhoria, programação de manutenção preventiva e resposta a avarias não programadas [9].

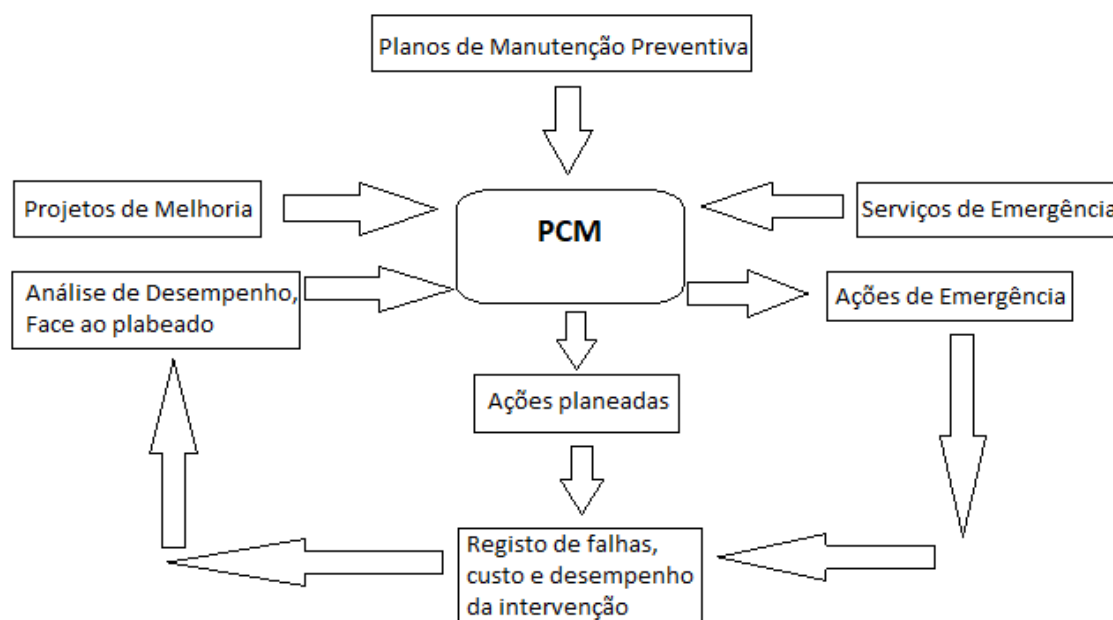


Figura 1.2 – Gestão do planeamento e programação da manutenção [9].

Na figura anterior, consegue-se visualizar que o planeamento e programação da manutenção, tem uma função muito relevante para os objetivos da gestão da manutenção. Visualiza-se que depois da receção do pedido de serviços, o PCM, é quem fica encarregado por acionar todos os procedimentos que levam à realização do pedido, pela emissão das ordens de serviço, a fim da realização das ações de manutenção corretiva e também iniciar as ações de manutenção planeadas e serviços de melhoria. É ainda uma função do PCM a recolha de informação dos resultados das ações que fazem parte do histórico do equipamento, conseguindo-se assim melhorar a produtividade das próximas ações. Englobada nesta informação, deve-se mencionar o desempenho operativo, o tempo real da ação, a possível falha ou desvios ao planeamento e programação da intervenção, os materiais utilizados e o resumo da ação efetuada.

1.3.3.1.2. Gestão de materiais e custo associado

A gestão de materiais para a ação de manutenção tem uma importância fundamental no desempenho da sua função. Mesmo assim podemos constatar que ao contrário da gestão de materiais que são precisos para se efetuar ações de manutenção preventiva, onde os materiais são antecipadamente identificados, tanto em quantidade, como para quando são precisos, a gestão dos materiais precisos para a execução das ações de manutenção corretivas apresenta-se mais complexa, devido à falta de conhecimento preciso, quer em termos temporais, bem como, das características de peças e materiais de stock necessários. Sendo assim, é fundamental, com o auxílio a um histórico de avarias, produzir um stock de materiais de substituição com o qual seja possível dar resposta aos pedidos, recuperando os equipamentos à sua condição operacional, o mais rapidamente possível. Assim sendo, constata-se que a correta gestão de stocks da manutenção deve ter em conta vários aspetos, entre eles:

- A criação de stocks para a manutenção deve acompanhar a política existente na empresa para a gestão de materiais, tendo em conta uma análise de risco para a identificação de stocks mínimos de segurança, sistemas de armazenamento e controlo de stocks;
- Ter padrões de materiais e peças de stock, juntamente com as suas características técnicas;
- Procedimentos uniformes para a armazenagem, entrega e inspeção de materiais;
- Parcerias e fidelização dos principais fornecedores, promovendo a introdução de stocks à consignação.

É importante realçar, devido à sua importância, que o custo proveniente da criação de stocks de materiais de reserva por parte da manutenção, pode agravar significativamente os custos gerais de uma empresa. Muito embora o custo associado ao stock existente, ter como origem na quantidade e no valor dos artigos e equipamentos existentes, devendo-se diminuir tendo em conta as necessidades efetivas criadas pela política da manutenção aplicada na empresa. Conclui-se assim que o stock de peças só deve ser aceite quando o seu custo for inferior ao que se obteria para a empresa caso não exista stock.

1.3.3.2. Classificação das ações de manutenção

A manutenção para alcançar as metas definidas, realizar trabalhos destinados a prevenir e resolver avarias de funcionamento de equipamentos que garantem ou auxiliam a atividade produtiva. Pela tipologia de prevenção ou ação de intervenção a realizar, estas podem ser expressas tendo em conta a sua especificidade. A AFNOR – Association Française de Normalisation, pela norma NF X 60-010, classifica o tipo de intervenção em cinco níveis, tendo em conta o grau de complexidade técnica, a qualificação necessária dos seus operadores e os meios técnicos para a sua execução [10], como representa a tabela 1.2.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 1.2 – Classificação específica de ações de manutenção por níveis [10].

Níveis de manutenção segundo a norma NFX60-010	Local de execução	Responsável de execução	Meios de apoio à intervenção
Nível 1 - Intervenções simples previstas pelo construtor, através de elementos acessíveis sem desmontagem ou abertura do equipamento ou substituição de consumíveis.	- Máquina ou equipamento	- Operador do equipamento	- Instruções de funcionamento, sem utilização de ferramentas. - Materiais consumíveis.
Nível 2 - Reparações efetuadas por substituição de elementos standard e realização de operações simples de manutenção preventiva, tais como lubrificação ou controlo de bom funcionamento.	- Máquina ou equipamento	- Técnico de qualificação média	- Instruções de manutenção, - Ferramentas definidas pela instrução de manutenção, - Materiais de uso corrente, consumíveis.
Nível 3 - Diagnóstico e reparação de avarias por substituição de componentes ou elementos funcionais, reparações simples e todas as operações de manutenção preventiva, tais como regulações gerais e calibrações de aparelhos de medida e controlo.	- Máquina ou equipamento. - Em oficinas ou local de apoio	- Técnico especializado	- Instruções de manutenção. - Ferramentas e aparelhagem de medida nas instruções de manutenção. - Banco de ensaio. - Peça de reserva.
Nível 4 - Todos os trabalhos de maior complexidade em manutenção corretiva e preventiva, com exceção de reconstrução de peças. Inclui as operações de calibração de aparelhos de medida utilizados nas operações de manutenção. Verificação e acompanhamento de trabalhos de inspeção realizados por empresas externas.	- Em oficina central. Em empresa ou oficina especializada.	- Equipas técnicas especializadas.	- Máquinas de suporte. - Meios de soldadura. Meios mecânicos de limpeza. - Banco de ensaio, aferição e controlo. - Equipamentos de elevação e movimento - Documentação técnica específica. - Material específico e peças de reserva.
Nível 5 - Renovação, reconstrução ou execução de reparações de órgão de equipamentos.	- Em oficinas externas especializadas.	- Equipas técnicas altamente especializadas.	- Meios definidos pelo construtor, utilizados na construção do equipamento

As tendências dos nossos dias indicam que os operadores de produção consideram a execução de ações correspondentes a níveis de manutenção cada vez maiores. Tal consequência foi impulsionada não só devido a fatores económicos por parte das empresas, por forma a diminuir os custos com a atividade produtiva, mas também devido a aspetos sociais. As expectativas profissionais dos nossos dias, pelo avançado grau de escolarização e cultural, leva à crescente necessidade das pessoas se sentirem mais motivadas, podendo assim aceitar uma maior responsabilidade na função.

1.3.4. A importância de medir o desempenho da manutenção

A globalização e a concorrência feroz levam as empresas a melhorar e otimizar a sua produtividade, com o objetivo de aumentarem a sua competitividade no mercado. O desempenho e a competitividade das empresas estão dependentes da confiabilidade e disponibilidade da sua estrutura de produção. Neste sentido, percebe-se a extrema importância da manutenção para os objetivos sustentáveis das estruturas produtivas. A manutenção e a fiabilidade dos sistemas de produção, são pontos importantes que determinam a capacidade das empresas em desempenhar serviços de alta qualidade em tempo certo aos clientes. Atingindo a estrutura produtiva o desempenho ótimo, ao menor custo, sendo de extrema importância para a gestão da manutenção, a aquisição e organização de informação sobre a eficiência das ações de manutenção [11].

Sendo assim é preciso avaliar se os resultados das ações de manutenção planeada correspondem aos resultados esperados. O desempenho do setor de manutenção pode ser avaliado em vários fatores, avaliação de desempenho da organização da manutenção, avaliação de desempenho das ações técnicas efetuadas, avaliação económico-financeira, no que se refere aos custos relativos à atividade de manutenção e a outros fatores de interesse, como a segurança e os fatores ambientais provenientes da atividade. Sendo assim, observa-se que a correta interpretação de indicadores de desempenho, podem apoiar a descobrir falhas de desempenho da atividade, entre o que é feito e o que é esperado, alavancando possíveis alertas que levem ao melhoramento do processo no que se trate da sua gestão e ações praticadas [12]. É também compreensível que a definição de indicadores de desempenho na área de manutenção, seja uma ferramenta muito útil para as chefias de manutenção, tendo em conta que lhes permite dispor de recursos humanos e materiais em áreas específicas da estrutura produtiva, consoante as necessidades, melhorando o aumento da rentabilidade dos equipamentos e por arrasto também o desempenho produtivo. Muito embora, o atingir objetivos pelas ações executadas esteja dependente da correta e precisa definição de indicadores de desempenho, que permitam o retorno de informações fidedignas sobre a produtividade da manutenção e dos seus equipamentos. A avaliação de desempenho de manutenção é de extrema importância e tem sido muito debatido na literatura científica por vários autores. A gestão da manutenção precisa de informações de desempenho de processo, de modo a conseguir controlar e otimizar os processos e resultados da manutenção, assim como, levar a cabo ações de melhoria. De outra forma, é do interesse das chefias de manutenção saber a eficiência e eficácia dos processos de manutenção aplicados, de maneira a justificar não só o desempenho, como também os custos levados a cabo pela manutenção. A medição de desempenho da atividade do setor, além de facilitar o retorno de informação sobre o desempenho dos seus colaboradores, influencia a ação dos mesmos, sendo uma ferramenta motivadora, que impulsiona a tomada de decisões e ações a realizar, desenvolvendo assim, a estratégia competitiva das organizações.

1.3.4.1. As diferentes categorias de indicadores da manutenção

Existem várias categorias de indicadores de desempenho para a manutenção identificadas na literatura científica. Os indicadores de desempenho da manutenção são definidos em três níveis, estratégico, tático e operacional. Já as medidas de desempenho da manutenção podem ter três categorias de classificação: medida de desempenho dos equipamentos no que diz respeito à sua disponibilidade e confiabilidade, medida de desempenho económico, considerando o custo de cada intervenção e medidas de desempenho da organização da manutenção, tendo como exemplo a taxa real de ações planeadas e não planeadas [13]. São definidas quatro categorias de indicadores de desempenho de manutenção, resultados da intervenção, indicado pela disponibilidade do equipamento, tempo entre avarias, frequência de avarias, prazos de reparação e taxa de operacionalidade da manutenção; produtividade da manutenção, medida pelo número de técnicos, produtividade da mão-de-obra técnica e o cálculo dos custos referentes à ação efetuada, a dividir pelo custo total da produção; planeamento e programação da manutenção, obtido pelo tempo utilizado no planeamento e programação das ações de manutenção, tempo de paragem operativa, desde a falha até ao início da reparação, custo da paragem a dividir pelo custo total da ação de manutenção e a totalidade de ações de manutenção; justificação do custo de manutenção, obtido pelo custo da manutenção a dividir pelo total da produção, custo de stock com peças de substituição e custo de comparação entre a reparação e a sua substituição [4]. Tendo em conta os indicadores de desempenho já referidos, desenvolveram-se vários indicadores de desempenho, como está representado na figura 1.3.

Os autores classificam os indicadores de desempenho em duas categorias, indicadores de planeamento e programação de manutenção, e indicadores de resultado de ações de intervenção de manutenção. Tendo em conta os indicadores de planeamento e programação podem ser considerados em três subcategorias, identificação do trabalho, indicado pela percentagem de horas correspondentes ao diagnóstico de avaria; planeamento e programação, obtida pela percentagem de horas associadas ao planeamento da ação; reparação, medida pela percentagem de intervenções efetuada na data prevista, percentagem de intervenções, resultantes da errada ou insuficiente intervenção inicial, percentagem de ordens de serviço em curso ou não efetuadas, e tempo médio das ações.

Em relação aos indicadores de resultados de ações de intervenção de manutenção, os autores apresentam as subcategorias, eficácia do equipamento, contabilizada pelo número de reparações não planeadas, periodicidade com que acontecem as avarias, número de ações de manutenção não programadas, número de ações de manutenção programadas, número de paragens dos equipamentos e disponibilidade dos mesmos; eficácia do custo de manutenção, obtida pela percentagem do custo de substituição a dividir pelo custo de reparação, percentagem do custo de manutenção obtido tendo em conta o lucro proveniente das vendas, percentagem do custo de manutenção obtido em função do custo de produção, e a comparação entre o custo da manutenção

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

e o custo de cada produto; segurança e ambiente, obtido pelo número de acidentes humanos, materiais e ambientais, com causa na atividade de manutenção.

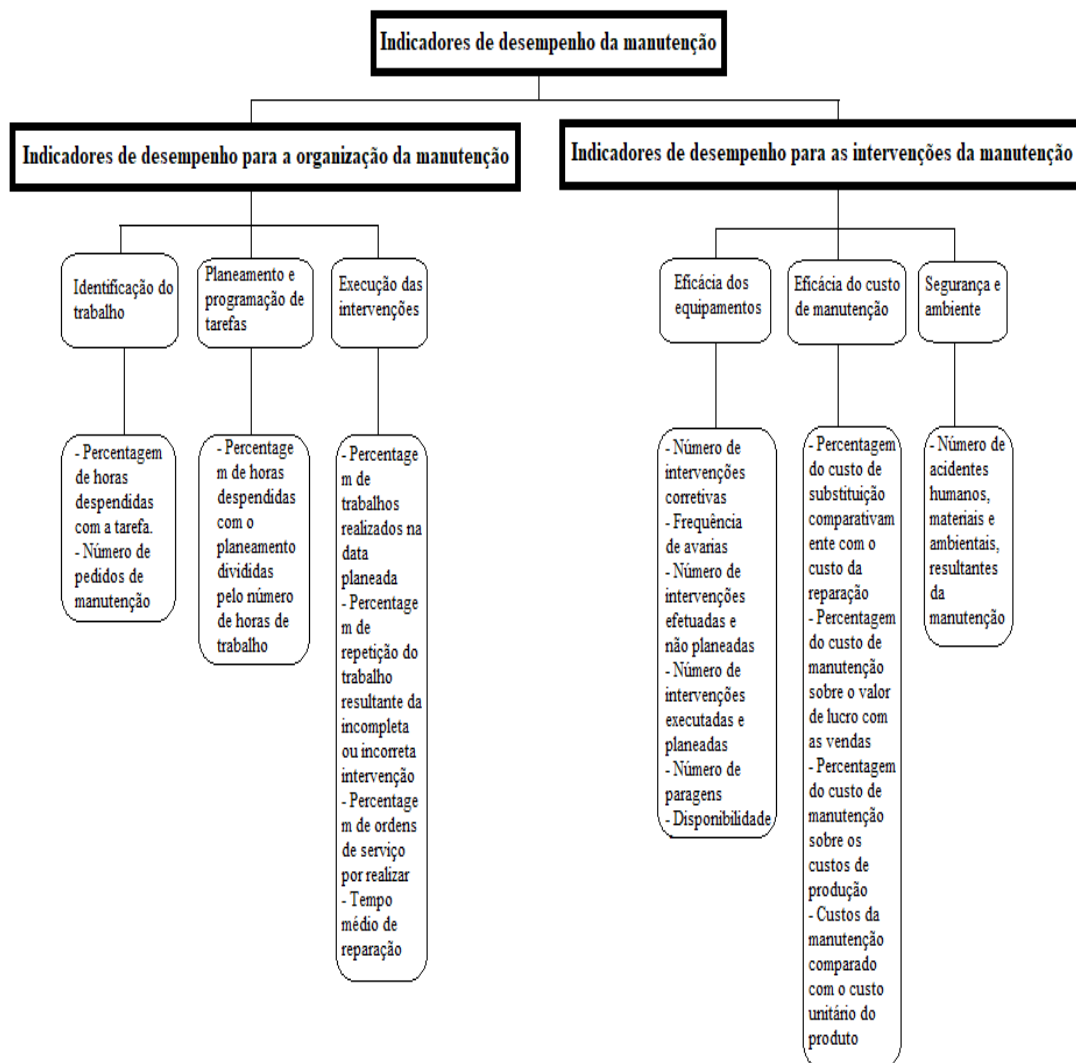


Figura 1.3 – Lista de indicadores de desempenho para manutenção [4].

Como consequência do apresentado e resumidamente, os indicadores de desempenho devem ser temporais e divididos em três categorias, “antes”, com definição de indicadores para se saber qual o trabalho a realizar; “durante”, a constituição da programação e planeamento das ações, “depois”, das ações de manutenção efetuadas realizaram estudos onde é proposta uma lista de taxas de referência, que devem ser compreendidas como guias para se alcançar um desempenho elevado em cada tarefa associada à cada categoria [3], como apresentado na tabela 1.3. As referidas taxas de indicadores demonstram-se úteis tendo em conta que uma grande variação dos valores indicados, poderão levar a serem precisas mudanças que permitam melhorar a eficiência e eficácia de cada ação associada a categoria de trabalhos de manutenção.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 1.3 – Percentagem a atingir para os indicadores da atividade de manutenção [3].

Categoria	Indicadores	Descrição	% Recomendada
Identificação do trabalho	% de trabalho pró-ativo	Nº de horas disponíveis para trabalho pró-ativo / total de horas de trabalho	75 % - 80%
	% de trabalho reativo	Nº de horas usadas em trabalho reativo / total de horas de trabalho	10 % - 15 %
	% de trabalho de melhoria	Nº de horas usadas em trabalho de melhoria / total de horas de trabalho	5 % - 10 %
	Taxa de resposta ao trabalho pedido	Nº de trabalhos pendentes há mais de 5 dias /total de trabalhos pedidos	80 % dos pedidos
Planeamento e programação do trabalho	Taxa de trabalhos planeados	Nº de trabalhos planeados / total de trabalhos executados	95 % do total de pedidos
	Qualidade de planeamento	% de pedidos de trabalho que requerem retrabalho devido ao planeamento / total de ordens de trabalho	< 3 % do total de pedidos
	Capacidade de resposta do planeamento	Nº de trabalhos em planeamento à mais de 5 fias / total de ordens de trabalho	>80 % do total de pedidos
	Intensidade da programação	Nº de horas de mão de obra programadas / total de horas de mão de obra disponíveis	>80 % do total de mão de obra disponível
	Qualidade da programação	% de ordens de serviço atrasadas devido a falta de matérias ou mão de obra	< 2 %
	Taxa de finalização da programação	% de programação de ordens de serviço finalizadas antes da data final / total de ordens de serviço	>95 % do total de pedidos
Execução do trabalho	Tempo médio de reparação	Tempo de inatividade de um equipamento / nº de avarias	< 3 %
	Taxa de utilização de recursos humanos	Tempo gasto em intervenções / total de horas de trabalho	>80 %
	Eficiência dos recursos humanos	Tempo planeado para as intervenções / tempo gasto nas intervenções	>97 %
	Eficácia das intervenções	Nº de tarefas executadas / total de tarefas recebidas	>95 %
	Qualidade das intervenções, sem necessidade de retrabalho	% de intervenções que precisaram de retrabalho	< 3 %

1.3.4.2. O indicador OEE - Overall Equipment Effectiveness

Englobado na metodologia TPM – Total productive maintenance, que integra o conceito TPS – Toyota Production System, criado por SEIICHI NAKAJIMA (1960), encontramos um indicador que possibilita obter o valor da eficácia global dos equipamentos, designado por OEE - Overall Equipment Effectiveness. Tal indicador foi inicialmente criado como forma de quantificar o desempenho dos equipamentos e também a métrica de melhoria contínua dos equipamentos e dos processos produtivos. Este balizador auxilia da medição de perdas em vários aspetos produtivos, entre elas a disponibilidade, o desempenho, a velocidade e a taxa de qualidade proveniente dos equipamentos. O uso do indicador OEE, como é sugerido pela metodologia TPM, possibilita que as empresas verifiquem as verdadeiras condições de uso dos seus ativos. A verificação de tais condições ocorre a partir da identificação das perdas que ocorrem no processo industrial, englobando índices de disponibilidade dos equipamentos, eficácia e qualidade. O conceito OEE tem vindo a ter uma grande aceitação sendo utilizado como uma ferramenta de extrema importância, para a obtenção de valores de desempenho quantitativo dos equipamentos industriais [4]. A obtenção de resultados sobre a eficácia global dos equipamentos pode ser utilizada segundo vários intuitos, tentando atingir vários objetivos. O OEE possibilita avaliar áreas em que existe a possibilidade de efetuar melhorias, quantificando-as, nos equipamentos ou linhas de produção de tempo. O indicador OEE procura classificar a atividade dos equipamentos industriais, tendo em conta a sua produtividade, rentabilidade e qualidade, conseguindo reduzir os custos desnecessários que influenciam de forma negativa a atividade de produção industrial. Antes do surgimento deste indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que tinha como consequência o sobredimensionamento da capacidade produtiva dos mesmos. O OEE é medido tendo em conta a identificação de seis grandes perdas, conforme representado na tabela 1.4, sendo à posteriori inseridas e calculadas pelo produto dos índices, Disponibilidade, Eficiência e Qualidade. Por este facto, indica-se que um OEE de 85% deve ser indicado como meta ótima no desempenho dos equipamentos. Segundo este mesmo autor, para que se consiga obter um valor de OEE acima de 85%, é preciso que os índices de cálculo sejam de 90% para a disponibilidade, 95% para a eficiência e 99% para a qualidade, o que indicaria um índice de desempenho ótimo, muito embora de difícil alcance para qualquer equipamento [8].

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 1.4 – As perdas nos equipamentos identificadas pelas metodologias OEE [4].

Perdas	Ocorrências	Consequências
1 – Avarias	<ul style="list-style-type: none"> - Avarias mecânicas, elétricas - Falha geral do equipamento - Paragens não planeadas para intervenção da manutenção <ul style="list-style-type: none"> - Falhas de energia 	Redução de tempo disponível para o equipamento produzir
2 – Mudanças, afinação e outras paragens	<ul style="list-style-type: none"> - Mudança de produto - Aquecimento ou arrefecimento para mudança de ferramenta - Substituição de ferramentas por desgaste <ul style="list-style-type: none"> - Paragens para limpeza - Falta de material - Falta de operador 	
3 – Pequenas paragens	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza e pequenos ajustes - Obstrução no fluxo de produto a montante ou jusante - Falha na alimentação de materiais - Substituição de ferramentas de desgaste pelo operador - Verificação ou regulação de parâmetros 	Afetam a eficiência do equipamento, não permitindo que este funcione no tempo de ciclo nominal
4 – Redução de velocidade	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamento abaixo da velocidade específica - Funcionamento irregular - Incapacidade de o operador garantir o funcionamento regular 	
5 – Defeitos e retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Rejeições - Retrabalho do produto - Montagem incorreta - Matéria-prima incorreta - Falta de matéria-prima 	Redução de quantidade de produto conforme produzido
6 – Perdas de reinício	<ul style="list-style-type: none"> - Retrabalho do produto - Afinações 	

Na figura 1.4, estão demonstrados em esquema os índices de medição da eficácia de um equipamento, bem como as perdas apresentadas na tabela 1.4, relacionadas com cada índice, como proposto pelo indicador OEE [5].

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

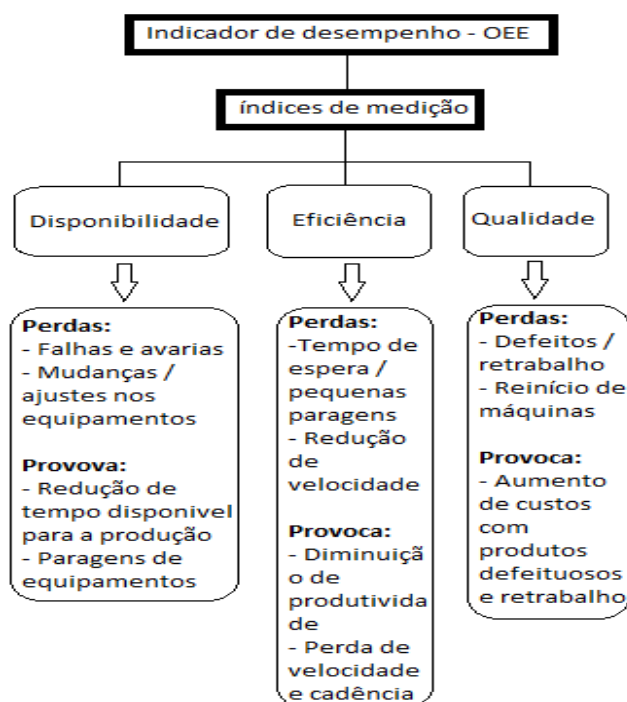


Figura 1.4 – Índices de desempenho com associação de perdas, conforme metodologia OEE [5].

Para se efetuar o cálculo do índice de disponibilidade de uma máquina deve-se considerar as perdas programadas, como é o caso das mudanças de ferramenta, afinações ou ajustes, tempo de repouso do operador, ações de manutenção preventiva e as perdas não programadas, como é o caso das avarias, falha de energia elétrica, falta de material originário do processo anterior. Sendo assim, o índice de disponibilidade é calculado pelo tempo de carga de uma máquina (TC), que se obtém pela subtração do tempo disponível da mesma, pelo tempo de paragens programadas, como se verifica na equação seguinte:

Tempo de Carga (TC) = Tempo teórico disponível – paragens programadas (horas)

Seguidamente é efetuado o cálculo do tempo real disponível através da subtração do TC pelo tempo de paragens não programadas, como se verifica na equação seguinte:

Tempo real disponível (TRD) = Tempo de carga – paragens não programadas (horas)

Depois da obtenção do TC e do TRD, já é possível calcular o índice de disponibilidade de uma máquina, que se consegue com a equação seguinte:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = (\text{TRD}/\text{TC}) \times 100$$

O cálculo do índice de eficiência tem em conta a velocidade de trabalho de uma máquina e é obtido pela equação seguinte:

$$\text{Eficácia (\%)} = [(\text{N}^\circ \text{ de peças produzidas} / \text{hora}) / (\text{TC} / \text{hora} \times \text{TRD} / \text{hora})] \times 100$$

A diferença entre a eficiência teórica e a real, resulta das pequenas paragens dos equipamentos e também devido à diferença de velocidade de trabalho real de uma máquina pela velocidade para a qual foi concebida. Por fim, o índice de qualidade de uma máquina obtém-se pela diferença entre o total de peças produzidas pelo número de peças fora das normas e o número de peças fora das

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

normas em substituição das peças rejeitadas, a dividir pelo total de peças produzidas, como se pode observar na seguinte equação:

$$\text{Qualidade (\%)} = (\text{peças produzidas} - \text{peças rejeitadas} - \text{peças refeitas}) / (\text{N}^\circ \text{ de peças produzidas}) \times 100$$

O fim do OEE é analisar a eficácia dos equipamentos, por meio do cálculo da disponibilidade, eficiência e qualidade que resulta da sua produção, bem como, observar-se se a máquina continua a trabalhar com igual taxa de produtividade, velocidade e qualidade, indicadas nas suas especificações de construção. Por este facto, obtemos a taxa de OEE pela seguinte equação:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade (\%)} \times \text{Eficácia (\%)} \times \text{Qualidade (\%)}$$

Verifica-se, pelo indicado, que a obtenção de perdas que resultam de um equipamento é o objetivo mais importante no cálculo do indicador OEE. A restrição das empresas em descobrirem as suas perdas, não ajuda que estas atuem no sentido de se voltar a estabelecer as condições operacionais iniciais dos equipamentos, o que levará ao comprometimento da eficácia global dos mesmos. Desta maneira, observa-se que a importância de aprimorar os equipamentos e atuar na descoberta e eliminação das suas perdas é efetuada através do aumento da produção, tendo em conta que o acréscimo da eficiência e eficácia dos equipamentos diminui a escassez de se efetuarem investimentos em novas linhas de produção.

1.3.5. A estratégia para a manutenção

A manutenção tem vindo gradualmente a desempenhar uma maior relevância nas empresas industrializadas, por conta do seu acréscimo relacionado com o impacto económico nos indicadores obtidos, e pelo seu importante contributo na qualidade dos produtos, respeitar os prazos de entrega e rentabilidade dos equipamentos de produção. Tem de se assumir que a manutenção, como outra qualquer atividade da empresa, tem de ser levada por um objetivo definido, rigorosamente inserido no plano estratégico da empresa. Sendo assim, o objetivo da função manutenção deve englobar a forma de se alcançar vários objetivos, envolvendo os objetivos gerais programados para as empresas, principalmente os do sector da produção. A estratégia escolhida por cada empresa, para a sua manutenção, leva a decisões sobre a identificação, procura e execução de reparações aos seus equipamentos. De uma forma abrangente, tal estratégia deve assentar-se na elaboração de um plano, capaz de melhorar o ciclo de vida dos recursos postos à disposição, elaborando uma estratégia ótima de manutenção em coordenação com a produção e restantes setores da empresa. A estratégia para a manutenção deve ser desenhada conforme o tipo de ação a efetuar, como por exemplo, inspeção ou medição, conservação e reparação ou substituição. A estratégia escolhida para a manutenção não é mais que uma mistura de políticas ou técnicas que vão variando por meio de vários fatores internos a cada empresa, como é o caso dos objetivos para a manutenção, o tipo de instalação ou equipamento, os padrões e fluxo de produção e a relevância ou peso económico que esta representa para a atividade da empresa.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Apesar disso, qualquer que seja o tipo de organização e os seus objetivos, observa-se a necessidade de existir uma estratégia de manutenção a ser aplicada, sugerem como exemplo a importância de se definir uma estratégia de manutenção no setor da produção de energias renováveis. Os autores referem ainda que a manutenção para este setor tem um peso percentualmente elevado em relação ao custo total de produção, assumindo a sua otimização uma extrema importância na sua sustentabilidade e competitividade comparada à indústria extratora de combustíveis fósseis. Sendo assim é visível que a estratégia utilizada pelas empresas para a sua manutenção, tem de ser definida de forma a que esta seja notada dentro das organizações, assim como em relação ao papel que irá representar para os seus ativos, sendo considerandos aspetos de natureza económica e de segurança [14]. Por ser de extrema importância e complexidade a nível de dimensão económica, a estratégia definida para a manutenção industrial, é quase sempre referida na literatura científica tendo em conta três grupos gerais, a manutenção corretiva, a manutenção preventiva e a manutenção de melhoria, como se irá abordar seguidamente nas políticas de manutenção.

1.3.6. Políticas de manutenção

As políticas de manutenção são limitadas por vários fatores, como são as condições, a idade das infraestruturas e as inspeções obrigatórias da Higiene e Segurança no Trabalho. Segundo as características do regime de produção e do tipo de equipamentos produtivos, têm de se explicar de forma clara as políticas de manutenção a serem introduzidas. As políticas de manutenção devem ser compreendidas como os vários tipos de ações a efetuar nos equipamentos, pela atividade da manutenção [15]. As políticas de Manutenção, resumidas são apresentadas na figura 1.5, estas são escolhidas tendo em conta as características técnicas dos equipamentos e com as condicionantes da produção. Devem também ser selecionadas tendo em conta as diferentes opções, escolhendo-se a solução mais indicada para o equipamento ou à instalação que esteja a ser tida em conta, ou juntando as várias opções de forma a reduzir os custos. Na formulação da política de manutenção mais conveniente para cada empresa, devem-se ter em consideração os próximos aspetos, Fiabilidade do equipamento e a taxa prevista de avarias; Manutibilidade do equipamento, tendo em conta a acessibilidade e facilidade de se executarem as ações de manutenção; Tipo de avarias, tendo em conta o tempo que leva a resolução da avaria; Análise do equipamento, em relação à sua importância nos gastos indiretos com origem na atividade de manutenção, como é o caso das perdas de produção causadas pela paragem dos equipamentos; Causas das avarias, em termos de segurança humana, material e ambiente; Viabilidade técnica e económica, tendo em conta a deteção precoce de possíveis avarias por controlo de variáveis de funcionamento; Viabilidade técnica e económica das várias possibilidades de substituição ou reparação; Normas legais, que se referem a inspeções aos equipamentos; Comparação económica de comparação do benefício que resulta das várias opções possíveis de manutenção a ser escolhida.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

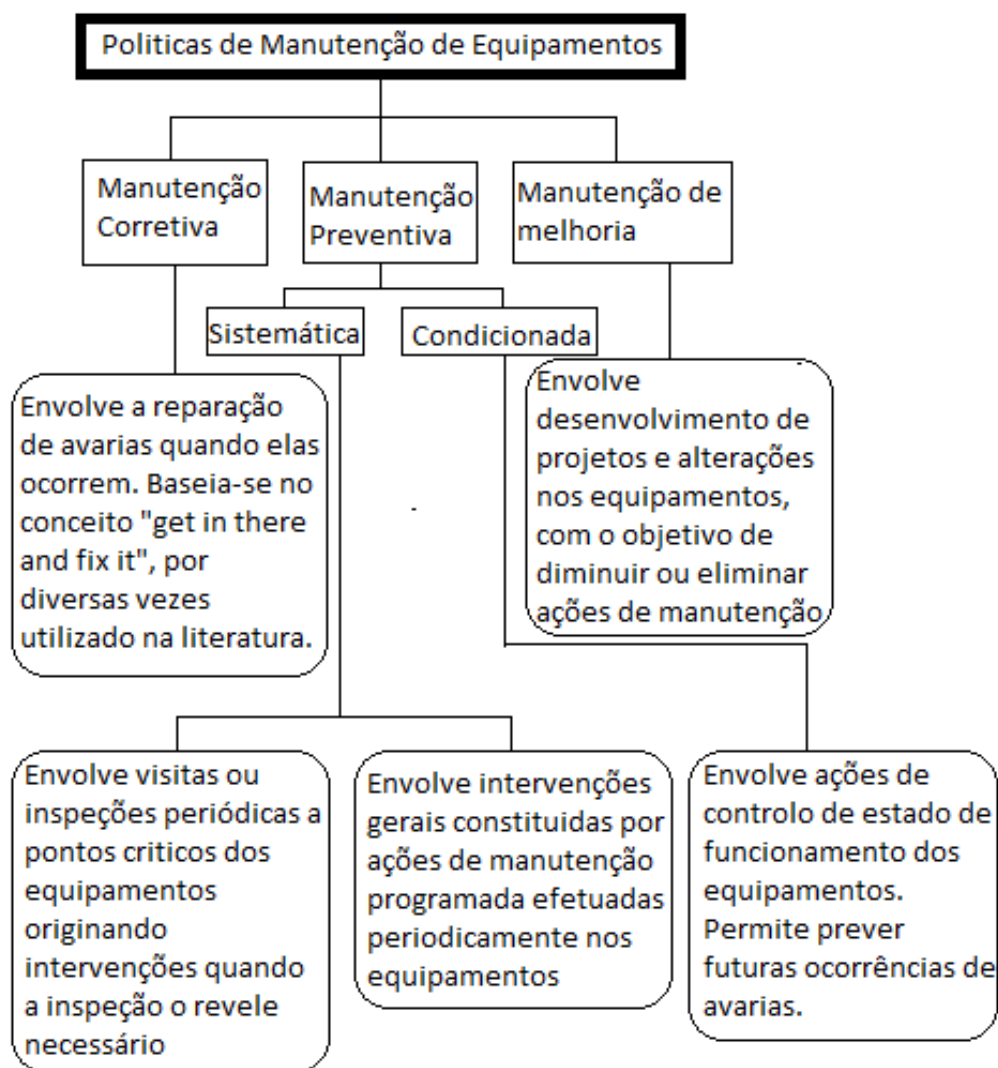


Figura 1.5 – As políticas de manutenção adotadas para os equipamentos [16].

Como já indicado, na figura 1.5 estão mencionados os principais grupos de ações ou políticas de manutenção, divididas pela ação de intervenção da manutenção que pode ser utilizada em máquinas ou equipamentos industriais [16]. Nos últimos anos, a vertiginosa evolução do universo industrial tem demonstrado a importância da manutenção industrial. Muitas contribuições importantes podem ser encontradas acerca deste tema na literatura científica. O desenvolvimento tecnológico, a mecanização e automatização industrial, tem ajudado à diminuição do número colaboradores de produção, muito embora tenha levado ao aumento exponencial dos ativos humanos da manutenção, assim como, à necessidade de formação e especialização técnica dos ativos. Os autores referem ainda que outra das razões que alavancou a falta da manutenção, foi o aparecimento de filosofias de gestão, como é o caso do just-in-time, pois necessita de uma elevada disponibilidade, operacionalidade e fiabilidade dos equipamentos, consequência da globalização dos mercados que leva a uma procura de produtos de alta qualidade, com uma pequena tolerância a defeitos e prazos de entrega dilatados. Os mesmos os autores referem ainda que a necessidade de serviços externos de manutenção pelas empresas, levou à especialização e formação de técnicos

dedicados a atividades específicas de manutenção. As modificações e consequentes obrigadoriedades da legislação sobre a segurança e saúde no trabalho, obriga a políticas de manutenção com capacidade de garantir a execução dessas normas. Por existirem exigências muito apertadas nas organizações nos dias de hoje, as políticas de manutenção desenvolveram-se no sentido de uma política de manutenção proativa, que se assenta em tarefas preditivas e detetivas, nas quais são detetadas falhas ao nível da segurança e do meio ambiente, pela manutenção condicionada, sistemática e corretiva [17]. Tendo em conta uma evolução histórica da manutenção, serão de seguida referidas e descritas as principais políticas de manutenção, que são adotadas pelas empresas nos nossos dias.

1.3.6.1. Política de manutenção corretiva

Um dos marcos de mudança das políticas de manutenção na indústria foi a segunda grande guerra mundial, antes desta ter o seu início as empresas tinham equipamentos mais simples, sendo uma época onde não existia uma visão abrangente sobre a produtividade, as empresas apoiavam na sua estrutura organizacional, uma equipa de manutenção que tinha como único fim estar disponível para intervir apenas quando existiam avarias nos equipamentos. Neste quadro de manutenção, as guerras com o setor produtivo eram baixas ou inexistentes, tendo em conta que o pensamento da produção estava virado para a ideia de que só iria perder capacidade de produção quando não existisse outra alternativa. A tal tipo de política atribui-se o nome de política de manutenção corretiva [3]. Muito embora, quando analisado o tempo despendido com a reparação dos equipamentos, englobados ao custo da paragem produtiva, proveniente de avarias inesperadas por parte dos equipamentos, ficou demonstrado que os custos associados aos equipamentos muito superiores quando em comparação com uma intervenção planeada. Sendo esta fase conhecida como a primeira geração da manutenção, com o final da segunda grande guerra e com a alteração de paradigmas em relação à manutenção, esta foi apelidada como a segunda geração da manutenção, onde os investimentos feitos com o um maior número de equipamentos e mais avançados tornam as instalações industriais mais complexas e de maior dimensão, o que levou a que mais uma vez existisse a necessidade de outras formas e políticas de manutenção [5]. Este conceito de manutenção tem como grandes desvantagens genéricas, paragens não planeadas, muitos danos em equipamentos, falta de repositório de peças, custos de reparação elevados, e diminuição da taxa de produção e de qualidade [24].

1.3.6.2. Política de manutenção preventiva

Com a evolução que se verificou entre o pós-guerra e a década de 60 do século passado os equipamentos atingiram um grande nível de complexidade, associada ao aumento do investimento

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

na indústria, levou a que existisse um aumento da competitividade pelas empresas, com o interesse e a necessidade pela procura da produtividade, surgido como fonte estratégica com o fim de atingir vantagens competitivas. Devido a esta conjuntura, deixaram de ser aceites equipamentos com os quais não se podia contar. Aparecendo então o conceito de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos da produção. Surgindo também e associado ao conceito a ideia de uma nova política, onde os componentes ou partes dos equipamentos pudessem ser substituídos ou intervencionados, levando em conta intervalos pré-estabelecidos de tempo, assentes em dados técnicos de ciclo de vida desses componentes, para com isto conseguir-se evitar a falta de disponibilidade inesperada dos equipamentos. Tal política de manutenção ficou conhecida pela manutenção preventiva. É nesta mesma altura que surge o que se designa como a segunda geração da manutenção, que em função da necessidade de se controlar os períodos de intervenção, permite o aparecimento de uma lacuna que levou ao surgimento dos sistemas de planeamento e controle da manutenção. Com ela aparece também o investimento num trabalho de aperfeiçoamento e alargamento da vida útil dos equipamentos, tendo em conta que os componentes com uma vida útil mais reduzida passam a ser intervencionados em períodos mais curtos, sendo assim possível o aumento e a disponibilidade dos equipamentos para a produção [18]. Com esta segunda geração foi possível um aumento de produtividade em relação à primeira. Por outro lado, e com o passar do tempo, surgem novas necessidades que são devidas ao surgimento da automação na indústria e de novas técnicas e metodologias para o planeamento da produção.

1.3.6.3. Política de manutenção preditiva

Esta fase, que tem o seu início na década de 70 do século passado é o início da terceira geração da manutenção. O aumento da automação como indicado anteriormente, permite a criação de condições até à data impossíveis. O aparecimento de novas formas de produção, baseados em ferramentas de gestão, como é o caso do lean manufacturing, entre outras, levam a um aumento do grau de confiabilidade nos equipamentos de produção. É então que ganha força a ideia de que as intervenções devem apenas ser efetuadas quando as condições dos equipamentos permitam a sua paragem. Esta manutenção baseia-se na avaliação de parâmetros e no controlo de estado de funcionamento dos equipamentos, obrigando a um acompanhamento permanente dos componentes dos equipamentos, o que leva à previsão de futuras ocorrências de avarias. Surge assim, a política de manutenção preditiva, tendo como base as análises comportamentais dos equipamentos, sendo assim possível prever a necessidade de atuar o mais próximo possível da avaria e teoricamente, no momento imediatamente antes desta ocorrer. O surgimento de novas preocupações em redor da preservação do meio-ambiente, com o esforço de rentabilização e reutilização de todos os componentes industriais, assim como, as preocupações com a segurança e saúde no trabalho levaram ao surgimento de novas variantes de políticas de manutenção. Muito embora, estas se enquadrem nas políticas bases aqui referidas [5,6].

1.3.6.4. Política de manutenção detetiva

Com a necessidade do aumento da confiabilidade dos equipamentos, pode-se ainda identificar outra política de manutenção, designada por manutenção detetiva [19]. Segundo Faccio et Al., este tipo de manutenção tem como finalidade garantir que determinados componentes com pouca utilização nos equipamentos, mas que, no entanto, são de extrema importância, pois não falhem ou avariem quando solicitados [19]. Este mesmo autor, indica a necessidade desta política de manutenção nos componentes com função de proteção e segurança nos equipamentos, como é o caso dos dispositivos de limite de segurança, sensores de temperatura e pressão, ou seja, todos os componentes que num equipamento garantam em caso de necessidade extrema a confiabilidade do equipamento, bem como a segurança humana e material.

1.3.7. Manutenção hidráulica

A manutenção industrial na vertente hidráulica deve fazer uma distinção em relação ao conhecimento por parte da mão de obra, em duas partes distintas. Uma delas é a que está mais virada para a resolução de problemas, sendo efetuada com especialistas de manutenção e devendo estar abaixo dos 10 % da força de trabalho da manutenção. A outra parte, constituída com os restantes 90% deve ser uma manutenção hidráulica geral. Sendo esta última, a que fornece a especialização em manutenção preventiva. A resolução dos problemas hidráulicos por parte da manutenção está muitas das vezes relacionada com o conhecimento por parte da mão de obra especializada, o que implica um grande conhecimento de várias áreas, como é o caso da mecânica, matemática, componentes hidráulicos, esquemas e símbolos hidráulicos. Além disso, é necessário terem uma habilidade intrínseca que lhes permitam analisar um circuito hidráulico ao ponto de detetarem as causas das falhas, substituir componentes do sistema pelos do fabricante, desenvolver um programa de manutenção preventiva para um sistema hidráulico e descarregar um sistema hidráulico após um componente principal falhar, entre outras coisas [20].

Na manutenção geral em hidráulica existem conhecimentos básicos que se tem de ter do sistema, como é o caso dos filtros e como se efetuar a sua substituição, limpeza dos reservatórios, limpeza do sistema hidráulico, lubrificação necessária e respetivos níveis, técnicas de manutenção preventiva tais como substituição de manguueiras, acessórios ou tubagens.

Para se manter um sistema hidráulico em boas condições é fundamental aplicar procedimentos de manutenção preventiva, tendo sempre presente a compreensão e o conhecimento das boas práticas de manutenção para os sistemas hidráulicos, como se pode verificar na tabela 1.5.

Como em qualquer sistema deve-se efetuar uma análise da causa da falha, para evitar falhas futuras, pois com uma análise cuidada, consegue-se por vezes evitar falhas futuras. Tal análise não é mais que uma manutenção preventiva do sistema hidráulico, sendo muito simples de efetuar.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Um programa de manutenção preventiva para o sistema hidráulico deve ter em conta vários pontos, entre eles [21]:

- Quais são os tempos de funcionamento do sistema;
- Quais os fluxos de pressão do sistema, se o sistema funciona em ambiente quente ou sujo;
- Conhecer os requisitos do equipamento para a manutenção preventiva no sistema hidráulico por parte do fabricante;
- Requisitos e parâmetros de funcionamento dados pelo fabricante de componentes em relação ao óleo hidráulico;
- Requisitos e parâmetros de funcionamento declarados pela empresa de filtros;
- Histórico de equipamento disponível para verificar os procedimentos acima referidos para o sistema hidráulico.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 1. 5 – Melhores práticas na reparação de manutenção hidráulica [20].

Componente	Conhecimento dos componentes	Melhores Práticas	Frequência
Filtro de fluido hidráulico	Há dois tipos de filtros num sistema hidráulico: 1. Filtro de pressão: Pressão: os filtros são desmontáveis e tipos não dobráveis. O filtro preferido é o tipo não dobrável. 2. Filtro de retorno: Tipicamente tem um bypass, que permitirá óleo contaminado para contornar o filtro antes de indicar o o filtro precisa de ser mudado.	Limpar a tampa ou carcaça do filtro com um agente de limpeza e panos limpos. Remover o filtro antigo com as mãos limpas e instalar um novo filtro em a carcaça do filtro ou enroscar no lugar. Nunca permitir a sua mão para tocar num filtro cartucho. Abrir o plástico ensacar e inserir o filtro sem tocar no filtrar com a sua mão	Preferido: com base na tendência histórica das amostras de petróleo. Menos preferido: Com base nas recomendações do fabricante do equipamento.
Respirador de ar do reservatório	O típico respirador de ecrã não deve ser utilizado num ambiente contaminado. É preferível um respirador de ar filtrado com uma classificação de 10 microns, devido à introdução de contaminantes a um sistema hidráulico.	Remover e deitar fora o filtro.	Preferido: Com base na tendência histórica das amostras de petróleo. Menos preferido: Com base nas recomendações do fabricante do equipamento.
Reservatório hidráulico	A um reservatório está habituado: Remover a contaminação. Dissipar o calor do fluido. Armazenar um volume de óleo.	Limpar o exterior do reservatório para incluir a área sob e em redor do reservatório. Remover o óleo através de um filtro, bombear para um recipiente limpo, que não tenha tido outros tipos de fluidos antes. Limpar o interior do reservatório abrindo o reservatório e limpando o reservatório com um pano sem fiapos. Posteriormente, pulverizar o fluido hidráulico limpo para dentro do reservatório e drenar para fora do sistema.	Se alguma das seguintes condições for preenchida: Uma bomba hidráulica falha. Se o sistema tiver sido aberto para grandes trabalhos. Se uma análise do óleo revelar contaminação excessiva.
Bombas hidráulicas	Uma pessoa responsável pela manutenção precisa de conhecer o tipo de bomba no sistema e determinar como funciona no sistema. Exemplo: Qual é o fluxo e a pressão da bomba durante um dado ciclo de funcionamento? Esta informação permite a uma pessoa de manutenção ter tendência para uma potencial falha da bomba e resolver rapidamente um problema no sistema.	Verificar e registar o fluxo e a pressão durante ciclos de funcionamento específicos. Rever gráficos de pressão e fluxo. Verificar a flutuação excessiva do sistema hidráulico. (Designar a flutuação permitida).	Verificações de pressão: Preferido: diário Menos Preferido: verificações semanais de fluxo e pressão: Preferido: duas semanas menos preferido: mensal.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

É de extrema importância que todos os passos da manutenção preventiva estejam explicados de forma clara e acessíveis a todos os utilizadores, por exemplo no manual do utilizador do equipamento industrial, para que exista um único plano de trabalho para cada equipamento, pois cada equipamento é diferente e com especificações próprias, referindo-se nele os seguintes pontos:

- Ferramentas ou equipamento especiais precisos para executar a tarefa;
- Peças ou material necessário para a realização do procedimento;
- Precauções de segurança para cada procedimento;
- Preocupações ambientais ou riscos potenciais;
- Lista de tarefas de manutenção preventiva, como efetuar a substituição do filtro hidráulico, filtrar o fluido hidráulico, verificar os atuadores hidráulicos, como limpar o interior e o exterior de um reservatório hidráulico, verificar e registar as pressões hidráulicas, verificar e registar o fluxo da bomba, verificar mangueras, tubagem e acessórios hidráulicos, verificar e registar a leitura de voltagem para proporcional ou servo válvulas, verificar e registar o vácuo no lado de sucção da bomba, verificar e registar a amperagem na bomba principal e verificar o tempo de ciclo da máquina e registar.

Para se maximizar a vida útil de um sistema hidráulico, é de extrema importância uma manutenção preventiva, reduzindo a avaria dos componentes e as falhas do sistema.

Nos dias de hoje e de forma a detetarmos algumas das possíveis falhas do sistema hidráulico e como já anteriormente referido, é de extrema importância quer a manutenção preditiva, bem como a manutenção detetiva, pois sem elas não sabemos se as ações efetuadas no sistema através da manutenção preventiva, estão ou não a surtir de efeito, obtendo assim uma ação e uma reação, com respostas claras por parte do sistema hidráulico, sabendo o estado atual do mesmo.

Capítulo 2 – Caso prático de estudo

2.1. Giratória Multifunções Mecalac 12 MXT

Esta dissertação, por se tratar de um caso prático de estudo, pretende ir ao encontro de falhas efetivas que o equipamento apresenta. Neste sentido, este capítulo foca-se no conhecimento técnico de todo o equipamento e na identificação da função de cada sistema, através dos esquemas obtidos no manual de reparação, sendo este o único documento do fabricante que foi possível encontrar disponível, e que em certos componentes ou esquemas diferiam do equipamento real, possivelmente atualizações não atualizadas pelo fabricante. O objetivo principal foi adquirir conhecimento relativamente ao equipamento e seu funcionamento.

Não estando bem definida a origem das retroscavadoras, pois existem teorias que foi nos Estados Unidos e outras que foi na Europa, mas pensa-se que os primeiros projetos foram criados por volta do século XVIII. As primeiras escavadoras começaram a surgir em meados XIX, nos Estados Unidos [23]. Já em 1953 em Uttoxeter, Inglaterra, Bamford inventa a primeira retroscavadora já com motor a diesel, a MK I da empresa JCB. Sendo estes equipamentos revolucionários e de grande utilidade, pois além de serem movidos a diesel, o que era barato, também aciona uma bomba hidráulica, bomba essa que alimenta cilindros hidráulicos que efetuam trabalho de uma forma fácil e sem esforço para o operador, tendo assim amplas aplicações na indústria.

A empresa Francesa Mecalac foi criada em 1974, tendo lançado o modelo 12 MXT em 1996, sendo o equipamento do caso de estudo de 1998 [25].



Figura 2.6 – Giratória multifunções Mecalac 12 MXT [22].

2.2. Características gerais da giratória multifunções Mecalac

Trata-se de uma retroescavadora com transmissão permanente 4x4 a um conjunto de 4 pneus e com um peso bruto de 9,5 toneladas. É composta por um chassi articulado que consegue atingir um ângulo de 33 graus. A retroescavadora é constituída por um braço extensível que com o balde instalado pode atingir os 6 metros em determinadas funções, sendo este constituído por 9 cilindros hidráulicos, cilindros estes que lhe conferem os movimentos quando o sistema está em carga. É equipado com um sistema de travagem constituído por discos, dois por roda, podendo ser acionado por travão de mão ou de pé, hidraulicamente. Quanto ao sistema elétrico, é de 12 volts contínuos, sendo alimentado por uma bateria de 175 amperes. O equipamento está equipado com duas velocidades para a frente e duas velocidades para trás, conseguindo atingir uma velocidade máxima de 26 km/h. Em relação a dimensões do equipamento, ver apêndice A [22].

2.3. Características técnicas do motor diesel

Motor CUMMINS – 4BT 4.5C, é o motor utilizado na giratória multifunções Mecalac (ver figura 2.7). Trata-se de um motor a quatro tempos de quatro cilindros em linha de 4506 centímetros cúbicos a diesel, sobrealimentado através de um turbo e capaz de debitar 68 kW de potência a 2200 rpm e com um binário máximo de 414 Nm a 1500 rpm. A admissão do combustível é feita através da bomba de alta pressão e o consumo pode variar entre os 7 e os 12 L/h [22].



Figura 2.7 - Motor CUMMINS – 4BT 4.5C.

2.4. Caraterísticas técnicas dos circuitos Hidráulicos

A giratória multifunções Mecalac é constituída por 3 bombas, bomba de viagem, bomba direcional e bomba do equipamento. Cada uma tem o seu sistema de filtragem independente, conferindo pressão em 16 circuitos hidráulicos diferentes, variando a sua pressão entre os 15 bar (baixa pressão) e os 460 bar (alta pressão), como é possível ver na tabela seguinte (tabela 2.6), dependendo do circuito em causa. Os circuitos hidráulicos são alimentados por um depósito de óleo hidráulico com capacidade para 82 litros, tendo o circuito hidráulico uma capacidade total de 135 litros, sendo o óleo recomendado pelo fabricante o SAE 85W90 [22].

Tabela 2.6 – Pressões dos circuitos hidráulicos do equipamento [22].

Direção	
Controlador primário	250 (+-5) bar
Equipamento	
Pressão de assistência	35 (+-3) bar
Equipamento	15 (+-1) bar
Pressão do equipamento	22 (+-1) bar
Pressão máxima da bomba	310 (+-10) bar
Pressão máxima do equipamento	280 (+-5) bar
Movimento de transferência	
Sobrecarga a velocidade máxima	26 (+-2) bar
Viagem	460 (+-10) bar
Regulação do motor de viagem	270 (+-10) bar

Em seguida vão ser apresentados os 16 circuitos hidráulicos que constituem o equipamento, e a sua respetiva função em pormenor.

2.4.1. Circuito A – Tração

Em relação ao circuito hidráulico A, este circuito é constituído por uma transmissão hidrostática que confere movimento ao equipamento por meio de um motor hidráulico (motor de viagem), este está ligado a uma bomba hidráulica de fluxo variável (bomba de viagem) que transmite o movimento a um veio de cardan ligado a todas as rodas. É possível neste circuito a variação contínua da relação de transmissão graças à bomba de fluxo variável, o que é muito útil em equipamentos que podem curvar ou ter eixos desnivelados enquanto trabalham, como é o caso. No apêndice C é possível ver o circuito esquematizado.

2.4.2. Circuito B – Acelerador e travões

O circuito B é alimentado tanto pela bomba de viagem, como pelo cilindro de aceleração que está acoplado ao motor diesel. Este circuito além de controlar a aceleração que é pedida ao motor diesel, fazendo variar a sua velocidade com o seu pedal de acelerador, também controla esta mesma aceleração de forma automática, compensando quando a velocidade baixa pelo acionamento de outros elementos do circuito. O sistema de travagem da giratória também é ativado, à medida que a velocidade vai diminuindo. O equipamento tanto pode ser travado pelo travão de mão, como pelo pedal de pé, sendo em ambos os casos ativados os 12 travões de disco, 3 por roda. É ainda de salientar que este circuito hidráulico à medida que é aliviado o pedal de acelerador, bloqueia de forma automática os travões de disco do equipamento, permitindo assim efetuar trabalhos em segurança.

Em relação a este circuito é possível ver o circuito esquematizado no Apêndice D.

2.4.3. Circuito C – Direção e orientação

No circuito C, a alimentação é efetuada tanto pela bomba do equipamento como pela bomba direcional. O joystick esquerdo ativa tanto o motor de direção da torre, bem como os cilindros de direção. O primeiro faz girar a cabina, já os cilindros permitem ao chassis articulado do equipamento virar para o lado esquerdo ou para o lado direito ao longo do seu movimento. Em relação ao circuito de direção e orientação é possível ver o seu esquema no Apêndice E.

2.4.4. Circuito D – Alimentação e retorno da mesa giratória

O circuito D é dos circuitos hidráulicos mais importantes do equipamento. É alimentado pela bomba do equipamento e confere movimento tanto a todo o braço como às funções de direção e orientação, podendo ambas trabalhar em simultâneo. Estes movimentos são conseguidos pela atuação dos dois joysticks que se encontram na cabine. Este circuito está dividido em duas partes distintas, circuito de alta pressão e circuito de baixa pressão. O primeiro que liga à bomba, confere pressão a todo o circuito, sendo o alimentador do distribuidor de funções SX 14(mesa giratória) em alta pressão, distribuidor este que alimenta já em baixa pressão o restante circuito, circuito de comando. O joystick ao ser movimentado vai ativar as eletroválvulas, levando a que estas acionem o circuito hidráulico em alta pressão do cilindro pretendido. O retorno faz o reencaminhamento do óleo hidráulico que já foi utilizado, encaminhando-o de novo para o depósito, a fim de ser novamente utilizado pelas bombas.

Em relação ao circuito D, é possível ver o seu esquema no Apêndice F.

2.4.5. Circuito E – Bomba do equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento

No circuito E, a alimentação é efetuada pela bomba do equipamento. A bomba do equipamento alimenta o cilindro de bloqueio de oscilação, este último por sua vez está ligado à bomba de viagem por meio de uma unidade de controlo. Quando esta deteta uma grande inclinação, corta a alimentação à bomba de viagem e ao respetivo circuito A (circuito de tração). Neste circuito estão ainda agrupadas as funções de arrefecimento da temperatura do óleo hidráulico, por meio de um radiador inserido no circuito. Assim como o conjunto dos estabilizadores. Tal como no circuito D, também esta parte do circuito tem uma parte em alta pressão e outra em baixa pressão, sendo também neste caso a alta pressão ligada aos cilindros, assegurando a função de levantar e baixar os estabilizadores e o de baixa pressão ligado ao joystick. Conseguindo-se através deste último, estender os estabilizadores conferindo assim uma maior segurança de trabalho ao equipamento. Existe também uma combinação entre os estabilizadores e o bloqueio de oscilação, estabilizando a máquina de forma automática durante o seu trabalho.

Em relação a este circuito E, é possível ver o seu esquema no Apêndice G.

2.4.6. Circuito F – Lança e braço

O circuito F está interligado com o circuito D, anteriormente apresentado. Uma vez que neste caso é também utilizado o alimentador do distribuidor de funções SX 14 (mesa giratória), nas saídas que ainda estavam disponíveis. Sendo assim ativados os cilindros da lança e do braço por meio dos joysticks da cabine e das eletroválvulas.

Em relação ao circuito F, é possível consultar o seu esquema no Apêndice H.

2.4.7. Circuito G – Balde

O circuito G é uma continuação do circuito F, só que neste caso o cilindro a ser ativado é o que movimenta o balde de carga.

Em relação a este circuito é possível consultar o seu esquema no Apêndice I.

2.4.8. Circuito H – Distribuidor de 5 saídas para braço

O circuito H, mesmo sendo considerado um circuito hidráulico por parte da Mecalac, não passa da simplificação do distribuidor de funções SX 14 (mesa giratória) com as respetivas entradas e saídas, parte delas já representadas nos circuitos anteriores C, D, E, F e G.

É possível consultar as saídas e entradas do circuito no Apêndice J.

2.4.9. Circuito I – Retorno do martelo

O circuito I sendo opcional, uma vez que o equipamento montado na lança pode ser o balde ou o martelo, tem uma ligação suplementar no distribuidor de funções SX 14(mesa giratória) para este fim.

Em relação a este circuito pode-se consultar o seu esquema no Apêndice K.

2.4.10. Circuito J – Porta-ferramentas

O circuito J é o complemento do circuito I, uma vez que se trata do retorno do martelo, sendo este montado no porta-ferramentas. Este circuito alimenta hidráulicamente a ferramenta instalada no porta-ferramentas, com pressão hidráulica vinda do bloco de funções de alta pressão.

Em relação ao circuito J, pode-se ver o seu esquema no Apêndice L.

2.4.1.11. Circuito K – Ar condicionado

O circuito K alimenta o ar condicionado instalado na cabine do equipamento. Sendo a alimentação hidráulica deste circuito ligada ao compressor. Neste circuito, e inserido no bloco de funções de alta pressão, estão 3 acumuladores hidráulicos que têm como função manter a pressão no circuito, tanto quando ela está em falta, como quando ela é em excesso. Consegue-se assim evitar falhas neste circuito.

Em relação ao circuito K, o esquema pode ser consultado no Apêndice M.

2.4.12. Circuito L – Estabilizadores telescópicos

O circuito L é uma continuação do circuito E, no que diz respeito aos estabilizadores. Embora tenha a introdução de mais dois cilindros hidráulicos que permitem a extensão dos estabilizadores dos 2,2 metros para os 3,01 metros, conseguindo-se assim trabalhar de forma mais segura.

Em relação ao circuito L é possível consultar o seu esquema no Apêndice N.

2.4.13. Circuito M – Válvulas de segurança do braço

O circuito M é um complemento ao circuito F, sendo segundo diz o fabricante, opcional. A única alteração aqui implementada é a introdução de válvulas de regulação de pressão em cada cilindro do circuito e um sensor de carga, conseguindo-se por este meio um trabalho mais suave dos cilindros do braço.

Em relação a este circuito, pode ser consultado o seu esquema no Apêndice O.

2.4.14. Circuito N – Acelerador manual

O circuito N ao contrário do que acontece no circuito B, só está dependente da força introduzida no pedal do acelerador, visto que no circuito B existe uma compensação quando a velocidade do acelerador baixa devido ao acionamento de outros elementos do circuito. Também no circuito N, e segundo o fabricante, esta opção ser um extra.

Em relação ao circuito N, o seu esquema pode ser consultado no Apêndice P.

2.4.15. Circuito O – Porta-ferramentas Volvo

O circuito O, segundo o fabricante é um circuito opcional deste tipo de máquina. Sendo uma melhoria em relação ao circuito J. Está melhoria é obtida com a ligação ao motor de direção da torre, conseguindo-se assim um movimento sincronizado. Este movimento também é mais suave pelo efeito de uma válvula de amortecimento introduzida no motor de direção da torre.

Em relação ao circuito O, o esquema pode ser visto no Apêndice Q.

2.4.16. Circuito P – Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico

O circuito P, segundo o fabricante é um circuito opcional deste tipo de máquina. Este circuito é uma melhoria ao circuito F e G. De forma a se conseguir uma melhor alimentação hidráulica, é introduzido entre o bloco de alta pressão e a unidade de controlo de baixa pressão um tubo que sobrealimenta o circuito.

Em relação ao circuito O, o seu esquema pode ser visto no Apêndice R.

2.5. Falhas e soluções do equipamento

Como já referido anteriormente, a giratória multifunções Mecalac já foi alvo de uma manutenção corretiva. Manutenção essa que ao invés do esperado, não correu da melhor forma. Sendo as falhas do equipamento inúmeras, é necessário ter como ponto de partida e guia o manual de reparação do equipamento, onde são indicadas várias falhas e possíveis soluções, divididas nas seguintes áreas:

- Motor;
- Equipamento elétrico;
- Equipamento Hidráulico;
- Transmissões (Pontes);
- Bomba e motor de viagem.

É possível consultar as falhas e soluções indicadas pelo fabricante no Apêndice S e visualizar alguns circuitos na figura seguinte.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT



Figura 2.8 – Circuito de relés, circuito de electroválvulas, circuito de mesa de força.

2.6. Plano de manutenção do fabricante

Tal como se sucede no ponto anterior, também em relação ao novo plano de manutenção, vai-se ter como ponto de partida e guia deste trabalho o manual de reparação do equipamento, onde são indicadas as manutenções necessárias e os respetivos intervalos de horas de trabalho. Estando estas divididas nas seguintes áreas:

- Verificação geral;
- Circuito diesel;
- Sistema de arrefecimento;
- Motor;
- Filtro de ar;
- Bateria;
- Eixos, caixas de transferência e caixas de velocidades;
- Transmissões dos cardanís;
- Motor de rotação da torre;
- Lubrificação;
- Aquecimento de água do ar condicionado.

É possível consultar o plano de manutenção do fabricante no apêndice T.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Folha em branco

Capítulo 3 – Metodologia

3.1. Detecção de falhas

Neste capítulo são descritas todas as falhas hidráulicas detetadas na giratória multifunções Mecalac 12 MXT, bem como os principais aspetos relativos às boas práticas de manutenção, seguindo o manual de reparação do fabricante.

Este equipamento hidráulico já foi alvo de uma ação de manutenção corretiva, apesar disso as falhas mantiveram-se, tendo como causa mais provável a incorreta execução desse plano.

Neste sentido, é necessário ser efetuado um levantamento dos circuitos hidráulicos em falha, seguindo as indicações do manual do utilizador do equipamento no capítulo das falhas e soluções, bem como as indicações do capítulo dos procedimentos de ajuste e a implementação de melhorias do mesmo manual no que diz respeito ao capítulo do plano de manutenção do fabricante.

3.2. Falhas e soluções no equipamento

Em relação à deteção de falhas no equipamento, esta foi efetuada com o equipamento nas instalações da empresa que é proprietária da mesma. Apesar de ser um pavilhão industrial, devido às grandes dimensões do equipamento e ao seu elevado grau de deterioração, por vezes não foi fácil efetuarem-se os testes pretendidos.

Trata-se de uma pesquisa não – experimental, pois trata-se de uma observação do equipamento para entender as falhas. Já em relação à classificação de ações de manutenção, esta é de nível 4, pois é um manutenção corretiva complexa, sendo executada com equipamento específico.

Sendo um equipamento com vários sistemas, o foco de pesquisa vai-se debruçar sobre os sistemas hidráulicos, pois é neste que recai grande parte das falhas detetadas. Nos pontos seguintes e tendo em conta os pontos referidos nas falhas e soluções dos equipamentos hidráulicos (apêndice S), vão ser detalhadas quais as falhas de cada circuito hidráulico (circuitos esses já apresentados anteriormente) e as possíveis soluções apresentadas pelo fabricante. Juntamente com o auxílio do capítulo das falhas e soluções, também vai ser utilizado em alguns casos o capítulo dos procedimentos e ajustes para ajudar na resolução ou confirmação das falhas existentes. De referir ainda que este capítulo é aplicado em simultâneo com a caixa de ferramentas do equipamento, TOP-TESTE MX E6160001/00.

Uma vez que é referido pelo fabricante no capítulo das falhas e soluções (apêndice S), em “transmissões”, que uma das causas para as falhas pode ser o ar no circuito, foi efetuada uma purga a todos os circuitos hidráulicos do equipamento, além das ações que vão ser referidas em cada circuito, a fim de poder eliminar uma causa de falha que pode ser comum a todos os circuitos hidráulicos e que se pode camuflar facilmente.

3.2.1. Falhas e soluções circuito A – Tração

O circuito A é responsável pela movimentação do equipamento por meio do motor de viagem que transmite tração ao veio de cardan e aciona as rodas. Tal função não estava a ser realizada, para tal vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto “A máquina não se move”, tendo este três opções possíveis de soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de óleo;
- Seletor de direção defeituoso;
- Configuração.

Efetivamente a falta de óleo era uma das causas, e tal como indica o fabricante foi repostado o nível. Já em relação ao seletor de direção defeituoso, não foi detetada qualquer anomalia, daí não se ter efetuado a sua substituição. Em relação à configuração e depois de uma comparação entre o esquema (apêndice C) e o que estava montado no equipamento, detetou-se uma troca entre o tubo hidráulico de alimentação do motor de viagem e o tubo hidráulico de retorno. Tendo sido prontamente revertidos.

3.2.2. Falhas e soluções circuito B – Acelerador e travões

O circuito B é responsável pela aceleração e travões por meio da bomba de viagem, que alimenta hidráulicamente o circuito. Tal função não estava a ser realizada, como tal vão ser efetuados testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto que indica “Falta de pressão para os cilindros do equipamento”, este ponto tem sete opções possíveis de soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de óleo;
- Desgaste da bomba;
- Limitadores do distribuidor com defeito;
- Filtro entupido;
- Configuração errada;
- Cilindro defeituoso;
- Distribuidor defeituoso.

Em relação à falta de óleo, esta causa já tinha sido solucionada no ponto anterior. Já em relação ao desgaste da bomba, tal causa não foi detetada, uma vez que as pressões foram medidas com o auxílio de um manómetro da caixa de ferramentas do equipamento, tendo atingido os 460 bar indicados pelo fabricante (tabela 2.6). Os limitadores do distribuidor, encontravam-se em bom estado. Já em relação ao filtro, foi substituído uma vez que não existe um registo histórico da manutenção do equipamento. Em relação à configuração do circuito e efetuando a comparação com

o esquema do circuito (apêndice D) estava errada, tendo sido corrigida. Os cilindros que constituem este circuito encontravam-se em perfeitas condições e sem fugas de óleo hidráulico. Por fim, o distribuidor com defeito, não se aplica neste caso, uma vez que este circuito não comporta este componente.

3.2.3. Falhas e soluções circuito C – Direção e orientação

O circuito C é responsável pela direção e orientação, sendo acionado por meio da bomba de direção e pela bomba do equipamento. Estas funções também não estão a ser realizadas, como tal vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto “Falta de força no movimento”, tendo este três pontos de opções possíveis de soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de gasóleo;
- Ajuste errado;
- Desgaste na bomba.

Em relação à falta de gasóleo, esta causa está fora de questão, uma vez que o motor diesel trabalha sem quaisquer problemas. Já em relação ao ajuste errado, foi efetuado um teste com a caixa de ferramentas do equipamento, e onde foram ajustados os pontos referentes ao circuito C. Por fim, neste circuito, foi verificado o desgaste da bomba do equipamento através da leitura da pressão que esta consegue debitar, conseguindo-se atingir os 250 bar, tal como indicado na tabela 2.6.

3.2.4. Falhas e soluções circuito D – Alimentação e retorno da torre

O circuito D é responsável pela alimentação e retorno da torre, sendo alimentado pela bomba do equipamento. Mais uma vez estas funções não estão a ser realizadas, sendo assim vão-se realizar testes recorrendo ao capítulo das falhas usando o ponto que indica “A máquina não se move”, tendo três pontos de opções de possíveis soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de óleo;
- Seletor de direção defeituoso;
- Configuração.

Em relação à falta de óleo, esta falha já foi solucionada no circuito A. Passando para o seletor de direção defeituoso, este foi analisado e não foi detetada qualquer anomalia. Quanto à configuração e tendo em conta o esquema do circuito D (apêndice F), encontra-se montado de forma errada.

3.2.5. Falhas e soluções do circuito E – Bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento

O circuito E é responsável pela bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento, sendo alimentado pelas bombas de viagem e do equipamento. Neste circuito a bomba do equipamento está a funcionar, assim como os estabilizadores e o arrefecimento. Em relação ao bloqueio de oscilação, não se tem a certeza da sua operacionalidade, uma vez que a máquina não foi testada em posições inclinadas, embora os cilindros de bloqueio de oscilação se encontrem com pressão de óleo. Sendo assim e por precaução vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto “Falta de força no movimento”, tendo estes três pontos de opções de possíveis soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de gasóleo;
- Ajuste errado;
- Desgaste da bomba.

Em relação à falta de gasóleo, tal não se verificou, uma vez que o depósito está atestado e o motor a gasóleo trabalha em perfeitas condições. Em relação aos ajustes errados e ao desgaste das bombas, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas. Neste caso foi detetada um erro de configuração do circuito hidráulico, prontamente corrigido.

3.2.6. Falhas e soluções do circuito F – Lança e braço

O circuito F é responsável pela lança e braço, sendo alimentado pela bomba do equipamento. Neste circuito, nem a lança nem o braço estão a funcionar. Sendo assim, vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto que indica “Falta de pressão para os cilindros do equipamento”, tendo estes sete pontos de opções de possíveis soluções:

- Falta de óleo;
- Desgaste da bomba;
- Limitadores do distribuidor com defeito;
- Filtro entupido;
- Configuração errada;
- Cilindro defeituoso;
- Distribuidor defeituoso.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Em relação à falta de óleo, tal como já referido anteriormente, o depósito de óleo já foi atestado a fim de fornecer de forma correta todos os circuitos. Em relação ao desgaste da bomba que alimenta o circuito, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas. Os limitadores do distribuidor, encontravam-se em bom estado. Já em relação ao filtro, foi substituído uma vez que não existe um registo histórico da manutenção do equipamento. Em relação à configuração do circuito e efetuando a comparação com o esquema do circuito (apêndice H), este estava correto. Os cilindros que constituem este circuito, encontravam-se em perfeitas condições e sem fugas de óleo hidráulico. Por fim, o distribuidor com defeito não se detetou já que foi utilizada a caixa de ferramentas do equipamento, seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante e os parâmetros estavam corretos.

3.2.7. Falhas e soluções do circuito G – Balde

O circuito G é responsável pelo balde, sendo alimentado pela bomba do equipamento. No circuito, o balde não está a funcionar. Sendo assim, vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas, no ponto que indica “Falta de pressão para os cilindros do equipamento”, tendo estes sete pontos de opções de possíveis soluções:

- Falta de óleo;
- Desgaste da bomba;
- Limitadores do distribuidor com defeito;
- Filtro entupido;
- Configuração errada;
- Cilindro defeituoso;
- Distribuidor defeituoso.

Em relação à falta de óleo, tal como já referido anteriormente, o depósito de óleo já foi atestado a fim de fornecer de forma correta todos os circuitos. Em relação ao desgaste da bomba que alimenta o circuito, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas. Os limitadores do distribuidor, encontravam-se em bom estado. Já em relação ao filtro e como já foi referido anteriormente, foi substituído uma vez que não existe um registo histórico da manutenção do equipamento. Em relação à configuração do circuito e efetuando a comparação com o esquema do circuito (apêndice I), este estava correta. Os cilindros que constituem este circuito, encontravam-se em perfeitas condições e sem fugas de óleo hidráulico. Por fim, o distribuidor com defeito não se detetou já que foi utilizada a caixa de ferramentas do equipamento, seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante e os parâmetros estavam corretos.

3.2.8. Falhas e soluções do circuito H – Distribuidor de 5 saídas para o braço

O circuito H é responsável pelo distribuidor de 5 saídas para o braço, sendo alimentado pela bomba do equipamento. No circuito, o distribuidor de 5 saídas para o braço está a funcionar e a efetuar as funções. Mesmo assim, e por uma questão de precaução foi utilizada a caixa de ferramentas do equipamento, seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante e os parâmetros estavam corretos.

3.2.9. Falhas e soluções do circuito I – Retorno martelo

O circuito G é responsável pelo retorno do martelo, sendo alimentado pela bomba do equipamento. Tendo em conta que este circuito não se encontra ligado, pois pertence a um acessório que pode ou não ser ligado, e o distribuidor que o comanda (circuito H) se encontra com os parâmetros corretos, como foi verificado no ponto anterior, não foi efetuado qualquer teste de falha.

3.2.10. Falhas e soluções do circuito J – Porta-ferramentas

O circuito J é responsável pelo porta-ferramentas, sendo alimentado pela bomba do equipamento. Ao contrário do circuito anterior (circuito I), este encontra-se montado no equipamento. O circuito do porta-ferramentas não está a funcionar. Sendo assim, vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas, e o ponto que indica “Falta de força no movimento”, tendo três pontos de opções de possíveis soluções:

- Falta de gasóleo;
- Ajuste errado;
- Desgaste da bomba.

Em relação à falta de gasóleo, tal não se verificou, uma vez que o depósito está atestado e o motor a gasóleo trabalha em perfeitas condições, como já referido anteriormente. Em relação aos ajustes errados e ao desgaste das bombas, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas.

3.2.11. Falhas e soluções do circuito K – Ar condicionado

O circuito K é responsável pelo ar condicionado, sendo alimentado pela bomba do equipamento. O circuito do ar condicionado não está a funcionar. Sendo assim vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto que indica “Falta de força no movimento”, tendo este três pontos de opções de possíveis soluções:

- Falta de gasóleo;
- Ajuste errado;
- Desgaste da bomba.

Em relação à falta de gasóleo, tal não se verificou, uma vez que o depósito está atestado e o motor a gasóleo trabalha em perfeitas condições, como já referido anteriormente. Em relação aos ajustes errados e ao desgaste das bombas, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas.

3.2.12. Falhas e soluções do circuito L – Estabilizadores

O circuito L é responsável pelos estabilizadores, sendo alimentado pela bomba do equipamento. O circuito dos estabilizadores está a funcionar na parte do cilindro que tem a função de distender o estabilizador, muito embora com algumas limitações e não está a funcionar na parte em que abre o estabilizador telescópico. Como tal vão ser efetuados testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto “Falta de pressão para os cilindros do equipamento”, tendo este sete opções possíveis de soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de óleo;
- Desgaste da bomba;
- Limitadores do distribuidor com defeito;
- Filtro entupido;
- Configuração errada;
- Cilindro defeituoso;
- Distribuidor defeituoso.

Em relação à falta de óleo, tal como já referido anteriormente, o depósito de óleo já foi atestado a fim de fornecer de forma correta todos os circuitos. Em relação ao desgaste da bomba que alimenta o circuito, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas. Os limitadores do distribuidor encontravam-se em bom estado. Já em relação ao filtro e

como já foi referido anteriormente, foi substituído uma vez que não existe um registo histórico da manutenção do equipamento. Em relação à configuração do circuito e efetuando a comparação com o esquema do circuito (apêndice N), esta estava correta. Os cilindros que constituem este circuito encontravam-se em perfeitas condições e sem grandes fugas de óleo hidráulico. Por fim, o distribuidor com defeito não se detetou já que foi utilizada a caixa de ferramentas do equipamento, seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante e os parâmetros estavam corretos.

3.2.13. Falhas e soluções do circuito M – Válvulas de segurança do braço

O circuito M é responsável pelas válvulas de segurança do braço, sendo alimentado pela bomba do equipamento. Relativamente ao circuito das válvulas de segurança do braço não se tem a certeza se estão a funcionar em perfeitas condições, uma vez que como já referido no ponto 3.2.6 referente ao circuito F – Lança e braço, este não está em funcionamento. Sendo assim, vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto que indica “Falta de força no movimento”, tendo este três pontos de opções de possíveis soluções:

- Falta de gasóleo;
- Ajuste errado;
- Desgaste da bomba.

Em relação à falta de gasóleo, tal não se verificou, uma vez que o depósito está atestado e o motor a gasóleo trabalha em perfeitas condições, como já referido anteriormente. Em relação aos ajustes errados e ao desgaste das bombas, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas.

3.2.14. Falhas e soluções do circuito N – Acelerador manual

O circuito N é responsável pelo acelerador manual, sendo o circuito alimentado tanto pela bomba de viagem, como pelo cilindro de aceleração que está acoplado ao motor diesel. Mais uma vez esta função não está a ser realizada. Sendo assim, vão-se realizar testes recorrendo ao capítulo das falhas tendo em conta o ponto “A máquina não se move”, tendo este três pontos de opções de possíveis soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de óleo;
- Seletor de direção defeituoso;
- Configuração.

Em relação à falta de óleo, esta falha já foi solucionada no circuito A. Passando para o seletor de direção defeituoso, este foi analisado e não foi detetada qualquer anomalia. Quanto à configuração e tendo em conta o esquema do circuito N (apêndice P), encontra-se montada de forma errada.

3.2.15. Falhas e soluções do circuito O – Porta-ferramentas Volvo

O circuito O é responsável pelo porta-ferramentas Volvo, sendo alimentado pela bomba do equipamento. O circuito do porta-ferramentas Volvo não está a efetuar a sua função. Como tal vão ser efetuados testes tendo em conta o capítulo das falhas no ponto “Falta de pressão para os cilindros do equipamento”, tendo estes sete opções possíveis de soluções, sendo elas as seguintes:

- Falta de óleo;
- Desgaste da bomba;
- Limitadores do distribuidor com defeito;
- Filtro entupido;
- Configuração errada;
- Cilindro defeituoso;
- Distribuidor defeituoso.

Em relação à falta de óleo, tal como já referido anteriormente, o depósito de óleo já foi atestado a fim de fornecer de forma correta todos os circuitos. Em relação ao desgaste da bomba que alimenta o circuito, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas. Os limitadores do distribuidor encontravam-se em bom estado. Já em relação ao filtro e como já foi referido anteriormente, foi substituído uma vez que não existe um registo histórico da manutenção do equipamento. Em relação à configuração do circuito e efetuando a comparação com o esquema do circuito (apêndice Q), esta estava correta. Os cilindros que constituem este circuito encontravam-se em perfeitas condições e sem fugas de óleo hidráulico. Por fim, o distribuidor com defeito não se detetou, já que foi utilizada a caixa de ferramentas do equipamento, seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante e os parâmetro estavam corretos.

3.2.16. Falhas e soluções do circuito P – Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico

O circuito P é responsável pelo suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico, sendo alimentado pela bomba do equipamento. O circuito do suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico não está a efetuar as suas funções. Sendo assim vão-se realizar testes tendo em conta o capítulo das falhas, tendo em conta o ponto “Falta de força no movimento”, tendo três pontos de opções de possíveis soluções:

- Falta de gasóleo;
- Ajuste errado;
- Desgaste da bomba.

Em relação à falta de gasóleo, tal não se verificou, uma vez que o depósito está atestado e o motor a gasóleo trabalha em perfeitas condições, como já referido anteriormente. Em relação aos ajustes errados e ao desgaste das bombas, tal não se verificou uma vez que com a utilização da caixa de ferramentas do equipamento e seguindo o capítulo dos procedimentos de ajuste do fabricante, as pressões foram as esperadas.

3.3. Falhas e soluções elétricas

No ponto 3.2 foi referido que a busca de falhas e soluções se iam restringir os circuitos hidráulicos. Mas após a análise dos primeiros circuitos hidráulicos, houve a necessidade de análise também dos circuitos elétricos do equipamento. Mesmo se tratando de um equipamento hidráulico, grande parte do seu acionamento e comando é efetuado pelo meio de eletroválvulas, painéis de bordo eletrónicos, relés e sensores de pressão [20]. Todos estes componentes referidos anteriormente interligam-se por meio de um coletor elétrico rotativo de 26 vias, sendo por este meio feito o acionamento de todos os circuitos elétricos e hidráulicos do equipamento. Sendo assim, e para otimizar a busca de falhas optou-se por incorporar na busca de falhas de cada circuito hidráulico, também um parâmetro à componente elétrica. Para tal teve-se em conta o capítulo das falhas e soluções (apêndice S), o ponto das falhas do equipamento elétrico que indica “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, no ponto de causas de cabos e ligações defeituosas. Não sendo aparentemente o ponto mais indicado para uma possível deteção de falhas elétricas neste caso, é das indicadas pelo fabricante a que mais se coaduna com as nossas falhas.

Tal deteção vai ser efetuada com o auxílio de um multímetro digital, a fim de assegurar que as ligações estão em perfeitas condições de condutividade elétrica.

Folha em branco

Capítulo 4 – Resultados

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos com a realização dos testes indicados pelo fabricante. Como já foi referido anteriormente, o objetivo é identificar as falhas que a giratória multifunções Mecalac 12 MXT apresenta, solucioná-las e efetuar uma melhoria no plano de manutenção do equipamento. Os dados das falhas são posteriormente comparados para que possam ser implementadas as soluções e verificar-se quais são os pontos mais sensíveis em termos de manutenção preventiva. Os resultados foram obtidos tendo em conta o plano de falhas e soluções apresentado pelo fabricante no manual de reparação do equipamento.

4.1. Circuitos Hidráulicos

4.1.1. Circuito A - Tração

Os resultados obtidos no circuito A com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “A máquina não se move” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.7 – Dados das falhas do circuito A.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Resolução da falha
Seletor de direção defeituoso	Substituir	Seletor de direção em boas condições	Não influenciou a resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Revertida troca de tubagem hidráulica	Resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparação das ligações das eletroválvulas da bomba	Resolução da falha

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram-se solucionar as falhas que o circuito A apresentava, ficando o circuito operacional.

4.1.2. Circuito B – Acelerador e travões

Os resultados obtidos no circuito B com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de pressão para os cilindros do equipamento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.8 – Dados das falhas do circuito B.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução das falhas
Desgaste da bomba	Substituir a bomba	Bomba em boas condições	Não influenciou a resolução das falhas
Limitadores de distribuidor com defeito	Consultar o seu agente	Encontram-se em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Filtro entupido	Substituir	Substituir o filtro	Não influenciou a resolução das falhas
Configuração errada	Consultar o seu agente	Configuração errada	Resolução das falhas
Cilindro defeituoso	Consultar o seu agente	Cilindro em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Distribuidor defeituoso	Consultar o seu agente	Não se aplica neste circuito	Não se aplica neste circuito
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparação de sensores de pressão de óleo	Não influenciou a resolução das falhas

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram solucionar as falhas que o circuito B apresentava, tendo este circuito ficado operacional.

4.1.3. Circuito C – Direção e orientação

Os resultados obtidos no circuito C com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de força no movimento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 4.9 – Dados das falhas do circuito C.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de gasóleo	Completar o nível	Completar o nível de gasóleo	Não influenciou a resolução da falha
Ajuste errado	Consultar o seu agente	Revisão do Ajuste	Resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Alteração da Configuração	Resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Não se aplica neste circuito	Não se aplica neste circuito

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram-se solucionar as falhas que o circuito C apresentava, tendo este circuito ficado operacional.

4.1.4. Circuito D – Alimentação e retorno da torre

Os resultados obtidos no circuito D com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “A máquina não se move” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.10 – Dados das falhas do circuito D.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução da falha
Seletor de direção defeituoso	Substituir	Seletor de direção em boas condições	Não influenciou a resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Configuração errada	Resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Ligações e eletroválvula em bom estado	Não influenciou a resolução da falha

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram solucionar as falhas que o circuito D apresentava, ficando este operacional.

4.1.5. Circuito E – Bomba do equipamento, estabilizador, bloqueio da oscilação e arrefecimento

Os resultados obtidos no circuito C com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de força no movimento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.11 – Dados das falhas do circuito E.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de gasóleo	Completar o nível	Completar o nível de gasóleo	Não influenciou a resolução da falha
Ajuste errado	Consultar o seu agente	Revisão do Ajuste	Resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Alteração da Configuração	Resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparação de ligação elétrica de eletroválvula	Resolução da falha

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram-se solucionar as falhas que o circuito E apresentava, tendo este circuito ficado operacional.

4.1.6. Circuito F – Lança e braço

Os resultados obtidos no circuito F com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de pressão para os cilindros do equipamento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 4.12 – Dados das falhas do circuito F.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução das falhas
Desgaste da bomba	Substituir a bomba	Bomba em boas condições	Não influenciou a resolução das falhas
Limitadores de distribuidor com defeito	Consultar o seu agente	Encontram-se em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Filtro entupido	Substituir	Substituir o filtro	Não influenciou a resolução das falhas
Configuração errada	Consultar o seu agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução das falhas
Cilindro defeituoso	Consultar o seu agente	Cilindros em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Distribuidor defeituoso	Consultar o seu agente	Distribuidor em bom estado	Não se aplica neste circuito
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparar ligações das eletroválvulas	Não influenciou a resolução das falhas

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, não se conseguiram solucionar as falhas que o circuito F apresentava, tendo este circuito ficado inoperativo.

4.1.7. Circuito G – Balde

Os resultados obtidos no circuito G com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de pressão para os cilindros do equipamento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 4.13 – Dados das falhas do circuito G.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução das falhas
Desgaste da bomba	Substituir a bomba	Bomba em boas condições	Não influenciou a resolução das falhas
Limitadores de distribuidor com defeito	Consultar o seu agente	Encontram-se em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Filtro entupido	Substituir	Substituir o filtro	Não influenciou a resolução das falhas
Configuração errada	Consultar o seu agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução das falhas
Cilindro defeituoso	Consultar o seu agente	Cilindros em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Distribuidor defeituoso	Consultar o seu agente	Distribuidor em bom estado	Não se aplica neste circuito
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparar ligações das eletroválvulas	Não influenciou a resolução das falhas

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, não se conseguiram solucionar as falhas que o circuito G apresentava, tendo este circuito ficado inoperativo.

4.1.8. Circuito H – Distribuidor de 5 saídas para braço

Como referido no ponto 3.2.8 do capítulo anterior, o circuito H está a funcionar corretamente, não necessitando por essa razão de testes para deteção de falhas. Encontrando-se operacional.

4.1.9. Circuito I – Retorno do martelo

Como referido no circuito 3.2.9 do capítulo anterior, este circuito não se encontra ligado, não se tendo por isso realizado os testes de deteção de falhas.

4.1.10. Circuito J – Porta-ferramentas

Os resultados obtidos no circuito J com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de força no movimento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.14 – Dados das falhas do circuito J.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de gasóleo	Completar o nível	Completar o nível de gasóleo	Não influenciou a resolução da falha
Ajuste errado	Consultar o seu agente	Não necessita de ajuste	Não influenciou a resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparação de ligação elétrica de eletroválvula	Não influenciou a resolução da falha

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, não se conseguiu solucionar as falhas que o circuito J apresentava, tendo este circuito ficado inoperacional.

4.1.1.11. Circuito K – Ar condicionado

Os resultados obtidos no circuito K com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de força no movimento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.15 – Dados das falhas do circuito K.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de gasóleo	Completar o nível	Completar o nível de gasóleo	Não influenciou a resolução da falha
Ajuste errado	Consultar o seu agente	Revisão do Ajuste	Resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Alteração da Configuração	Não influenciou a resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparação de ligação elétrica	Resolução da falha

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Neste caso, e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram-se solucionar as falhas que o circuito K apresentava, tendo este circuito ficado operacional.

4.1.12. Circuito L – Estabilizadores

Os resultados obtidos no circuito L com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de pressão para os cilindros do equipamento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.16 – Dados das falhas do circuito L.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução das falhas
Desgaste da bomba	Substituir a bomba	Bomba em boas condições	Não influenciou a resolução das falhas
Limitadores de distribuidor com defeito	Consultar o seu agente	Encontram-se em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Filtro entupido	Substituir	Substituir o filtro	Não influenciou a resolução das falhas
Configuração errada	Consultar o seu agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução das falhas
Cilindro defeituoso	Consultar o seu agente	Cilindros em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Distribuidor defeituoso	Consultar o seu agente	Distribuidor em bom estado	Não se aplica neste circuito
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Verificação ligações elétricas	Resolução das falhas

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram solucionar as falhas que o circuito L apresentava, tendo este circuito ficado operativo na sua totalidade.

4.1.13. Circuito M – Válvulas de segurança do braço

Os resultados obtidos no circuito M com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de força no movimento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 4.17 – Dados das falhas do circuito M.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de gasóleo	Completar o nível	Completar o nível de gasóleo	Não influenciou a resolução da falha
Ajuste errado	Consultar o seu agente	Revisão do Ajuste	Resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Revisão e reparação de eletroválvulas e sensores de pressão	Resolução da falha

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram-se solucionar as falhas que o circuito M apresentava, tendo este circuito ficado operacional.

4.1.14. Circuito N – Acelerador manual

Os resultados obtidos no circuito N com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “A máquina não se move” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.18 – Dados das falhas do circuito N.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução da falha
Seletor de direção defeituoso	Substituir	Seletor de direção em boas condições	Não influenciou a resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Alteração de configuração	Resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Não se aplica neste caso	Não se aplica neste caso

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, conseguiram solucionar as falhas que o circuito N apresentava, ficando o circuito operacional.

4.1.15. Circuito O – Porta-ferramentas Volvo

Os resultados obtidos no circuito O com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de pressão para os cilindros do equipamento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.19 – Dados das falhas do circuito O.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de óleo	Completar o nível	Completar o nível de óleo	Não influenciou a resolução das falhas
Desgaste da bomba	Substituir a bomba	Bomba em boas condições	Não influenciou a resolução das falhas
Limitadores de distribuidor com defeito	Consultar o seu agente	Encontram-se em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Filtro entupido	Substituir	Substituir o filtro	Não influenciou a resolução das falhas
Configuração errada	Consultar o seu agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução das falhas
Cilindro defeituoso	Consultar o seu agente	Cilindros em bom estado	Não influenciou a resolução das falhas
Distribuidor defeituoso	Consultar o seu agente	Distribuidor em bom estado	Não se aplica neste circuito
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Verificação ligações elétricas	Não influenciou a resolução das falhas

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, não se conseguiram solucionar as falhas que o circuito O apresentava, tendo este circuito ficado inoperativo.

4.1.16. Circuito P - Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico

Os resultados obtidos no circuito P com a utilização das falhas dos equipamentos hidráulicos “Falta de força no movimento” e com as falhas dos equipamentos elétricos “Brilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar”, são as apresentadas na tabela seguinte:

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Tabela 4.20 – Dados das falhas do circuito P.

Causas	Soluções	Operacionalidade	Resultado
Falta de gasóleo	Completar o nível	Completar o nível de gasóleo	Não influenciou a resolução da falha
Ajuste errado	Consultar o seu agente	Ajuste efetuado	Não influenciou a resolução da falha
Configuração	Consultar o agente	Configuração correta	Não influenciou a resolução da falha
Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações ou reparar	Reparação de ligação elétrica de eletroválvulas	Não influenciou a resolução da falha

Neste caso e com a aplicação das soluções indicadas pelo fabricante, não se conseguiram solucionar as falhas que o circuito P apresentava, tendo este circuito ficado inoperacional.

4.2. Melhoria do plano de manutenção

Para se desenvolver um plano de manutenção é importante ter um histórico de manutenção do equipamento. Neste caso, esse histórico não existe. Como tal, a informação que se conseguiu obter sobre a máquina foi a retirada da análise de falhas e soluções efetuadas anteriormente. Esta informação mesmo sendo escassa é de extrema importância, uma vez que assim é possível perceber quais as peças do equipamento que necessitam de mais manutenção e onde são as suas fragilidades. Tais informações foram de extrema importância para juntar às recomendações do fabricante e assim desenvolver um plano de manutenção mais adequado.

A junção dos pontos relevantes após a pesquisa no manual do fabricante e as informações recolhidas durante a fase de testes do equipamento [26], levou à criação de uma lista (apêndice U) em que estão as principais verificações a serem efetuadas diariamente. Uma vez que as verificações diárias têm de ser rápidas para não ocupar muito tempo ao operador, a prioridade foi identificar os itens essenciais para o funcionamento da máquina, mas com a possibilidade de se efetuar uma simples e rápida verificação visual.

4.2.1. Plano de manutenção TPM

O plano de manutenção desenvolvido neste trabalho, utiliza alguns dos pilares da TPM, com o objetivo de criar uma estratégia de manutenção confiável e eficaz. A manutenção autónoma é um dos pilares que atribui ao operador a função de reparar, uma vez que o operador da retroescavadora é responsável pelas manutenções da máquina [27].

A manutenção planeada é um dos pontos da TPM que engloba as manutenções preventivas indicadas pelo fabricante, e que podem ser efetuadas juntamente com as manutenções que ocorrem

diariamente, sendo estas manter a qualidade do equipamento e a sua fiabilidade. Tais estratégias implementadas no plano de manutenção acrescentam melhorias importantes para o bom funcionamento da máquina e traduz-se numa redução de custos.

4.2.2. Plano de manutenção melhorado

O plano de manutenção que foi desenvolvido tem como objetivo evitar as manutenções corretivas ou de emergência. Para tal, vai ser utilizada uma tabela de verificação diária.

Segundo o fabricante o plano de manutenção da máquina é dividido em horas de funcionamento, estando este dividido a cada 8, 100, 250, 500, 1000, 1500, 2000 e 3000 horas de funcionamento. Quando a máquina atinge cada um deste número de horas, deve ser feita a manutenção preventiva recomendada pelo fabricante, como se pode observar na tabela T.1 do apêndice T.

Para que as manutenções preventivas programadas se tornarem mais organizadas, foi criada uma tabela para se efetuar o registo histórico das ações de manutenções do equipamento (apêndice V). Na tabela pode ser registada a data em que foi efetuada a manutenção, o número de horas indicadas no contador, o intervalo de horas a que corresponde e a intervenção realizada, além de possuir um campo para inserir observações e outro para as causas na manutenção, uma vez que esta pode não ser programada.

Em relação à melhoria do plano de manutenção, este assenta na implementação do registo histórico, bem como na lista das principais verificações a serem efetuadas diariamente pelo operador (apêndice U). Mantendo-se o plano de manutenção preventiva programada do fabricante de 8, 100, 250, 500, 1000, 1500, 2000 e 3000 horas (apêndice T).

Folha em branco

Capítulo 5 – Conclusões

Neste capítulo pretende-se sumarizar e nomear as principais conclusões retiradas ao longo deste trabalho. Em primeira instância, é de realçar o facto de se ter efetuado um trabalho num equipamento que estava em muito mau estado de conservação, devido a uma manutenção corretiva que tinha sido efetuada anteriormente e que não foi efetuada da melhor forma. Outra das contrariedades encontradas neste trabalho foi a ausência de registo histórico de manutenção. Regra geral, este tipo de deteção de falhas é efetuado com falhas pontuais, e não com o equipamento quase todo inoperacional. Para juntar a estas contrariedades foi também muito difícil a obtenção do manual técnico do equipamento, tendo sido o manual de reparação [22] do equipamento o único aliado que se obteve, tanto em pesquisas feitas na internet, como em contactos com o fabricante.

No entanto, e apesar destas contrariedades e de alguma inexperiência em circuitos hidráulicos, foram recuperados 67% dos circuitos do equipamento.

Foi também possível com o trabalho referido anteriormente, o desenvolvimento de melhorias no plano de manutenção da giratória multifunções Mecalac 12 MXT com o objetivo de evitar manutenções de emergência. Este plano de manutenção deve trazer uma melhoria significativa no funcionamento do equipamento e na sua produtividade, uma vez que diminuirá as paragens ocorridas com manutenções não programadas. Será também gerado um histórico de manutenção muito importante, servindo como base para melhorias futuras. Desta forma, o plano de manutenção proposto para a máquina pode ser implementado de uma forma barata. As alterações sugeridas têm a sua importância e devem ser cumpridas para que os resultados esperados possam ser atingidos.

Como em qualquer trabalho, também neste existe muito espaço para melhoria, como por exemplo:

- Aprofundamento das falhas do equipamento para operacionalizar os 33% que estão inoperativos;
- Melhoramento do plano de manutenção, no que diz respeito ao intervalo de horas a ser intervencionado e ao tipo de intervenções a serem efetuadas;
- Criação de uma aplicação para telemóveis, onde se possam consultar as falhas do equipamento e introduzir os planos de manutenção.

Pode-se também sugerir para trabalhos futuros que se utilize este modelo de plano de manutenção para aplicação em outros tipos de equipamentos, adicionando mais ferramentas disponíveis na literatura de manutenção.

Folha em branco

Referências Bibliográficas

- [1] K. Dhouib, A.Gharbi, M.N.Ben Aziza, Joint optimal production control/preventive maintenance policy for imperfect process manufacturing cell. *International Journal of Production Economics*, nº 137, p.126–136, 2012.
- [2] Geert Waeyenbergh, Liliane Pintelon, A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, nº 77, p.299–313, 2002.
- [3] Peter Muchiri, Liliane Pintelon, Ludo Gelders, Harry Martin, Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Productin Economics* nº131, p. 295-302, 2011.
- [4] Peter N. Muchiri, Liliane Pintelon, Harry Martin and Anne-Marie De Meyer, Empirical analysis of maintenance performance measurement in Belgian industries. *International Journal of Production Research*, nº 48, p. 5905-5924, 2010.
- [5] Geert Waeyenbergh, Liliane Pintelon, Maintenance concept development: A case study. *International Journal of Production Economics* nº 89 p.395–405, 2004.
- [6] Geert Waeyenbergh, Liliane Pintelon, A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, nº 77, p.299–313, 2002.
- [7] Yu-Chung Tsao, Tsung-Hui Chen and Qin-Hong Zhang, Effects of maintenance policy on an imperfect production system under trade credit. *International Journal of Production Research*, Vol. 51, nº 5, p. 1549–1562, 2012.
- [8] Jonsson, P. and Lesshammar, Maintenance Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE. *International Journal of Operation & Production Management*; Vol. 19, p.55 – 78, 1999.
- [9] K. Dhouib, A.Gharbi, M.N.Ben Aziza, Joint optimal production control/preventive maintenance policy for imperfect process manufacturing cell. *International Journal of Production Economics*, nº 137, p.126–136, 2012.
- [10] AFNOR. (2022). *Disponível em: <https://www.afnor.fr>. [Consultado em: 04 de Novembro de 2022]*
- [11] Hans LoKfsten, Measuring maintenance performance in search for a maintenance productivity index. *International Journal of Production Economics* nº 63, p. 47-58, 2000.
- [12] Chouikhi, H.; Dellagi, S.; Rezg, N., Development and optimisation of a maintenance policy under environmental constraints. *International Journal of Production Research*, Vol.50, nº 13, p.3612-3620, 2012.
- [13] Abd. S. Basari, Nanna S. Herman and Ariff Idris, Practical Database Design for Industrial Maintenance System. *IEEE* nº 978, p. 4244-6712, 2010.
- [14] M. Faccio, A. Persona, F. Sgarbossa, G. Zanin, industrial maintenance policy development: A quantitative framework. *International Journal of Production Economics*, 2012.
- [15] Cardoso, A. J. M. (1991). *Diagnóstico de avarias em motores de indução trifásicos*. Coimbra Editora.
- [16] Imad Alyouf, The role of maintenance in improving companies productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*, nº105, p. 70-78, 2007.
- [17] Koochaki, Javid, Bokhorst, Jos A.c., Wortmann, Hans, Klingenberg, Warse, Condition based maintenance in the contexto of opportunistic maintenace. *International Journal of Production Research*, p.1-12, 2012.
- [18] Shad Dowlatshahi, The role of industrial maintenance in the maquiladora industry: An empirical analysis. *International Journal of Production Economics*, nº 114 p. 298 – 307, 2008.
- [19] M. Faccio, A. Persona, F. Sgarbossa, G. Zanin, industrial maintenance policy development: A quantitative framework. *International Journal of Production Economics*, 2012.

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

- [20] R. Smith, R. K. Mobley, R. Smith, and R. K. Mobley, “Maintenance Welding,” in *Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers*, 2008, pp. 135–174.
- [21] A. A. Santos and A. F. Silva, “Automação Óleo-Hidráulica: Princípios de Funcionamento,” p. 197, 2016.
- [22] *MECALAC 12 MXT EXCAVATOR HANDBOOK OF REPAIR* | *ManualsLib*. Accessed: May 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.manualslib.com/manual/1556837/Mecalac-12-Mxt.html>
- [23] W. R. Haycraft, “History of Construction Equipment,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 137, no. 10, pp. 720–723, 2011, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0000374. [24] (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 38).
- [24] KARDEC, Alan.; NASCIF, Julio. Manutenção: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Quality mark, 2009.
- [25] “MECALAC, Excavators, Loaders, Backhoe Loaders, Dumpers and Compaction rollers.” <https://www.mecalac.com/en/> (accessed May 18, 2023).
- [26] GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.
- [27] COUTINHO, Thiago. Quais são os 8 pilares da TPM (Manutenção Produtiva Total). In: COUTINHO, Thiago. Voitto, [S.I.], 30 jan. 2019.
- [28] Assis, R. (1997). Manutenção Centrada na Fiabilidade. Portugal: LIDEL.
- [29] P. Beater, “Directional Control Valves - galtech,” pp. 171–183, 2007.
- [30] A. Silva and A. Santos, Automação Óleo-Hidráulica. 2016.

Apêndices

Apêndice A - Características técnicas da giratória multifunções Mecalac 12 MXT

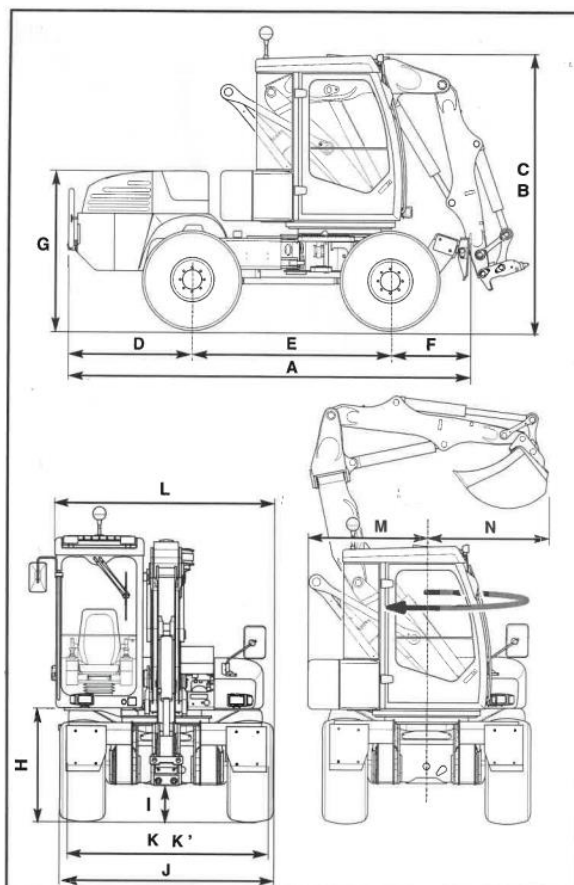


Figura A.1 – Dimensões do equipamento [22].

A – Comprimento mínimo – 4,45 m

B – Altura total – 3,02 m

C – Altura do equipamento dobrado – 3 m

D – Parte traseira – 1,41 m

E – Distancia entre eixos – 2,225 m

F – Parte frontal – 0,93 m

G – Altura das coberturas – 1,725 m

H – Altura sob a torre – 1,15 m

I – Distância ao solo – 0,4 m

J – Largura de rodas – 2,25 m

K – Largura estabilizadores – 2,22 m

K` - Largura estab. Estendidos – 3 m

L – Largura – 2,33 m

M e N – Raio de contrapeso – 2,76 m

Apêndice B – Características do motor Cummins – 4BT 4.5C

Tabela B. 1 – Características técnicas do motor Cummins – 4BT 4.5C [22].

Tipo de motor	Quatro cilindros em linha a quatro tempos, sobrealimentado por um turbo
Curso x diametro	102 mm x 138 mm
Cilindrada	4506 cm ³
Potência máxima	68 kW a 2200 rpm
Binário máximo	414 Nm a 1500 rpm
Capacidade do reservatório do óleo	11 L
Tipo de óleo	SAE 10W40
Tipo de combustível	Diesel
Consumo de combustível	7 a 12 L/h
Capacidade do reservatório de combustível	130 L
Tipo de arrefecimento	Refrigerante
Capacidade do sistema de arrefecimento	14 L
Filtro de ar	Com cartucho ciclónico seco

Apêndice C – Circuito hidráulico A - Tração

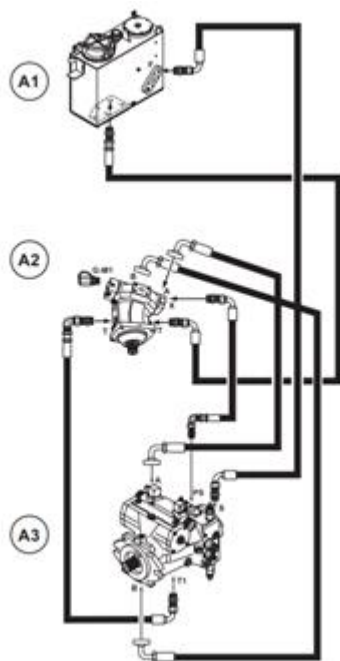


Figura C. 1 – Circuito hidráulico A – Tração [22].

A1 – Depósito hidráulico

A2 – Motor de viagem

A3 – Bomba de viagem

Apêndice D – Circuito hidráulico B – Aceleração e travões

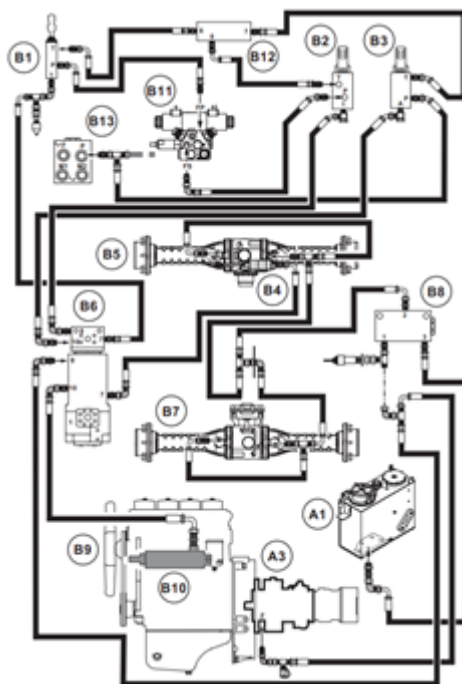


Figura D. 1 – Circuito hidráulico B – Aceleração e travões [22].

A1 – Depósito hidráulico

A3 – Bomba de viagem

B1 – Controlo de travão de estacionamento

B2 – Pedal de controlo de travão

B3 – Pedal de acelerador

B4 – Cilindro do travão de estacionamento

B5 – Eixo dianteiro

B6 – Junta rotativa

B7 – Eixo traseiro

B8 – Válvula de sequência

B9 – Motor diesel

B10 – Cilindro de aceleração

B11 – Bloco de alta pressão

B12 – Bloco de drenagem

B13 – Bloco de destravagem

Apêndice E – Circuito hidráulico C – Direção e orientação

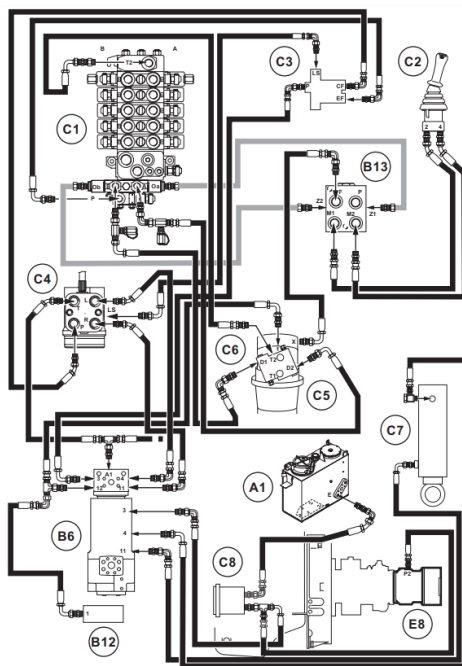


Figura E. 1 – Circuito hidráulico C – Direção e orientação [22].

A1 – Depósito hidráulico

B6 – Junta rotativa

B12 – Bloco de drenagem

B13 – Bloco de destravagem

C1 – Distribuidor SX14

C2 – Joystick esquerdo

C3 – Válvula prioritária

C4 – Sistema de direção Orbitrol

C5 – Motor de direção da torre

C6 – Bloco cross over com válvula amortecedora

C7 – Cilindro de direção

C8 – Bomba de direção

E8 – Bomba do equipamento

Apêndice F – Circuito hidráulico D – Alimentação e retorno da mesa giratória

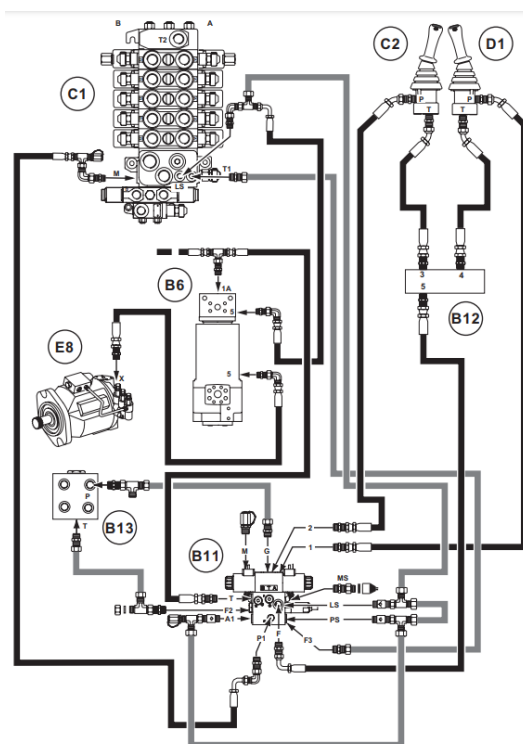


Figura F. 1 – Circuito hidráulico D – Alimentação e retorno da torre [22].

B6 – Junta rotativa

D1 – Joystick direito

B11 – Bloco de funções de alta pressão

E1 – Bomba do equipamento

B12 – Bloco de drenagem

B13 – Bloco de destravagem

C1 - Distribuidor SX14

C2 - Joystick esquerdo

Apêndice G – Circuito hidráulico E – Bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento

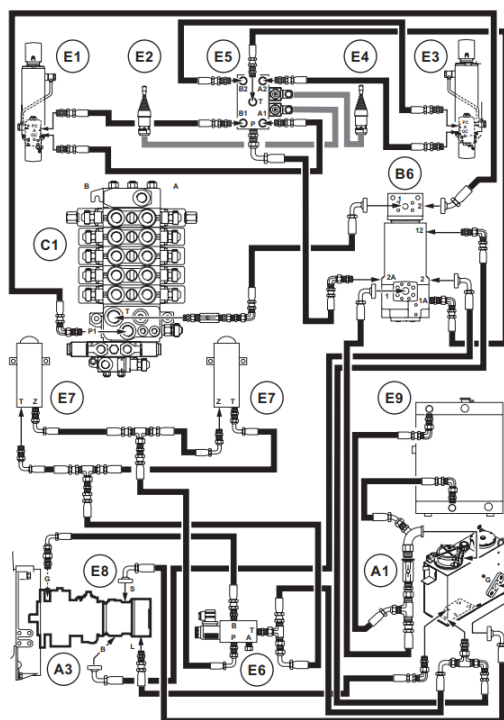


Figura G. 1 – Circuito hidráulico E – Bomba de equipamento, estabilizador, bloqueio de oscilação e arrefecimento [22].

A1 – Depósito hidráulico

A3 – Bomba de viagem

B6 – Junta rotativa

C1 - Distribuidor SX14

E1 – Cilindro estabilizador esquerdo

E2 – Joystick elétrico à esquerda

E3 - Cilindro estabilizador à direita

E4 – Joystick elétrico à direita

E5 – Válvula solenoide dos estabilizadores

E6 – Unidade de controlo de oscilação

E7 – Cilindro de bloqueio de oscilação

E8 – Bomba do equipamento

E9 – Radiador de óleo

Apêndice H – Circuito hidráulico F – Lança e braço

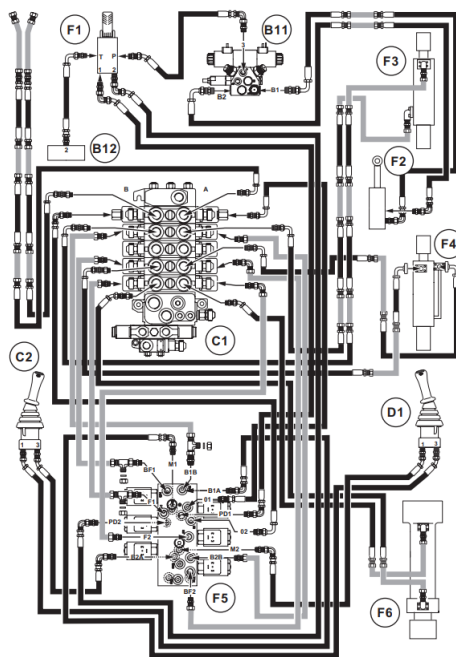


Figura H. 1 – Circuito hidráulico F – Lança e braço [22].

B11 – Bloco de funções de alta pressão

B12 – Bloco de drenagem

C1 - Distribuidor SX14

C2 – Joystick esquerdo

D1 – Joystick direito

F1 – Controle de pedal

F2 – Cilindro de deslocamento

F3 – Cilindro de braço

F4 – Cilindro da ponta

**F5 – Unidade de controlo de
baixa pressão**

F6 – Cilindro da lança

Apêndice I – Circuito hidráulico G - Balde

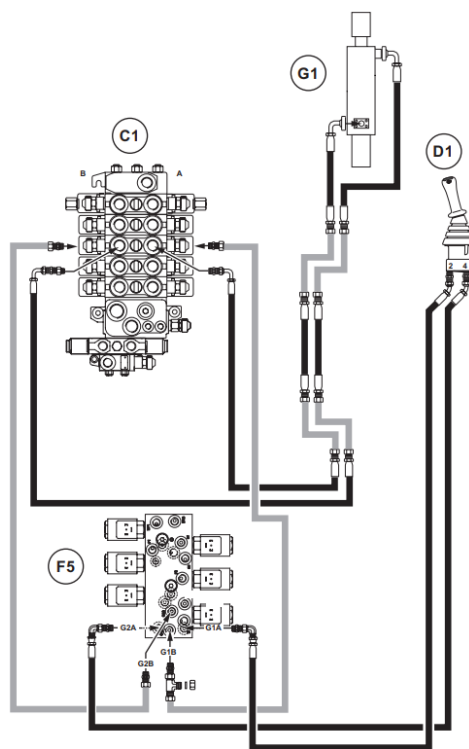


Figura I. 1 – Circuito hidráulico G – Balde [22].

C1 - Distribuidor SX14

D1 – Joystick direito

F5 – Unidade de controlo de baixa pressão

G1 – Cilindro do balde

Apêndice J – Circuito hidráulico H – Distribuidor de 5 saídas para o braço

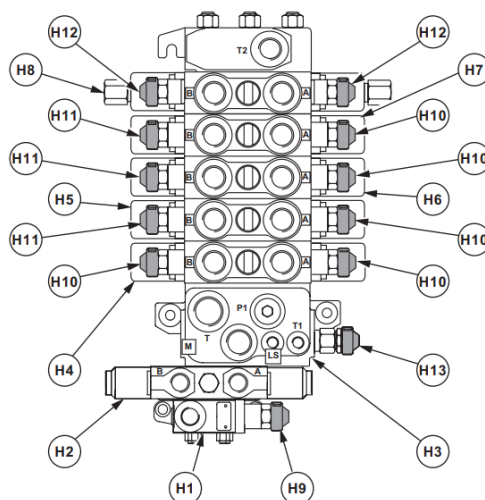


Figura J. 1 – Circuito hidráulico H – Distribuidor de 5 saídas para o braço [22].

H1 – Elemento de entrada de alimentação da orientação

H2 – Elemento de controlo da orientação

H3 – Elemento de entrada de alimentação do equipamento

H4 – Elemento de controlo da lança

H5 – Elemento de controlo da ponta da lança

H6 – Elemento de controlo do balde

H7 – Elemento de controlo do braço

H8 – Elemento de comando de funções extras

H9 – Válvula de alívio de pressão (250 bar)

H10 – Válvula de descompressão (400 bar)

H11 – Válvula de descompressão (420 bar)

H12 – Válvula de descompressão (180 bar)

H13 – Válvula de descompressão (280 bar)

Apêndice K – Circuito hidráulico I – Retorno do martelo

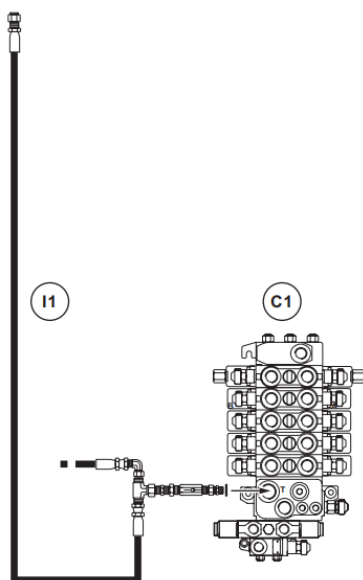


Figura K. 1 – Circuito hidráulico I – Retorno do martelo [22].

C1 - Distribuidor SX14

I1 – Retorno do martelo

Apêndice L – Circuito hidráulico J – Porta-ferramentas

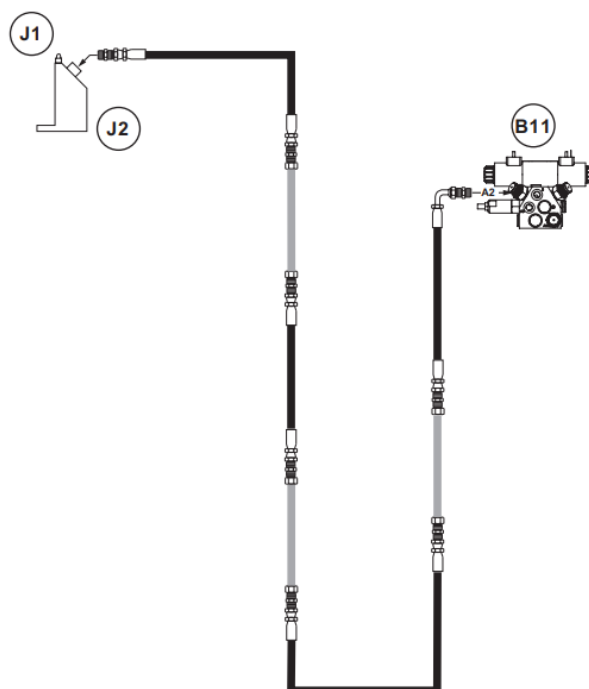


Figura L. 1 – Circuito hidráulico J – Porta-ferramentas [22].

B11 – Bloco de funções de alta pressão

J1 – Válvula solenoide para controlo de porta-ferramentas

J2 – Porta-ferramentas com compensação de folga

Apêndice M – Circuito hidráulico K – Ar condicionado

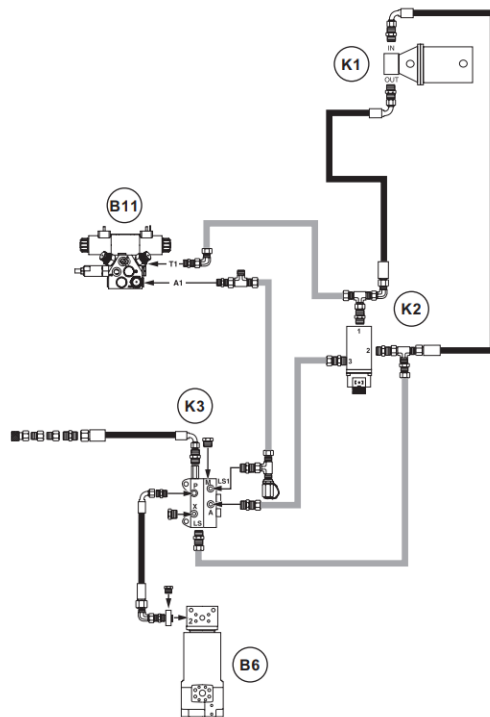


Figura M. 1 – Circuito hidráulico K – Ar condicionado [22].

B6 – Junta rotativa

B11 – Bloco de funções de alta pressão

K1 – Compressor

K2 – Válvula solenoide

K3 – Bloco prioritário

Apêndice N – Circuito L – Estabilizadores telescópicos

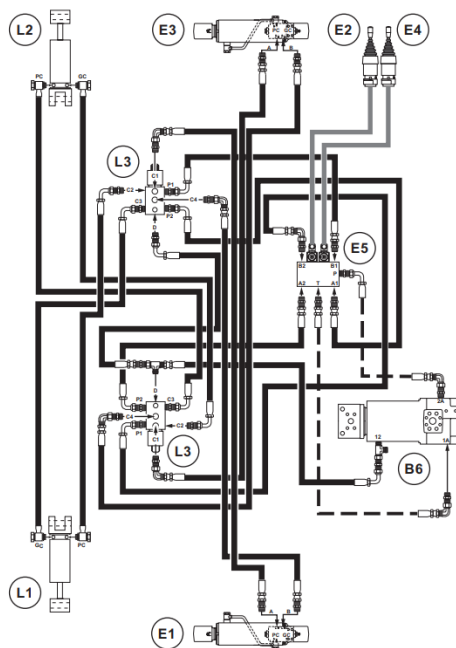


Figura N. 1 – Circuito hidráulico L – Estabilizadores [22].

B6 – Junta rotativa

E1 – Cilindro estabilizador esquerdo

E2 – Joystick elétrico à esquerda

E3 - Cilindro estabilizador à direita

E4 – Joystick elétrico à direita

E5 – Válvula solenoide dos estabilizadores

L1 – Cilindro estabilizador telescópico esquerdo

L2 – Cilindro estabilizador telescópico direito

L3 – Blocos seletores

Apêndice O – Circuito hidráulico M – Válvulas de segurança do braço

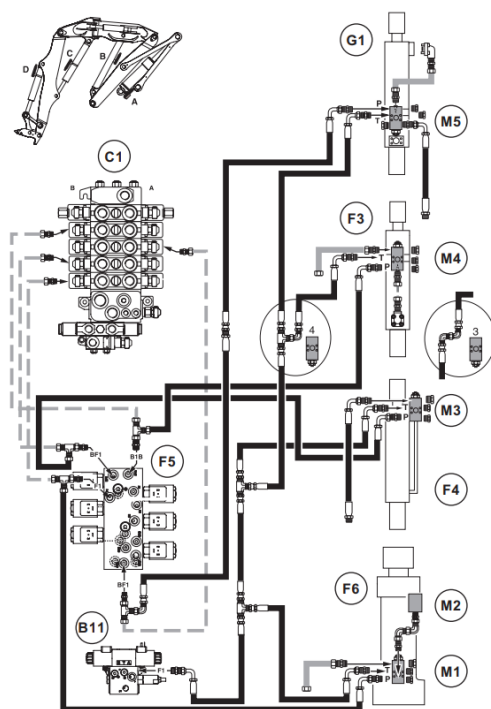


Figura O. 1 – Circuito hidráulico M – Válvulas de segurança do braço [22].

B11 – Bloco de funções de alta pressão

C1 - Distribuidor SX14

F3 – Cilindro de braço

F4 – Cilindro da ponta

F5 – Unidade de controlo de baixa pressão

F6 – Cilindro da lança

G1 – Cilindro do balde

M1 – Válvula, cilindro da lança

M2 – Sensor de carga

M3 – Válvula, cilindro da lança

M4 – Válvula, cilindro do braço

M5 – Válvula cilindro do balde

Apêndice P – Circuito hidráulico N – Acelerador manual

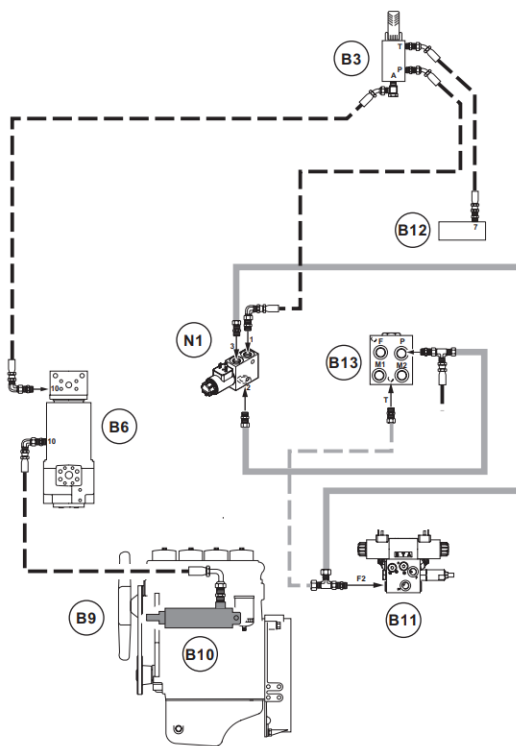


Figura P. 1 – Circuito hidráulico N – Acelerador manual [22].

B3 – Pedal de acelerador

B6 – Junta rotativa

B9 – Motor diesel

B10 – Cilindro de aceleração

B11 – Bloco de alta pressão

B12 – Bloco de drenagem

B13 – Bloco de destravagem

N1 – Válvula redutora de pressão 45 bar

Apêndice Q – Circuito hidráulico O -Porta-ferramentas Volvo

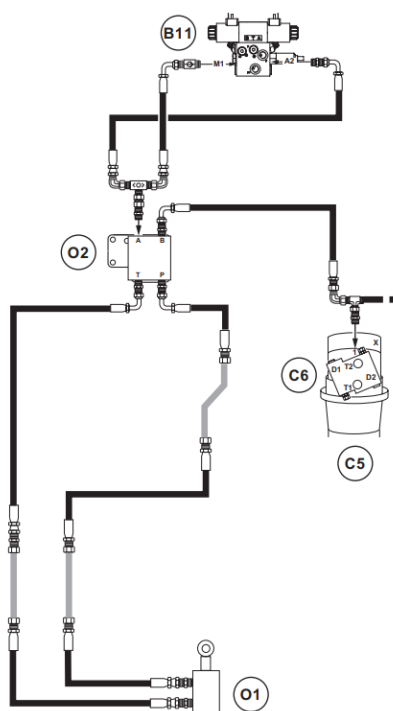


Figura Q. 1 – Circuito hidráulico O – Porta-ferramentas [22].

B11 – Bloco de alta pressão

C5 – Motor de direção da torre

C6 – Bloco cross over com válvula amortecedora

O1 – Cilindro porta-ferramentas

O2 – Válvulas solenoides para porta-ferramentas

Apêndice R – Circuito hidráulico P – Suplemento hidráulico, função adicional de controlo elétrico

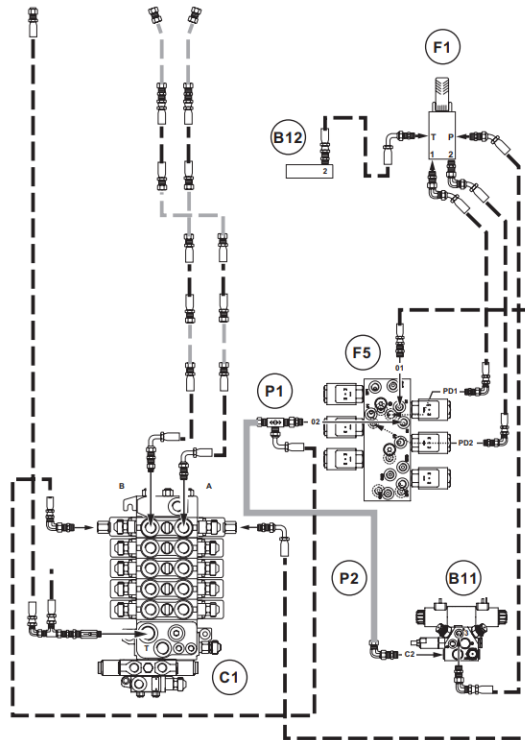


Figura R. 1 – Circuito hidráulico P – Suplemento hidráulico, controlo elétrico [22].

B11 – Bloco de funções de alta pressão

B12 – Bloco de drenagem

C1 - Distribuidor SX14

F1 – Pedal de comando funções adicionais

F5 – Unidade de controlo de baixa pressão

P1 – Seletor

P2 – Tubo

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Apêndice S – Falhas e soluções do equipamento

Tabela S.1 – Falhas e soluções do equipamento [22].

	Falhas	Causa	Soluções
Motor	O vapor está a sair do radiador	Nível de refrigerante muito baixo	Procurar fugas e completar o nível de refrigerante
		Abraçadeira solta	Apertar a abraçadeira
		Sistema de arrefecimento sujo	Drenar, limpar e encher
	Indicador de temperatura de água pisca, aviso sonoro	Alvéolos do radiador entupidos	Limpá-los ou repará-los
		Sensor de temperatura da água defeituoso	Substituir
		A corrente da ventoinha está frouxa	Rever a tensão ou substituir a corrente
	O motor é acionado, mas não arranca	Falta de combustível	Encher o depósito
		Entrada de ar no circuito do combustível	Reparar a entrada de ar ou sangramento
		Tubos de combustível entupidos	Verificar e limpar
	O motor de arranque e depois desliga-se	Bomba de injeção ou injetores avariados	Arranjar a bomba ou os injetores
		Falta de compressão	Consultar o seu agente
		Regime de ralenti muito baixo	Ajustar o parafuso do ralenti
	O motor não tem potência	Válvulas mal ajustadas	Inspeccionar as hastas dos balancins e as molas
		Excesso de óleo no motor	Repor o nível recomendado
		Filtro de gásóleo entupido	Substituir
		Porcas da cabeça do cilindro soltas	Apertá-las
		Bomba do combustível defeituosa	Substituí-la
	A velocidade do motor é irregular	Bomba de injeção defeituosa	Consultar o seu agente
	O motor aquece	Bomba de água gasta	Substituí-la
		Nível de óleo muito baixo	Completar
		Avanço da injeção desajustado	Consultar o seu agente
		Sistema de arrefecimento entupido ou com o nível baixo	Limpar ou repor o nível
		Bomba de água com defeito	Substituir
	O motor faz um ruído anormal	Injetores defeituosos	Reparar ou substituir
	Alimentação por injeção desregulada	Consultar o seu agente	
Fumos de escape negro	Elementos do filtro de ar colmatados	Limpar ou substituir	
	Injetores defeituosos	reparar ou substituir	
	Gasóleo de má qualidade	Substituir o gásóleo	
Gases de escape brancos ou azulados	óleo de motor em excesso	Repor o nível recomendado	
	Gasóleo de má qualidade	Substituir por gásóleo de boa qualidade	
	Cilindros ou segmentos danificados	Consultar o seu agente	
Equipamento elétrico	O arranque não funciona	Ligações defeituosas	Verificar as ligações e reparar
		Contator defeituoso	Reparar
		Carga da bateria muito baixa	Carregar a bateria
		Motor de arranque com defeito	Consultar o seu agente
	Bilho da luz fraco, mesmo quando o motor está a funcionar	Cabos ou ligações defeituosas	Verificar ligações e reparar
	Alternador ou regulador defeituoso	Consultar o seu agente	
Salpicos de ácido	alternador defeituoso	Consultar o seu agente	
Equipamentos hidráulicos	Falta de pressão para os cilindros do equipamento	Falta de óleo	Repor o nível recomendado
		Desgaste da bomba	substituir a bomba
		limitadores de distribuidor com defeito	Consultar o seu agente
		Filtro entupido	Substituir
		Configuração errada	Consultar o seu agente
		Cilindro defeituoso	Consultar o seu agente
		Distribuidor defeituoso	Consultar o seu agente
	Falta de força no movimento	Falta de gásóleo	Repor o nível recomendado
		Ajuste errado	Consultar o seu agente
		Desgaste da bomba	Substituí-la
	A máquina não se move	Falta de óleo	completar o nível
		Seletor de direção defeituoso	Substituir
	Configuração	Consultar o seu agente	
Transmissões	Ruído em tração e não em andamento	Falta de óleo	Nível de óleo no topo
		Desgaste da engrenagem, rolamentos ou planetários.	Consultar o seu agente
	Ruído em andamento e não em tração	Porca da roda dentada solta, rolamento da roda dentada danificado	Consultar o seu agente
	Ruído durante a curva	Satélites ou planetas danificados	Consultar o seu agente
	Ruído durante a inversão de marcha	Roda desgastada	Inspeccionar as porcas das rodas
		Junta do cardan danificada	Verificar e substituir
		Satélites livres no carter central	Consultar o seu agente
		Desgaste das anilhas diferenciais	Consultar o seu agente
	Ruído ao conduzir na linha reta	Diferentes pressões nos pneus	Ajustar a pressão dos pneus
	Travagem insuficiente	Configuração errada	Verificar a espessura dos discos de travão
		Discos gastos	Consultar o seu agente
	Pedal do travão não responde	Ar no circuito	Sangrar o sistema de travagem
	Travagem ineficaz	Configuração errada	Verificar a espessura dos discos de travão
	Sobreaquecimento	Nível de óleo incorreto	Drenar, limpar e encher
		Pequeno espaço entre os discos de travão	Ajustar o travão. Consultar o seu agente
	Travão de estacionamento mal regulado	soltar o travão e ajustar a folga	
Bomba e motor de viagem	A máquina não funciona de qualquer maneira	Bomba ou motor defeituosos	Reparar ou substituir a bomba ou motor. Consultar o agente
	Falta de alta pressão	Bomba ou motor defeituosos	Reparar ou substituir a bomba ou motor. Consultar o agente
		Dispositivo de reboque aberto ou defeituoso	Apertar a válvula de desvio
	A máquina não sai do ponto neutro	Bomba mal regulada para o ponto neutro	Ajustar a bomba. Consultar o agente

Análise de parâmetros hidráulicos para identificação de falhas – caso prático de estudo, avaria de uma giratória multifunções Mecalac 12 MXT

Apêndice T – Plano de manutenção do fabricante

Tabela T.1 – plano de manutenção do fabricante [22].

Verificação geral	Intervalos de manutenção em horas de trabalho						
	8	100	250	500	1000	1500	3000
Controlo de fugas de óleos, gasóleo e líquido refrigerante	X						
Controlo do aspeto de peças mecânicas e manguelras	X						
Apertar os parafusos e acessórios. Apertar dobradiça do châssis	X	X		X	X		
Controlar o funcionamento dos controlos, iluminação, indicadores e visores	X						
Controlo do motor diesel (fumos de escape e ruídos anormais)	X						
Controlo do funcionamento do circuito elétrico		X		X	X		
Controlo do ajuste do travão		X		X	X		
Controlo do estado do anel giratório e do pinhão da torre		X		X	X		
Controlo do aperto da ponte e dos fechos da coroa		X					
Circuito diesel							
Verificar o nível e completar	X						
Purgar o filtro e pré-filtro de água e sujidade	X						
Substituir o filtro e pré-filtro do gasóleo		X	X	X	X		
Esvaziar o depósito de gasóleo					X		
Sistema de arrefecimento							
Verificar o nível e completar	X						
Limpeza do exterior do radiador		X	X	X	X		
Limpeza do interior do radiador							X
Substituir o líquido refrigerante. Sangrar o sistema de aquecimento após cada intervenção							X
Motor							
Verificar o nível de óleo e completar	X						
Mudança de óleo do motor		X	X	X	X		
Verificar a estanquicidade do fecho do depósito de óleo		X			X		
Substituir o cartucho do filtro de óleo		X		X	X		
Verificar a tensão da correia de transmissão		X		X	X		
Substituir a correia de transmissão					X		
Verificar o tensionador e o rolamento do cubo do ventilador					X		
Verificar e ajustar a folga do braço do balancim				X	X		
Verificar a fixação dos coletores				X	X		
Verificar o estado e o funcionamento do motor de arranque e do alternador						X	
Verificação das configurações do injetor						X	
Verificar o aperto dos suportes do motor		X			X		
Verificação do aviso sonoro das seguranças		X		X	X		
Filtro de ar							
Limpar a tampa e verificar a válvula de drenagem	X						
Limpar o filtro			X				
Trocar o filtro				X			
Bateria							
Verificar o aperto dos terminais	X	X		X	X		
Verificar o nível de eletrólito e completar		X		X	X		
Controlar a acidez e o estado da carga				X			
Eixos, caixas de transferência e caixas de velocidades							
Verificação dos níveis		X	X	X	X		
Drenar o óleo		X		X	X		
Ajuste do travão de estacionamento				X			
Pneus							
Verificar o torque das porcas das rodas		X					
Pressão dos pneus	X	X		X	X		
Transmissões dos cardan's							
Lubrificação				X			
Sistema hidráulico							
Verificação do nível do depósito	X						
Limpeza do exterior do radiador		X	X	X	X		
Limpeza do interior do radiador		X		X	X		
Substituir o filtro da linha de retorno e o respirador						X	
Substituir o filtro da bomba de viagem		X		X	X		
Drenar o depósito hidráulico e mudar o filtro				X		X	
Verificar pressões e configurações conforme necessário		X		X	X		
Motor de rotação da torre							
Verificar o aperto dos fechos e acessórios	X						
Lubrificação							
Lubrificação de equipamentos	X	X		X	X		
Lubrificação dos estabilizadores do cilindro de direção, da articulação do chassi, dos dentes e do rolamento da coroa		X		X	X		
Aquecimento de água do ar condicionado							
Limpar o filtro do ar	X						
Substituir o filtro de ar de acordo com o grau de contaminação					X		
Verificação do desidratador indicador de humidade		X					
Recarga de gás do sistema de ar condicionado							X

Apêndice U – Verificações diárias do equipamento

Tabela U.1 – Verificação diária da giratória multifunções Mecalac 12 MXT.

Tabela de verificação diária da giratória multifunções Mecalac 12 MXT				
	Lista de verificações diárias	Boas condições	Más Condições	Observações
1	Nível de gasóleo			
2	Nível de óleo do motor			
3	Nível de óleo do sistema hidráulico			
4	Nível do líquido refrigerante do motor			
5	Pressão dos pneus			
6	Fuga nas mangueiras do sistema hidráulico			
7	Verificar se existe alguma mancha onde a máquina se encontra			
8	Verificação das luzes e piscas			
9	Verificação da ferramenta instalada e do braço			
10	Estado e nível do limpa para-brisas			
11	Revisão visual dos parafusos da máquina			
12	Verificação das luzes do painel de comando			
13	Verificação do funcionamento do contador de horas			
14	Estado dos espelhos retrovisores e para-brisas			
15	Fixação e funcionamento do cinto de segurança			
16	Fixação do banco do operador			
17	Funcionamento das alavancas de comando			
18	Funcionamento do braço e ferramenta instalada			
19	Funcionamento da buzina			
20	Funcionamento dos travões			
21	Verificar os terminais da bateria			
22	Verificação do estado do veio de cardan			
23	Verificação do estado de limpeza dos radiadores			
24	Outros			

Apêndice V - Registo histórico das ações de manutenção

Tabela V.1 – Registo histórico das ações de manutenção.

Registo de manutenção da Mecalac 12 MXT					
Data	Horas do contador	Horas da manutenção	Intervenção realizada	Observações	Causas da manutenção
Data	Horas do contador	Horas da manutenção	Intervenção realizada	Observações	Causas da manutenção
Data	Horas do contador	Horas da manutenção	Intervenção realizada	Observações	Causas da manutenção
Data	Horas do contador	Horas da manutenção	Intervenção realizada	Observações	Causas da manutenção
Data	Horas do contador	Horas da manutenção	Intervenção realizada	Observações	Causas da manutenção
Data	Horas do contador	Horas da manutenção	Intervenção realizada	Observações	Causas da manutenção