



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP



Luís Coelho Saleiro

A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS DE RECOLHA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS
DE RECOLHA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Lúis Coelho Saleiro

MESTRADO EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

Porto, 2001



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

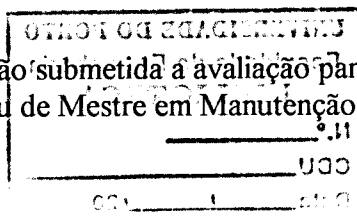
**A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS
DE RECOLHA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Luís Coelho Saleiro

Licenciado em Engenharia Mecânica

pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Dissertação submetida à avaliação para a obtenção
do grau de Mestre em Manutenção Industrial



Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. José Luís Soares Esteves

do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

e co – orientação do Professor António Carlos Laranjo da Silva

do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Porto, 2001.

658.2(043)/SALZ/MAN

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA H
N.º <u>64497</u>
CDU <u>658,2(043)</u>
Data <u>4</u> / <u>9</u> / <u>2002</u>



DEDICATÓRIA

À minha esposa Maria Elisa, pela sua dedicação e estímulo ao longo de toda a nossa vida.

Aos meus filhos, Nuno Tiago e Ana Filipa, para que o presente e, sobretudo, o futuro lhes proporcione os melhores ensinamentos.

“ Quando pararmos de aprender, começamos a esquecer”.

“ Não há homens cultos, há homens que se cultivam ”. (Marechal Foch)

“ A critica é fácil, a arte difícil “. (Destouches)



AGRADECIMENTOS

À administração da Câmara Municipal do Seixal, pela disponibilização dos meios técnicos necessários que possibilitaram a realização deste documento, em especial nas pessoas do seu Presidente, Sr. Alfredo Monteiro, e dos Srs. Vereadores Adelino Tavares e Ângelo Gaspar.

Ao Professor Doutor José Luís Soares Esteves pelo empenho, apoio e confiança que sempre me transmitiu.

Ao Professor António Carlos Laranjo da Silva pelos contributos prestados para o melhoramento deste documento.

Aos colegas do Laboratório do CETRIB – Unidade de Tribologia e Manutenção Industrial do INEGI (Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial – Prof. Dr. Jorge Seabra e Eng.º Armando Campos, que facilitaram os meios para a realização dos ensaios tribológicos necessários para a validação deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Materialografia – Prof. Dr. Jorge Lino, e à Técnica de Laboratório, Srª D. Emília Soares, pela amável disponibilização dos meios técnicos.

Aos meus professores, pelos valiosos contributos dos seus conhecimentos, opiniões e sugestões.

À administração da empresa Resol – Resíduos Sólidos – Equipamentos Mecânicos, Lda., na pessoa dos seus directores, Sr. Eng.º Simões Cordeiro, Sr. Pedro Freitas, e Sr. Arlindo Antunes, pelo empenho, dedicação e estímulo que sempre demonstraram, bem como por toda a informação que disponibilizaram, que têm permitido abordagens mais pragmáticas na solução dos problemas técnicos.

À administração da empresa Simopeças – Componentes para Viaturas de Limpeza Urbana, Lda, na pessoa dos seus directores, Sr. Carlos Simões, e Sr. Moinante, pela empenhada colaboração.

Aos meus colegas e amigos, pelo inestimável apoio técnico nas áreas das suas especialidades.

RESUMO

Da diversidade de componentes e da complexidade dos órgãos e sistemas de uma viatura de recolha de resíduos sólidos urbanos, o mecanismo de compactação assume-se, desde logo, como um dos mais importantes, senão mesmo o fundamental, em qualquer dos modelos deste tipo de viaturas especiais.

Embora não sejam conhecidos dados fiáveis que disponibilizem valores de referência quanto ao grau de desempenho destes componentes, a imobilização cíclica e prolongada das viaturas associada a um determinado modo de falha, é uma circunstância que requer uma urgente mudança de atitude.

A questão essencial está em avaliar o grau de desempenho dos actuais componentes, cuja filosofia de concepção está baseada em pressupostos de funcionamento e condições de operação pouco realistas, os quais se têm revelado pouco adequados para um desempenho tão específico.

Da consulta ao histórico, é possível identificar uma frequência bem determinada ao longo do período de análise do tipo de avaria, pelo que se entendeu estudar e ensaiar outro tipo de solução, para que a disponibilidade operacional destas viaturas resultasse num aumento significativo.

Uma das soluções encontradas abriu perspectivas muito positivas, que poderão obviamente vir a ser melhoradas, disponibilizando-se, assim, tempo e meios para a análise ao comportamento de outros componentes destas viaturas, cuja complexidade e diversidade é tanta que cria novos incentivos para o desenvolvimento futuro de outros estudos.

ABSTRACT

Among the diversity of parts and the complexity of the organs and systems of an urban solid waste collection vehicle, the compaction mechanism is one of the most important, or even the fundamental one, in every model of this type of special vehicles.

In spite of the lack of reliable studies to provide reference values for the performance degree of the various parts of this kind of vehicle, its cyclic and extended immobilisation associated with a certain failure mode is a circumstance that urges a change of attitude.

The purpose is to evaluate, simultaneously, the performance degree of the actual components, which are based on a conception philosophy and on operation conditions that have, in fact, no similarity in the current day life, and that are not appropriated for such a specific performance.

Based on the breakdown registries, it is possible to confirm the existence of a very well determined frequency of this kind of failure during the analysis period; therefore it was decided to study and test other alternative solutions, in order to reach a significant increase on the operational availability of these trucks.

One of the solutions found offered very positive perspectives, that may obviously be improved, this way providing time and means for the analysis of the behaviour of other important parts of this vehicle. Its complexity and diversity are such that rise new material for other systematic studies, in the future.

PREÂMBULO

Como facilmente se entenderá, um Concelho como o do Seixal, que registou, nas últimas décadas, um aumento populacional considerado inédito, sofreu inevitavelmente importantes mudanças no seu parque habitacional. Este facto associado à crescente actividade económica, nas suas vertentes comercial e industrial determinou que a política de gestão de resíduos, uma das principais responsabilidades do Município, fosse desde logo objecto de uma definição de estratégias e objectivos visando a adaptação eficaz a esta realidade, [26].

Efectivamente, as necessidades e aspirações das populações, face à higiene e limpeza pública, têm merecido por parte da Câmara Municipal, uma resposta adequada através de meios técnicos, administrativos e de pessoal, que asseguram uma actividade diária no que concerne à gestão dos resíduos sólidos urbanos na área do município. Aos mais diversos níveis, em especial na limpeza urbana e manutenção da via pública e dos espaços de lazer, na recolha de resíduos sólidos urbanos, na recolha selectiva e de resíduos especiais, as actividades da Câmara, no domínio da prestação de cuidados primários às populações, tem-se pautado por uma elevada qualidade, reconhecida a nível nacional (4º lugar na classificação geral dos municípios, relativa ao ano de 1998), não podendo, por isso, permitir reduções nem na quantidade, nem na qualidade destes mesmos serviços.

O elevado valor da idade média da frota afecta à recolha de resíduos sólidos urbanos, (R.R.S.U.), que se situa acima dos dez anos, e o facto de estar inevitavelmente sujeita aos mais diversos tipos de avarias, cujas reparações se podem prolongar por mais ou menos tempo, determinaram atitudes mais pragmáticas para uma melhor eficiência na gestão dos recursos disponíveis. Referimo-nos, em particular, a reparações de motores, caixas de velocidades e embraiagens, transmissões, sistemas de travagem, suspensões, reparações estas sempre necessárias para garantir a segurança de pessoas e bens, tanto mais que é uma frota cuja actividade se desenrola durante três turnos diários, sete dias por semana, durante todo o ano.

A avaria ou falha funcional que nos tem preocupado, implica a paragem da respectiva viatura, obrigando à desmontagem da parte traseira da superestrutura da caixa de recolha de resíduos

sólidos, implicando a utilização de avultados meios técnicos e humanos, desde logo um contratempo difícil de ultrapassar quando a dimensão da frota afecta à R.R.S.U., está no limite da sua capacidade, face às necessidades operacionais.

Desde logo, a determinação para o estudo das causas e a procura de soluções alternativas, visando a solução de determinadas avarias, encontrou na actual equipa de técnicos afectos ao Gabinete de Manutenção da Divisão de Parque Auto, da Câmara Municipal do Seixal, a motivação necessária para uma mudança de atitude, a que se aliaram algumas das empresas fornecedoras deste tipo de equipamentos e dos respectivos materiais.

As opções entretanto implementadas carecem, evidentemente de estudos técnicos ainda mais aprofundados, a que desde já nos propomos. Contudo e como atrás se referiu, era urgente encontrar soluções alternativas que minimizassem determinado tipo de avaria, e a consequente imobilização prolongada das viaturas.

As políticas para aquisição de novas viaturas e equipamentos têm privilegiado as solicitações de outras estruturas, cujos serviços se encontravam também eles carenciados dos meios técnicos necessários e adequados ao eficiente desempenho das suas actividades.

Nesta perspectiva, foi proposto pelos Serviços de Manutenção da Divisão de Parque Auto, para o Plano de Actividades de 2001, o abate com substituição de sete das viaturas que possuem este modelo de superestrutura, contra a aquisição de nove unidades novas, com características técnicas melhor adaptadas às reais necessidades de desempenho nas actividades de R.R.S.U., a qual no entanto, não reuniu o consenso necessário para a sua implementação.



INTRODUÇÃO

O presente trabalho de Dissertação de Mestrado em Manutenção Industrial, debruça-se sobre algumas das vertentes relacionadas com as problemáticas da manutenção industrial, no âmbito objectivo da redução das taxas de avarias, da fiabilidade, da tribologia, e da aplicação de materiais alternativos aos convencionalmente utilizados na indústria metalomecânica, em equipamentos / viaturas municipais afectos à R.R.S.U..

Refere-se em particular à adequação de determinadas periodicidades das acções de manutenção preventiva aos equipamentos em operação e aos padrões de falha por eles apresentados. Obviamente, é um problema inserido numa questão ainda mais ampla da Manutenção: - a definição do melhor momento para a realização de tarefas de manutenção preventiva, e qual a sua eficácia.

Tem suporte numa realidade prática que urge resolver, e que é crítica em nove unidades de um conjunto de dezanove viaturas de R.R.S.U., cujos sistemas, órgãos e respectivos componentes bem como os seus princípios de funcionamento, são idênticos entre si, mas cujo projecto embora conte já com mais de duas décadas, mantém-se ainda actualmente em linha de produção.

Muito embora se registem valores muito distintos no que respeita à idade das viaturas em análise (ver Quadro 3.1), considerou-se não ser esta a principal razão para particularizar o seu estudo, uma vez que a avaria em si mesma é, sobretudo, influenciada por condições operacionais.

O modelo analisado neste trabalho trata especificamente da fiabilidade de um sistema e dos respectivos componentes, de apoio e rolamento (deslizamento) da placa de compressão do mecanismo de compactação, da superestrutura de uma viatura de R.R.S.U..

Referimo-nos, concretamente, a um sistema que é composto por uma placa de secção rectangular, genericamente designada por “charriot”, que se desloca num plano inclinado, com movimento de descida e subida accionado hidraulicamente, estando apoiada em quatro roletes de aço que se deslocam no interior de uma guia quinada em forma de “U”, também em aço.

O desempenho do sistema, na sua concepção original, tem-se revelado de reduzida eficiência, denotando uma frequência de avarias, que consideramos elevada, em todo o grupo das viaturas

em estudo, pelo que se impôs, desde logo, um procedimento urgente, através da aplicação de práticas de manutenção que visem a redução e, se possível, a eliminação daquela taxa de avarias, dado que a necessidade imperiosa de um serviço público, com elevada disponibilidade e qualidade é uma matéria absolutamente inquestionável.

As condições de serviço propriamente ditas, tanto pela sua agressividade, (referimo-nos especificamente aos esforços e cargas envolvidos), como pelos factores ambientais e de operação, são de tal modo imponderáveis, que têm condicionado substancialmente a disponibilidade destas viaturas.

A questão aqui abordada tem a ver com a identificação da melhor periodicidade de realização de acções de manutenção preventiva aos roletes e respectivas guias de apoio e deslizamento do charriot, e com a respectiva adequação das periodicidades das acções de lubrificação aos diversos equipamentos em operação. Por outro e, de uma forma mais abrangente, trata também de avaliar se as condições de partida que serviram de base ao actual projecto estão efectivamente adaptadas às reais condições de operação.

A substituição periódica dos roletes não se tem afirmado como uma solução eficiente, porque, para além da deterioração dos mesmos verifica-se, em simultâneo, a degradação das próprias guias de deslizamento que constituem o par tribológico. Os desgastes progressivamente acentuados desaconselham, desde logo, uma acção de manutenção do tipo curativa ou correctiva, pelo que outras soluções mais abrangentes deverão ser estudadas e experimentadas.

A adequação do modelo às condições de serviço tem sido verificada através do acompanhamento dos dados recolhidos das acções de manutenção aos componentes, realizadas durante um período aproximado de três anos.

Referimos, por último, e a este propósito, que os registos históricos disponíveis embora não sendo rigorosos, tanto em termos temporais, como em termos das descrições das causas das avarias, revelam contudo dados significativos desde 1997, até hoje.

PALAVRAS CHAVE

Disponibilidade.

Falha funcional.

Fiabilidade.

Manutenção Centrada na Fiabilidade.

Manutenção Proactiva.

Modo de falha.

Reprojecto.

Taxa de Avarias.



ÍNDICE

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
PREÂMBULO	ix
INTRODUÇÃO	xi
PALAVRAS CHAVE	xiii
INDICE	xiv
ABREVIATURAS	xxiv
SIMBOLOGIA	xxv
GLOSSÁRIO	xxvii
1 - A FUNÇÃO MANUTENÇÃO	1
1.1 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA	3
1.2 – DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO	5
1.3 – OBJECTIVOS DA MANUTENÇÃO	6
1.3.1 – FORMAS DE MANUTENÇÃO	7
1.3.2 – ANÁLISE DO REGISTO HISTÓRICO	9
1.3.3 – DISTRIBUIÇÃO DE AVARIAS	10
1.3.4 – AVARIAS REPETITIVAS	10
1.3.5 – INDICADORES DE MANUTENÇÃO	11
1.3.6 – CICLO DE VIDA DE UM EQUIPAMENTO	13
1.4 – IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO – NOVOS CONCEITOS	15
1.4.1 – RCM	16
1.4.1.1 – FALHAS FUNCIONAIS	17
1.4.1.2 – MODO DE FALHA	18
1.4.1.3 – EFEITO DA FALHA	18
1.4.1.4 – CONSEQUÊNCIAS DA FALHA	19
1.4.1.5 – ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA (FMEA)	20
1.4.1.6 – PORQUÊ ANALISAR OS MODOS DE FALHA	21
1.4.1.7 – FONTES DE INFORMAÇÃO SOBRE EFEITOS E MODOS DE FALHA	22
1.4.1.8 – TECNICAMENTE VIÁVEL E VALER A PENA	23
1.4.1.9 – CATEGORIAS DE FALHAS EVIDENTES	24
1.4.1.10 – CONSEQUÊNCIAS OPERACIONAIS – COMO AS FALHAS AFECTAM AS OPERAÇÕES	24
1.4.1.11 – COMO EVITAR AS CONSEQUÊNCIAS OPERACIONAIS	25
1.4.1.12 – NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA COMO ACÇÃO POR DEFEITO.....	27
1.4.1.13 – REPROJECTO E MANUTENÇÃO.....	27



1.4.1.14 - REPROJECTO – ACÇÃO DE MANUTENÇÃO POR DEFEITO.....	29
1.4.2 – TPM	31
1.4.3 – RAMS	32
1.4.4 – TEROTECNOLOGIA	32
1.5 – CONCEITOS TEÓRICOS RELACIONADOS COM A AVARIA EM ESTUDO EM VIATURAS DE R.R.S.U.	33
1.5.1 – COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS	34
1.5.1.1 – A RUGOSIMETRIA E A SUA IMPORTÂNCIA	35
1.5.2 – MECANISMOS DE DESGASTE	36
1.5.2.1 – DESGASTE ABRASIVO	38
1.6 – ATRITO	39
1.6.1 – ATRITO DE DESLIZAMENTO	39
1.6.2 – COEFICIENTE DE ATRITO – PARÂMETROS QUE O INFLUENCIAM	40
1.6.2.1 – COMBINAÇÃO DE MATERIAIS.....	40
1.6.2.2 – GEOMETRIA DOS COMPONENTES	41
1.6.2.3 – CONDIÇÕES OPERATÓRIAS	41
1.6.3 – RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO	42
1.7 – LUBRIFICAÇÃO	44
1.7.1 – FUNÇÕES DO LUBRIFICANTE	45
1.7.1.1 – MASSAS LUBRIFICANTES.....	46
1.7.1.2 – CLASSIFICAÇÃO DAS MASSAS LUBRIFICANTES – NLGI	47
1.8 – DEFININDO A TRIBOLOGIA	48
1.8.1 – IMPORTÂNCIA DA TRIBOLOGIA	48
1.8.2 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TRIBOLÓGICA	49
1.8.2.1 – ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO ATRITO E DO DEGASTE	49
1.8.2.2 – ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DE MATERIAIS.....	50
1.8.2.3 – TRIBÓMETROS MAIS UTILIZADOS EM ENSAIOS DE DESLIZAMENTO	52
1.8.2.4 – FIABILIDADE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS TRIBOLÓGICOS	53
2 – CARACTERIZAÇÃO DA SUPERESTRUTURA DUMA VIATURA DE RECOLHA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	55
2.1 – CAIXA	58
2.2 – VISEIRA	59
2.2.1 – CUBA	60
2.2.2 – CHARRIOT	60
2.2.3 – PLACA DE COMPRESSÃO	61
2.3 – MECANISMO DE COMPACTAÇÃO	62
2.3.1 – DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO	62
2.4 – DIMENSÕES DOS COMPONENTES EM ESTUDO	67
2.4.1 – CHARRIOT	67



2.4.2 – PLACA DE COMPRESSÃO	67
2.4.3 – CILINDROS HIDRÁULICOS DO CHARRIOT	68
2.4.4 – CILINDROS HIDRÁULICOS DA PLACA DE COMPRESSÃO	69
2.4.5 – ROLETES	69
2.4.6 – CASQUILHOS	70
2.4.7 – CUBOS DE DESLIZAMENTO	70
2.4.8 – PESO PRÓPRIO DO CONJUNTO COMPLETO	72
2.4.9 – GUIAS DE DESLIZAMENTO	72
2.4.10 – PERCURSO EFECTUADO PELO CHARRIOT	72
2.4.11 – CUBA	72
2.4.12 – PESO ESPECÍFICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	72
2.4.13 – TEMPOS DE REFERÊNCIA – DURAÇÃO DOS CICLOS DE TRABALHO	73
3 – CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AVARIA	77
3.1 – RAZÕES PARA A EXISTÊNCIA DESTA AVARIA	81
3.2 – DIAGRAMA DE BLOCOS – ENQUADRAMENTO DA AVARIA	92
3.3 – ESTUDO ANALÍTICO DA AVARIA	96
3.3.1 – CÁLCULO DOS TEMPOS DAS OCORRÊNCIAS	98
3.3.2 – CÁLCULO DO TEMPO TOTAL DO ENSAIO	98
3.3.3 – CÁLCULO DO VALOR DA ESTATÍSTICA DO TESTE	98
3.3.4 – CÁLCULO DO VALOR DE PROVA PARA O NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE 5%	98
3.3.5 – RESUMO DA AVARIA DURANTE O PERÍODO DE ENSAIO	99
4 – ESTUDO DO MECANISMO DE COMPACTAÇÃO E ENSAIOS TRIBOLÓGICOS EM TRIBÓMETRO DE PINO – PLANO ALTERNATIVO	107
4.1 – DETERMINAÇÃO DO PERCURSO EFECTUADO PELOS ROLETES E CUBOS	111
4.2 – PROGRAMAÇÃO DO TRIBÓMETRO PINO – PLANO ALTERNATIVO	112
4.3 – CÁLCULO DA FORÇA DE COMPRESSÃO NO CONTACTO ENTRE OS ROLETES E AS GUIAS DE DESLIZAMENTO	113
4.3.1 – CÁLCULO DAS FORÇAS EXERCIDAS PELOS CILINDROS HIDRÁULICOS	114
4.3.1.1 – CÁLCULO DA FORÇA EXERCIDA POR CADA CILINDRO DO CHARRIOT	114
4.3.1.2 – CÁLCULO DA FORÇA EXERCIDA POR CADA CILINDRO DA PLACA DE COMPRESSÃO	114
4.3.1.3 – CÁLCULO DA FORÇA RESULTANTE DA COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS POR ACÇÃO MECÂNICA DA PLACA DE COMPRESSÃO	115
4.3.1.4 – DETERMINAÇÃO DOS ÂNGULOS DO MECANISMO DE COMPACTAÇÃO	115
4.3.2 – ACTUAÇÃO DO MECANISMO DE COMPACTAÇÃO	117
4.3.2.1 – ESFORÇOS DESENVOLVIDOS DURANTE A COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS POR ACÇÃO DA ROTAÇÃO DA PLACA DE COMPRESSÃO	120



4.3.2.2 – FORÇAS EXERCIDAS NA PARTE INTERNA DA PLACA DE COMPRESSÃO, DEVIDO À COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS, E POR ACTUAÇÃO DOS CILINDROS DE ELEVAÇÃO DO CHARRIOT	122
4.3.2.3 – CÁLCULO DAS FORÇAS EXERCIDAS NOS ROLETES	124
4.3.2.4 – DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS NOS ROLETES INFERIORES EQUIVALENTE À COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS	126
4.3.2.5 – DETERMINAÇÃO DO VALOR DA CARGA A INTRODUIR NO TRIBÓMETRO PINO – PLANO ALTERNATIVO	129
4.4.2 – CONSIDERAÇÕES PARTICULARES PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS	130
4.4.3 – ENSAIOS REALIZADOS	134
4.4.3.1 – ENSAIO DE CHAPA DE AÇO ST 52.3 COM PINO DE POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 24 HORAS, A SECO	135
4.4.3.2 – ENSAIO DE CHAPA DE AÇO ST 52.3 POLIDA COM PINO DE POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 24 HORAS, A SECO	138
4.4.3.3 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO DE POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 24 HORAS, A SECO	140
4.4.3.4 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 36 HORAS, A SECO	143
4.4.3.5 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 48 HORAS DESCONTÍNUAS, A SECO	145
4.4.3.6 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 15 HORAS, A SECO, SIMULANDO OS PERÍODOS EFECTIVOS EM CARGA E OS PERÍODOS SEM CARGA, REPRESENTANDO OS CICLOS DE FUNCIONAMENTO	148
4.4.3.7 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 24 HORAS, Mergulhado em água	151
4.4.3.8 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 120 HORAS, Mergulhado numa emulsão de água e óleo alimentar	154
4.4.3.9 – RESUMO DOS VALORES DE DESGASTE, OBTIDOS POR EXTRAPOLAÇÃO, DE ACORDO COM OS ENSAIOS REALIZADOS	157
5 – CONCLUSÕES	159
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	165
ANEXO A	167
NOTA BIOGRÁFICA	185



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1</i> – Padrão característico dos equipamentos mecânicos, com partes móveis, sujeitas a desgaste com o uso.....	10
<i>Figura 1.2</i> – Vida económica de um equipamento.....	14
<i>Figura 1.3</i> – Principais factores e efeitos tribológicos (esquema).....	34
<i>Figura 1.4</i> – Morfologia microscópica típica de uma superfície técnica.....	36
<i>Figura 1.5</i> – Mecanismos de desgaste.....	37
<i>Figura 1.6</i> – Foto de um rolete retirado do serviço mostrando as estrias de desgaste por abrasão.....	39
<i>Figura 1.7</i> – Deformações dos corpos quando sujeitos a rolamento.....	42
<i>Figura 1.8</i> – Modelo esquemático do equilíbrio de um corpo rolante.....	43
<i>Figura 1.9</i> – Aplicação do conceito de sistema aos ensaios tribológicos.....	51
<i>Figura 2.1</i> - Vista lateral duma viatura de recolha de resíduos sólidos urbanos.....	57
<i>Figura 2.2</i> - Vista lateral da viseira, mostrando a disposição dos perfis de reforço da estrutura metálica.....	59
<i>Figura 2.3</i> - Vista lateral da viseira, mostrando o posicionamento das barras de desgaste nas guias de deslizamento.....	59
<i>Figura 2.4</i> – Vista lateral da viseira em corte mostrando a disposição do mecanismo de compactação.....	62
<i>Figura 2.5</i> - Situação da cuba carregada, sendo necessário o seu esvaziamento.....	63
<i>Figura 2.6</i> – A fase 1 do ciclo de compressão corresponde à abertura da placa de compressão.....	63
<i>Figura 2.7</i> – A fase 2 do ciclo que corresponde à descida do charriot com a placa de compressão aberta.....	64
<i>Figura 2.8</i> – A fase 3 do ciclo corresponde ao fecho da placa de compressão.....	64
<i>Figura 2.9</i> – A fase 4 do ciclo determina o final do ciclo de compressão.....	65
<i>Figura 2.10</i> - Esquema do charriot.....	67
<i>Figura 2.11</i> – Vista esquemática da placa de compressão.....	68
<i>Figura 2.12</i> - Cilindro hidráulico do charriot (corte).....	68



<i>Figura 2.13</i> - Cilindro hidráulico da placa de compressão (corte).....	69
<i>Figura 2.14</i> – Rolete com casquilho, (vista interior).....	69
<i>Figura 2.15</i> - Corte do conjunto do charriot mostrando a montagem do rolete superior.....	70
<i>Figura 2.16</i> - Corte do conjunto do charriot mostrando a montagem do rolete inferior.....	70
<i>Figura 2.17</i> – Cubo de deslizamento, (vista interior).....	71
<i>Figura 2.18</i> – Corte esquemático do charriot mostrando o posicionamento dos roletes nos cavilhões e o sistema de distribuição de lubrificação aos roletes.....	71
<i>Figura 3.1</i> – Vista geral da superestrutura, em corte, duma viatura de R.R.S.U., mostrando o mecanismo de compactação.....	79
<i>Figura 3.2</i> - Contaminação da pista de deslizamento do rolete, (verificação de rotina realizada após 24 horas de entrada em serviço).....	86
<i>Figura 3.3</i> - Vários aspectos do desgaste abrasivo verificado nos roletes.....	88
<i>Figura 3.4</i> – Cavilhão.....	89
<i>Figura 3.5</i> - Charriot desmontado da viseira, e sem a placa de compressão, mostrando o posicionamento dos roletes.....	89
<i>Figura 3.6</i> - Vistas parciais de guias de deslizamento, mostrando os desgastes na parte superior.....	90
<i>Figura 3.7</i> - Vistas parciais das paredes laterais internas, mostrando mais em pormenor os desgastes da parte superior das guias de deslizamento.....	90
<i>Figura 3.8</i> - Vista exterior da parede lateral direita de uma viseira, mostrando a destruição da guia de deslizamento e do reforço exterior.....	91
<i>Figura 4.1</i> – Vista lateral da viseira mostrando o mecanismo de compactação.....	109
<i>Figura 4.2</i> – Vista lateral da viseira mostrando a placa de compressão fechada.....	110
<i>Figura 4.3</i> – Tribómetro de pino – plano alternativo instalado no Laboratório do CETRIB-FEUP.....	113
<i>Figura 4.4</i> – Representação esquemática dos pontos de apoio dos roletes e dos cilindros hidráulicos da placa de compressão e respectivas cotas.....	115
<i>Figura 4.5</i> – Triângulo trigonométrico.....	116
<i>Figura 4.6</i> – Diagrama do mecanismo de compactação.....	118
<i>Figura 4.7</i> - Parte inferior da guia de deslizamento.....	119



<i>Figura 4.8 - Degradação no contacto linear do rolete devido aos esforços envolvidos e às condições de serviço.....</i>	120
<i>Figura 4.9 – Diagrama parcial do mecanismo de compactação.....</i>	121
<i>Figura 4.10 – Diagrama parcial do mecanismo de compactação.....</i>	122
<i>Figura 4.11 – Diagrama identificando as cargas distribuídas na placa de compressão e no charriot.....</i>	124
<i>Figura 4.12 - Diagrama identificando o posicionamento das cargas que actuam nos roletes.....</i>	125
<i>Figura 4.13 - Diagrama identificando a carga distribuída na placa de compressão.....</i>	127
<i>Figura 4.14 - Foto do provete para ensaio no tribómetro de pino – plano alternativo.....</i>	129
<i>Figura 4.15 - Tribómetro de pino – plano alternativo existente no Laboratório da FEUP.....</i>	130
<i>Figura 4.16 - Fotos da superfície do pino de poliamida, após ensaio de 24 horas, sobre St 52.3, ampliadas 50 x e 100 x.....</i>	135
<i>Figura 4.17 – Fotos da superfície do pino de poliamida após ensaio de 24 horas, sobre St 52.3 polido, ampliadas 50 x e 100 x.....</i>	138
<i>Figura 4.18 – Foto da superfície do pino de poliamida recolhida após o ensaio de 24 horas, com CK 45, ampliada 50 x.....</i>	140
<i>Figura 4.19 – Fotos recolhidas da superfície barra de CK 45 do ensaio de 24 horas, com ampliações de 50 x e de 100 x.....</i>	140
<i>Figura 4.20 – Apresentação da superfície do pino de poliamida e da superfície da barra de CK 45, ampliada 50 x, após o ensaio de 36 horas.....</i>	143
<i>Figura 4.21 – Fotos recolhidas do ensaio de 48 horas representativo de 18 turnos de serviço.....</i>	145
<i>Figura 4.22 – Foto da superfície do pino de poliamida do ensaio com CK 45, a seco, durante 15 horas, simulando os períodos efectivos em carga e os períodos sem carga.....</i>	148
<i>Figura 4.23 – Foto da placa de CK 45, montada na tina.....</i>	151
<i>Figura 4.24 – Foto da superfície de contacto da poliamida com o CK 45, após o ensaio mergulhado em água, com ampliação de 50 x.....</i>	152
<i>Figura 4.25 – Superfície da barra de CK 45, após o ensaio de 120 horas, numa emulsão de água e óleo.....</i>	154
<i>Figura 4.26 – Superfície do provete de poliamida, após o ensaio de 120 horas, numa emulsão de água e óleo.....</i>	154

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 – <i>Diagrama de Decisão para Falhas com Consequências Operacionais</i>	26
Quadro 1.2 – <i>Diagrama de Decisão para Avaliação Prévia de uma Modificação Proposta</i>	30
Quadro 1.3 - <i>Classificação das Massas Lubrificantes segundo NLGI</i>	47
Quadro 1.4 – <i>Tribómetros para Ensaios de Deslizamento</i>	52
Quadro 2.1 – <i>Resumo das Principais Características dos Aços Aplicados na Construção da Superestrutura</i>	74
Quadro 2.2 – <i>Resumo das Principais Características das Poliamidas Aplicadas na Construção dos Cubos de Deslizamento do Charriot</i>	75
Quadro 3.1 – <i>Idade Média da Frota de Veículos de R.R.S.U.</i>	79
Quadro 3.2 - <i>Identificação dos Pontos e Periodicidade de Lubrificação</i>	85
Quadro 3.3 – <i>Diagrama de Blocos</i>	95
Quadro 3.4 – <i>Resumo do Registo de Avarias entre 97JAN01 e 97DEZ31 num total de 365 dias</i>	100
Quadro 3.5 – <i>Resumo do Registo de Avarias entre 98JAN01 e 98DEZ31 num total de 365 dias</i>	101
Quadro 3.6 – <i>Resumo do Registo de Avarias entre 99JAN01 e 00JAN19 num total de 384 dias</i>	102
Quadro 3.7 – <i>Resumo do Registo de Avarias entre 97JAN01 e 00JAN19, num total de 1114 dias</i>	103
Quadro 3.8 - <i>Resumo do Registo de Avarias entre 00JAN20 e 01MAR27 num total de 432 dias, após alteração do projecto inicial</i>	104
Quadro 3.9 – <i>Gráficos Comparativos dos Custos de Manutenção, de acordo com o Quadro A.3</i>	105
Quadro 4.1 – <i>Percurso Efectuado pelos Roletes</i>	112
Quadro 4.2 – <i>Tempo de Simulação do Percurso em Carga Efectuado pelos Roletes</i>	112
Quadro 4.3 – <i>Resumo dos Ensaios Tribológicos a Realizar</i>	134

Quadro 4.4 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste de 6 PLA, sobre ST 52.3, durante 24 Horas</i>	137
Quadro 4.5 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste de 6 PLA, sobre ST 52.3 Polido, durante 24 Horas</i>	139
Quadro 4.6 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, durante 24 Horas</i>	141
Quadro 4.7 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, durante 36 Horas</i>	144
Quadro 4.8 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK45, durante 48 Horas</i>	146
Quadro 4.9 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, a Seco, durante 15 Horas, Simulando os Períodos Efectivos em Carga e os Períodos Sem Carga</i> ..	150
Quadro 4.10 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, durante 24 Horas, Mergulhado em Água</i>	153
Quadro 4.11 – <i>Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, Durante 120 Horas, com os Provetes Mergulhados numa Emulsão de Água e Óleo Alimentar</i> ...	155
Quadro 4.12 – <i>Valores Comparativos dos Desgastes, Obtidos por Extrapolação, em Função dos Ensaio Realizados</i>	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 – <i>Representação da Curva Normal</i>	99
--	----

ÍNDICE DOS ANEXOS

Quadro A.1 – <i>Participação de Avaria (Móvel 188)</i>	168
Quadro A.2 – <i>Identificação das Operações de Substituição dos Roletes e das Guias de Deslizamento, Materiais Aplicados, Número de Horas e Custos Médios Necessários para a Execução dos Respetivos Trabalhos</i>	173
Quadro A.3 – <i>Folhas de Obra (Móvel 188)</i>	175
Quadro A.4 – <i>Resumo Comparativo dos Custos de Manutenção</i>	180
Quadro A.5 – <i>Dias de Imobilização Previstos para Reparação da Viseira das Viaturas R.R.S.U.</i>	181
Quadro A.6 – <i>Periodos de Imobilização Efectivos para Reparação das Viaturas R.R.S.U.</i>	182
Quadro A.7 – <i>Total de Dias de Imobilização das Viaturas R.R.S.U.</i>	183
Quadro A.8 – <i>Registo da Contagem dos Dias do Início de cada Avaria</i>	184



ABREVIATURAS

ASTM – American Society for Testing and Materials.

CETRIB – Centro de Estudos de Tribologia.

DEMEGI – Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial.

Di – Disponibilidade intrínseca.

Do – Disponibilidade operacional.

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FMEA – Failure Modes and Effects Analysis – Análise do Efeito de Modos de Falha.

GALP – Marca de Lubrificantes.

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance.

Min – Mínimo.

MTBF – Mean Time Between Failures – Tempo Médio Entre Avarias.

MTL - Mean Time To Logistics – Tempo Médio de Logística.

MTTR - Mean Time To Repair - Tempo Médio de Reparação.

NLGI – National Lubricating Grease Institute.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico.

PTFE – Polytetrafluorethylene – Teflon.

R.R.S.U. – Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos.

R.S.U. – Resíduos Sólidos Urbanos.

RAMS – Reliability, Availability, Maintainability and Safety – Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança.

RCM – Reliability Centred Maintenance – Manutenção Centrada na Fiabilidade.

TPM – Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total.

i.é. – isto é.

p. ex. – por exemplo.



SIMBOLOGIA

% - percentagem.

π - constante trigonométrica – 3,1416.

α - nível de significância.

$\Sigma F (xx')$ – somatório de forças segundo o eixo dos xx' .

ΣM_B – somatório de momentos no ponto B.

$\lambda(t)$ ou λ – taxa de avarias.

$\varnothing_{\text{cilindro}}$ – diâmetro do cilindro.

$\varnothing_{\text{haste}}$ – diâmetro da haste.

\sphericalangle – símbolo de ângulo.

a – coeficiente de atrito de rolamento.

A_1 – área do cilindro hidráulico em fase de extensão da haste.

A_2 – área do cilindro hidráulico em fase de recuo da haste.

$A_{C \text{ cubo}}$ – área de contacto do cubo.

$A_{C \text{ provete}}$ – área de contacto do provete.

bar – medida de pressão.

cos – coseno de um ângulo.

cotg – cotangente de um ângulo.

ET – estatística do teste.

f – coeficiente de atrito estático.

F – força tangencial.

F – força.

f'_n - força uniformemente distribuída correspondente à carga Q'_n .

f_n - força uniformemente distribuída correspondente à carga Q_n .

F_n – força no ponto n.

H_0 – hipótese nula.

H_1 – hipótese alternativa.

Kg – unidade de medida de peso.

Kg / m^3 – unidade de medida do peso específico.

Kgf – quilograma – força.

Km – unidade de medida de distância.

m^2 - unidade de medida de superfície.

m^3 – unidade de medida de volume.

mm – milímetros.

MPa – unidade de medida de pressão.

N – dimensão da amostra.

N – newton.

N.º - número.

N/mm^2 - unidade de medida de pressão.

º - unidade de medida angular.

P – probabilidade.

Q – carga.

q'_n - carga uniformemente distribuída correspondente à carga Q'_n .

Q_n – carga aplicada no ponto n.

q_n – carga uniformemente distribuída correspondente à carga Q_n .

r – raio.

r.p.m. – rotações por minuto.

rot / min – rotações por minuto.

sen – seno de um ângulo.

t_0 – tempo total.

tg – tangente de um ângulo.

t_i – tempo decorrido até à ocorrência de ordem i.

VP – valor de prova.

w – velocidade angular.



GLOSSÁRIO

GLOSSARY

Avaria de modo comum: *Uma avaria que é o resultado de um ou vários acontecimentos os quais levam à avaria simultânea de dois ou mais componentes, impedindo o sistema de executar uma função requerida.*

Common mode failure: *A failure resulting of one or more events that led to the simultaneous breakdown of two or more parts, preventing the system from performing its required function.*

Avárias sistemáticas: *Avárias devidas a erros nas operações realizadas no curso do ciclo de vida, durante qualquer fase, e que ocorrem sob condições de exploração particulares ou sob condições ambientais particulares.*

Systematic failures: *Failures which are the result of errors made any time during the operations performed in the course of the life cycle and that occur under particular running conditions or under particular environment conditions.*

Capacidade inicial: *O nível de desempenho de um equipamento no momento em que entra em serviço.*

Initial capability: *The level of performance of which a physical asset or system is capable at the moment it enters service.*

Causa da avaria: *Conjunto de circunstâncias durante o projecto, fabrico ou utilização, as quais conduzem a uma avaria.*

Failure cause: *All the circumstances that lead to failure during project, production or operation.*

Causa de falha comum: *Falha de duas ou mais estruturas, sistemas ou componentes devido a um acontecimento ou causa específicos.*

Common cause failure: *Failure of two or more structures, systems or components due to a single specific event or cause.*

Ciclo de vida do sistema: *Actividades realizadas durante o período de tempo que começa quando o sistema é concebido e termina quando o sistema for abatido, desactivado e desmantelado.*

Life cycle system: *The activities occurring during a period of time that starts when a system is conceived and ends when the system is no longer available for use, is decommissioned and is disposed.*

Condição aceitável: *A condição requerida para cada uso particular.*

Acceptable condition: *The condition agreed for each particular usage.*

Conformidade: *Demonstração de que uma*

Conformance: *An affirmative indication or*



característica ou propriedade de um produto judgement that a product or service has met
satisfaz os requisitos pré - estabelecidos. the requirements of the relevant

*specifications, contract or regulation; also
the state of meeting the requirements.*

Consequência operacional: *Um modo de falha ou falha múltipla tem consequências operacionais se puder afectar negativamente a capacidade operacional de um equipamento ou sistema, rendimento, qualidade do produto, serviço ao cliente ou custos operacionais adicionados aos custos de reparação.* **Operational consequence:** *A failure mode or multiple failure has operational consequences if it could adversely affect the operational capability of a physical asset or system output, product quality, costumer service or operating costs in addition to the cost to repair.*

reparação.

Consequências ambientais: *Uma falha ou uma falha múltipla tem consequências ambientais se quebrar qualquer norma regulamentar ambiental municipal, regional, nacional ou internacional, que se aplique ao equipamento ou sistema em apreciação.* **Environmental consequences:** *A failure or multiple failure has environmental consequences if it could break any corporate, municipal, regional, national or international environmental standard or regulation which applies to the physical asset or system under consideration.*

Consequências da falha: *A importância de um modo de falha ou de uma falha múltipla.* **Failure consequences:** *The way (or ways) in which a failure mode or a multiple failure matters.*

Contexto operacional: *Circunstâncias em que se espera que o equipamento desempenhe a sua função.* **Operating context:** *The circumstances in which a physical asset or system is expected to operate.*

Crescimento da fiabilidade: *Melhoria progressiva de uma característica de fiabilidade de um item ao longo do tempo.* **Reliability growth:** *Increase in reliability as a result of continued design modification resulting from field data feed back*

Desempenho desejado: *Nível aceitável para o dono ou utilizador de um equipamento ou sistema.* **Desired performance:** *The level of performance acceptable to the owner or user of a physical asset or system.*



- Disponibilidade:** *Periodo de tempo durante o qual um sistema ou equipamento é capaz de executar o seu objectivo.* **Availability:** *The fraction of time during which a system is capable of performing its intended purpose.*
- Efeito da falha:** *O que acontece quando ocorre um modo de falha.* **Failure effect:** *What happens when a failure mode occurs.*
- Falha:** *Um desvio inesperado em relação aos requisitos que exigiam uma determinada acção de acordo com o grau de aceitação.* **Fault:** *An unexpected deviation from requirements which would require considered action regarding the degree of acceptability.*
- Falha:** *Incapacidade de uma estrutura, sistema ou componente funcionar dentro de critérios aceitáveis.* **Failure:** *Inability of a structure, system or component to function within acceptance criteria.*
- Falha evidente:** *Determinado modo de falha que se tornará evidente aos operadores do equipamento, em circunstâncias normais.* **Evident failure:** *A failure mode that will on its own become evident to the operating crew under normal circumstances.*
- Falha funcional:** *O estado em que o equipamento ou sistema é incapaz de executar uma função específica, num nível de desempenho aceitável para o seu utilizador.* **Functional failure:** *A state in which a physical asset or system is unable to perform a specific function to a level of performance that is acceptable to its owner or user.*
- Fiabilidade:** *A probabilidade de um item poder executar uma função requerida sob determinadas condições durante um dado intervalo de tempo.* **Reliability:** *The probability of an item to perform a required function under stated conditions for a stated period of time.*
- Função:** *O que o utilizador de um equipamento pretende que ele execute.* **Function:** *What the owner or user of a physical asset or system wants it to do.*
- Histórico de manutenção:** *Registo dos acontecimentos com o propósito de virem a ser usados no planeamento da manutenção.* **Maintenance history:** *A history record which is used for the purpose of maintenance planning.*
- Instruções de manutenção:** *Documento que descreve detalhadamente o processo e as circunstâncias a ter em conta para a execução da manutenção.* **Maintenance instructions:** *The document that describes in detail the procedure and circumstances for carrying out maintenance.*



Instruções de operação: *Documento que descreve detalhadamente os métodos de arranque, paragem, controle e monitorização do equipamento em todas as condições previsíveis.* **Operating instructions:** *The document that describes in detail the methods of starting up, shutting down, controlling and monitoring the equipment under all foreseeable conditions.*

Item: *Um componente, equipamento, sub-sistema, sistema que pode ser considerado individualmente e examinado e testado separadamente.* **Item:** *A part, equipment, sub-system or system that can be individually considered and separately examined or tested.*

Limpeza: *Acção de manutenção cuja finalidade é a redução da contaminação para um nível aceitável.* **To clean:** *Maintenance actions used to reduce contamination to an acceptable level.*

Manutenção: *A combinação de todas as acções técnicas e administrativas, incluindo as acções de supervisão, com o objectivo de manter ou repor o produto num estado em que possa executar uma determinada função.* **Maintenance:** *The combination of all technical and associated administrative actions intended to retain an item in, or restore it to a state in which it can perform its required function.*

Manutenção correctiva: *Manutenção efectuada após o reconhecimento de uma avaria com a intenção de colocar o equipamento num estado de executar a função requerida.* **Corrective maintenance:** *Maintenance actions carried out after a failure has occurred and intended to restore an item to a state in which it can perform its required function.*

Manutenção de emergência: *Uma acção de manutenção que é necessária colocar imediatamente em execução sob pena de se virem a verificar sérias consequências.* **Emergency maintenance:** *Maintenance actions which are necessary to put in hand immediately to avoid serious consequences.*

Manutenção planeada: *A manutenção levada a cabo segundo uma planificação pré determinada.* **Planned maintenance:** *The maintenance organized and carried out with forethought, control and the use of records to a predetermined plan.*

Manutenção por medida: *Manutenção que é* **Forfait maintenance:** *Maintenance actions*



executada em função das necessidades do momento, resultantes das condições de serviço e da actividade específica do equipamento.

carried out according to the needs of the moment and resulting of running conditions and the specific activity of the equipment.

Manutenção preventiva: *A manutenção executada em intervalos pré – determinados ou de acordo com os parâmetros de condição dos equipamentos, com o objectivo de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento de um item.*

Preventive maintenance: *The maintenance carried out at predetermined intervals or corresponding to prescribed criteria and intended to reduce the probability of failure or the performance degradation of an item.*

Manutenção proactiva: *Acções de manutenção usadas para prever e evitar falhas no equipamento.*

Proactive maintenance: *Maintenance actions used to predict or prevent equipment failures.*

Manutenção reactiva: *Uma acção de manutenção que é desencadeada após a manifestação de uma avaria.*

Reactive maintenance: *Maintenance carried out after a failure has occurred.*

Manutenibilidade: *A probabilidade dum acção activa de manutenção, para um elemento sob determinadas condições de utilização, poder ser executada dentro de um intervalo de tempo estabelecido, quando a manutenção é realizada nas condições pré – estabelecidas e com a utilização de recursos e procedimentos escritos e recursos pré – definidos.*

Maintainability: *The probability that a given active maintenance action for an item, under given conditions of use, can be carried out within a stated time interval, when the maintenance is performed under stated conditions and using stated procedures and resources.*

Modificação: *Alteração física realizada num item em serviço pela necessidade de melhoria das suas capacidades e conseguida através de uma alteração do projecto.*

Modification: *An alteration made to a physically existing item usually resulting in an improvement in performance and generally carried out as the result of a design change.*

Modo de falha: *A maneira como uma*

Failure mode: *The manner or state in which*



estrutura, sistema ou componente falha. *a structure, system or component fails.*

Modo de falha: *O acontecimento que causa uma falha funcional.* **Failure mode:** *A single event that causes a functional failure.*

Modo de falha comum: *Falha de duas ou mais estruturas, sistemas ou componentes do mesmo modo que um único acontecimento ou causa.* **Common mode failure:** *Failure of two or more structures, systems or components in the same manner of a single event or cause.*

MTBF: *Um acrónimo que significa o tempo médio entre avarias.* **MTBF:** *An acronym meaning the mean time between failures.*

MTL: *Um acrónimo que significa o tempo médio de logística.* **MTL:** *An acronym meaning the mean time to logistics.*

MTTR: *Um acrónimo que significa o tempo médio para reparação.* **MTTR:** *An acronym meaning the mean time to repair.*

Optimização: *Encontrar o melhor procedimento, política ou intervalo de manutenção de acordo com os critérios especificados.* **Optimisation:** *Finding the best procedure, policy or maintenance interval with respect to specified criteria.*

Ordem de trabalho: *Instrução escrita detalhada identificando os trabalhos a serem realizados.* **Work order:** *A written instruction detailing work to be carried out.*

Plano de manutenção: *Decidir antecipadamente os trabalhos, métodos, materiais, equipamentos, máquinas, mão de obra, tempo necessário e tempo de duração das acções de manutenção.* **Maintenance planning:** *Deciding in advance the jobs, methods, materials, tools, machines, labour, time required and timing of maintenance actions.*

Política de manutenção: *Estratégias onde são assumidas as decisões que a manutenção deve tomar.* **Maintenance policy:** *A strategy within which decisions on maintenance are taken.*

RAMS: *Um acrónimo que significa a combinação de Fiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança.* **RAMS:** *An acronym meaning the combination of Reliability, Availability, Maintainability and Safety.*



Reabilitação / Renovação: *Trabalhos de grande envergadura tendentes a colocar as instalações ou edifícios em condições de funcionamento aceitáveis, envolvendo frequentemente melhorias.*

Reparação: *Recondicionar um item para uma condição aceitável, por meio de renovação, substituição ou reparação de peças usadas, estragadas ou obsoletas.*

Reprojecto: *Qualquer acção tomada para mudar a configuração física de um sistema, com vista a mudar o contexto operacional desse mesmo sistema.*

Requisitos de manutenibilidade: *Relação dos principais meios e frequência para prevenir a falha de um item ou para restaurar a sua função quando esta falha.*

Risco: *Combinação da probabilidade de ocorrência de uma situação potencialmente perigosa e da sua gravidade.*

Segurança: *Ausência de risco não aceitável.*

Taxa de avarias: *Número de falhas de um item por unidade de tempo.*

Tecnicamente viável: *Uma tarefa é tecnicamente viável se for possível reduzir ou possibilitar acções para reduzir as consequências do modo de falha associado, de maneira aceitável para o possuidor ou utilizador do equipamento.*

Tempo de indisponibilidade: *Período de*



tempo durante o qual o equipamento está fora de serviço. *equipment is out of service.*

Tempo de manutenção preventiva: *Parte do tempo de manutenção durante o qual é executada a manutenção preventiva, incluindo o tempo atribuível a atrasos logísticos inerentes nas operações de manutenção preventiva.* **Preventive maintenance time:** *That part of the maintenance time during which preventive maintenance is performed on an item, including the time attributable to logistic delays inherent in the preventive maintenance operations.*

Tempo de paragem: *Período durante o qual um item não reúne condições para realizar a sua função.* **Downtime:** *The period of time during which an item is not in a condition to perform its intended function.*

Terotecnologia: *Combinação de práticas de gestão, financeiras, engenharia, construção e outras, aplicadas a bens físicos, considerando os custos económicos da sua vida.* **Terotechnology:** *A combination of management, financial, engineering, building and other practices applied to physical assets in economic life costs.*

Trabalhar até falhar (Viver com a avaria): *Uma política de gestão de falhas que permite que um modo de falha específica ocorra sem que seja determinada uma acção de it. manutenção para a evitar ou prevenir.* **Run to failure:** *A failure management policy that permits a specific failure mode to occur without any attempt to anticipate or prevent it.*

Valer a pena: *Uma tarefa escalonada que visa reduzir (evitar, eliminar ou minimizar) as consequências de determinado modo de falha associada aos custos directos e indirectos da realização da mesma tarefa.* **Worth doing:** *A scheduled task is worth doing if it reduces (avoids, eliminates or minimises) the consequences of the associated failure mode to an extent that justifies the direct and indirect costs of doing the task.*



1 – A FUNÇÃO MANUTENÇÃO



(Página intencionalmente em branco)



1.1 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A História da Manutenção é já bastante longa, mas os seus desenvolvimentos mais relevantes ocorreram na sua maioria a partir da segunda metade do século passado. Segundo, Pinto [14], podemos balizar a evolução da Manutenção nas seguintes etapas:

Etapa 1. Reparar a avaria – Se considerarmos que, desde sempre, o Homem terá procurado reparar os seus utensílios, que lhe tinham custado um investimento em trabalho e materiais, podemos dizer que a Manutenção é tão antiga como o engenho humano.

O termo Manutenção, na sua versão inglesa, é registado pelos dicionários desde o século XVI com o significado de “acto de manter reparado”. No entanto, é a partir da terceira década do século XX que se começa a sentir a necessidade de automatizar a função manutenção, atribuindo a sua responsabilidade a equipas especificamente constituídas para o efeito.

Nesta primeira etapa a preocupação dominante era, portanto, a recuperação do investimento feito nos bens de equipamento, através da restauração da sua operacionalidade. O protagonista desta etapa foi essencialmente, o operador.

Etapa 2. Evitar a avaria – O grande esforço de produção associado à 2ª Guerra Mundial e à recuperação económica do pós-guerra impuseram às linhas de produção ritmos de trabalho incompatíveis com as demoradas paragens para reparação de avarias.

Houve, então, necessidade de organizar a Manutenção, de forma a intervencionar as máquinas durante os tempos mortos da produção, mas com uma eficácia que reduzisse ao mínimo as paragens por avaria, quando aquelas estivessem em plena laboração. Surge, assim, a manutenção planeada, como ainda hoje se pratica. A preocupação dominante nesta etapa era a disponibilidade dos equipamentos. O seu protagonista passou a ser o especialista de manutenção.

Etapa 3. Prever a avaria – O enorme avanço tecnológico registado a partir da década de 60, traduzido pela generalização do uso dos computadores, no maior domínio dos processos de fabrico e no melhor conhecimento dos materiais, permitiu lançar novas formas de manutenção em que se procura essencialmente evitar a avaria, mas intervindo no equipamento de forma “cirúrgica”, isto é, de forma localizada, quando os sistemas de diagnóstico indicam que a avaria está eminente, em vez da intervenção sistemática e periódica característica da etapa anterior.

A manutenção está agora mais orientada para controlar do que para intervir. O seu protagonismo transfere-se para o engenheiro de manutenção.

Etapa 4. O fim da Manutenção? – De modo nenhum. Pelo menos, não num futuro próximo. Mas seguramente, menos manutenção. Já é possível, hoje em dia, conseguir melhorias de fiabilidade de tal ordem, que há equipamentos que atravessam toda a sua vida útil sem sofrer uma única avaria. O desenvolvimento recente e a integração em larga escala de sistemas e componentes electrónicos, torna obsoleta a sua reparação, e generaliza o conceito de módulo descartável, sendo que, muitas das vezes, é a própria máquina que assinala o módulo deficiente e a necessitar de substituição. Mesmo no domínio da mecânica, existem progressos notáveis com a introdução de novos materiais sintéticos, como os compósitos, que permitem executar elementos estruturais tão resistentes como o aço, mas mais leves e imunes à corrosão, ou os plásticos que permitem fazer, por ex., rolamentos auto-lubrificadas, eliminando-se uma das tradicionais dores de cabeça dos responsáveis da manutenção. Noutros casos, tem sido possível substituir mecanismos extremamente sensíveis por módulos electrónicos sem uma única peça móvel. O protagonismo da manutenção está agora a transferir-se para o fabricante dos bens de equipamento. Cada vez mais a manutenção nasce com o próprio equipamento.

Será que isto indicia o fim da necessidade de manutenção?

Evidentemente que não! Em primeiro lugar, porque continuam a coexistir equipamentos com componentes com tecnologias absolutamente distintas e portanto, com diferentes requisitos de manutenção. Depois, porque os processos produtivos são muito variados e cada um possui o seu tipo de manutenção específico. Por isso, não só a manutenção é necessária, como é preciso que ela se ajuste perfeitamente à diversidade de situações existentes na empresa: tecnologia dos equipamentos, tipos de produção, regimes de laboração, e até, qualificação do pessoal.

Mais recentemente, com o desenvolvimento da mecanização, da automação e mesmo da robotização, determinou-se que “padrões de fiabilidade” e “disponibilidade” passassem a ser consideradas palavras chave nos mais variados sectores de actividade. Uma maior automação implica que a probabilidade de ocorrência de falhas é cada vez maior, e estas afectam a nossa capacidade em conseguir manter os padrões de qualidade satisfatórios; isto aplica-se tanto aos serviços como à qualidade dos produtos. Por outro lado, cada vez mais as falhas têm sérias



consequências, tanto na segurança como no meio ambiente, da mesma maneira que os padrões de desempenho nessas áreas também estão a aumentar, verificando-se já situações a nível mundial em que as empresas são obrigadas a alterar os seus processos ou então têm de parar a produção.

Entretanto, e em resultado de novas pesquisas, têm-se vindo a alterar os conceitos generalizados sobre a idade dos itens e as falhas que lhes são inerentes. A tradicional curva da banheira que explicava o comportamento dos itens ao longo do tempo, não está sozinha, já existem pelo menos mais seis padrões de falha, característicos dos equipamentos que lhes deram suporte.

Por outras palavras, a indústria em geral tem-se empenhado para que os trabalhos de manutenção sejam realizados correctamente, mas muito mais necessita de ser feito para assegurar que os trabalhos que estão actualmente a ser planeados sejam efectivamente os necessários para garantir a operacionalidade dos equipamentos.

1.2 - DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO

De acordo com a Norma Francesa, [23], a Manutenção é definida como: “ O conjunto de acções que permitem manter ou repor um bem num estado especificado e em condições de assegurar um determinado serviço ”.

De modo idêntico, a Norma Inglesa, [18], que se ocupa também da definição de Manutenção, a refere como: “ Combinação de acções realizadas para manter um bem ou repô-lo numa condição aceitável ”.

Nada feito pelo Homem é indestrutível, mas a vida útil de um equipamento pode ser prolongada realizando beneficiações a determinados intervalos, mediante uma actividade chamada “Manutenção”.

Manutenção é, portanto, a actividade que consiste em efectuar as operações de desempanagem, lubrificação, inspecção, reparação, modificação, etc, que permitem conservar o potencial dos materiais para assegurar a continuidade e a qualidade da produção. E ainda, para se considerar uma boa manutenção, há que assegurar estas operações a um custo global óptimo.

1.3 - OBJECTIVOS DA MANUTENÇÃO

A Manutenção [14], tem de estar subordinada a objectivos claramente definidos e coerentes com os objectivos globais da entidade superior da organização em que se insere. De facto, a acção da Manutenção pode desenvolver-se segundo linhas de força divergentes, para as quais é essencial determinar a resultante que melhor serve a empresa:

- **Segurança:** A segurança das pessoas, dos equipamentos, da comunidade em geral deve ser uma referência omnipresente e inegociável;
- **Qualidade:** Outro dos objectivos da Manutenção é conseguir o melhor rendimento das máquinas, um mínimo de defeitos de produção, melhores condições de higiene, maior e melhor tratamento (respeito pelo) do ambiente;
- **Custo:** A Manutenção procura, por todos os meios, soluções que minimizem os custos globais do produto considerado, ou seja, a par dos custos próprios de produção, os custos provocados pela manutenção e/ou pela não-manutenção;
- **Disponibilidade:** Pretende-se que a Manutenção disponibilize os equipamentos para operação o máximo de tempo possível, reduzindo ao mínimo essencial, tanto as immobilizações programadas como as paragens por avaria, contribuindo assim para assegurar a regularidade da produção e o cumprimento dos prazos planeados.

É obviamente impossível otimizar todos estes factores em simultâneo. É da responsabilidade da gestão da Manutenção encontrar o compromisso mais satisfatório, compatível com os objectivos da organização e pautar por ele as suas decisões presentes e futuras.

Se se quisesse exprimir, agora e de uma forma mais sucinta, a missão da Manutenção, poderíamos dizer que esta é “um conjunto integrado de actividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, e com total segurança”.



1.3.1 - FORMAS DE MANUTENÇÃO

A forma de manutenção mais antiga é a que consiste em deixar operar o equipamento até à ocorrência de uma avaria, e só então, proceder à sua reparação. É a manutenção designada por resolutive, curativa ou correctiva. Por reagir ao acontecimento depois da sua ocorrência, diz-se que é uma manutenção do tipo reactivo.

Esta técnica de manutenção será sempre usada, pelo menos em situações em que não existam meios para prevenir a ocorrência da avaria, como é o caso, por exemplo, da maior parte dos equipamentos electrónicos. Tem contudo o inconveniente de exigir stocks apreciáveis de peças de reserva, de obrigar ao recurso frequente a trabalho extraordinário, de não permitir o planeamento da imobilização das máquinas e de alongar os tempos de paragem. Para minimizar estes inconvenientes, é necessário dispor de bons meios de comunicação, equipas bem treinadas e um eficiente apoio técnico e logístico. Uma vantagem deste tipo de manutenção é eliminar o risco de introdução de avarias, que sempre podem surgir quando se intervenciona um equipamento que está operacional.

Progressivamente, e porque as indústrias e os seus processos de produção assim o exigem, têm vindo a ser introduzidas outras técnicas de manutenção que, por agirem antes da ocorrência da avaria, são designadas por proactivas.

Um tipo de manutenção proactiva é a manutenção preventiva que consiste na execução planeada, com periodicidades fixadas, de tarefas de manutenção como a lubrificação, a regulação, a substituição ou a revisão geral. Esta manutenção, que visa reduzir o risco de ocorrência de avarias, é adequada para órgãos, equipamentos ou sistemas que exibam um padrão de comportamento com certa regularidade, que permita estimar com algum rigor quando as suas características se vão degradar abaixo dos níveis mínimos aceitáveis e previamente definidos.

As vantagens deste tipo de manutenção decorrem, essencialmente, do facto de ser planeada. Permite, por isso, reduções no trabalho extraordinário, do tempo de imobilização de stocks e do número de paragens não planeadas.

Os seus inconvenientes são a redução da vida útil das peças, ao substituí-las antes de avariarem, a incapacidade de prever a ocorrência da avaria e o risco de introduzir danos em equipamentos operativos, após serem intervencionados.

Outra forma de manutenção proactiva é a manutenção predictiva ou condicionada, na qual as tarefas de manutenção não estão previamente planeadas, antes o são em resultado de uma análise continuada ao estado de condição dos sistemas ou equipamentos.

Esta forma de manutenção é adequada para equipamentos, cuja avaria possa ser prevista através de uma degradação de características susceptível de ser detectada por medição, observação ou análise. Entre as técnicas utilizadas pela manutenção predictiva incluem-se a inspecção visual, a inspecção por ultra-sons, a inspecção radiográfica, a análise de óleos lubrificantes, a análise de vibrações, a termografia, etc.,

As vantagens deste tipo de manutenção decorrem da sua capacidade em melhor detectar quando e onde é necessária a intervenção de manutenção, permitindo aproveitar ao máximo a vida útil dos materiais, e de reduzir a necessidade de peças de reserva. Permite, também, reduzir o número de avarias imprevistas, possibilitando uma maior disponibilidade dos equipamentos e facilitar o diagnóstico da avaria, com a consequente redução dos tempos de paragem. O principal inconveniente é o de não se poder aplicar a todos os equipamentos e sistemas. Além disso, o equipamento de apoio e diagnóstico é dispendioso e requer sempre a presença de técnicos qualificados para interpretar correctamente os dados recolhidos.

Uma terceira forma de manutenção proactiva é a manutenção de melhoramento. A sua capacidade decorre do facto das outras formas de manutenção, por mais intensa que seja a sua aplicação, não poderem conferir aos equipamentos mais fiabilidade do que aquela que é inerente ao seu projecto de construção. A única forma de melhorar a sua resistência à avaria é portanto, modificar as suas características iniciais, por reconstrução parcial ou total, ou por modificação, substituição ou adição de partes, seja por recomendação do fabricante, seja por decisão do utilizador, com a finalidade de corrigir defeitos ou omissões de origem ou para melhorar as suas características de desempenho.

A modificação tem por objectivo o aumento das performances dos equipamentos, da sua fiabilidade, uma diminuição na frequência das intervenções, a melhoria da manutenibilidade (melhoria da acessibilidade aos sub-sistemas e aos elementos com elevado risco de avaria), a normalização de determinados elementos conducentes a uma melhoria mais coerente das acções de manutenção, o aumento da segurança do pessoal, etc.,

Esta actividade relacionada com a manutenção exige uma atitude criativa, criatividade esta que deve ser sempre sujeita a crítica sistemática.



Toda a modificação que não tenha por objectivo a melhoria do desempenho, mantendo ou até aumentando os padrões de segurança, deve ser sujeita a um estudo económico sério para assegurar a rentabilidade do projecto.

Verificada que seja essa rentabilidade, a modificação pode ser aplicada a quaisquer equipamentos, tendo no entanto em atenção a restrição a equipamentos cuja vida económica esteja próxima do seu fim devido a desgaste generalizado ou obsolescência técnica.

1.3.2 - ANÁLISE DO REGISTO HISTÓRICO

Os registos históricos de um equipamento consistem no conjunto de informações recolhidas ao longo da sua vida, que devem conter, para além da respectiva identificação, a informação relativa à sua utilização, bem como às operações de manutenção nele realizadas, devendo incluir:

- datas de cada participação de avaria;
- utilizações acumuladas;
- descrição da avaria das operações de manutenção;
- identificação das causas das avarias;
- materiais utilizados e respectivos custos;
- mão de obra aplicada e respectivos custos bem como a identificação dos responsáveis pela sua execução.

As modificações ou reconstruções também deverão ser registadas, com descrição dos componentes afectados e dos trabalhos realizados.

O registo histórico constitui uma base de dados que permite seguir a performance técnica e económica de cada equipamento, e a análise dos seus dados deve privilegiar os registos das avarias repetitivas; análise ABC (equipamento / órgão / componente); fiabilidade dos componentes / órgãos / equipamentos; tempos de execução de operações; substituição de equipamento, etc.,

Através da exploração dos registos históricos, é possível determinar as leis de fiabilidade, o perfil da avaria e a respectiva taxa de avarias, bem como a determinação da disponibilidade média do equipamento, identificar as avarias mais frequentes, possibilitando assim a preparação atempada de futuras intervenções, gerir melhor os stocks, e determinar, no final, os custos por equipamento, por tipo de avaria, por intervenção, etc.,



1.3.3 - DISTRIBUIÇÃO DE AVARIAS

O padrão de avaria, [14], representado na *Figura 1.1*, revela uma fase de envelhecimento muito

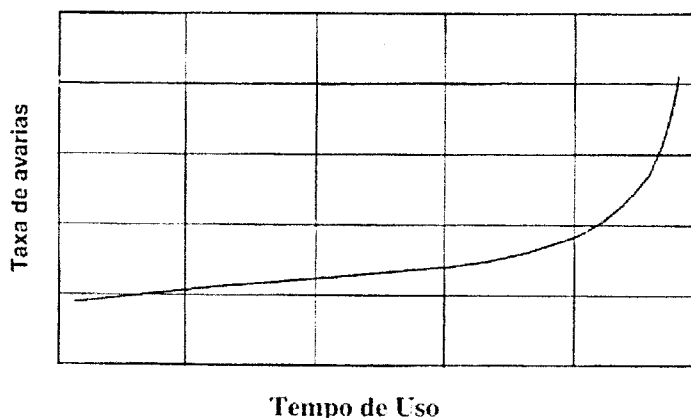


Figura 1.1 – Padrão característico dos equipamentos mecânicos, com partes móveis, sujeitas a desgaste com o uso.

nítida a partir de um determinado tempo de utilização, tornando os equipamentos que o exibem claramente elegíveis para um programa de manutenção preventiva que prolongue a fase de maturidade, adiando deste modo, o início do envelhecimento.

1.3.4 - AVARIAS REPETITIVAS

A identificação de avarias repetitivas deverá determinar o estudo do elemento, e respectivas condições de funcionamento, bem como dos relatórios das respectivas reparações.

Desse estudo deverão resultar decisões do tipo:

- necessidade de alterar a forma de utilização do equipamento;
- necessidade de adquirir elementos de melhor qualidade;
- necessidade de revisão do esquema de manutenção preventiva a que o mesmo é submetido, quer quanto à periodicidade, quer quanto ao método de execução;
- necessidade de formação do pessoal executante ou de utilização de ferramentas mais adequadas;
- necessidade de executar uma acção de manutenção correctiva.



A adequada utilização do equipamento invoca sempre a formação dos respectivos operadores, aspecto que assume uma enorme importância no caso de veículos de transporte, pois para além da influência directa sobre a fiabilidade do equipamento, estão também em causa a segurança dos seus utilizadores (passageiros) e da carga, bem como de todos os utentes da via pública, sem esquecer os consumos energéticos.

Relativamente à execução de uma acção de manutenção correctiva, a solução a adoptar será diferente, conforme a repetitividade da avaria se verificar apenas num equipamento / órgão / componente ou numa família desses elementos.

Trata-se, portanto, da procura da repartição que proporciona uma melhor eficácia, e colocar-se-á apenas nos casos em que é possível efectuar um diagnóstico, quer visual, quer com o recurso a equipamento auxiliar de diagnóstico.

A questão, segundo Rocha [15], pode colocar-se quer relativamente a um componente de desgaste, quer a um órgão. A decisão de substituir sistematicamente um elemento, uma correia ou o motor, por exemplo, ou apenas em função de um diagnóstico, deve tomar-se tendo em consideração a sua fiabilidade.

1.3.5 - INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Existem três indicadores fundamentais em Manutenção que permitem acompanhar a forma como os equipamentos se encontram a desempenhar a missão para que foram construídos, e que são: a fiabilidade, a manutenibilidade e a disponibilidade.

A Fiabilidade é definida como a capacidade de um equipamento se manter conforme à sua especificação de origem durante a sua vida útil.

Designa-se por fiabilidade intrínseca aquela que é inerente a um equipamento, que só depende da sua qualidade e que varia apenas com a idade e com factores externos fora da intervenção humana. A fiabilidade extrínseca é a que resulta das condições de operação, da qualidade da manutenção e, de uma forma geral, de acções resultantes da intervenção humana.



A fiabilidade de um equipamento reparável pode ser medida a partir da respectiva taxa de avarias, (λ ou $\lambda(t)$), ou pelo tempo médio entre avarias, (MTBF).

O conhecimento do perfil da avaria de um equipamento permite determinar o programa de manutenção mais adequado para repor a sua fiabilidade em valores próximos dos de origem. No entanto, nenhuma forma de manutenção curativa, preventiva ou condicionada, pode dar a um equipamento uma fiabilidade maior do que aquela que é inerente ao seu projecto inicial. Para que tal possa acontecer, é necessário recorrer à manutenção de melhoramento ou ao reprojecto.

Em programas de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM), segundo Moubray [12] e Assis [2], é possível realizar um cálculo regular da fiabilidade operacional de cada equipamento ou família de equipamentos análogos e comparar o seu valor com limites de controlo, superior e inferior, previamente fixados. Só a ultrapassagem daqueles limites obriga a analisar detalhadamente a situação, o que pode conduzir a uma revisão do programa de manutenção, a uma alteração dos métodos operativos, ou à introdução de modificações no equipamento.

A Manutenibilidade é o conjunto de características do equipamento que determina a maior ou menor facilidade com que pode ser realizada a sua manutenção. Uma medida de manutenibilidade é o tempo necessário de imobilização para manutenção, o qual traduz não só o tempo de execução das operações de manutenção, como também o tempo que o equipamento está imobilizado à espera de materiais, de pesquisa de avarias, de ensaios, etc..

A manutenibilidade pode ser melhorada de diversas formas:

- reduzindo o tempo necessário à detecção das avarias;
- reduzindo o tempo de localização das avarias;
- reduzindo o tempo necessário à reparação, através da racionalização do acesso aos componentes substituíveis, da facilidade de montagem e desmontagem das peças, componentes e órgãos, da intermutabilidade dos componentes;
- reduzindo o tempo de verificação das acções de manutenção, permitindo o recurso a ensaios em operação e divulgando métodos e valores de ensaio e controlo.



A Disponibilidade é definida como a aptidão de um equipamento para se encontrar em estado de funcionar nas condições requeridas.

A disponibilidade de um equipamento, segundo O'Connor [13] e Assis [2], é condicionada pela frequência de ocorrência de avarias, pela duração das reparações, pelo tempo gasto em manutenção preventiva, etc.. Num âmbito mais alargado, a disponibilidade é definida como a razão entre o tempo efectivo de disponibilidade e o tempo total do período.

Na perspectiva do construtor do equipamento, o que interessa é a disponibilidade intrínseca, que é consequência da fiabilidade e da manutenibilidade inerentes ao equipamento:

$$D_i = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}). \quad (1.1)$$

No entanto, na óptica do utilizador, o que interessa é a disponibilidade operacional onde, aos factores que intervêm na disponibilidade intrínseca, são adicionados os constrangimentos de ordem logística:

$$D_o = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MTL}). \quad (1.2)$$

A taxa de avarias depende da tecnologia de base, das condições de utilização e do tipo de manutenção aplicado. A taxa de reparação depende também da tecnologia de base, e ainda da política de manutenção e da logística da manutenção.

1.3.6 - CICLO DE VIDA DE UM EQUIPAMENTO

Os problemas com a vida dos equipamentos, de acordo com Rocha [15],[16] e Farinha [7], não se confinam somente à manutenção, pois eles começam, desde logo, no instante da decisão para a sua aquisição, continuando ao longo de toda a sua vida e envolvendo diversas componentes, como a tomada de decisão entre reparar ou substituir, ou a escolha do momento em que o equipamento deve ser abatido ao activo, até que chega o momento efectivo da sua colocação fora de serviço.

A retirada de funcionamento de um equipamento é uma decisão importante que envolve um conjunto de variáveis que deverão ser devidamente equacionadas para se poder tomar uma decisão sólida e irrefutável.

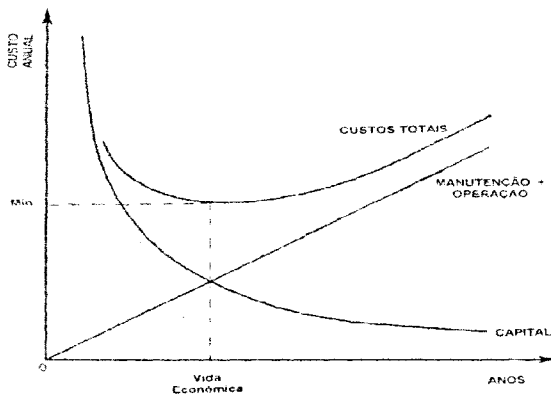


Figura 1.2 – Vida económica de um equipamento.

A vida útil de um equipamento termina, quando os custos de manutenção ultrapassam os custos de manutenção acrescidos dos de amortização do capital de um equipamento novo e equivalente. No entanto, o momento de substituição de um equipamento poderá não coincidir com o fim da sua vida útil. O período que minimiza os custos totais médios de operação, de conservação e de imobilização do capital, é esquematicamente representado na *Figura 1.2*.

A soma ponto a ponto destas duas curvas tem como resultante a curva da parte superior do mesmo gráfico. A curva designada por “Custos Totais”, possui um ponto de inflexão, que projectado no eixo vertical, representa o custo total anual mínimo. A partir deste ponto os custos passam a ser crescentes, indicando, portanto, no eixo horizontal, o instante da vida económica aconselhado para a substituição do equipamento.

A depreciação a que os equipamentos estão sujeitos deverá, no entanto, ser vista sob diversas perspectivas, nomeadamente as seguintes:

- Física - o desgaste normal e acidental diminui a capacidade do equipamento e exige custos de manutenção crescentes;
- Funcional - a exigência de produtos de maior qualidade pode ultrapassar as possibilidades do equipamento existente;
- Tecnológica - o aparecimento de novos processos de fabrico pode tornar o equipamento anti-económico.



1.4 - IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO – NOVOS CONCEITOS

A crescente incidência da manutenção, segundo Rocha [15], nos resultados económicos das empresas modernas é actualmente um facto indiscutível. A produtividade, a qualidade dos produtos, a vida dos equipamentos, o funcionamento das instalações e a optimização da produção dependem do sucesso da manutenção.

Qualquer sistema, equipamento ou instalação, quer sejam predominantemente mecânicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos ou pneumáticos, estão sujeitos a verem degradadas as suas condições normais de operacionalidade, com o decorrer do tempo e em consequência do uso, ou até mesmo por causas fortuitas.

É a missão da Manutenção repor essa operacionalidade nos níveis correctos.

Para cumprir a sua missão, a Manutenção recorre a um conjunto diversificado de tarefas seleccionadas e programadas, de acordo com as características e utilização do seu objecto e padrões de serviço que lhe foram atribuídos. Estas tarefas são, p. ex., a limpeza, a lubrificação, a reparação, a substituição, a modificação, a inspecção, a calibração, o controlo de condição, ou a revisão geral.

Em termos temporais, a tendência é no sentido da acção da Manutenção se exercer não apenas durante a fase de operação do seu objecto, mas ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção ou especificação, até ao seu abate ou desactivação.

Tem-se assim assistido a um crescimento quase explosivo de novos conceitos e técnicas de manutenção, tais como: RCM – Reliability Centered Maintenance ou Manutenção Centrada na Fiabilidade; TPM – Total Productive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total; RAMS – Reliability, Availability, Maintainability and Safety ou Fiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança, [24], especificamente destinada a aplicações ferroviárias; Terotecnologia; etc.,



1.4.1 – RCM

Segundo Moubray [12], um dos principais desafios, que os gestores da manutenção das empresas enfrentam actualmente não é apenas aprender quais são as principais técnicas de manutenção, mas decidir quais as que são ou não úteis para as suas próprias organizações.

Se se fizerem as escolhas certas, é possível melhorar o desempenho dos equipamentos e ao mesmo tempo, conter e, se possível, reduzir os custos de manutenção; no entanto se as escolhas forem erradas, surgirão novos problemas, e os que já existem continuarão sem resolução.

Do ponto de vista da engenharia, existem dois elementos para a gestão de qualquer bem ou equipamento. Este deve ser mantido o mais próximo possível das suas condições operacionais óptimas e ao fim de um determinado período pode ser necessário repará-lo ou modificá-lo.

Isto sugere que o termo Manutenção significa preservar alguma coisa, e modificar algo significa alterá-lo de alguma maneira. Quando decidimos manter um equipamento, o que pretendemos é que ele mantenha as suas características iniciais. De facto, todos os equipamentos são colocados em serviço para cumprirem uma determinada função (ou funções) específica(s). Então, quando mantemos um equipamento, o estado que queremos preservar tem que ser aquele que os seus utilizadores pretendem que ele execute.

A Manutenção Centrada na Fiabilidade, é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer equipamento continue a executar o que os seus utilizadores pretendem dele, inserido num determinado contexto operacional.

Segundo este autor, o RCM considera sete questões básicas para a sua implementação, a saber:

- quais são as funções/padrões de desempenho do equipamento no actual contexto operacional?;
- de que forma ele falha no cumprimento das suas funções?;
- o que causa cada falha funcional?;
- o que acontece quando ocorre cada falha?;
- de que forma cada falha importa?;
- o que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?;
- o que deve ser feito se não for encontrada uma acção de manutenção proactiva apropriada?.



Este novo conceito inclui:

- ferramentas de suporte às decisões, tais como estudos sobre riscos, modos de falha, e análise dos seus efeitos;
- novas técnicas de manutenção, tais como a monitorização em contínuo e o controlo e análise de condição;
- projecto de equipamentos destacando níveis de fiabilidade mais elevados, bem como de manutenibilidade;
- uma forte mudança no pensamento empresarial em relação à participação, trabalho em equipe e flexibilidade.

1.4.1.1 - FALHAS FUNCIONAIS

Uma falha pode ser definida como a “incapacidade de qualquer equipamento realizar o que o seu utilizador pretende que ele execute”. Esta definição trata do conceito de falha como se ela fosse aplicada a um equipamento como um todo. Na realidade, esta definição é de algum modo vaga, uma vez que não distingue entre estado da falha, ou, falha funcional, e os acontecimentos que causam o estado da falha, ou, modos de falha. Isto acontece, porque não tem em consideração o facto de que cada equipamento tem mais do que uma função e cada função tem frequentemente diversos padrões de desempenho.

Portanto, se um equipamento falhar, o seu utilizador fica privado de realizar o trabalho que foi programado. Por outro lado, cada equipamento possui normalmente diversas funções, e desde que seja possível alguma destas funções falhar, fácil é concluir que um equipamento pode sofrer de uma enorme variedade de estados de falha.

No RCM, os estados de falha são reconhecidos como “falhas funcionais”, porque elas ocorrem quando um item é incapaz de executar uma função, cujo padrão de desempenho é aceitável pelo utilizador.



1.4.1.2 - MODO DE FALHA

Uma vez identificada cada falha funcional, o próximo passo será identificar todos os acontecimentos que estão na origem de cada estado de falha. Estes eventos são conhecidos como “modos de falha”, e são identificados, não só para o próprio equipamento, como para equipamentos idênticos, que estejam a operar em circunstâncias semelhantes.

1.4.1.3 - EFEITO DA FALHA

O passo seguinte do processo RCM é identificar, tão breve e sucinto quanto possível, o que acontece quando ocorre cada modo de falha. Isto designa-se por “efeito da falha”. Ou por outras palavras, o efeito da falha responde ao que acontece quando a falha aparece.

Anteriormente tínhamos verificado que a consequência da falha respondia à questão do grau de importância da falha, em termos técnico - económicos.

A descrição dos efeitos da falha deve incluir todas as informações necessárias para suportar a avaliação das consequências da falha. Especificamente, quando se descrever os efeitos de uma falha, deve ser referenciado:

- qual a evidência de que a falha ocorreu;
- de que modo ela coloca uma ameaça ao meio ambiente;
- de que modo ela afecta a operação / produção;
- qual(is) o(s) dano(s) causado(s) pela falha;
- o que deve ser feito para reparar a falha.

O processo de identificação das funções, falhas funcionais, modos de falha, efeitos da falha fornece oportunidades surpreendentes e frequentemente excitantes para melhorar o desempenho e a segurança, e sobretudo para eliminar os desperdícios.

Um dos principais objectivos deste método é estabelecer a necessidade de manutenção proactiva. Se isto for realizado correctamente, e não podemos assumir que algum tipo de manutenção proactiva esteja a ser executada, os efeitos de uma falha devem ser descritos como se nada tivesse sido feito para a prevenir.

1.4.1.4 - CONSEQUÊNCIAS DA FALHA

Quanto maior for complexidade dos equipamentos e das instalações industriais maior será a probabilidade do aparecimento de diversos modos de falha, que afectarão directamente a qualidade dos produtos ou dos serviços prestados. Para que sejam minimizados os efeitos negativos destas situações, é necessário dispor de tempo e dinheiro para reparar essas mesmas avarias.

Ou seja, se uma avaria tem consequências mais graves, provavelmente iremos aprofundar o seu estudo, no entanto, se as suas consequências não são assim tão significativas, então podemos aligeirar eventualmente a rotina de manutenção.

O que o RCM pretende realçar é que as consequências das avarias são muito mais importantes do que as suas particularidades técnicas, pelo que, a realizar-se qualquer tipo de manutenção proactiva, tal não será para prevenir cada falha, mas, no mínimo, para diminuir as consequências da falha. O RCM classifica essas consequências em quatro grupos:

- consequências de falhas ocultas – são falhas que não se apresentam directamente, e estão normalmente associadas com dispositivos de segurança;
- consequências sobre segurança e meio ambiente – quando, para além de colocar em risco a segurança de pessoas, violar qualquer padrão ambiental, tanto a nível local como regional ou continental;
- consequências operacionais – quando afectam a produção (quantidade, qualidade, prestação de serviços, custos operacionais, e custos directos da reparação);
- consequências não operacionais – as avarias que se enquadram nesta categoria não afectam nem a segurança nem a produção, envolvem simplesmente os custos da reparação.

Estas categorias são utilizadas como base para a tomada de decisões. Por outro lado, não devemos generalizar que todas as avarias são importantes ou graves e assim devem ser corrigidas. A gestão das avarias, em manutenção, considera duas categorias de tarefas nestas circunstâncias:



- acções de manutenção proactiva – são tarefas realizadas antes da ocorrência de uma falha, de modo a prevenir que esse item entre em falha. É o que tradicionalmente se designa como manutenção predictiva ou condicionada, preventiva e de melhoramento (reprojecto);
- acções de manutenção por defeito – são tarefas que tratam do estado da falha, e são escolhidas quando não é possível identificar uma acção proactiva efectiva. Neste caso incluem-se acções como: a procura da falha, trabalhar até falhar e o reprojecto.

As tarefas de procura de falhas implicam uma verificação periódica das funções ocultas para determinar se elas falharam, enquanto que as tarefas sob condição recaem na verificação se alguma coisa está a falhar.

No caso de trabalhar até falhar, não se efectua nenhuma manutenção programada, tal como o nome indica, simplesmente permite-se que a falha ocorra e só então ela é reparada.

Quanto ao reprojecto, implica realizar alguma mudança na capacidade intrínseca de um sistema, ou modificar a concepção base de um equipamento, mas também pode cobrir simplesmente uma mudança nos procedimentos, tanto de manutenção como de operação.

1.4.1.5 - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA (FMEA)

Um modo de falha pode ser definido como: “ qualquer evento que pode levar um equipamento, sistema ou processo de fabrico a falhar ”. Tal como já se referiu anteriormente, é muito vago e simplista aplicar o termo “falha” a um equipamento como um todo. É no entanto muito mais preciso distinguir entre “falha funcional” (um estado de falha) e um modo de falha (um acontecimento que pode causar um estado de falha). Assim, podemos definir mais precisamente modo de falha como: “ qualquer evento que causa uma falha funcional “.

A melhor maneira para relacionar e, ao mesmo tempo, distinguir entre estados de falha e os eventos que podem causar, é listar primeiro as falhas funcionais e depois identificar todos os modos de falha que poderiam causar cada falha funcional.

A descrição de um modo de falha deve conter todos os detalhes necessários para possibilitar a selecção de uma estratégia apropriada de manutenção da falha, mas não demasiados para que não haja muita perda de tempo durante o processo de análise.



1.4.1.6 - PORQUÊ ANALISAR OS MODOS DE FALHA

Qualquer equipamento, por mais simples que seja, pode falhar pelas mais variadas razões, do mesmo modo que um grupo de máquinas ou uma linha de produção pode falhar por centenas ou milhares de razões.

Para identificar todos os seus modos de falha têm de ser empreendidos grandes esforços, já que, na prática, o que se verifica é que a manutenção é gerida ao nível do modo de falha. Por exemplo:

- as ordens de trabalho emitidas são para cobrir modos de falha específicos;
- todo o planeamento da manutenção diária é baseado no planeamento para tratar os modos de falha;
- em grande parte das empresas industriais, o pessoal da manutenção e da operação, quando efectua as suas reuniões diárias, discute o que falhou, o que causou a falha e a quem culpar, o que está a ser feito para reparar a falha, e algumas vezes questionar o que está a ser feito para evitar que volte a acontecer.

Resumindo, todas as reuniões são consumidas na discussão dos modos de falha. Na maioria dos casos, estes modos de falha são discutidos, lembrados ou tratados depois da falha ter ocorrido.

Tratar as falhas desta maneira, é a essência da manutenção reactiva.

A manutenção proactiva, pelo seu lado, trata dos eventos antes da sua ocorrência, ou no mínimo, decide como devem ser tratados, se tiverem de ocorrer. Para fazer isto, é necessário saber com antecedência o que pode ocorrer. Os acontecimentos, neste contexto, são modos de falha.

Para se aplicar um processo de manutenção proactiva a um equipamento, por ex., devem ser identificados, na medida do possível, os modos de falha que afectam aquele equipamento.

O ideal seria identificá-los antes da sua ocorrência, ou, se isto não for possível, antes que voltem a ocorrer.

Logo que cada modo de falha tenha sido identificado, torna-se possível considerar o que acontece quando isto ocorre, verificar as suas consequências e decidir se alguma coisa deve ser feita para antecipar, corrigir, prevenir ou até mesmo reprojectar.



1.4.1.7 - FONTES DE INFORMAÇÃO SOBRE EFEITOS E MODOS DE FALHAS

Quando se pretende elaborar uma FMEA abrangente, devemos necessariamente de recolher informações sobre os mais diversos intervenientes, relacionados com o equipamento. Devemos, por isso mesmo, ter uma atitude proactiva, ou seja, deve ser dada muita atenção onde é que poderia acontecer e o que efectivamente aconteceu. As fontes de informação mais comuns, são:

- os fabricantes do equipamento e os respectivos vendedores / instaladores seriam os parceiros ideais para a realização da tarefa de executar uma FMEA. No entanto, nem sempre assim se verifica na prática, uma vez que os fabricantes não estão envolvidos nos processos de produção no seu dia-a-dia, e, portanto, têm pouca ou nenhuma informação sobre o contexto da operação, padrões desejados de desempenho, consequências das falhas e nenhum conhecimento sobre a habilidade dos reparadores e operadores dos equipamentos. Por outro lado, a colaboração dos projectistas do equipamento não se afigura uma alternativa muito viável, já que estes raramente admitem que os seus projectos possam falhar; portanto, reduzem a possibilidade do seu envolvimento no desenvolvimento das FMEA(s);
- a utilização de listas genéricas de modos de falha, normalmente preparadas por terceiros, podem ser uma alternativa para acelerar o processo de desenvolvimento de um programa de manutenção; no entanto, deve existir algum cuidado, pelas seguintes razões: o nível de análise pode não se ajustar exactamente ao que é necessário; o contexto de operação pode não ser igual; os padrões de desempenho do equipamento podem ter outros padrões de referência;
- outros utilizadores do mesmo tipo ou modelo de equipamento são sem dúvida uma boa fonte de recolha de dados, podendo recolher-se valiosas informações sobre o desempenho dos equipamentos;
- os registos históricos são outras valiosas fontes de informação; no entanto, deve ter-se atenção à profundidade das respectivas descrições, pois podem ser muito reduzidas. Por um lado devem identificar o que foi feito para reparar a avaria, em vez de identificar as causas que estiveram na origem de determinada avaria; por outro lado, também não descrevem as falhas que ainda não aconteceram, ou descrevem modos de falha que são resultado de uma outra avaria;
- o pessoal de operação e o pessoal da manutenção do equipamento, na sua generalidade, é, de longe, a melhor fonte de informação para elaborar uma FMEA. Eles sabem como o



equipamento funciona, o que está errado no seu funcionamento, o que representa cada falha e o que deve ser feito para a corrigir – e se não souberem serão seguramente os mais indicados para a descobrirem.

A melhor maneira de conseguir estas informações é colocar, formalmente, aqueles colaboradores na preparação das FMEA, como parte de todo o processo do RCM.

1.4.1.8 - TECNICAMENTE VIÁVEL E VALER A PENA

Cada vez que uma falha ocorre, a empresa que usa o item é, de alguma maneira, afectada. Algumas falhas afectam a produção, outras a qualidade do produto ou do serviço prestado, outras ainda afectam o ambiente, outras aumentam o consumo de energia, etc, etc,. Se nenhuma destas falhas forem previstas, o tempo e o esforço despendidos para corrigi-las afecta a empresa, porque reparar falhas consome recursos que poderiam estar a ser usados noutras actividades. A natureza e a severidade destes defeitos orientam a maneira como é entendida a falha pela empresa. O impacto preciso em cada caso, a extensão na qual a falha importa, depende do contexto de operação do item, os padrões de desempenho que se aplicam a cada função e os efeitos físicos de cada modo de falha.

Esta combinação de contexto, padrões e efeitos, indicam que cada falha tem um conjunto específico de consequências associadas a ela. Se as consequências forem muito sérias, maiores esforços deverão ser feitos para prevenir a falha, ou, pelo menos, para antecipar a tempo de reduzir ou eliminar as suas consequências. Isto aplica-se, com especial importância, quando a falha tem consequências perigosas para a vida humana ou pode provocar danos no meio ambiente, mas também se aplica às falhas que interferem com a produção e operação, ou quando causam danos secundários significativos.

Por outro lado, se a falha tiver poucas ou reduzidas consequências, o mais provável é que nenhuma acção proactiva seja realizada; quando a falha ocorrer será corrigida.

Neste contexto, podemos concluir que as consequências das falhas são mais importantes do que as suas características técnicas, o que significa que a manutenção proactiva não servirá tanto para prevenir falhas, mas sim para evitar ou reduzir as suas consequências.

Sendo aceite este conceito, entende-se que somente vale a pena realizar qualquer acção de manutenção proactiva se esta tratar com sucesso as consequências da falha que deve prevenir.

Daqui se depreende que é possível antecipar ou prever a falha em primeiro lugar. Se, entretanto, a acção proactiva é tecnicamente viável ou não, isso depende das características técnicas da tarefa e da falha que se pretende prevenir. Caso não seja possível encontrar uma tarefa proactiva adequada, a natureza das consequências da falha também indicam que deva ser tomada uma acção de manutenção por defeito.

1.4.1.9 - CATEGORIAS DE FALHAS EVIDENTES

As falhas evidentes são classificadas em três categorias, segundo a sua importância:

- segurança e consequências ambientais – se ocasionar o ferimento ou a morte de alguém, ou se afectar qualquer padrão ambiental, regional ou nacional;
- consequências operacionais – se afectar a produção ou a operação;
- consequências não operacionais – quando não afectam nem a segurança, nem o ambiente, nem mesmo a produção, envolvendo simplesmente os custos directos da reparação.

Como temos referido, o estudo a que estamos dedicados, pela sua importância, debruça-se em particular pelas consequências operacionais, pelo que não nos dedicaremos aos restantes temas.

1.4.1.10 - CONSEQUÊNCIAS OPERACIONAIS - COMO AS FALHAS AFECTAM AS OPERAÇÕES

Independentemente da função primária de qualquer equipamento ser a criação de receita ou o suporte das actividades de ganho de receitas, este conceito também se aplica às indústrias de serviços, comércio, etc.,

Em geral, as falhas afectam as operações de quatro modos:

- quando afectam a produção total – isto acontece quando o equipamento pára totalmente ou quando a sua capacidade nominal se reduz drasticamente;
- quando afectam a qualidade do produto – quando o equipamento não garante as tolerâncias de fabricação ou se as falhas implicam a deterioração do produto final;
- quando afectam o serviço de atendimento ao utilizador – atrasos rotineiros ou não, muitas vezes resultam em pesadas multas, mas na maioria dos casos não trazem uma perda imediata



de receita. No entanto, situações crónicas levam os clientes a perder a confiança e a mudar de fornecedor. (Mesmo para entidades que não visem o lucro, certas falhas podem afectar a sua capacidade em preencher a sua função primária; no caso de se tratar de serviços a prestar às populações, poderão mesmo ter repercussões desastrosas em termos futuros);

- quando os custos de operação aumentam em conjunto com os custos directos de reparação, uma falha pode levar, por exemplo, a um aumento do consumo de energia, ou como alternativa, a escolher outro processo de produção eventualmente mais dispendioso.

Considera-se que uma falha tem consequências operacionais, se houver um efeito adverso directo na capacidade operacional.

1.4.1.11 - COMO EVITAR AS CONSEQUÊNCIAS OPERACIONAIS

O efeito económico de qualquer modo de falha, que tem consequências operacionais, depende de dois factores:

- avaliar quanto custa a falha, de cada vez que ocorre, não só em termos de redução da capacidade operacional, mas também em relação aos custos de reparação;
- avaliar com que frequência ocorre.

Os índices de falha têm pouca expressão quando estamos a tratar de falhas que coloquem em risco a segurança ou o ambiente, uma vez que o objectivo, nestes casos, é evitar qualquer falha.

No entanto, quando as falhas têm consequências económicas, decerto necessitamos de avaliar a sua periodicidade e os custos inerentes a cada período de paragem.

Para modos de falha com consequências operacionais, uma tarefa proactiva vale a pena, se, em determinado período de tempo, custar menos que o custo das consequências operacionais, acrescido do custo de reparação da falha que se está a prevenir.

Contrariamente, se o custo efectivo de uma tarefa proactiva não puder ser encontrado, então não vale a pena fazer qualquer programa de manutenção para tentar antecipar ou prever o modo de falha em apreciação. Nalguns casos, a melhor opção de custo efectivo, neste ponto, pode simplesmente admitir-se, decidir viver com a falha.

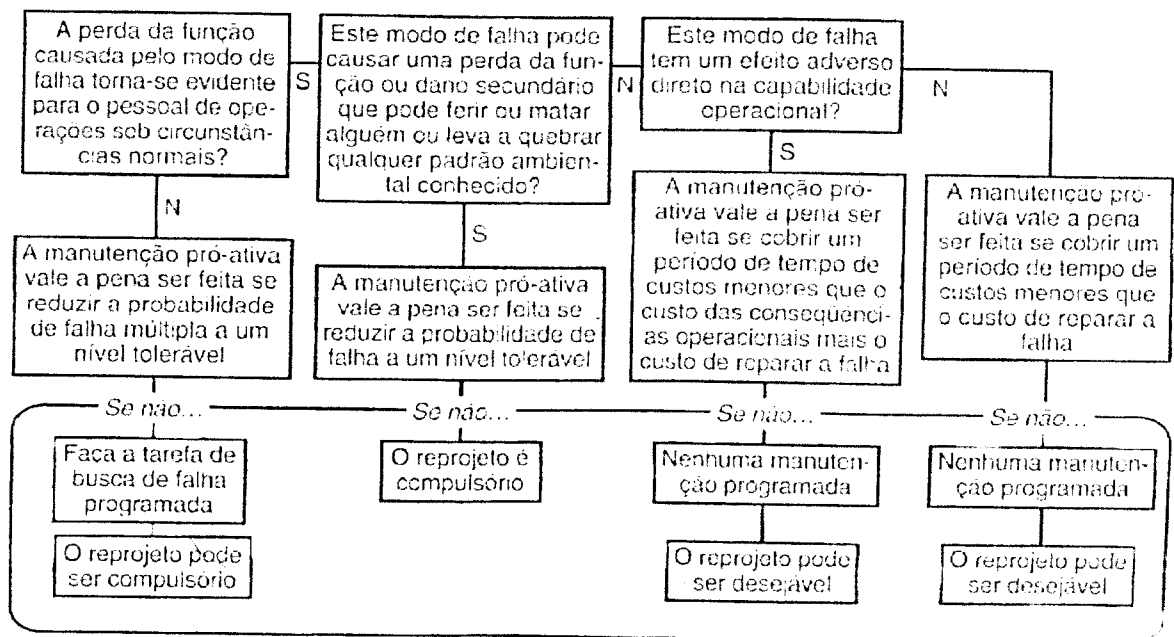


No entanto, se não se puder determinar uma acção de manutenção proactiva e as consequências da falha forem ainda intoleráveis, é aconselhável mudar o projecto do item (ou mudar o processo) afim de reduzir os custos totais:

- reduzindo a sua frequência, e em consequência disso, o custo total da falha;
- reduzindo ou eliminando as consequências da falha;
- fazendo uma tarefa proactiva de custo efectivo.

No caso de consequências operacionais, o objectivo é reduzir a probabilidade, ou frequência, a um nível aceitável. De início, devemos somente considerar que é desejável fazer a mudança, depois de estabelecido que é possível conseguir o desempenho desejado de um item na forma como ele está configurado. Então, tendo em consideração os comentários anteriores, o processo de decisão para falhas com consequências operacionais pode ser resumido como se mostra no Quadro 1.1. Refira-se que esta análise é realizada para cada modo de falha individualmente e não para o item como um todo.

Quadro 1.1 – Diagrama de Decisão para Falhas com Consequências Operacionais.





1.4.1.12 - NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA COMO ACÇÃO POR DEFEITO

Se uma falha for evidente, mas não afectar a segurança nem o meio ambiente ou se for oculta e a falha múltipla não afectar a segurança ou o meio ambiente, então a decisão inicial por defeito é não realizar nenhuma manutenção programada. Nestes casos, os itens são deixados em serviço até a falha funcional ocorrer, altura em que são reparados ou trocados.

Deve-se ter em atenção que, se não se conseguir determinar uma tarefa preventiva adequada, para uma falha nestas circunstâncias, simplesmente significa que, nesta situação, não se efectua manutenção programada neste componente; isto não significa, contudo, que o esqueçamos. Podem existir circunstâncias sob as quais é conveniente mudar o projecto do componente para redução total dos custos.

1.4.1.13 - PROJECTO E MANUTENÇÃO

Mudar qualquer coisa é dispendioso. Envolve o custo do desenvolvimento da nova ideia, o custo de tornar realidade essa ideia, e o custo de implementar a mudança. Independentemente de serem considerados custos indirectos no processo de mudança, também pode existir o risco da mudança falhar na eliminação ou redução do problema que se pretende resolver. Eventualmente, pode até criar mais problemas. Por isso, qualquer mudança deve ser abordada com muito cuidado, merecendo especial importância os seguintes pontos:

- o que devemos considerar em primeiro lugar – reprojecto ou manutenção;
- a relação entre a fiabilidade inerente ou o desempenho desejado.

REPROJECTO OU MANUTENÇÃO – Fiabilidade, projecto e manutenção estão intrinsecamente ligados. Isto pode levar-nos à tentação de começar a rever os projectos dos equipamentos existentes, antes mesmo de considerar as suas necessidades de manutenção. De facto, o processo RCM considera primeiro a manutenção, por duas razões:

- a maioria das modificações levam demasiado tempo desde a concepção até à execução, dependendo do custo e da complexidade do novo projecto. Por outro lado, o pessoal ligado diariamente à manutenção, tem que manter o equipamento como ele está hoje, e não como



deve estar ou possa estar no futuro. A realidade de hoje deve ser tratada antes das mudanças dos projectos de amanhã;

- em segundo lugar, a maioria das organizações estão a encarar melhor os desenvolvimentos de projectos que são oportunidades aparentemente desejáveis e economicamente viáveis. Por se centrar nas consequências da falha, o RCM ajuda-nos a desenvolver um conjunto racional de prioridades para estes projectos, especialmente porque separa aqueles que são essenciais dos que são simplesmente desejáveis. Claro que tais prioridades só podem ser estabelecidas depois de ter sido feita uma análise crítica.

FIABILIDADE INERENTE / DESEMPENHO DESEJADO - A fiabilidade inerente de um item é estabelecida pelo seu projecto e pelo modo como ele é feito, a manutenção não pode aumentar a fiabilidade além da que é inerente ao projecto. Deste modo, chega-se a duas conclusões importantes:

- primeiro, se a capacidade inicial de um item é maior que o desempenho desejado, a manutenção pode ajudar a garantir aquele desempenho. A maioria dos equipamentos estão adequadamente especificados, projectados e construídos, pelo que é possível desenvolver um satisfatório programa de manutenção, ou seja, na maioria dos casos o RCM ajuda-nos a conseguir o desempenho desejado do item, na forma como ele está actualmente configurado;
- segundo, se o desempenho desejado excede a capacidade inicial, então a manutenção pode ajudar a conseguir o desempenho desejado. Neste caso, como uma melhor manutenção não pode resolver o problema, devemos então procurar outras soluções, olhando um pouco mais para além da manutenção. Essas opções incluem: modificar o equipamento; mudar os procedimentos de operação; reduzir as expectativas e decidir viver com o problema.

Isto faz-nos sentir que nem sempre a manutenção é a resposta aos problemas crónicos da fiabilidade. Também nos lembra que devemos estabelecer, desde logo e com o maior rigor possível, o que queremos que cada parte do equipamento realize, no seu contexto operacional, antes de podermos começar a falar acerca da conveniência do seu projecto ou das suas exigências de manutenção.

1.4.1.14 – REPROJECTO – ACÇÃO DE MANUTENÇÃO POR DEFEITO

O termo reprojecto diz respeito a qualquer mudança na especificação de qualquer item do equipamento. Significa a implementação de acções que resultem na mudança do seu desenho inicial ou da lista de peças, incluindo mudanças nas especificações dos componentes, passando pela instalação de um novo item, ou mesmo a substituição de uma máquina completa. Também significa qualquer mudança no processo ou nos procedimentos que afectam a operação da instalação. Pode, até, cobrir o treino dos operadores como método de tratamento de um modo de falha específico.

No Quadro 1.1, verifica-se que o reprojecto aparece no final de todas as quatro colunas do diagrama de decisão. No caso das falhas que têm consequências ambientais ou de segurança, é uma acção por defeito compulsória e nos restantes três casos, pode ser desejável.

Tal como temos vindo a referir, consideraremos com mais detalhe a apreciação das consequências operacionais e não operacionais.

CONSEQUÊNCIAS OPERACIONAIS E NÃO OPERACIONAIS

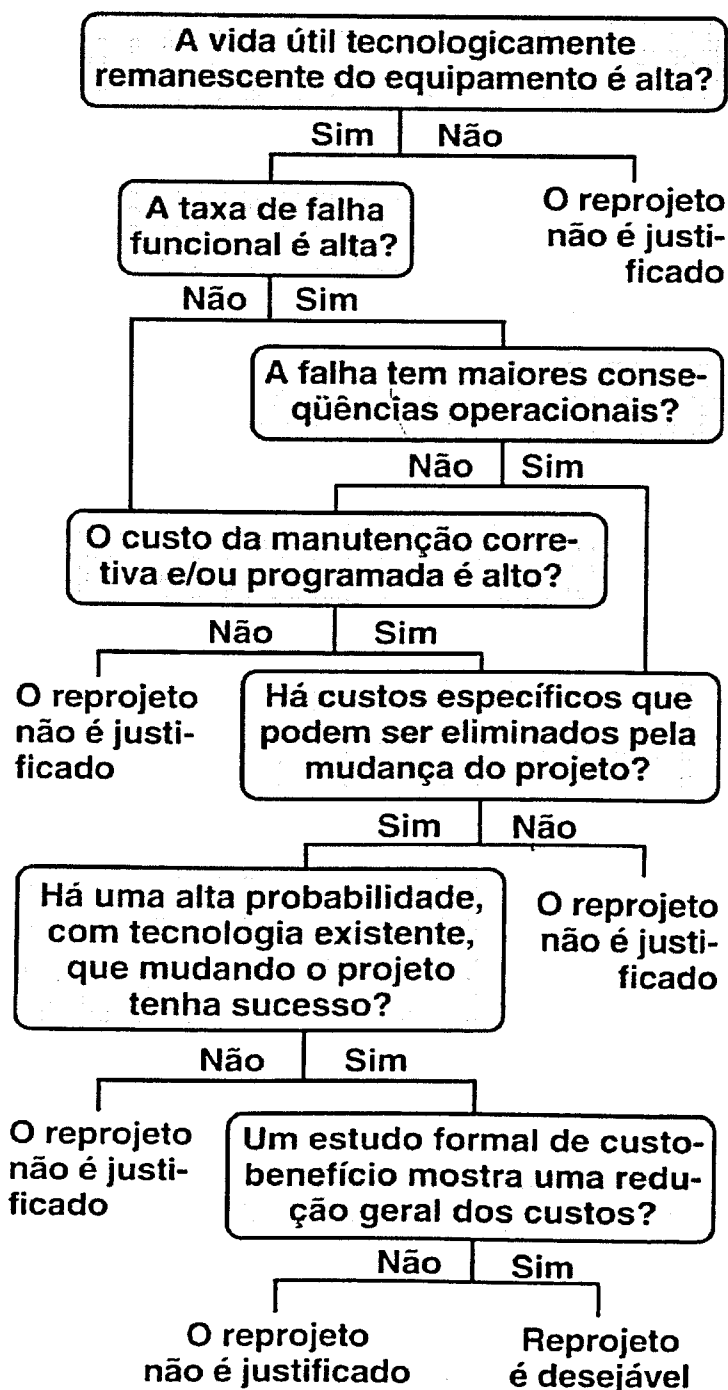
Se não puder ser encontrada uma tarefa preventiva tecnicamente viável e que valha a pena ser realizada para uma falha com consequências operacionais e não operacionais, a acção por defeito imediata é não fazer nenhuma manutenção programada. No entanto, pode ser aconselhável modificar o equipamento para reduzir os custos totais.

Para realizar isto, o equipamento deverá ser modificado para:

- reduzir o número de vezes que a falha ocorre ou, possivelmente, eliminá-la na totalidade, ou fazer o componente mais resistente ou mais fiável;
- reduzir / eliminar as consequências da falha, p. ex., instalando dispositivos em espera, (stand-by);
- fazer uma tarefa preventiva de custo reduzido, p. ex., através da instalação desse componente numa posição mais acessível.



Quadro 1.2 – Diagrama de Decisão para Avaliação Prévia de uma Modificação Proposta



Um estudo prévio de custo - benefício que tenha estes factores em consideração pode ser uma perda de tempo; assim, é, pois, aconselhável saber antecipadamente se vale a pena fazer todo este esforço, conforme esquematizado no Quadro 1.2.

Não importa quão fiável sejam, todos os itens eventualmente serão suplantados pela nova tecnologia. A questão que se coloca, desde logo, é saber se o item em consideração se vai tornar obsoleto num futuro próximo. Se for, é mais que evidente que não vale a pena modificá-lo. Por outro lado, se demorar a ser atingida a obsolescência, a modificação pode ser auto financiável.

1.4.2 – TPM

Este conceito de Manutenção, referido por Rocha [15], propõe a realização das actividades de manutenção com a participação de todos os funcionários da empresa, desde o nível da administração, até ao dos operários, obviamente inseridos dentro das competências dos seus escalões.

Originário no Japão, desde a década de 70, reuniu técnicas como; controle de qualidade; zero defeitos; zero desperdícios e o controle autónomo; congregando todos estes procedimentos no conceito de que “ cada indivíduo, por si, cuida do seu próprio equipamento “.

Desde a sua implementação, as empresas mais industrializadas ao nível mundial adoptaram esta filosofia.

Segundo a Japan Institute of Plant Maintenance – (JIPM), o TPM é definido em cinco pontos principais:

- tem como objectivo a constituição de uma estrutura empresarial que busca a máxima eficiência do seu sistema de produção, ou seja, a eficiência global;
- construindo, no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, com a finalidade de atingir zero acidentes, zero defeitos, e zero desperdícios, na perspectiva do ciclo de vida útil do sistema de produção;
- envolvendo, todos os departamentos da empresa, desde a produção à investigação e desenvolvimento, passando pelo comercial e pela própria administração;
- contando, com a participação de todos, desde a administração até aos funcionários da primeira linha;
- atingindo, o zero de perdas por meio de actividades sobrepostas, de pequenos grupos.



1.4.3 – RAMS

A Norma Europeia, [24], providencia às entidades ferroviárias e fornecedoras destas, no espaço da União Europeia, um processo que permite a implementação consistente de um método de gestão de fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança.

Pode ser aplicada, sistematicamente, em todas as fases do ciclo de vida das aplicações ferroviárias, desenvolvendo uma abordagem às especificações próprias do RAMS neste âmbito, tendo em conta os seus requisitos particulares. A abordagem por níveis do sistema, definidas nesta Norma, facilita a avaliação das interações existentes entre os elementos das aplicações ferroviárias complexas.

Promove, também, a sinergia entre as entidades ferroviárias e os seus fornecedores, dentro de uma variedade de estratégias de relações contratuais, com o objectivo de se alcançar uma combinação óptima entre o desempenho do RAMS e o custo para as aplicações ferroviárias. A adopção desta Norma Europeia está de acordo com os princípios do Mercado Único Europeu e facilita a interoperabilidade dos sistemas ferroviários europeus.

O processo definido por esta Norma Europeia assume que as entidades ferroviárias e os fornecedores destas tenham desenvolvido políticas de gestão tendo em vista a Qualidade, o Desempenho e a Segurança. Esta abordagem é consistente com os requisitos da aplicação da gestão de qualidade dentro da série de normas internacionais, ISO 9000.

1.4.4 - TEROTECNOLOGIA

Outro novo conceito, segundo Rocha [15] e Farinha [7], de âmbito mais alargado que os de manutenção anteriormente definidos, é o de “Terotecnologia” que consiste na determinação do custo económico do ciclo de vida dos bens físicos recorrendo a considerações de gestão, financeiras, de engenharia e outras; diz respeito à especificação e ao projecto, nos aspectos de fiabilidade e manutenibilidade de máquinas, equipamentos e/ou edifícios, e relacionados com a sua instalação, operação, manutenção, modificação e substituição, através da implementação de um fluxo de informação relativo à concepção, desempenho e custos.



Os princípios básicos da Terotecnologia podem ser aplicados em maior ou menor extensão, a qualquer bem e em qualquer organização, independentemente do grau de complexidade do bem ou da organização em que está inserido.

A Manutenção é o coração de qualquer sistema terotecnológico e os seus técnicos intervêm logo nos primeiros estudos de investimento, já que as decisões iniciais podem influir negativamente no custo do ciclo de vida do equipamento.

Engloba, no todo ou em parte, as seguintes funções:

- estudo de investimentos sob o aspecto tecnológico e financeiro;
- definição da escolha óptima, para atingir o objectivo fixado;
- projecto equilibrado, de modo a garantir a necessária fiabilidade e manutenibilidade;
- instalação racional;
- arranque dos equipamentos;
- modificações para melhorias ou mesmo substituição da instalação;
- retorno da informação a todos os interessados.

1.5 – CONCEITOS TEÓRICOS RELACIONADOS COM A AVARIA EM ESTUDO EM VIATURAS DE R.R.S.U.

A abordagem do atrito e do desgaste é ainda tratada nalguns manuais de engenharia de uma forma pouco correcta. O coeficiente de atrito e a resistência ao desgaste são apresentados como propriedades apenas do material, tal como o módulo de elasticidade ou a tensão do limite elástico. Contudo, os parâmetros que quantificam o desempenho tribológico (coeficiente de atrito, resistência ao desgaste, e elevação de temperatura, entre outros) estão dependentes, não só do material em questão, mas também das condições de interacção e das propriedades do material antagonista.

De acordo com os autores, Batista [3] e Carinhas [6], recorre-se ao conceito de sistema, para abordar, duma forma geral, os fenómenos de interacção de superfícies com movimento relativo.

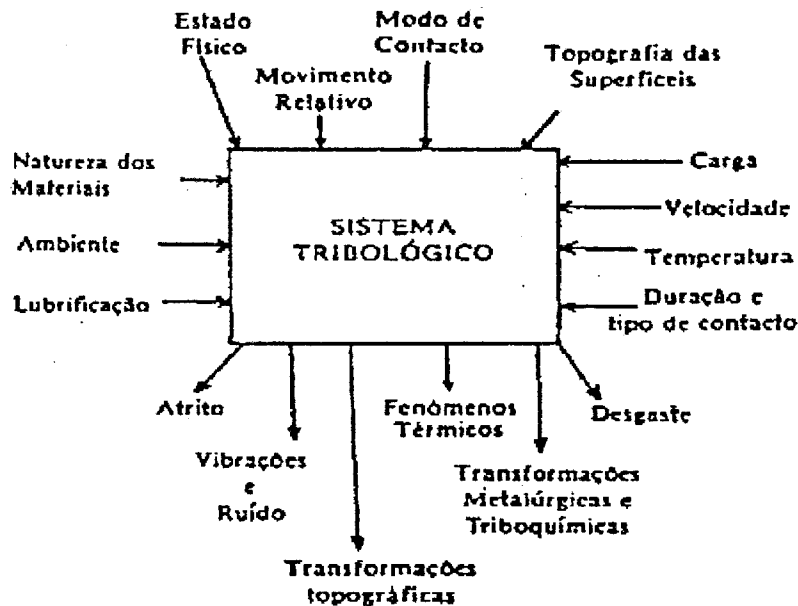


Figura 1.3 – Principais factores e efeitos tribológicos (esquema).

O sistema tribológico, ou tribosistema como também é comum designar-se, é constituído pelos sólidos em contacto e pelo meio interfacial, podendo ser considerado como um sistema aberto que, através da sua fronteira, troca energia e massa com o meio envolvente. Os materiais dos corpos em contacto influenciam o processo de deslizamento pelas suas propriedades intrínsecas e pelas características das suas superfícies tais como a composição química das camadas exteriores e a topografia da superfície.

Além disso, o meio interfacial, através da sua composição química e propriedades como a viscosidade, plasticidade e elasticidade, contribui para a formação de filmes sobre as superfícies de deslizamento, assumindo a lubrificação um papel de extremo relevo no comportamento das duas superfícies durante o seu movimento relativo.

1.5.1 - COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS

A definição das acções de manutenção, como refere Moubrray [12], mais adequadas passa pelo conhecimento do comportamento dos materiais em operação. Para identificar as melhores soluções correctivas, é importante conhecer os tipos e modos de avaria característicos de cada material, equipamento ou sistema, determinar a origem das avarias e, então, estabelecer as medidas correctivas apropriadas.



Perante uma situação em que se identificou a avaria e as suas causas, o passo seguinte será desenvolver um conjunto de acções de manutenção adequado. Estas podem ir desde uma reformulação do programa de manutenção, a alterações do modo de operação, passando pela formação de operadores, sem esquecer a revisão da documentação técnica, podendo mesmo passar pela modificação ou reconstrução do equipamento, e pelo uso de materiais ou tecnologias de fabrico diferentes, etc.,

1.5.1.1 - A RUGOSIMETRIA E A SUA IMPORTÂNCIA

À medida que a nossa civilização tecnológica evoluiu, como referem Batista [3] e Lopes [11], a utilização e a conservação das matérias primas e da energia transformou-se numa prioridade cada vez mais importante. O desgaste é, sem dúvida, uma das maiores causas de desperdício de materiais e o atrito é a principal causa da dissipação de energia. Assim, uma diminuição do desgaste e / ou do atrito pode levar a economias significativas.

Do estudo sistemático e da observação dos materiais após a sua maquinagem, constatamos que todas as superfícies técnicas em engenharia são rugosas, conforme esquematicamente se representa na *Figura 1.4*.

Evidentemente que o grau de rugosidade é determinante, em maior ou menor grau, no funcionamento dos mecanismos. O estado de acabamento das superfícies em contacto é fundamental para o seu bom funcionamento, tendo consequências directas sobre o rendimento mecânico e fiabilidade dos equipamentos.

Por este facto, torna-se necessário conhecer qual o estado de acabamento final da superfície recomendado para determinada peça, assim como as condições ambientais de desempenho, para que o seu funcionamento seja fiável e para que os custos de produção não sejam demasiadamente elevados.

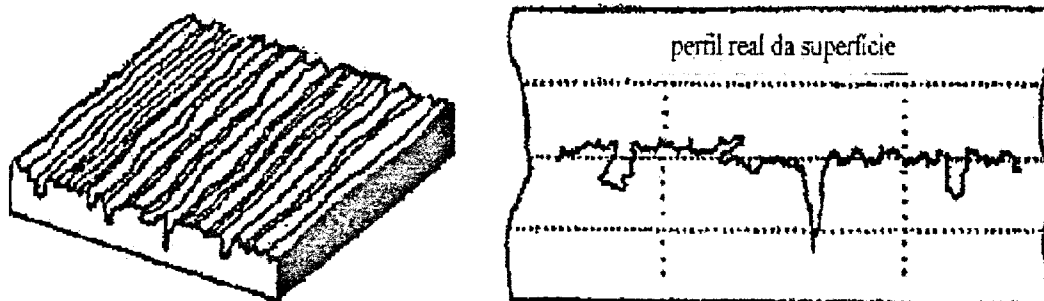


Figura 1.4 – Morfologia microscópica típica de uma superfície técnica.

No caso em estudo, e do que foi possível apurar, não se conhecem quaisquer referências nos planos de fabricação relativos ao acabamento superficial das peças que constituem o mecanismo de compactação, seja para o caso das guias de deslizamento, seja para o dos roletes, e tanto umas como outras são aplicadas, tal e qual, conforme são recebidos da laminagem ou do torneamento.

Efectivamente, identificadas e avaliadas as condições operativas em que este mecanismo desempenha a sua função, aceitamos que o acabamento superficial não é um factor determinante para uma melhoria no comportamento do par tribológico existente, pelo que qualquer acção implementada neste sentido só iria sobrecarregar financeiramente as acções de manutenção.

A introdução e contaminação com partículas externas na zona de contacto e deslizamento, subvertendo as condições ideais de funcionamento no meio interfacial, essas sim, são um factor decisivo para um menor desempenho deste par tribológico, caracterizado pelo desenvolvimento de um processo de desgaste abrasivo, nas duas superfícies em contacto, e devido ao movimento relativo entre elas, ao qual não pode ser dissociado do valor das cargas envolvidas no processo de compactação dos resíduos durante os inúmeros ciclos de um processo de R.R.S.U..

1.5.2 - MECANISMOS DE DESGASTE

Segundo os autores, Batista [3] e Ferreira [8], num processo de deslizamento coexistem vários mecanismos na formação de partículas de desgaste sendo difícil e subjectivo identificar os fundamentais. Actualmente, a tendência é identificar o tipo de desgaste com o mecanismo de rotura superficial.



Assim, o desgaste é normalmente classificado como abrasivo, adesivo, por erosão, por fadiga, e também por corrosão.

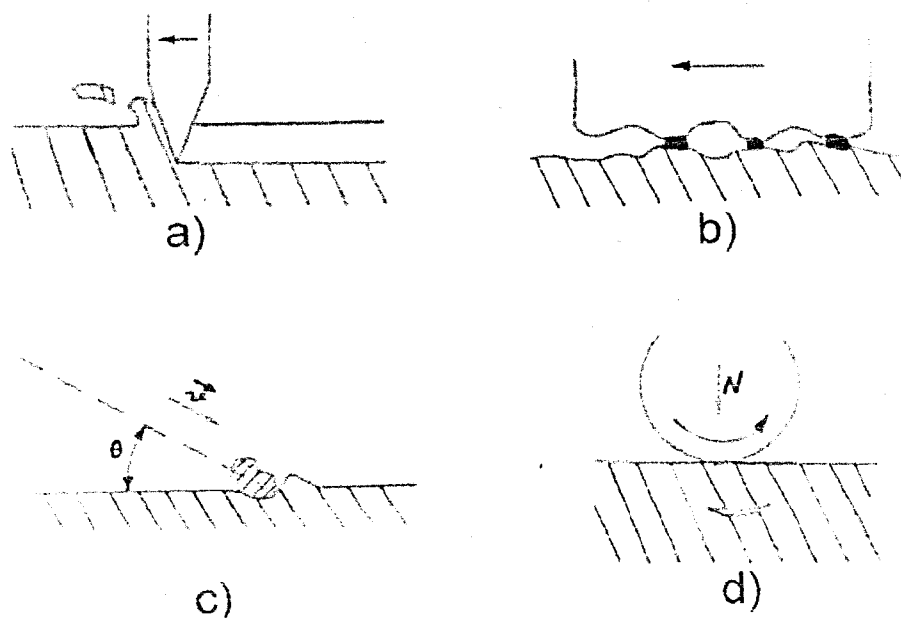


Figura 1.5 – Mecanismos de desgaste: a) desgaste por abrasão a dois corpos; b) desgaste por adesão – formação de microsoldaduras seguidas de rotura; c) erosão – impacto de uma partícula de massa “m” e velocidade “v”, segundo um ângulo de incidência “ θ ” contra uma superfície; d) fissura de fadiga na zona de tensão tangencial máxima.

O aspecto das superfícies depois de desgastadas é um dos elementos que nos ajudam a identificar o(s) tipo(s) de mecanismo(s) presente(s) numa dada situação.

Enquanto a abrasão provoca ranhuras ou estrias mais ou menos profundas, a adesão caracteriza-se principalmente pelo aparecimento de material transferido de um corpo para o outro.

Na erosão, a formação de crateras é típica mas, se o ângulo de incidência for muito pequeno, estas alongam-se, aproximando-se da forma de ranhuras.

Quando a fadiga é o mecanismo dominante, encontram-se fendas que se abrem até à superfície, no fundo das quais se podem ver, por vezes, as características estrias de fadiga correspondentes à fase de propagação da fenda.



Nos processos de corrosão (ou triboquímicos) é normal aparecerem à superfície os produtos de reacção.

Trata-se, portanto, de processos que conduzem à perda de eficiência dos dispositivos mecânicos onde ocorrem, os quais determinam a necessidade de substituição ou reparação das peças que sofreram desgastes além dos limites toleráveis, com evidentes implicações económicas e operacionais. No presente caso de estudo, esta é a principal razão para a sua realização.

1.5.2.1 - DESGASTE ABRASIVO

A abrasão ocorre quando existe contacto directo entre dois sólidos, sendo um deles consideravelmente mais duro do que o outro. A carga aplicada ao sistema provoca a penetração das rugosidades da superfície mais dura no corpo do mais macio, que é “arranhado” durante o movimento relativo por aquelas rugosidades, designando-se neste caso, por abrasão a dois corpos, mas também pode resultar da presença de partículas duras interpostas entre as duas superfícies interactuantes durante o movimento relativo, e neste caso designa-se por abrasão a três corpos. Este tipo de desgaste pode ter consequências catastróficas e daí a expressão “*meter um grão de areia na engrenagem*”.

A ocorrência de abrasão, como se mostra na *Figura 1.6*, é facilmente identificada na observação das superfícies de desgaste pela existência de sulcos paralelos entre si e com a direcção do movimento. O desgaste por abrasão é habitualmente caracterizado por elevadas taxas de desgaste, sendo, por isso, utilizado em operações de acabamento superficial como a limagem, a rectificação e o polimento.



Figura 1.6 – Foto de um rolete retirado do serviço mostrando as estrias de desgaste por abrasão.

1.6 – ATRITO

O atrito é definido como a resistência que se opõe ao movimento relativo de dois sólidos em contacto. A grande importância deste fenómeno deve-se ao facto de que o atrito é, por um lado, o suporte da maioria dos movimentos e, por outro, representa uma parcela importante da energia consumida nos processos dinâmicos.

1.6.1 - ATRITO DE DESLIZAMENTO

A experiência adquirida com a necessidade de movimentar sólidos despertou a curiosidade e o engenho, levando o homem a criar técnicas e a associar materiais com o objectivo de reduzir a energia consumida. Empiricamente, verificou-se existirem situações e materiais que facilitavam o movimento relativo. Desde há algumas centenas de anos que se procura explicar o fenómeno do atrito. Já Aristóteles (Séc. III a.C.) reconheceu e descreveu o fenómeno da resistência ao movimento relativo dos corpos. Leonardo da Vinci (Séc. XV) identificou algumas características do fenómeno e, pela experiência adquirida com o polimento de lentes, Guillaume Amontons, citado por Batista [3], enunciou em 1699, as duas primeiras leis do atrito:

- a força de atrito é proporcional à força normal aplicada ao contacto;
- a força de atrito não depende da área aparente de contacto.

Mais recentemente, no século XX, nas décadas de 30 e 40, foi efectuado por F. P. Bowden, D. Tabor [4] e seus colaboradores, citados pelo mesmo autor, um importante trabalho de investigação no intuito de se perceber quais os mecanismos que originavam a resistência ao movimento, e que permitiram compreender os mecanismos de contacto entre os corpos conduzindo à formação de uma teoria de atrito, conhecida por teoria da adesão, cujos princípios fundamentais estão na base de muitos dos actuais conceitos de Tribologia.

1.6.2 - COEFICIENTE DE ATRITO - PARÂMETROS QUE O INFLUENCIAM

Sabe-se, actualmente, que o coeficiente de atrito depende, em proporções sensivelmente equivalentes, de três factores:

- a combinação de materiais;
- a geometria dos componentes;
- as condições de operação.

Sendo assim, não faz muito sentido a apresentação de valores do coeficiente de atrito sem uma indicação, tão completa quanto possível, relativamente a esses três factores.

1.6.2.1 - COMBINAÇÃO DE MATERIAIS

Uma das primeiras regras a observar, continuando a referir Batista [3] e Lopes [11], quando se pretende escolher um par de materiais de modo a obter-se um baixo coeficiente de atrito, (existindo casos em que se pretende precisamente o oposto, ou seja, garantir que a eficiência do atrito seja a máxima possível, como no caso dos sistemas de travagem), consiste em encontrar elementos metalurgicamente incompatíveis, ou de outra maneira, “tribologicamente compatíveis” ou “compatíveis em atrito”, ou seja, que tenham pouca tendência para a formação de junções adesivas.



Um gradiente positivo das propriedades mecânicas, com a profundidade da peça, é outra maneira de tratar do problema, procedimento correcto em diversas situações particulares. Pretende-se, com isto, que a resistência das camadas superficiais seja superior à resistência da massa do material. Para esse efeito, recorre-se muitas vezes a tratamentos superficiais, conseguindo-se modificações significativas no comportamento dos materiais em relação ao atrito e ao desgaste.

O que anteriormente foi referido recai no âmbito da utilização de materiais metálicos, no entanto outras soluções técnicas, que vêm sendo ensaiadas com sucesso, têm-se revelado como alternativas válidas, designadamente com a utilização de materiais com propriedades autolubrificantes.

1.6.2.2 - GEOMETRIA DOS COMPONENTES

Para nos apercebermos da importância da geometria dos componentes em tribologia, basta, para isso, pensar que ninguém se lembra de fazer um veio em bronze e uma chumaceira em aço cementado, embora o contrário seja perfeitamente comum. Um dos aspectos particularmente importantes é a micro geometria das superfícies em contacto. Por exemplo, quando o ângulo de inclinação das asperezas aumenta, o coeficiente de atrito estático a seco diminui, o que não constitui, contudo, uma regra geral, uma vez que a modificação dos mecanismos responsáveis pelo atrito está relacionada com a área real do contacto.

1.6.2.3 - CONDIÇÕES OPERATÓRIAS

São variados os parâmetros operatórios que influenciam o coeficiente de atrito: a carga, a velocidade e o ambiente circundante são os mais importantes. Normalmente, o coeficiente de atrito aumenta com o aumento da carga.

Sobre o efeito do ambiente, são já bem conhecidos os problemas que se colocam ao escorregamento no vazio, devido à facilidade com que aí se dá a adesão entre superfícies metálicas, dado que a remoção dos filmes superficiais pelo processo tribológico não é compensado pela formação de novos filmes.

Da mesma maneira, a contaminação das superfícies, provocada pela introdução de partículas externas indesejáveis ao meio interfacial, determina uma aceleração rápida na degradação das superfícies em contacto.

1.6.3 - RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO

Como refere Carinhas [6], nos casos em que um ou ambos os corpos em contacto tenham um movimento relativo em relação ao outro, não de escorregamento mas de rolamento, como p. ex., um rolo sobre um plano, o fenómeno de atrito, como nos é apresentado, não lhes é exactamente aplicável.

No entanto, verifica-se que existe, apesar disso, uma resistência ao rolamento. A interpretação deste fenómeno, por analogia designado de Atrito de Rolamento, é apresentado seguidamente, tomando-se, por base, o exemplo do rolo sobre um plano.

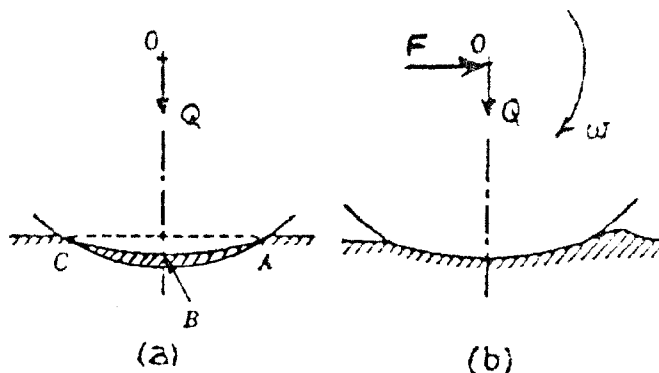


Figura 1.7 – Deformações dos corpos quando sujeitos a rolamento.

Sendo, quer o rolo, quer o plano, materiais elásticos, então, por acção da carga Q que o rolo exerce sobre o plano, ambos os corpos se deformam.

As linhas tracejadas correspondem às formas iniciais dos corpos, e a linha CBA a forma final, e comum, deformada.

Ao dar-se o rolamento, com o sentido de rotação indicado por w , na da *Figura 1.7 b*), por efeito da aplicação da força tangencial F , a zona BA sofre uma compressão maior do que a zona CB e os materiais de ambos os corpos, devido à deformação elástica, formam o que se pode designar por rampas, à frente do ponto A, as quais se irão opor nitidamente ao movimento.

Devemos salientar que o escoamento elástico do material para a frente do movimento só é possível por haver algum escorregamento entre as superfícies interactuantes dos dois corpos, por conseguinte, não há rolamento puro entre os corpos reais e deformáveis, pois haverá sempre uma pequena parcela de escorregamento. Tal só não se passaria, teoricamente, no caso dos corpos

idealmente rígidos, em que o contacto seria, esse sim, pontual, i.é., como se se estivesse na presença de um par cinemático superior, teórico.

A análise mecânica do problema, com o objectivo de se quantificar a resistência ao rolamento, pode-se fazer considerando o modelo analítico da *Figura 1.8*,

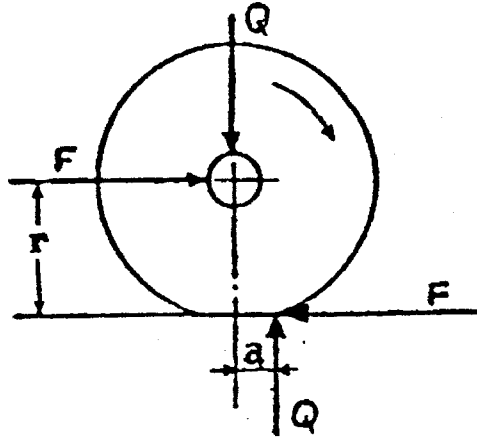


Figura 1.8 – Modelo esquemático do equilíbrio de um corpo rolante.

em que Q é a força com que o rolo contacta o plano, F é a força necessária para provocar o movimento, r é o raio do rolo e a é a distância à linha de acção da resultante das forças de pressão entre os dois corpos, distância esta que é nitidamente dependente da deformabilidade dos corpos, e tanto maior quanto maior esta for.

Do equilíbrio de momentos do referido modelo resulta:

$$F \cdot r = Q \cdot a \quad (1.3)$$

sendo $F \cdot r$ designado como o momento motor e $Q \cdot a$ por momento resistente. Então, podemos considerar que a é claramente uma medida da resistência ao rolamento: quanto maior for a , maior terá que ser F para o rolo se mover.

O comprimento a , definido, portanto, pela expressão:

$$a = (F \cdot r) / Q \quad (1.4)$$

designa-se por Coeficiente de Atrito de Rolamento e tem, como é evidente, dimensão linear.



Outra forma de indicar o coeficiente de atrito dos pares superiores pode ser mais convencional, i.é., pela relação entre a força tangencial necessária para realizar o movimento e a força normal, de contacto entre os dois corpos interactuantes, ou seja:

$$f = F / Q \quad (1.5)$$

1.7 - LUBRIFICAÇÃO

Os lubrificantes, como referido em [19], são utilizados desde há muitos séculos pelo Homem, prestando-lhe um valioso auxílio. Eles são tão antigos que podemos, por exemplo, encontrar registos do recurso à lubrificação em gravuras do tempo dos Faraós, representando o transporte de enormes pedras usadas na construção das famosas Pirâmides do Egipto.

A descoberta da lubrificação está intimamente relacionada com outra descoberta, que foi o estudo empírico dos fenómenos de atrito, isto é, a resistência ao movimento de uma superfície sobre outra, e as vantagens em o manipular.

Partindo do exemplo clássico da invenção e desenvolvimento do uso da roda, terá ocorrido a percepção da maior facilidade do movimento pelo uso desta (atrito de rolamento), relativamente ao movimento pelo arrastamento das cargas (atrito de escorregamento), através da observação da forma veloz como os troncos das árvores rolavam quando soltos. Após a utilização generalizada da roda nos transportes de cargas, criaram-se novas insatisfações face ao ruído irritante provocado pelo atrito da roda sobre o seu eixo e almejaram-se velocidades mais altas. Estas insatisfações levaram à exploração dos efeitos de uma gordura animal (provavelmente, o primeiro lubrificante utilizado) nos eixos das rodas, concluindo-se que o ruído era, não só, fortemente reduzido como se aumentava extraordinariamente a velocidade de deslocação (substituição do atrito sólido pelo atrito fluido, que é inferior).

Ao longo dos séculos, o uso de lubrificantes foi-se intensificando e tem estado presente nas várias etapas do desenvolvimento produtivo. Primeiramente, sob a forma de gordura, sólida ou líquida de origem animal ou vegetal. Com a generalização do uso do petróleo bruto no final do



séc. XIX, que coincidiu com o nascimento da indústria automóvel, este passou a ser a principal matéria prima dos lubrificantes, posição esta que ainda mantém nos nossos dias.

1.7.1 - FUNÇÕES DO LUBRIFICANTE

Esfregando duas peças de qualquer material, uma contra a outra, ao fim de algum tempo sentir-se-á o desenvolvimento de calor. Por mais lisas que elas estejam, apresentam sempre, qualquer delas, asperezas microscópicas, saliências de pequenos pontos mensuráveis, em microns, que se agarram umas às outras, aquecendo, fundindo, e acabando por se soldar entre elas.

Torna-se portanto necessário, como referido em [25], evitar este contacto áspero que provoca o aquecimento inicial e que pode ir até ao ponto de agarrar. É aqui que o lubrificante desempenha o seu papel fundamental.

Porque este agarrar entre as micro asperezas se torna mais intenso em função da pressão (carga aplicada), quanto maior for, maior será o imbrincar de umas nas outras e um maior número de pontos de contacto passará a existir. No entanto esta fusão não é eterna, pois na sequência dos movimentos das superfícies, os pontos de contacto tornam-se cada vez mais microscópicos embora continuem a permanecer, chegando à fase de fusão e soldadura das duas peças em contacto. Tratando-se, p. ex., de um pistão contra a parede do cilindro, pode-se chegar à gripagem, podendo o mesmo acontecer num casquilho de uma biela.

É frequente ouvir-se aos mecânicos o seguinte comentário, a propósito de um motor em bom estado de funcionamento: “nem gasta uma pinga de óleo”.

A verdade é que o deve consumir para protecção do próprio motor, já que as micro soldaduras referidas provocam a gripagem.

Com as pressões elevadas, as soldaduras entre as asperezas aumentam de frequência. A temperatura devido a esse fenómeno também aumenta, o que provoca deformações irreversíveis das superfícies em contacto: o metal em fusão forma uma pequena crosta superficial, que é susceptível de bloquear o movimento das peças. A gripagem será então efectiva.



Para evitar que esta situação venha a acontecer, deve ser garantida a formação de um filme de lubrificante entre as duas peças. Trata-se de um filme de espessura microscópica que garanta a separação efectiva entre as duas superfícies em presença.

No entanto, continua a existir desgaste, o que é devido às asperezas. No caso de peças novas, as irregularidades são muito mais importantes e a sua eliminação efectua-se por fricção, ou seja, é o que acontece durante o período de rodagem dos equipamentos.

A função principal de todo o lubrificante é, portanto, a de facilitar o deslizamento entre duas superfícies em contacto. Aplicando um lubrificante entre as duas superfícies em contacto e com movimento de uma em relação à outra, a resistência e o desgaste, devido à fricção, são reduzidos. Uma lubrificação ideal suprime todo o contacto directo entre as duas superfícies móveis. Não resta mais do que o deslizamento interno entre as partículas do próprio lubrificante. Esta é a função principal de um lubrificante, no entanto, cada tipo de lubrificante tem também outras funções específicas, como por exemplo, óleo de motor, óleo de transmissão, protecção contra a ferrugem e a corrosão, o arrefecimento, a limpeza e a manutenção de peças.

O lubrificante cumpre funções insubstituíveis nos equipamentos, porque apresenta duas vantagens significativas comparativamente com as restantes peças - apresenta-se no estado fluido (líquido ou pastoso) e tem uma enorme mobilidade de circulação.

Pelo facto de estar num estado fluido, ao interpor-se entre duas superfícies sólidas em movimento relativo, o lubrificante permite a redução do atrito com automática redução do calor desenvolvido no contacto, minimizando os desgastes e aumentando a estanqueidade do sistema.

No seu contacto com as superfícies metálicas, pede-se ao lubrificante que as proteja também contra a corrosão.

A mobilidade do lubrificante, através de um sistema de lubrificação adequado e incorporando vários constituintes (depósito, bombas, filtros, tubagens), proporciona que lhe sejam cometidas outras funções como a dissipação do calor e evacuação das impurezas formadas em serviço.

1.7.1.1 - MASSAS LUBRIFICANTES

Em determinadas aplicações onde o acesso de lubrificante não é fácil ou em que a força de gravidade provocaria a deslocação do óleo lubrificante da área a lubrificar, utilizam-se, com



sucesso, as massas lubrificantes. Estas evitam, também, a entrada de impurezas nas chumaceiras em conjunto com a utilização de vedantes.

As massas lubrificantes são constituídas por suspensões coloidais de óleo, às quais se adiciona um espessante e água. Conforme o tipo de espessante, assim variam as suas características e tipos: cálcicas; sódicas; líticas e complexas.

1.7.1.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS MASSAS LUBRIFICANTES

Esta classificação, segundo Silva [17] e [19], baseia-se na consistência da massa lubrificante. A consistência da massa expressa-se pela penetração, medida em décimas de milímetros, produzida por um cone durante cinco segundos, sob condições normalizadas e à temperatura de 25°C.

Quadro 1.3 - *Classificação das Massas Lubrificantes, segundo NLGI.*
 [ASTM D 217-68, IP 50/69]

GRAU DE CONSISTÊNCIA	PENETRAÇÃO TRABALHADA A 25°C
000	445 - 475
00	400 - 430
0	355 - 385
1	310 - 340
2	265 - 295
3	220 - 250
4	175 - 205
.....



1.8 – DEFININDO A TRIBOLOGIA

No glossário sobre Tribologia, editado em 1969, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, (OCDE), Friction Wear and Lubrication Tribology Glossary, citado por Batista [3], define-se Tribologia como sendo a ciência e a tecnologia que se ocupa do contacto entre corpos em movimento relativo e de tudo o que lhes diz respeito.

Definida deste modo tão pouco restritivo, é natural concluir-se que se trata de uma ciência com um domínio extremamente vasto e que permite as abordagens mais diferenciadas.

A Tribologia, sendo considerada como a ciência e a técnica do atrito e do desgaste entre peças em contacto com movimento relativo, assume, por isso, uma importância notável nos dias de hoje.

Assim, cabem no âmbito da Tribologia o estudo de problemas que vão desde as operações de corte e conformação de materiais, (desgaste de ferramentas, atrito, lubrificantes, etc.), ao guiamento dos movimentos em máquinas, (guias, rolamentos, chumaceiras, etc.), à transmissão de potência, (engrenagens, cames, travões, etc.), ao transporte de materiais, (veículos, condutas pneumáticas, bombas hidráulicas, etc.), para se citar alguns dos exemplos e sem se pretender ser exaustivo.

A Tribologia não trata apenas de problemas relacionados com o contacto entre os corpos sólidos, mas também do contacto entre sólidos e fluidos, sejam os problemas de atrito entre os líquidos e as respectivas tubagens, a cavitação de uma bomba ou de uma turbina ou do movimento do filme de óleo entre uma chumaceira e um veio.

1.8.1- IMPORTÂNCIA DA TRIBOLOGIA

Envolvendo toda a gama de problemas relacionados com os contactos entre as superfícies, nomeadamente, atrito, desgaste e lubrificação, fácil se torna concluir, segundo Czichos, citado por Batista [3], da importância da Tribologia nos campos económico e científico:

- Aspecto económico – Calcula-se que cerca de 30% da totalidade da energia produzida nas regiões industrializadas do globo, se perde como consequência do atrito, e, em países



altamente industrializados como a Inglaterra, o Japão ou a R.F.A., perdem-se cerca de dois biliões de dólares por ano, como resultante de processos de desgaste. É evidente que estes números devem ser entendidos como estimativas pouco rigorosas, mas que dão uma ideia da tremenda importância económica da Tribologia;

- Aspecto científico – Sabe-se que os processos macroscópicos na natureza são irreversíveis. Os estudos científicos, no seu aspecto teórico, têm frequentemente omitido esta irreversibilidade, dado que as leis que regem os fenómenos “ideais” são muito mais fáceis de deduzir. Lidando, portanto, a Tribologia com processos irreversíveis que não admitem idealização, nomeadamente o atrito e o desgaste, o seu desenvolvimento dará, inevitavelmente, uma contribuição positiva para o conhecimento dos processos dissipativos.

Os desenvolvimentos da Tribologia levarão por isso, a um melhor conhecimento dos materiais e exigirão um estudo mais profundo das superfícies em si mesmas, e das interacções entre si.

1.8.2 - ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TRIBOLÓGICA

Num domínio complexo como o da Tribologia, referido por Bowden e Tabor [4] e ASM Handbook [1], as técnicas experimentais de investigação desempenham um papel muito importante.

O elevado número destas técnicas e de equipamentos utilizados, conjugado com a dispersão de condições de ensaio praticadas, conduzem a resultados difíceis de comparar e requerem uma atenção especial na escolha do sistema mais apropriado para a realização de um determinado estudo tribológico.

A seguir, pretende-se apresentar as principais técnicas utilizadas em ensaios de desgaste por deslizamento e alguma da normalização existente.

1.8.2.1 - ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO ATRITO E DO DESGASTE

Durante a primeira metade deste século, foram utilizados diversos tipos de tribómetros no estudo das características de atrito e desgaste procurando-se hierarquizar os materiais segundo a sua resistência ao desgaste. Os equipamentos utilizados, apesar de conduzirem a resultados nem sempre simples de interpretar apresentavam a seu favor algumas características comuns:



- geometria simples;
- provetes de pequenas dimensões;
- aptidão para a realização de ensaios de curta duração;
- fiabilidade razoável.

Recentemente, com o recurso às modernas técnicas de instrumentação e controlo, têm sido desenvolvidos, por diversos laboratórios de investigação, equipamentos com versatilidade e precisão aceitáveis.

Habitualmente, nos estudos laboratoriais de tribologia fazem-se, em função dos objectivos, dois tipos de abordagem:

- avaliação das propriedades de um par de materiais – neste tipo de estudos assumem principal importância os aspectos estruturais do sistema tribológico como as propriedades dos materiais a ensaiar e a sua interacção;
- avaliação de aspectos funcionais – estudos envolvendo a simulação das condições de funcionamento de componentes sujeitos a acções tribológicas e monitorização de equipamentos em serviço. Neste tipo de estudos são importantes, não só as características estruturais, como também os parâmetros funcionais.

Um estudo completo deve iniciar-se com ensaios laboratoriais, para avaliação das propriedades tribológicas seguido de ensaios de simulação e de avaliação do comportamento dos componentes em serviço.

1.8.2.2 - ENSAIOS DA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DE MATERIAIS

A avaliação das características de atrito e de desgaste dos materiais convencionais e de novos materiais de construção mecânica tem sido um dos principais objectivos da investigação laboratorial no domínio da Tribologia.

Segundo Czichos, citado por Batista [3], aplicando o conceito de sistema à descrição dos ensaios tribológicos, a cada tribómetro corresponde uma estrutura específica que tem implícita uma



função transferência que associa a um conjunto de variáveis de operação (entradas no sistema) um conjunto de resultados (saídas do sistema).

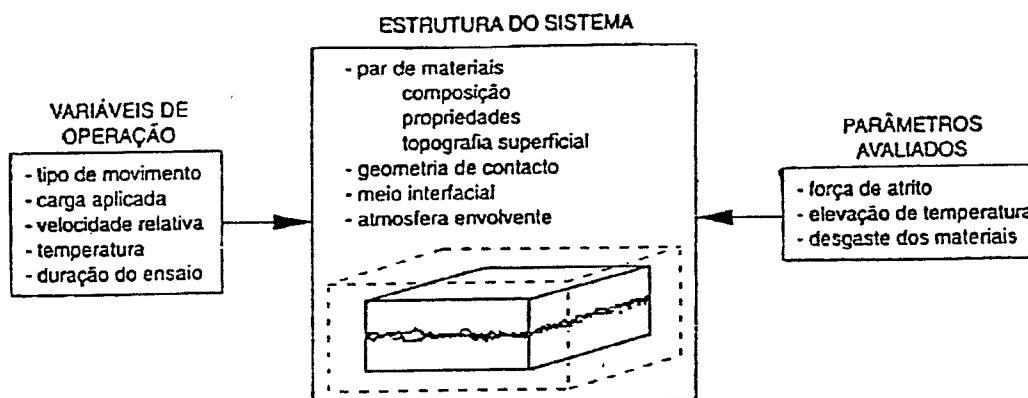


Figura 1.9 – Aplicação do conceito de sistema aos ensaios tribológicos.

Um sistema tribológico pode ser caracterizado por:

- par de materiais (composição, propriedades mecânicas e topografia superficial);
- geometria de contacto;
- meio interfacial;
- atmosfera envolvente.

As entradas ou acções sobre o sistema correspondem às variáveis de operação e são habitualmente:

- tipo de movimento relativo;
- carga aplicada;
- velocidade relativa;
- temperatura;
- duração do ensaio.



As saídas do sistema podem relacionar-se com as características que se pretendem avaliar, que traduzem as alterações do sistema quando sujeito à acção de um conjunto de variáveis de operação. Usualmente, estas saídas resumem-se a:

- força e coeficiente de atrito;
- desgaste dos materiais, (não só os parâmetros quantitativos, mas também os aspectos qualitativos associados, por exemplo, a alterações dos materiais, morfologia das superfícies e partículas produzidas);
- elevação de temperatura.

1.8.2.3 - TRIBÓMETROS MAIS UTILIZADOS EM ENSAIOS DE DESLIZAMENTO

As inúmeras condições de contacto, verificadas em componentes mecânicos, deram origem ao desenvolvimento de uma grande diversidade de equipamentos laboratoriais para ensaios de atrito e desgaste. A maioria utiliza provetes de geometria simples possibilitando, no início dos ensaios, condições de contacto bem definidas.

De acordo com a classificação apresentada no ASM Handbook [1], os diferentes tipos de equipamento podem ser agrupados segundo as respectivas geometrias dos contactos.

No Quadro 1.4, apresentam-se, de uma forma não exaustiva, os principais tipos de tribómetros mais utilizados em ensaios de deslizamento e rolamento.

Quadro 1.4 – Tribómetros para Ensaios de Deslizamento.

Ensaio	Movimento relativo	Tipo de contacto	Normalização
Esferas múltiplas	deslizamento/rolamento	pontual	ASTM D2783 [A.61]
Cilindro/cilindro com eixos paralelos	deslizamento/rolamento	linear	—
Cilindro/cilindro com eixos perpendiculares	deslizamento	pontual	ASTM G83-83 [A.62]
Pino/plano alternativo	deslizamento	a)	—
Bloco/anel	deslizamento	linear	ASTM G77-83 [A.63] ASTM D27-14 [A.64] NF T51-107 [A.65]
Pino/disco	deslizamento	a)	ASTM G99-90 [A.66]

a) função da geometria dos pinos



A interacção das superfícies influencia o comportamento tribológico do par de materiais em análise. Assim, em qualquer comparação de diferentes técnicas de ensaio devem ser ponderados os seguintes aspectos:

- área de contacto inicial e a sua variação durante o ensaio;
- pressão de contacto inicial e a sua variação durante o ensaio;
- razão entre a área de contacto e a superfície total do traço do desgaste;
- volume e superfície dos provetes.

1.8.2.4 - FIABILIDADE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS TRIBOLÓGICOS

A grande dispersão dos valores dos coeficientes de desgaste, referidas pela ASM [1], obtidos experimentalmente e publicados por diversos investigadores, tem dificultado o estabelecimento dos procedimentos de ensaio e de critérios de projecto universalmente aceites, embora exista alguma normalização sobre ensaios de deslizamento

Presentemente, no projecto VAMAS (Versailles Project of Advanced Materials and Standards), existe um grupo de trabalho constituído por laboratórios de vários países, com o objectivo de desenvolver metodologias de ensaio de desgaste que aumentem a reprodutibilidade dos resultados e que sejam internacionalmente aceites.

A utilização de diferentes técnicas e a dispersão de resultados torna a comparação dos valores obtidos em diferentes laboratórios pouco fiável. Igualmente, a transposição de resultados laboratoriais para aplicações industriais é bastante difícil e deve passar por um estudo rigoroso das condições de ensaio, procurando-se, tanto quanto possível, a similaridade estrutural e funcional entre o caso prático e a montagem experimental.

Qualquer alteração num mecanismo carece, portanto, de uma avaliação técnica prévia e aprofundada, realizada com protótipos, em condições tão próximas quanto possível das da realidade, de modo a fundamentar e justificar uma alteração a um projecto inicial. Deste modo, e atendendo às particulares características construtivas do mecanismo / componentes, os ensaios a efectuar vão ser realizados no tribómetro de pino – plano alternativo, por ser este o dispositivo que melhor se coaduna, também, com as condições operativas do mecanismo em estudo.



(Página intencionalmente em branco)



2 - CARACTERIZAÇÃO DA SUPERESTRUTURA DUMA VIATURA DE RECOLHA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

(Página intencionalmente em branco)



De acordo com os manuais dos fabricantes, Soma [22], e Resol [21], a superestrutura de uma viatura de recolha e transporte de resíduos sólidos é composta por uma caixa para recolha e transporte de resíduos propriamente dita, uma porta traseira, também designada por viseira, e um dispositivo de elevação e basculamento de contentores para um espaço semicircular, designado por cuba, para onde são descarregados temporariamente os resíduos.

É um equipamento desenvolvido para ser instalado sobre um chassis adequado, para, desta forma, poder efectuar com segurança e eficiência, a recolha de resíduos sólidos urbanos, materiais recicláveis ou outros similares, ao longo da via pública.

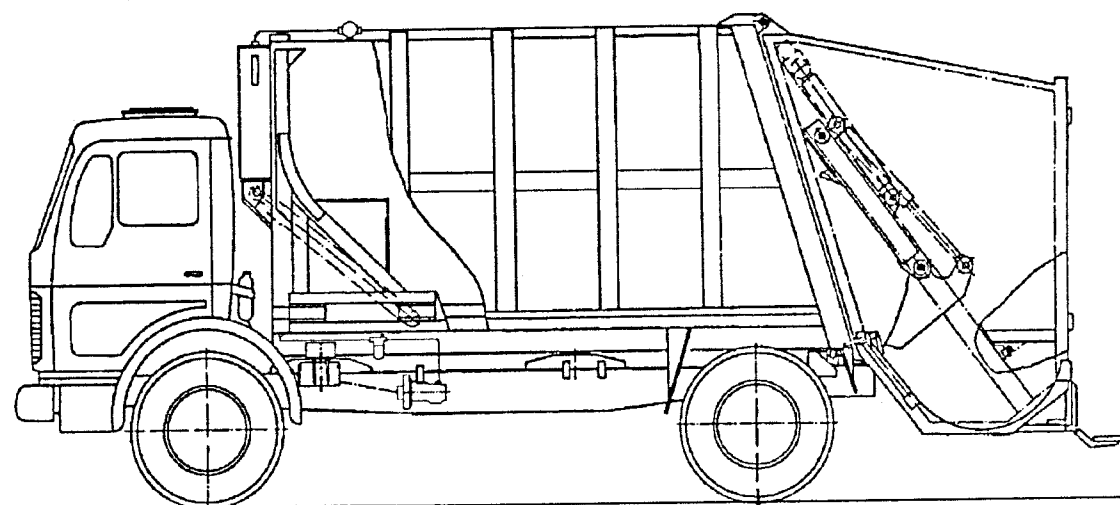


Figura 2.1 - Vista lateral duma viatura de recolha de resíduos sólidos urbanos.

A transmissão de energia para o accionamento dos órgãos móveis é efectuada hidraulicamente, sendo a fonte de energia primária o próprio motor da viatura, através da ligação a uma tomada de força instalada na caixa de velocidades. O torque é transmitido a uma bomba hidráulica, que tanto pode ser de palhetas como de êmbolos axiais, mas que, necessariamente, deverá ser dotada de duplo circuito, que gera a pressão necessária e a transmite a todos os circuitos, convertendo a energia cinética em energia hidráulica. O meio de transporte desta energia é constituído por circuitos tubulares rígidos e flexíveis, por válvulas direccionais, e por cilindros hidráulicos, onde a energia é, de novo, transformada em energia cinética, produzindo, assim, os movimentos necessários ao funcionamento dos mecanismos de recolha e compactação dos resíduos para o interior da respectiva caixa, durante as fases sucessivas dos ciclos de recolha.



2.1 – CAIXA

A caixa é uma estrutura metálica fechada, de forma paralelepípedica e secção rectangular com capacidade fixa de 15 m^3 , sendo os seus painéis laterais, tecto e fundo construídos de forma a conferirem uma grande robustez e total resistência a deformações que possam advir dos esforços envolvidos nas acções de compressão e armazenamento dos resíduos para transporte e posterior descarga. No seu interior, desloca-se axialmente uma placa, denominada placa de descarga, cujo movimento é comandado por um cilindro hidráulico telescópico de duplo efeito.

O quadro e restante estrutura é construída em perfis de aço quinados e soldados a painéis em chapa de aço laminado, na qualidade de material St 52.3.

A concepção a que obedece a caixa, como uma estrutura auto-portante, destina-se a torná-la, tanto quanto possível, um sistema rígido por forma a que, por um lado, resista a possíveis deformações, e por outro, permita uma certa flexibilidade que se torna necessária, devido às oscilações originadas pelo chassis e decorrentes da própria actividade de circulação, tanto em meios urbanos, como no interior do próprio aterro sanitário. A caixa é fixa às longarinas do chassis da viatura, por meio de três ou cinco apoios paralelos, no caso dos modelos mais recentes, providos de sinoblocos para absorção de eventuais torsões e vibrações do conjunto.

O aro da parte traseira da caixa é construído e montado, formando um ângulo de 70° com a horizontal e inclinado, na sua parte superior no sentido da cabina da viatura, para permitir e facilitar, não só uma melhor vedação do conjunto caixa / viseira, mas também para permitir o deslocamento do centro de gravidade da viatura, quando vazia, para uma posição óptima de circulação.



2.2 - VISEIRA

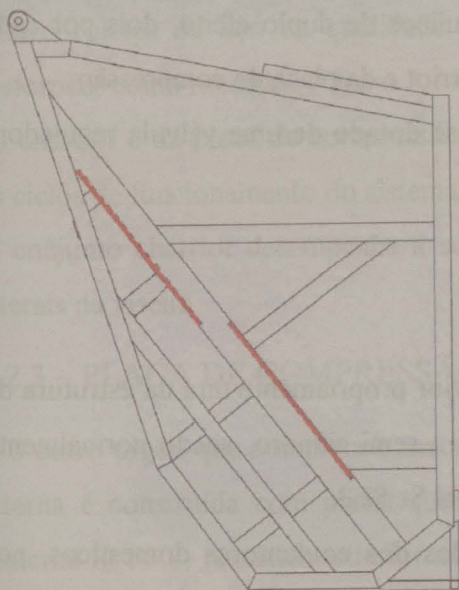


Figura 2.2 - Vista lateral da viseira, mostrando o posicionamento das barras de desgaste nas guias de deslizamento.

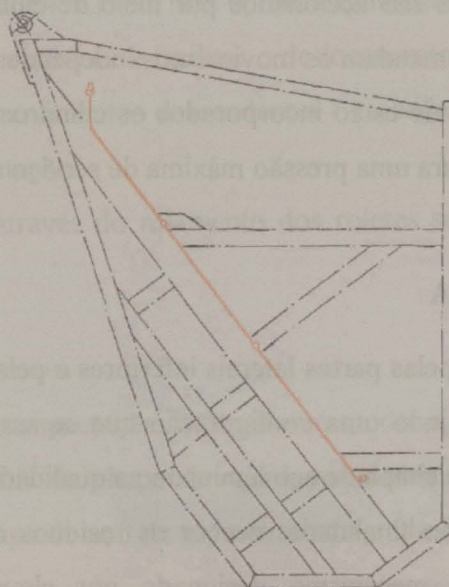


Figura 2.3 - Vista lateral da viseira mostrando o posicionamento e distribuição do sistema de lubrificação dos roletes.

O conjunto da viseira é também uma estrutura soldada, construída em perfis quinados de aço laminado St 52.3, revestida lateralmente com chapa de aço de espessura adequada, e na mesma qualidade de material.

Esta estrutura desenvolve-se segundo dois planos perpendiculares a um quadro de suporte, permitindo a sua concepção garantir a máxima resistência às deformações provenientes das operações de carregamento e compressão.

As guias de deslizamento (por vezes também designadas por guias de desgaste), são fabricadas e montadas com o mesmo tipo de material da estrutura, perfis quinados em forma de “U”, de aço laminado St 52.3.

Nas zonas de maior pressão, estas guias são reforçadas com barras de secção 60 x 8 do mesmo material, designadas por barras de desgaste.



No interior da estrutura da viseira fica alojado o trem de recolha e compressão dos resíduos, que é composto pelo charriot, em cuja parte inferior está montada a placa de compressão.

Estes sistemas são accionados por meio de cilindros hidráulicos de duplo efeito, dois por cada órgão, que comandam os movimentos independentes do charriot e da placa de compressão.

O circuito, onde estão incorporados os cilindros, encontra-se dotado de uma válvula reguladora de pressão, para uma pressão máxima de serviço de 175 bar.

2.2.1 - CUBA

É delimitada pelas partes laterais inferiores e pela parte inferior propriamente dita da estrutura da viseira, possuindo uma configuração que se assemelha a um semi cilindro, sendo normalmente construída em chapa de aço laminado na qualidade de material St 52.3.

Esta tem como finalidade receber os resíduos descarregados dos contentores domésticos, por meio de um mecanismo designado por elevador de contentores, e suportar uma prévia compressão, efectuada pela respectiva placa, tanto durante o seu movimento descendente, como no ascendente.

Tratando-se de uma das partes do conjunto da viseira que desempenha um papel muito importante na actividade de recolha dos resíduos sólidos urbanos, e atendendo às características especiais de operação e constrangimentos que daí advêm, recentemente tem-se optado pela montagem com outra qualidade de material, uma vez que as características abrasivas, resultantes do contacto com os resíduos, bem como o seu esmagamento e compressão no fundo da cuba, têm uma forte componente de desgaste. Nesta circunstância particular, a aplicação de chapa de aço manganês, comercialmente designada por "Hardox 400", revelou-se uma boa opção, obtendo-se elevados níveis de desempenho.

2.2.2 – CHARRIOT

É um órgão construído segundo uma forma paralelepípedica de secção rectangular, como se pode ver na *Figura 2.10*, com uma estrutura metálica soldada, constituída por perfis quinados a partir de chapa de aço laminado St 53.2, e revestida por chapas de espessura adequada na mesma qualidade de material.



Possui, ainda, nas suas extremidades inferiores e superiores, dispositivos de montagem para fixação de quatro cavilhões de aço na qualidade de material 30 Cr Ni Mo 8, os quais recebem quatro roletes de aço na qualidade de material 34 Cr Ni Mo 6, encasquilhados em bronze fosforoso, como mostra a *Figura 2.14*, de modo a garantir e facilitar o deslocamento do conjunto do charriot e da placa de compressão nos seus movimentos descendentes / ascendentes, durante os ciclos de funcionamento do sistema de compactação.

O conjunto charriot desempenha a sua função através do rolamento dos roletes sobre as guias laterais da viseira.

2.2.3 – PLACA DE COMPRESSÃO

É o outro órgão que completa o mecanismo de compactação, e do mesmo modo, a sua estrutura interna é construída com perfis quinados a partir de chapa de aço laminado na qualidade de material St 53.2, revestida exteriormente por chapa de aço de espessura adequada de material da mesma qualidade.

A sua secção é sensivelmente de forma triangular, conforme se pode ver na *Figura 2.11*, e possui, nas suas extremidades superiores, mancais de rotação, que se articulam nos mancais do charriot, permitindo através do aproveitamento do movimento de rotação, efectuar a compressão e posterior elevação dos resíduos para o interior da caixa de carga da viatura.



2.3 - MECANISMO DE COMPACTAÇÃO

Este mecanismo é composto por uma placa guia, já anteriormente identificada como charriot, e por uma pá compactadora, ou placa de compressão, que são movidas em conjunto através de cilindros hidráulicos independentes.

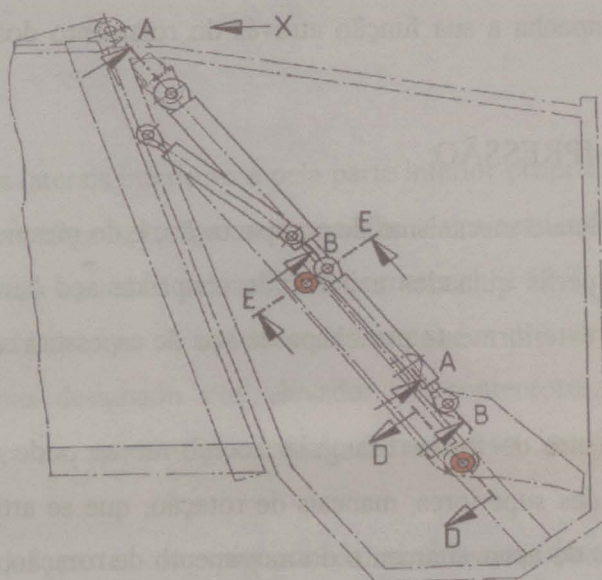


Figura 2.4 – Vista lateral da viseira, em corte, mostrando a disposição do mecanismo de compactação.

2.3.1 - DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

No início do processo, tanto a placa de compressão como o charriot encontram-se nas suas posições de repouso, i. é., levantadas e recolhidas.

Os resíduos são despejados para a cuba, cuja capacidade é de cerca de $1,6 \text{ m}^3$, por meio do accionamento do elevador de contentores, e quando está cheia, ou parcialmente cheia, dá-se início ao processo de carregamento ou início de ciclo, que é efectuado em quatro fases:

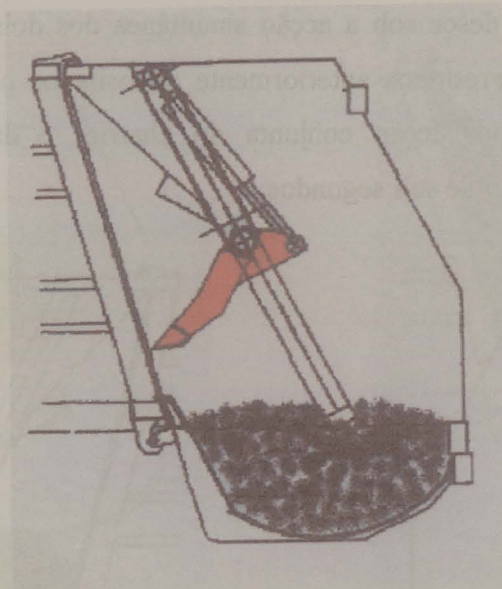


Figura 2.5 - Situação da cuba carregada, sendo necessário o seu esvaziamento.

FASE 1 – O primeiro movimento é o de abertura da placa de compressão, cujo tempo de realização médio é de quatro segundos;

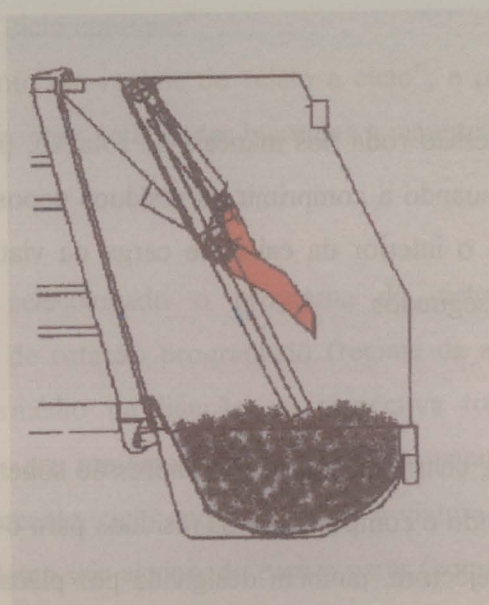


Figura 2.6 – A fase 1 do ciclo de compressão corresponde à abertura da placa de compressão.



FASE 2 – Todo o mecanismo desce sob a acção simultânea dos dois cilindros hidráulicos do accionamento do charriot e os resíduos anteriormente depositados na cuba são esmagados / comprimidos mecanicamente, por acção conjunta do charriot e da placa de compressão, necessitando para a sua realização de seis segundos;

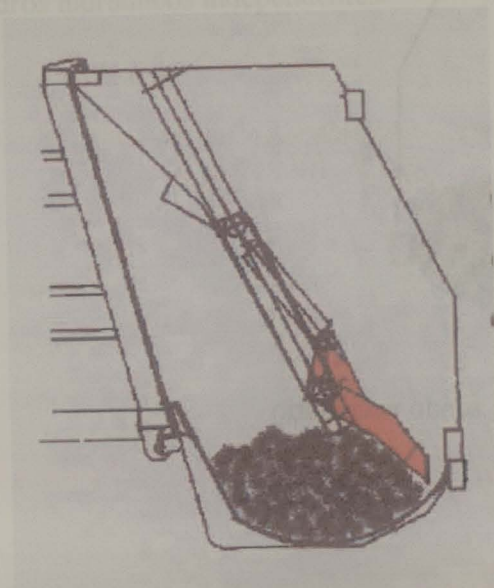


Figura 2.7 – A fase 2 do ciclo que corresponde à descida do charriot com a placa de compressão aberta.

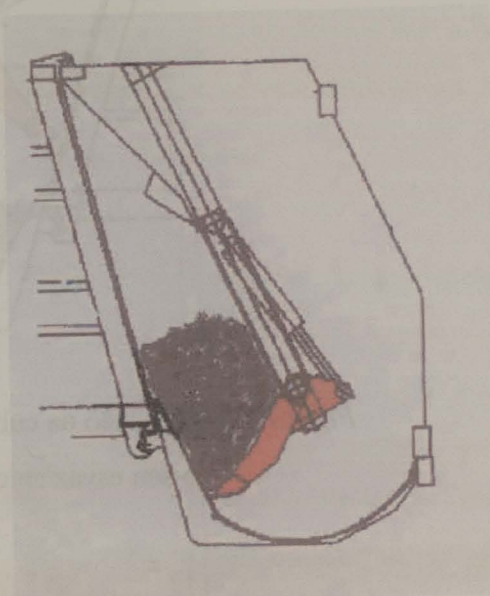


Figura 2.8 – A fase 3 do ciclo corresponde ao fecho da placa de compressão.

FASE 3 – A placa de compressão roda nos mancais de rotação, por acção do par de cilindros hidráulicos respectivos, continuando a comprimir os resíduos depositados na cuba, conduzindo-os, numa primeira fase, para o interior da caixa de carga da viatura. O tempo médio para a realização desta fase é de seis segundos.

FASE 4 – Todo o mecanismo, charriot e placa de compressão sobem, por acção do primeiro par de cilindros hidráulicos, elevando e comprimindo os resíduos para o interior da caixa de carga da viatura, de encontro a placa ejectora, também designada por placa de descarga. Esta placa vai recuando à medida que se vão sucedendo os vários ciclos de carregamento. Esta fase é realizada em oito segundos.

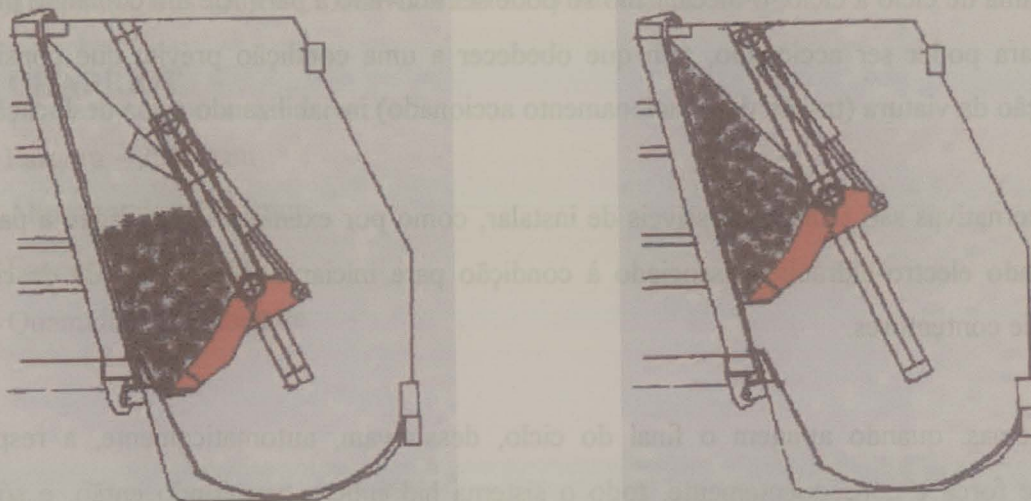


Figura 2.9 – A fase 4 do ciclo determina o final do ciclo de compressão, com a subida do charriot. Após o final deste ciclo, os resíduos compactados ficam armazenados no interior da caixa de carga e a cuba limpa e disponível para a continuação da recolha.

Este sistema de compactação pode funcionar segundo três programas de trabalho distintos, que vêm montados de origem, sendo o mais frequente e também o mais desejado pelos operadores do equipamento, o denominado “ciclo contínuo”.

Depois, existe o funcionamento em regime de “ciclo a ciclo”, e por último, por razões que se prendem com a segurança e com as actividades inerentes à manutenção, existe a possibilidade de funcionar em “passo a passo”.

No primeiro caso, sendo seleccionado o programa de ciclo contínuo, a viatura entra automaticamente em regime de rotação programado (regime de aceleração), sendo activado o sistema hidráulico por intermédio da ligação da respectiva tomada de força, iniciando o mecanismo de compactação o seu movimento após activação manual dos respectivos comandos, desenvolvendo-se sistematicamente, ciclo após ciclo, com a viatura parada ou em andamento, até que outro comando independente seja accionado para o parar (comando principal ou botoneira de emergência).



No programa de ciclo a ciclo, o mecanismo só pode ser activado a partir de um comando próprio, o qual, para poder ser accionado, tem que obedecer a uma condição prévia, que consiste na imobilização da viatura (travão de estacionamento accionado) inviabilizando a sua deslocação.

Outras alternativas são também possíveis de instalar, como por exemplo, a activação a partir de um comando electro-hidráulico associado à condição para iniciar o movimento de descida do elevador de contentores.

Estes sistemas, quando atingem o final do ciclo, desactivam, automaticamente, a respectiva tomada de força e conseqüentemente, todo o sistema hidráulico, permitindo então, e só nesta circunstância, ou o início de um novo ciclo, se for necessário, ou o posterior avanço da viatura para nova posição de recolha, repetindo-se então um novo ciclo de trabalho, por activação do respectivo comando manual.

Com este programa de trabalho privilegiam-se, sem dúvida, os componentes do equipamento, do ponto de vista de desgastes extemporâneos e desnecessários, designadamente, através da redução significativa do número de ciclos de funcionamento em vazio.

A velocidade de serviço deste mecanismo, previamente fixada pelo fornecedor destes equipamentos, de acordo com o respectivo manual técnico, é determinada a partir do número de rotações do motor. Mais recentemente, e dependendo das características dos motores que equipam os chassis das viaturas, é possível regular essa rotação a partir da programação prévia de uma unidade electrónica parametrizável, programação esta que permite retirar o melhor rendimento das potencialidades do motor, adaptando as necessidades de funcionamento à velocidade de trabalho do motor e das necessidades de cada momento.

A velocidade de rotação recomendada é de 1100 rot. / min, a que corresponde um tempo de ciclo completo de compactação com uma duração de 23 a 25 segundos, (valores médios, cuja variação se deve fundamentalmente à heterogeneidade e variação do peso específico dos resíduos).

2.4 - DIMENSÕES DOS COMPONENTES EM ESTUDO

2.4.1 - CHARRIOT

- Largura – 2080 mm
- Altura total – 1300 mm
- Espessura – 150 mm
- Quantidade – 1 unidade

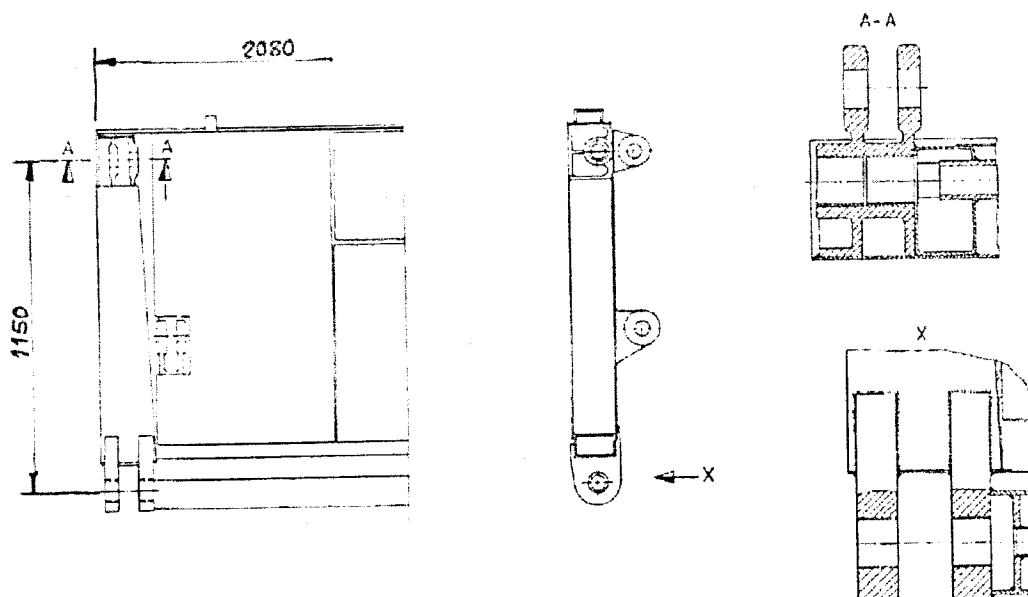


Figura 2.10 - Esquema do charriot

2.4.2 – PLACA DE COMPRESSÃO

- Largura – 2060 mm
- Altura – 600 mm
- Espessura na base – 150 mm
- Largura entre mancais de rotação – 310 mm
- Quantidade – 1 unidade

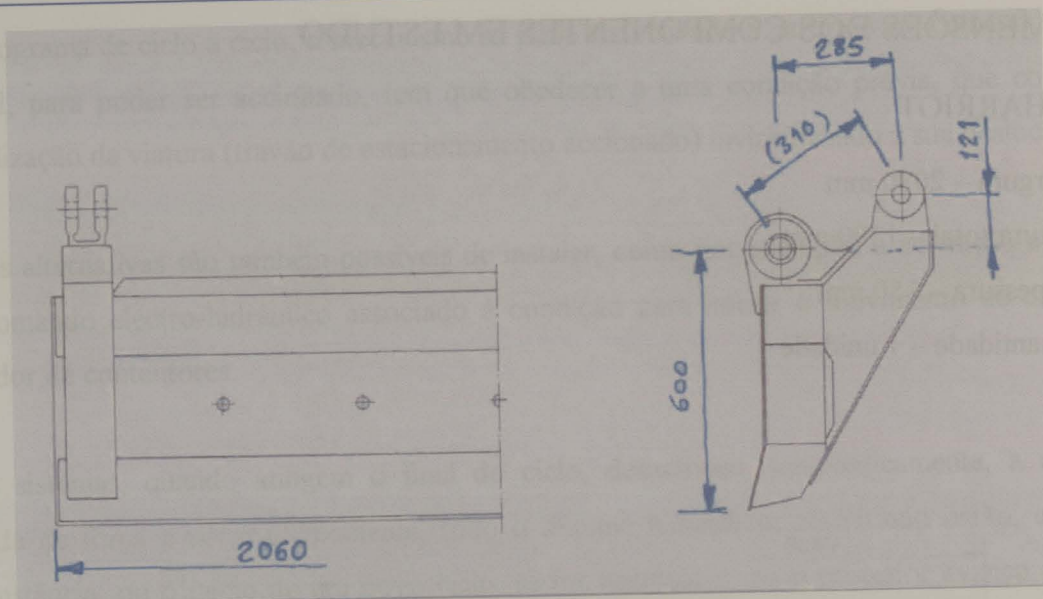


Figura 2.11 – Vista esquemática da placa de compressão.

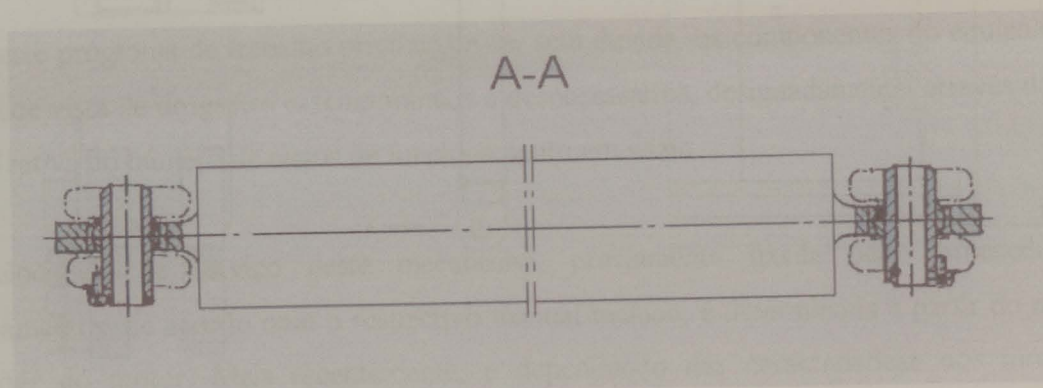


Figura 2.12 - Cilindro hidráulico do charriot (corte).

2.4.3 - CILINDROS HIDRÁULICOS DO CHARRIOT

- Diâmetro interior – 115 mm
- Diâmetro da haste – 65 mm
- Curso da haste – 705 mm
- Pressão de serviço – 175 bar
- Quantidade – 2 unidades



2.4.4 - CILINDROS HIDRÁULICOS DA PLACA DE COMPRESSÃO

- Diâmetro interior – 90 mm
- Diâmetro da haste – 63 mm
- Distância entre olhais na posição de fechado – 850 mm
- Curso da haste – 520 mm
- Pressão de serviço – 175 bar
- Quantidade – 2 unidades

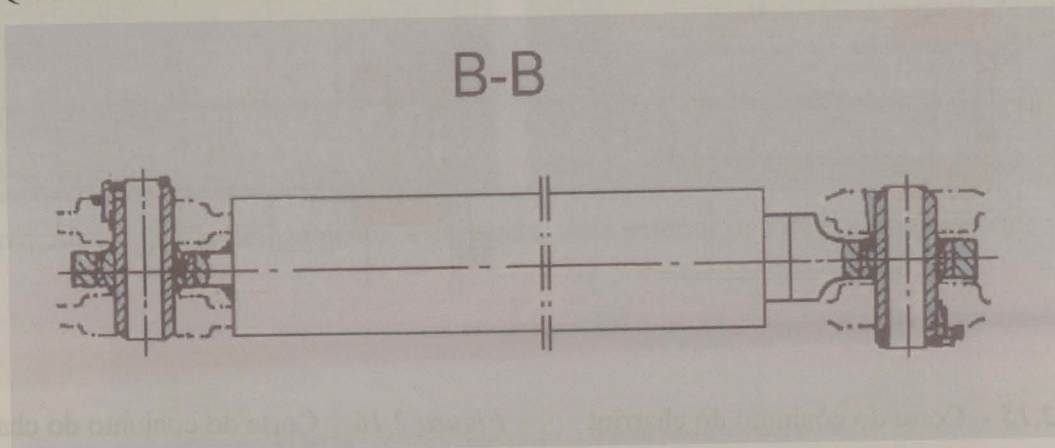


Figura 2.13 - Cilindro hidráulico da placa de compressão (corte).

2.4.5 – ROLETES



Figura 2.14 – Rolete com casquilho, (vista interior).



- Diâmetro exterior – 110 mm
- Diâmetro interior – 70 mm
- Largura total – 65 mm
- Quantidade – 4 unidades

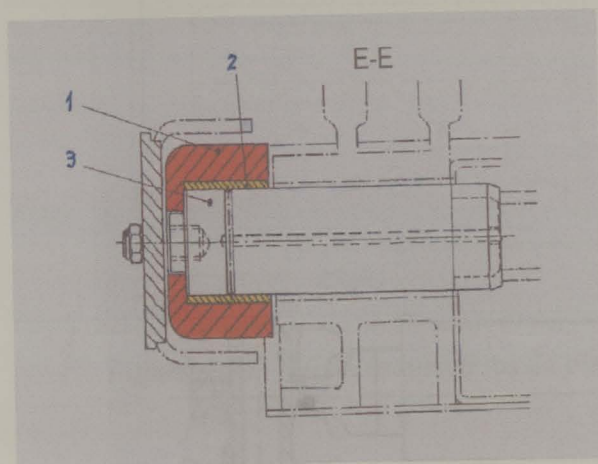


Figura 2.15 - Corte do conjunto do charriot mostrando a montagem do rolete superior.

1- Rolete, 2- Casquilho, 3- Cavilhão de apoio.

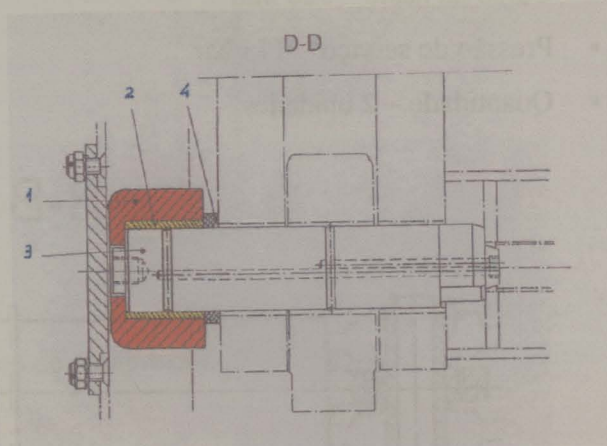


Figura 2.16 - Corte do conjunto do charriot mostrando a montagem do rolete inferior.

1- Rolete, 2- Casquilho, 3- Cavilhão de apoio,
4- Anel de enchimento.

2.4.6 - CASQUILHOS

- Diâmetro exterior – 70 mm
- Diâmetro interior – 60mm
- Largura total – 60 mm
- Quantidade – 4 unidades

2.4.7 – CUBOS DE DESLIZAMENTO

- Comprimento – 110 mm; (por vezes com 123 mm, para aproveitamento de material)
- Largura – 65 mm
- Altura – 110 mm
- Diâmetro do furo – 60 mm

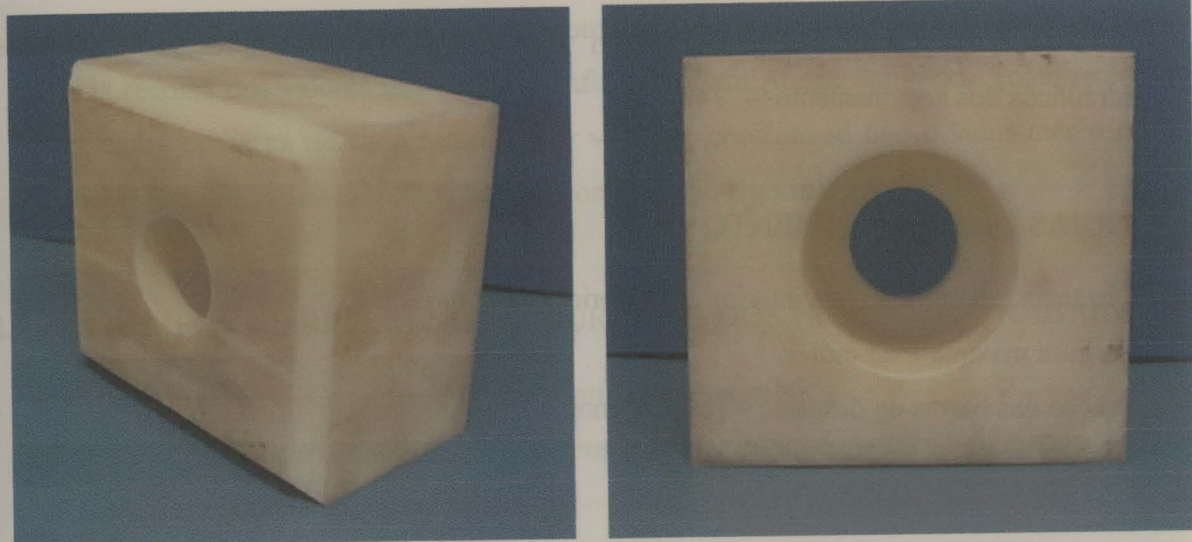


Figura 2.17 – Cubo de deslizamento, à esquerda, vista exterior, e à direita, vista interior.

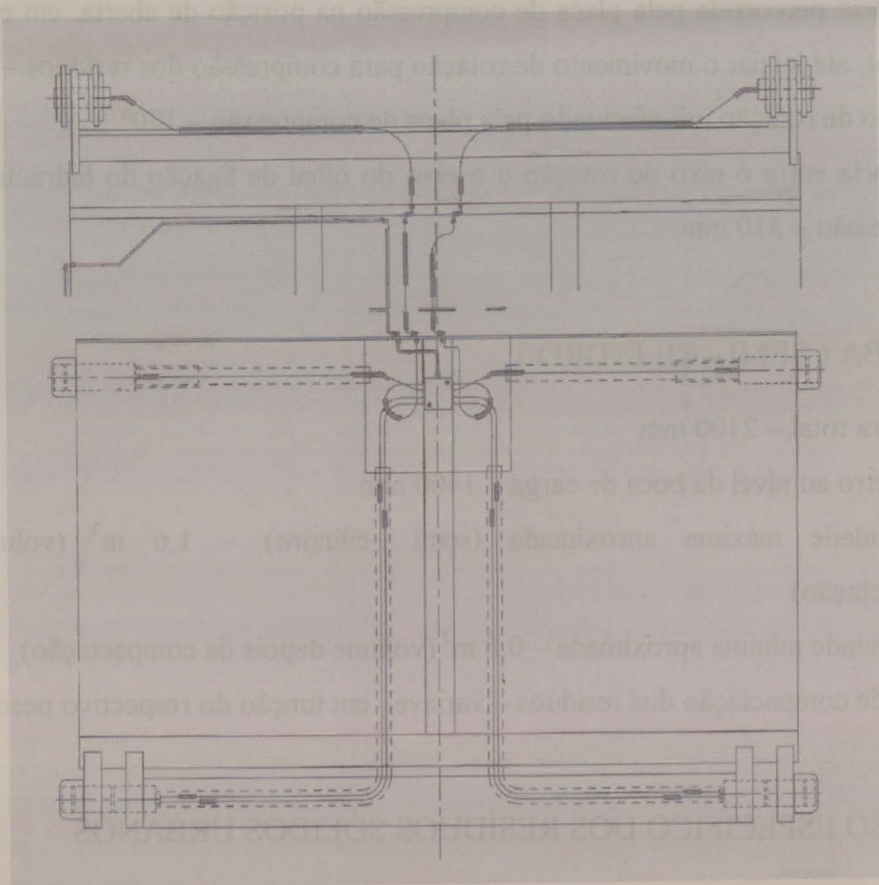


Figura 2.18 – Corte esquemático do charriot mostrando o posicionamento dos roletes nos cavilhões e o sistema de distribuição de lubrificação.



2.4.8 – PESO PRÓPRIO DO CONJUNTO COMPLETO

- Peso total do conjunto composto pelo charriot, placa de compressão e cilindros hidráulicos dos accionamentos - 740 Kg.

2.4.9 - GUIAS DE DESLIZAMENTO

- Distância útil entre a pista inferior e a superior – 112 mm
- Largura máxima – 65 mm
- Secção das barras de desgaste – [60 x 8] mm
- Ângulo de montagem do conjunto – 55°

2.4.10 – PERCURSO EFECTUADO PELO CHARRIOT

- Distância percorrida pela placa de compressão na posição de aberta, em conjunto com o charriot, até iniciar o movimento de rotação para compressão dos resíduos – 705 mm
- Ângulo de rotação útil efectuado pela placa de compressão – 120°
- Distância entre o eixo de rotação e o eixo do olhal de ligação do hidráulico da placa de compressão – 310 mm

2.4.11 - CUBA (SEMI - CILINDRO)

- Largura total – 2100 mm
- Diâmetro ao nível da boca de carga – 1400 mm
- Capacidade máxima aproximada (semi -cilindro) – 1,6 m³ (volume antes da compactação)
- Capacidade mínima aproximada – 0,8 m³ (volume depois da compactação)
- Taxa de compactação dos resíduos – variável, em função do respectivo peso específico.

2.4.12 – PESO ESPECÍFICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

- De entre muitos dos registos efectuados para determinação do peso específico dos resíduos, constatou-se, desde logo, que o seu valor é muito variável, tanto mais que em



resultado das medições efectuadas durante várias experiências, se obtiveram valores que variam entre os 460 e os 670 Kg / m³, como limites inferior e superior, respectivamente.

- Da recolha dos valores das descargas efectuadas em Aterro Sanitário, (com referência à primeira descarga de cada turno, e por viatura), concluiu-se que o valor médio do peso específico dos resíduos sólidos domésticos é de 550 Kg / m³.

2.4.13 - TEMPOS DE REFERÊNCIA - DURAÇÃO DOS CICLOS DE TRABALHO

- Tempo de ciclo – Considerado o valor médio - 24 segundos
- N.º médio de ciclos completos necessários executar durante um turno de recolha – 230
- Duração média de um turno de recolha – 4 horas
- Número de turnos de recolha por dia – 3.



Quadro 2.1 – Resumo das Principais Características dos Aços Aplicados na Construção da Superestrutura.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS % (Valores aproximados)								
Segundo DIN	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
St – 52.3	0,20	1,50	0,01	0,25	0,02	-	-	-
Hardox 400	0,13	1,40	0,02	0,01	0,40	0,80	-	0,80
CK 45	0,45	0,70	-	-	0,30	-	-	-
42 Cr Mo 4	0,42	0,70	-	-	0,30	1,10	-	0,20
34 Cr Ni Mo 6	0,34	0,70	-	-	0,30	1,50	1,50	0,20
30 Cr Ni Mo 8	0,30	0,50	-	-	0,30	2,00	2,00	0,40

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS				
Segundo DIN	Carga rotura [N / mm ²]	Limite elástico [N / mm ²]	Alongamento %	Dureza Brinell
St – 52.3	490 - 630	355	24	170
Hardox 400	1250	1000	10	360 - 440
CK 45	600 - 800	320	4	200
42 Cr Mo 4	1000 - 1200	750	11	DIN 17200
34 Cr Ni Mo 6	1100 - 1300	900	10	DIN 17200
30 Cr Ni Mo 8	1250 - 1450	1050	9	DIN 17200

APLICAÇÃO		QUALIDADE DE MATERIAL	ESPESSURA [mm]
Caixa	Fundo	St – 52.3	5
	Tecto	St – 52.3	3
	Aros	St – 52.3	4 e 6
	Painéis Laterais	St – 52.3	3
Viseira	Fundo	Hardox 400	5
	Frente	Hardox 400	8
	Painéis Laterais	Hardox 400	5
Placa de Compressão e Charriot		St – 52.3 e Hardox 400	5
Eixos e Cavilhas		30 Cr Ni Mo 8	Vários diâmetros
Barramentos do Charriot		CK 45	60 x 30
Charneiras e Olhais		42 Cr Mo 4	Várias espessuras
Roletes		34 Cr Ni Mo 6	Ø 110



Quadro 2.2 – Resumo das Principais Características das Poliamidas Aplicadas na Construção dos Cubos de Deslizamento do Chariot, (dados fornecidos pelo fornecedor).

POLIAMIDA - GAMA ERTA - 6 PLA		PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS			
Peso específico (g/cm ³)	1,15	Possuem grande resistência à compressão e à flexão. São geralmente rígidos e tenazes com a melhor resistência ao desgaste por abrasão, e em condições desfavoráveis. Resistem bem ao calor não sendo muito significativa a sua dilatação. Absorvem humidade. São facilmente maquináveis em máquinas ferramentas tradicionais para metais.	Poliamida vazada obtida por processos de polimerização em molde, permitindo a obtenção de peças de grandes dimensões. Peças mecânicas de grandes dimensões. Coroas dentadas, carretos, casquilhos, chumaceiras.
Absorção humidade (%)	2,2 - 7,5		
Ponto de fusão (° C)	220		
Condutibilidade Térm. (w / Km)	0,29		
Coef. dilatação térmica linear (m / Km - de 20 a 60° C)	80x10 ⁻⁶		
Temp. normal / máxima curtos períodos utilização (° C)	110 / 160		
Temp. mínima de utilização (° C)	- 40		
Resistência à tracção (N/mm ²)	82		
Alongamento à tracção (%)	4 - 5		
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	3500		
Alongamento à rotura (%)	25		
Resistência ao choque (KJ/m ²)	4		
Dureza à penetração da esfera DIN 53456 (N/mm ²)	153		
Dureza Shore DIN 53505	D 80		
Dureza Rockwell	M 85		



(Página intencionalmente em branco)



3 – CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AVARIA



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES
EM VIATURAS DE RECOLHA DE R.S.U..**

(Página intencionalmente em branco)



Figura 3.1 – Vista geral da superestrutura, em corte, duma viatura de R.R.S.U., mostrando o mecanismo de compactação.

A frota de veículos de recolha de resíduos sólidos urbanos, em avaliação, é constituída por nove unidades, cuja identificação se resume no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Idade Média da Frota de Veículos de R.R.S.U..

MÓVEL N.º	MARCA	MODELO	MATRÍCULA	ANO	IDADE EM 2001
52	VOLVO	N 7	OT-93-63	1984	17
66	VOLVO	FL 7	RP-37-86	1987	14
71	VOLVO	FL 7	RM-76-12	1987	14
95	VOLVO	FL 7	QP-45-07	1988	13
99	VOLVO	FL 7	QQ-46-81	1989	12
137	VOLVO	FS 7	84-61-BO	1993	8
138	VOLVO	FS 7	37-65-BQ	1993	8
187	SCANIA	P 93 M	60-45-HG	1996	5
188	SCANIA	P 93 M	08-01-HI	1996	5
IDADE MÉDIA DA FROTA DE RECOLHA DE R.S.U..					10,67 ANOS

Da leitura do quadro anterior, um dado relevante desde logo nos prende a atenção: o valor elevado da idade média desta frota, tendo em consideração o tipo de actividade a que estas



viaturas estão adstritas. Os valores referidos pelos especialistas em gestão de frotas, bem como os fixados na legislação em vigor, para a depreciação técnica e amortização de equipamentos, recomendam que não se exceda os cinco anos.

A Portaria n.º 671/2000, 2ª série, de 17 de Abril de 2000, define os valores dos factores de amortização anual por depreciação técnica para viaturas, estipulando para este tipo de equipamentos em particular, o factor de 7,14. Este valor é entendido para uma utilização normal, ou seja, para uma carga diária de oito horas de serviço.

Presentemente, esta frota pratica um serviço distribuído por três turnos diários de trabalho, durante todo o ano, significando isto que a contagem dos tempos de serviço deve ser considerada em triplicado, pelo que, seguindo as orientações definidas na Lei, ao fim de aproximadamente cinco anos teríamos o equipamento amortizado, recomendando-se, portanto, um procedimento conducente ao seu abate com substituição.

Na realidade, esta condição não tem sido verificada, e tal como se referiu na Introdução desta Dissertação, por motivos de orientação superior, têm sido privilegiadas outras áreas de prioridades.

Contudo, no caso específico da avaria em estudo, e salvo melhor opinião, o factor idade das viaturas não é determinante para a frequência das avarias registadas. A sua evolução está directamente relacionada com as condições de partida de um projecto que possui já alguns anos e que se tem mantido inalterado até aos dias de hoje. A sua adaptação às reais condições de operação e a consequente eliminação dos pontos fracos, não mereceu, por parte dos seus responsáveis, o melhor seguimento.



3.1 - RAZÕES PARA A EXISTÊNCIA DESTA AVARIA

A actividade de recolha de resíduos sólidos urbanos, em si mesma, assumida desde sempre como de primordial importância para o bem estar das populações é, sem dúvida alguma, um trabalho que podemos classificar de violento e pesado, a todos os níveis, tanto para os funcionários afectos a essa actividade em si mesma, como para os próprios equipamentos.

Contudo, a realização das boas práticas é rápida e sistematicamente esquecida, já que este tipo de serviço é desempenhado em regime de empreitada, superiormente autorizada.

Todo e qualquer ensinamento ou prática recomendada é invariavelmente esquecida, já que a predisposição que desde logo impera é a de que “ *quanto mais depressa se fizer a recolha, mais depressa nos vamos embora ...* ”, nem que para tal seja necessário o recurso a “ *processos pouco ortodoxos* ”, responsáveis pelo aparecimento, a curto e médio prazo, de avarias extemporâneas que contribuem fortemente para a redução da operacionalidade e disponibilidade das viaturas.

Evidentemente que as viaturas e os respectivos sistemas têm também as suas limitações, são essencialmente concebidos para a recolha e transporte de resíduos sólidos domésticos, e não, como alguns pretendem, compactadores de resíduos. Para isso, existem outros tipos de equipamentos, com filosofias de projecto e construção completamente distintos dos que estamos de momento a apreciar, muito em particular no que respeita aos materiais, acessórios e técnicas de construção, e de igual modo no que diz respeito aos seus princípios de funcionamento.

Com estes e outros constrangimentos semelhantes, depressa nos apercebemos que nem sempre a robustez dos equipamentos, muitas das vezes enaltecida durante os contactos comerciais com as respectivas empresas montadoras e fornecedoras, cumpre efectivamente com a sua missão, no que respeita ao período da vida útil dos mesmos. São, na realidade, apresentações meramente demagógicas.

Obviamente que o tipo de avaria que nos propomos estudar, embora seja generalizada a toda a frota equipada com o mesmo modelo de superestrutura, não é única. Por se tratar de uma viatura, desde logo entendida como um equipamento complexo, requer, obviamente, outras acções de manutenção, tanto na própria superestrutura como no chassis, o que, como se poderá imaginar,



cria contratempos aos serviços utilizadores, uma vez que a imobilização de qualquer uma destas viaturas coloca em causa toda uma preparação e programação de trabalhos diários.

Trata-se da prestação de um serviço público, e, como tal pretende-se que seja realizado no mínimo tempo útil e com a máxima qualidade.

A avaria em si mesma, que podemos classificar de catastrófica, tal a sua dimensão ao nível dos desgastes verificados, consiste no desgaste da superfície do rolete e da correspondente zona de contacto das guias laterais de apoio e deslizamento do conjunto do charriot. Esta afirmação não é tanto quanto à sua imprevisibilidade, pois não surge inesperadamente, mas sim o resultado acumulado do desgaste abrasivo verificado tanto nos roletes como nas guias de deslizamento, desgaste este que culmina invariavelmente na imobilização ou inoperacionalidade de todo o sistema, manifestando-se, no limite, pela destruição parcial ou mesmo total dos seus componentes e órgãos, estendendo-se por vezes, às estruturas circundantes.

Dado que, para este grupo de viaturas já expirou todo e qualquer tipo de garantia técnica, conforme se constata no Quadro 3.1, optaram então os Serviços de Manutenção por implementar outras estratégias de Manutenção conducentes à redução, e, se possível, eliminação da falha funcional e respectivos modos de falha, que lhes estão associados, através da identificação das razões e causas que lhes dão origem, e, em simultâneo, procurar e ensaiar soluções alternativas ao projecto inicial.

Na presente situação, e uma vez que a avaria em si mesma, não tendo implicações directas com a segurança de pessoas, não determina que se proceda à imobilização imediata do equipamento, logo que seja identificado o início da degradação superficial dos componentes, foi, por razões operacionais, decidido conviver com a avaria, mantendo ainda assim as viaturas em serviço, sob vigilância sistemática e avaliando a progressão dos desgastes, de modo a que a decisão assumida não coloque em risco a integridade das estruturas laterais da viseira e do próprio mecanismo.

A dureza deste tipo de serviço tem levado a que o Serviço de Manutenção tenha, ao longo dos últimos anos, procedido à recolha sistemática de dados e inventariação das mais diversas situações, apresentando sugestões e alterando procedimentos, com vista à optimização do



desempenho destas viaturas, no sentido de minimizar os efeitos negativos de teor económico e temporal.

Por isso, aproveitando os conhecimentos das técnicas convencionais, aliando-os aos novos conceitos e estratégias de manutenção, bem como à experimentação de novos materiais com características e propriedades mais adequadas às reais condições de serviço, tem-se progressivamente vindo a alterar a posição de todos quantos dependem (estão directamente ligados), directa ou indirectamente, da disponibilidade destes equipamentos ao seu mais alto nível.

Apesar de se terem seguido as recomendações do fabricante, Soma [22], as acções de manutenção preventiva, ao nível específico da área da lubrificação, não têm obtido os resultados desejados, verificando-se que o nível de degradação dos componentes e órgãos em serviço mantêm sensivelmente a mesma frequência de avarias, independentemente da lubrificação se ter passado a realizar diariamente, em vez de semanalmente, conforme se constata na edição de 1998 do manual de manutenção do equipamento, reproduzido no Quadro 3.2.

Para o Serviço de Manutenção, a frequência anteriormente sugerida pelo fabricante, veio, ainda de certo modo, agravar a degradação dos componentes em apreciação.

Isto porquê?

Numa análise mais detalhada à concepção do sistema, e tendo presente as boas regras da arte da lubrificação, para que esta se realize com eficiência, devem as superfícies a lubrificar estar minimamente isentas e protegidas de toda e qualquer contaminação com partículas, limalhas, sujidades, ou como no caso em estudo, com resíduos sólidos domésticos. Na presente situação, ficamos desde logo confrontados com a impossibilidade técnica em conseguir garantir esta condição básica, dadas as características construtivas e de funcionamento deste mecanismo.

Independentemente de se proceder à lavagem, três vezes por dia, de todas as viaturas no final dos turnos de serviço, em todas as zonas de contacto com os resíduos, torna-se impraticável garantir uma remoção total dos mesmos, em especial do interior dum sistema que não possui um acesso



directo para tal operação. Referimo-nos especificamente ao interior das guias de deslizamento, que correspondem ao espaço compreendido entre os dois roletes de apoio do charriot.

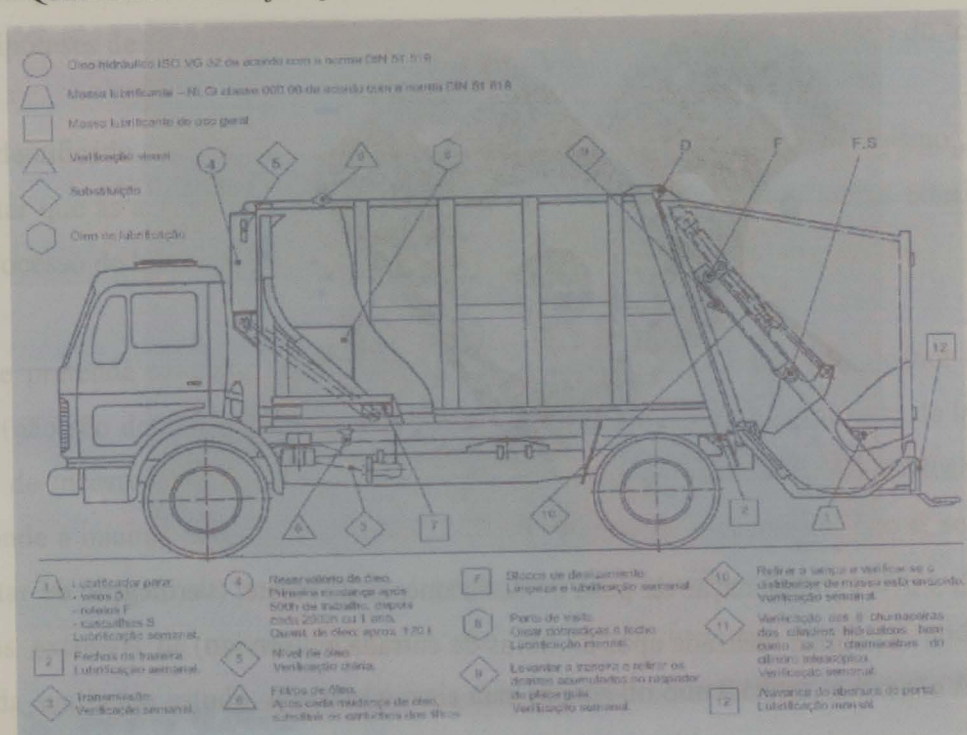
Por outro lado e durante os ciclos de recolha, manter as zonas de deslizamento das guias laterais, isentas de partículas, das mais variadas tanto em tamanho como em dureza, é uma tarefa impossível de garantir, mesmo que por escassos momentos, a partir da primeira acção de recolha de resíduos.

Assim, ao procedermos a uma lubrificação sistemática do conjunto dos roletes do charriot, sem nos apercebermos, estamos a promover a fixação dessas partículas, que, por sua vez, vão dificultar o desejável rolamento dos roletes, quando, na realidade, o efeito que se pretendia era exactamente o oposto. Ao que efectivamente assistimos é a uma aglomeração de detritos, progressivamente prensados / compactados no interior da pista das guias de deslizamento, como se mostra na *Figura 3.2*.

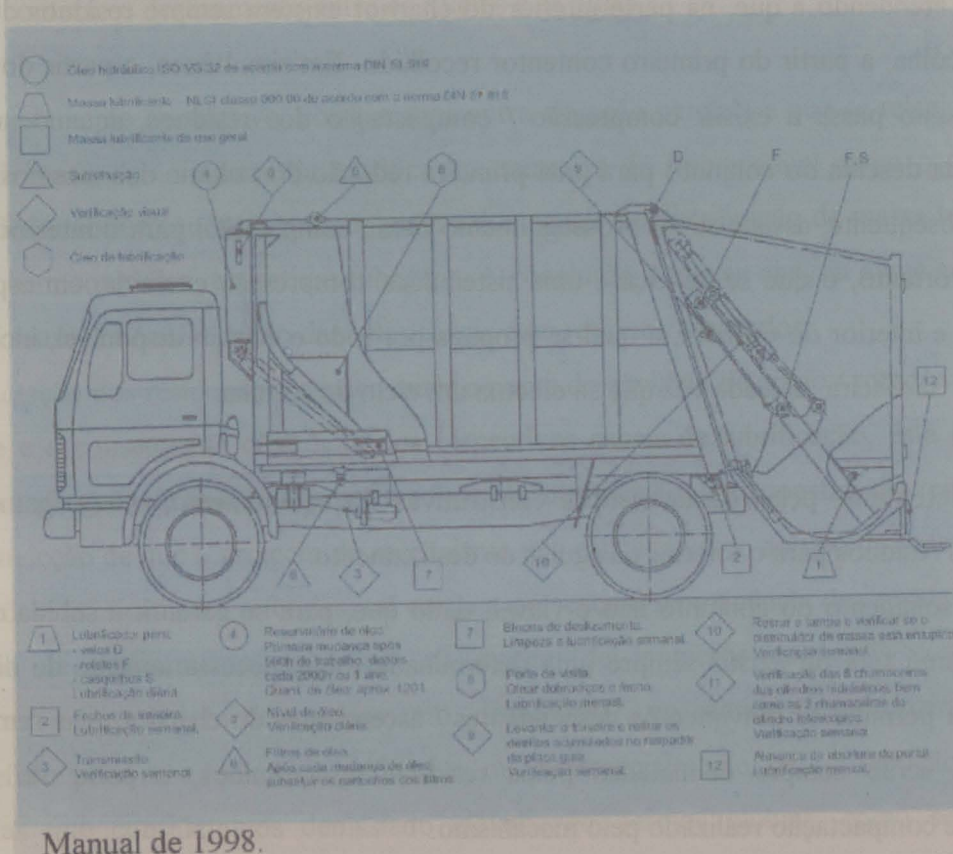
Esta compactação de resíduos a que nos referimos também é confirmada e está na origem da imobilização dos roletes no cavilhão, que funciona como eixo de rotação, *Figura 3.4*, dos próprios roletes.



Quadro 3.2 - Identificação dos Pontos e Periodicidade de Lubrificação



Manual de 1996.



Manual de 1998.



Figura 3.2 - Contaminação da pista de deslizamento do rolete, (verificação de rotina realizada após 24 horas de entrada em serviço).

A limpeza, ou melhor, a isenção de resíduos nestas zonas de contacto torna-se assim impraticável, atendendo a que, na parte interior do charriot existem sempre resíduos durante as acções de recolha, a partir do primeiro contentor recolhido. Em simultâneo, a partir do primeiro ciclo de trabalho passa a existir compressão / compactação dos resíduos, aquando da acção conjugada pela descida do conjunto para uma primeira redução do volume dos mesmos na cuba; numa fase subsequente, assiste-se ao prosseguimento dessa compressão, para o interior da caixa de recolha. Portanto, o que se verifica é uma sistemática compressão exercida, em especial, na parte inferior e interior do charriot, a qual se propaga por todo o espaço disponível, incluindo as zonas laterais da viseira, de cada vez que se efectua um ciclo de recolha.

Esta acção determina, pelas características construtivas do equipamento, o esmagamento e a projecção dos resíduos para o interior das guias de deslizamento.

O completo isolamento do conjunto não é viável, dado que, para se garantir a subida e descida deste mecanismo terá de existir sempre uma determinada folga, necessariamente de dimensões mínimas, para permitir os movimentos descendentes / ascendentes do charriot, mas sempre com folgas. Estas serão sempre colmatadas pelos resíduos comprimidos, a partir do primeiro movimento de compactação realizado pelo mecanismo.



Logo, qualquer acção de rolamento dos roletes, ficará, desde logo, comprometida e com muito poucas hipóteses de ser conseguida e, sobretudo, mantida com sucesso ao longo do tempo.

Tendo identificado as condições particulares de funcionamento do mecanismo, resta ainda acrescentar que as acções de lubrificação a que aludimos, realizadas por meios exteriores através de um processo de lubrificação manual, não se têm revelado as mais convenientes.

O que se pretende salientar relaciona-se com a quantidade de massa lubrificante fornecida ao sistema, (não são definidas quaisquer quantidades pelo fabricante), e colocando de lado qualquer hipótese de incorrecto procedimento, desconhecemos se a quantidade de lubrificante fornecida corresponde à mínima necessária ao normal funcionamento do mecanismo. Isto é, se for a menos pode estar na origem da imobilização / gripagem dos casquilhos nos cavilhões, mas se for a mais, (os excessos de massa lubrificante não são perceptíveis no exterior), podem estar na origem da avaria em estudo, que não é mais nem menos do que facilitar, a fixação / permanência de partículas prejudiciais ao desejável bom funcionamento deste mecanismo, em particular nas zonas do contacto e deslizamento entre os roletes e as guias.

A título meramente elucidativo, constatamos outra situação paralela e que se relaciona, também, com a eficiência dos sistemas de lubrificação, tanto os do tipo manual como os automáticos, verificando-se com frequência o entupimento dos canais de distribuição de massa lubrificante no cavilhão, bem como das respectivas tubagens. A conclusão a que se chegou é que esta situação é devida à obstrução / colmatção daqueles canais com resíduos prensados.

A compactação dos resíduos no espaço entre a ponta do cavilhão de apoio / rotação e o casquilho do rolete e a conseqüente obstrução dos respectivos canais de lubrificação, está na origem da rotura das tubagens de ligação aos pontos fixos de lubrificação. Esta constatação tem suportado a nossa convicção de que o projecto do mecanismo não está adequado ao tipo de utilização.

As questões anteriormente referidas, tal como a presença e permanência dos resíduos no interior das guias de deslizamento, estiveram na origem de inúmeros contactos com a empresa construtora e fornecedora do equipamento, desde 1997, no sentido de produzir uma solução técnica eficaz para uma redução significativa, ou preferencialmente, para a redução de uma taxa de avarias que consideramos demasiado elevada em termos globais, como se resume nos Quadros 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7.



Associadas às questões anteriormente referidas, existem outras que devem ser ponderadas. Não podemos deixar de salientar que, segundo as recomendações dos especialistas em matérias como o atrito e o desgaste, e especificamente quando o modo de desgaste é por adesão, sempre que se verifique a necessidade de reduzir aqueles parâmetros devem formar-se pares tribológicos, cuja compatibilidade metalúrgica no diagrama de fases, seja reduzida tal como a solubilidade sólida à temperatura ambiente, de modo a que o desgaste seja mínimo, conforme referem, Batista [3] e Lopes [11], ou seja, que as duas superfícies não interajam, nem física nem quimicamente, uma com a outra, quando seja necessário estarem em contacto directo.

No caso em estudo, sendo o modo de desgaste predominantemente abrasivo, não podemos deixar de atender àqueles factos. Na realidade, o par tribológico que temos em presença é formado por um par de materiais “aço – aço”.

Por outro lado, o contacto entre o rolete e a guia de deslizamento, idealmente considerado como um contacto linear, é exercido segundo uma linha imaginária definida entre a geratriz do rolete e a superfície da guia de deslizamento.

Idealmente assim pode ser considerado, mas, na realidade, não passa de uma abstracção académica; o que efectivamente se verifica é que os contactos se realizam entre superfícies, maiores ou menores na sua extensão, consoante as cargas envolvidas e a dureza das superfícies em presença. No entanto, é óbvio que, quanto menor for essa superfície de contacto, maior será o esforço exercido no contacto do par tribológico, para o mesmo valor da carga envolvida.

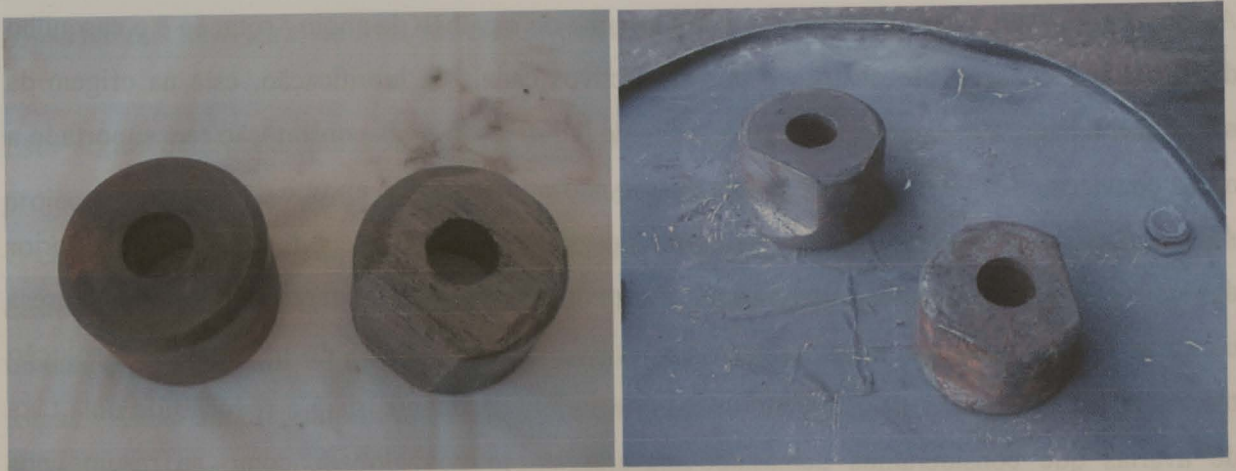


Figura 3.3 - Vários aspectos do desgaste abrasivo verificado nos roletes.



Nas fotos da página anterior, no lado esquerdo, pode-se comparar um rolete novo com outro retirado de serviço, e no lado direito apresentam-se outras variantes do desgaste nos roletes, verificados após um tempo de serviço, mais ou menos prolongado.



Figura 3.4 – Cavilhão. A sua extremidade exterior funciona como eixo de rotação dos roletes.



Figura 3.5 - Charriot desmontado da viseira, e sem a placa de compressão, mostrando o posicionamento dos roletes.

Uma das soluções preconizadas pelo fabricante passou pelo aumento da dureza dos materiais em presença nas zonas deterioradas, designadamente no das guias de deslizamento, aplicando materiais mais resistentes à abrasão. Em resultado desta alteração, verificaram-se deteriorações ainda mais rápidas nos roletes, não sendo significativa uma redução da taxa de avarias por esta via.



Figura 3.6 - Vistas parciais de guias de deslizamento, mostrando os desgastes na parte superior.



Figura 3.7 - Vistas parciais das paredes laterais internas, mostrando, mais em pormenor, os desgastes da parte superior das guias de deslizamento.

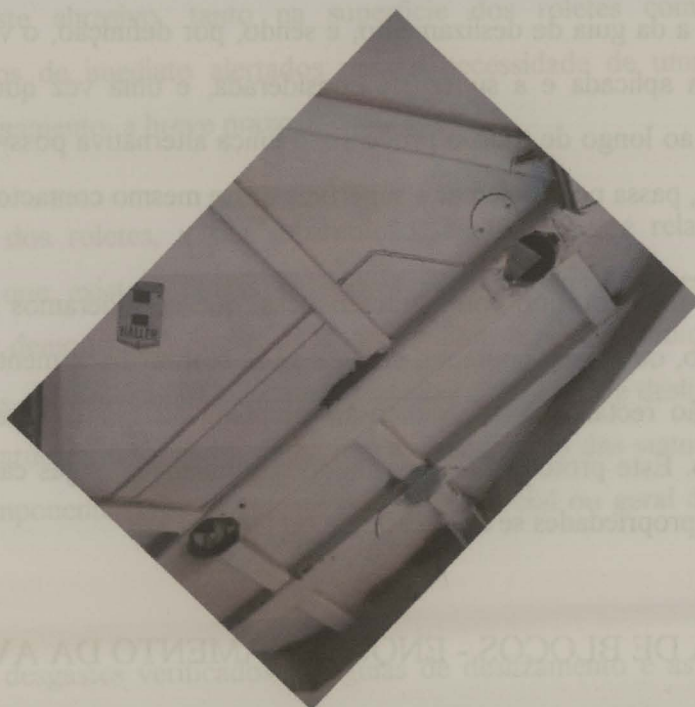


Figura 3.8 - Vista exterior da parede lateral direita de uma viseira, mostrando a destruição da guia de deslizamento e do reforço exterior.

Outra das soluções sugeridas pelo fornecedor do equipamento passou pela aplicação de materiais da família dos “Polytetrafluorethylene - (PTFE)”, vulgarmente designado por “teflon” que, no entanto, não resultou da melhor forma, uma vez que a resistência à compressão destes materiais é reduzida. No caso particular da sua aplicação, em substituição dos roletes de aço, revelou-se uma alternativa ainda mais catastrófica, pelo que o seu estudo foi liminarmente abandonado.

Assim, após ponderação das condições de operação inerentes ao serviço de R. R. S. U., e dos princípios teóricos sobre atrito, desgaste e lubrificação, os Serviços de Manutenção tomaram a iniciativa de introduzir uma filosofia diferente no funcionamento do sistema, e, aplicando de outro modo aqueles mesmos conceitos, verificar, no terreno, o seu desempenho e avaliar o interesse dos resultados, perspectivando aplicações futuras.



Assim, e em vez de se continuarem a utilizar materiais supostamente cada vez mais resistentes à abrasão / desgaste, face às pressões, supostamente elevadas, na linha do contacto (linear) entre a superfície do rolete e a da guia de deslizamento, e sendo, por definição, o valor da pressão igual à razão entre a força aplicada e a superfície considerada, e uma vez que o valor das forças envolvidas é idêntico ao longo de todo o processo, a única alternativa possível, para fazer baixar a pressão no contacto, passa por aumentar a superfície desse mesmo contacto.

Assim, foi concebido um protótipo com características, que consideramos melhor adaptadas às condições de operação, ou seja, o contacto, em vez de se realizar linearmente, passa a realizar-se através de uma secção rectangular, de dimensão adaptada ao espaço interno, disponível, das guias de deslizamento. Este protótipo foi executado em poliamida, cujas características físicas e químicas, e principais propriedades se apresentaram no Quadro 2.2.

3.2 – DIAGRAMA DE BLOCOS - ENQUADRAMENTO DA AVARIA

Para uma identificação / localização mais rápida e precisa da avaria, apresentamos no Quadro 3.3, o respectivo diagrama funcional de blocos, referente à hierarquia de cada item na superestrutura duma viatura de R.R.S.U..

A elaboração destes diagramas é essencial para o planeamento e programação dos trabalhos de manutenção, sejam eles de rotina ou não, bem como para os respectivos registos históricos e contabilização dos custos de manutenção. Os diferentes níveis hierárquicos devem ser o mais exaustivos possível e contemplar todo o equipamento ou instalação, permitindo sempre a consulta até um nível de detalhe tal, que seja possível identificar os componentes individuais.

Os meios técnicos mínimos necessários para se proceder a uma intervenção de carácter preventivo, ou, em último caso, para proceder convenientemente à reparação da avaria, determinam sempre a imobilização da viatura por vários dias em função do nível da degradação verificada, já que, para o efeito, se tem de desligar a viseira da caixa de recolha para se proceder à desmontagem do charriot e da placa de compressão do interior da viseira, implicando a desmontagem prévia de todos os circuitos eléctricos e hidráulicos da porta traseira. Operações morosas e dispendiosas, cujos resultados não se têm revelado minimamente satisfatórios.



Todas as intervenções preconizadas pelo fabricante das superestruturas, até finais do ano 1999, (Anexo A – Quadros A.1 e A.3), se têm revelado meros paliativos. Desde que seja iniciado o processo de desgaste abrasivo, tanto na superfície dos roletes como no das guias de deslizamento, ficamos de imediato alertados para a necessidade de uma nova e prolongada imobilização do equipamento, a breve prazo.

No caso particular dos roletes, a sua substituição, ainda assim, é relativamente simples de efectuar, uma vez que existem portas exteriores para acesso aos mesmos. No entanto, a experiência tem-nos demonstrado que nada se ganha com estas substituições, já que, existindo desgastes nos roletes, inevitavelmente existem desgastes nas guias de deslizamento, sendo esta a situação, que mais tarde ou mais cedo, determina a imobilização das viaturas para se proceder à substituição dos componentes, e conseqüente reparação parcial ou geral da estrutura, conforme se justificar.

Por outro lado, os desgastes verificados nas guias de deslizamento e as folgas que lhes estão inevitavelmente associadas, provocam, durante o movimento de subida e descida do charriot, e por cada ciclo de funcionamento, vibrações, ressaltos e choques que vão provocar ainda maiores desgastes e a inevitável gripagem dos roletes, bem como a degradação acelerada dos outros componentes da estrutura do próprio charriot e da placa de compressão. Torna-se, portanto, um ciclo vicioso.

Atendendo às recomendações prescritas no manual de manutenção da superestrutura das viaturas, [20], é necessário verificar o estado de desgaste das guias de deslizamento e proceder à sua substituição, assim que seja necessário..., não especificando qualquer periodicidade, nem em função do número de ciclos de carregamento, nem de quilómetros percorridos. No mínimo, subjectivo e como se vem constatando, sem resultados satisfatórios.

Deste modo, e logo que se verifique que as condições estruturais coloquem em risco a integridade do equipamento, torna-se inevitável, a breve trecho, proceder a nova imobilização, sem que exista uma garantia de sucesso com a realização da nova intervenção.



Esta falha funcional é caracterizada por um MTBF médio de 297 dias / ano, para o grupo das nove viaturas que estão equipadas com este modelo de mecanismo, conforme calculado e referido no Quadro 3.7, e no (Anexo A - Quadro A.6).

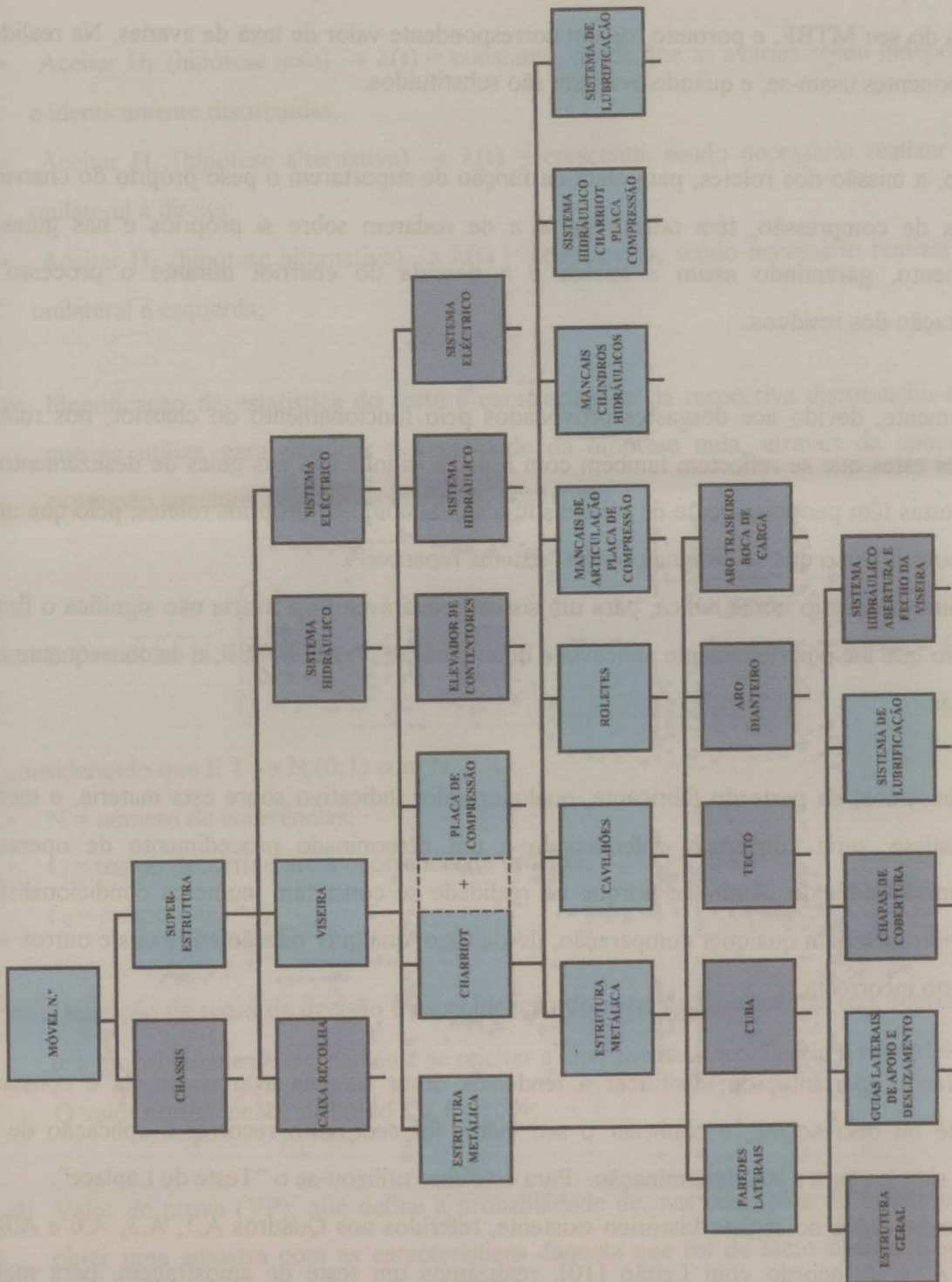
Contudo, o principal constrangimento associado directamente à tomada da decisão de paragem de uma destas viaturas, prende-se fundamentalmente com a limitação dos meios técnicos alternativos e disponíveis que garantam a realização dos trabalhos de remoção e transporte dos resíduos, diariamente.

Associada à questão anterior, existe uma outra que lhe está directamente ligada, tão importante quanto aquela, que se prende com o custo de substituição de uma viatura de R.R.S.U.

Este custo de substituição, sem motorista, varia em função do período contratado, sendo o seu valor mínimo médio de 50 000\$00 / dia, conforme foi considerado para a elaboração do Quadro A.4 do Anexo A, valor este que deve ser equacionado, já que normalmente as reparações são normalmente prolongadas (Anexo A - Quadros A.6 e A.7).



Quadro 3.3 – Diagrama de Blocos.





3.3 - ESTUDO ANALÍTICO DA AVARIA

Sendo o rolete um componente fundamental do sistema de compactação de resíduos, não seria justificável procedermos ao estudo da sua avaria, uma vez que não faria qualquer sentido falarmos do seu MTBF, e portanto, de um correspondente valor de taxa de avarias. Na realidade os componentes usam-se, e quando avariaram, são substituídos.

Contudo, a missão dos roletes, para além da função de suportarem o peso próprio do charriot e da placa de compressão, têm outra, que é a de rodarem sobre si próprios e nas guias de deslizamento, garantindo assim a subida e a descida do charriot durante o processo de compactação dos resíduos.

Efectivamente, devido aos desgastes provocados pelo funcionamento do charriot, nos roletes, desgastes estes que se reflectem também com especial significado nas guias de deslizamento da viseira, estas têm periodicamente de ser substituídas, tal como os próprios roletes, pelo que uns e outros constituem o que se designa por um “sistema reparável”.

E tal como o próprio nome indica, para um sistema reparável, uma avaria não significa o fim de vida, pelo que lhe é perfeitamente aplicável a determinação do seu MTBF, e da conseqüente taxa de avarias.

Desconhecemos, da parte do fabricante, qualquer valor indicativo sobre esta matéria, e mesmo que existisse, seria concertiza referenciado a um determinado procedimento de operação, perfeitamente definido. Assim, e porque na realidade se constata inúmeros condicionalismos que comprometeriam qualquer comparação, desde logo, qualquer relação entre uns e outros seria no mínimo incorrecta.

Necessitando, portanto, de identificar a tendência desta taxa da avarias, se ela é constante, crescente ou decrescente, e conhecer o seu valor, foi necessário recorrer à aplicação de um método simples para a sua determinação. Para este caso utilizou-se o “Teste de Laplace”.

Assim, suportados no registo histórico existente, referidos nos Quadros A.1, A.3, A.6 e A.8 do Anexo A, e de acordo com Leitão [10], realizámos um teste de amostragem, para melhor caracterizarmos e definirmos a avaria em estudo.



O Teste de Laplace, define como condições de verificação as seguintes:

a) Definição das hipóteses

- Aceitar H_0 (hipótese nula) $\rightarrow \lambda(t) = \text{constante}$, desde que as avarias sejam independentes e identicamente distribuídas;
- Aceitar H_1 (hipótese alternativa) $\rightarrow \lambda(t) = \text{crescente}$, sendo necessário realizar o teste unilateral à direita;
- Aceitar H_1 (hipótese alternativa) $\rightarrow \lambda(t) = \text{decrecente}$, sendo necessário realizar o teste unilateral à esquerda;

b) Identificação da estatística do teste e caracterização da respectiva distribuição amostral que se utiliza para verificar a veracidade da hipótese nula, através da aplicação da expressão seguinte, para testes limitados por tempo;

$$E T = \sqrt{12 \times N} \times \left(\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N \times t_0} - 0,5 \right); \quad (3.1)$$

considerando que $E T \rightarrow N(0;1)$ com $N \geq 4$,

- N = número de ocorrências;
- t_i = tempo decorrido até à ocorrência de ordem i ;
- t_0 = tempo total.

c) Definição da regra de decisão e especificação do nível de significância (α), representando α a probabilidade de erradamente se rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira.

O valor normalmente atribuído a α é de 5%;

d) Valor de prova (VP), que define a probabilidade de, nas condições da hipótese nula, se obter uma amostra com as características daquela que foi de facto obtida. Compara-se com α , através do cálculo da expressão:



$$\bullet \quad VP = 2 \times \text{Probabilidade} (ET \geq \text{valor obtido}), \quad (3.2)$$

e para as seguintes condições:

- se $VP > \alpha \Rightarrow$ Aceita-se H_0 ;
- se $VP < \alpha \Rightarrow$ Rejeita-se H_0 .

3.3.1 - CÁLCULO DOS TEMPOS DAS OCORRÊNCIAS

Da consulta do Quadro A.8 – Anexo A, retiramos:

$$t_1 = 9 \times 9 = 81$$

$$t_2 = 48 \times 9 = 432$$

$$t_3 = 94 \times 9 = 846$$

...

$$t_{32} = 1028 \times 9 = 9252. \Rightarrow \sum_{i=1}^{32} t_i = 152100.$$

3.3.2 - CÁLCULO DO TEMPO TOTAL DO ENSAIO

$$t_0 = 1114 \times 9 = 10026.$$

3.3.3. - CÁLCULO DO VALOR DA ESTATÍSTICA DO TESTE

Por aplicação da formula 3.1, obtém-se o valor de $ET = -0,5079$, pelo que se conclui que o teste é inconclusivo, sendo necessário calcular o valor de prova do teste, (Gráfico 3.1).

3.3.4 - CÁLCULO DO VALOR DE PROVA PARA O NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE 5%

$VP = 2 \times P [ET \geq 0,5079]$, o valor correspondente a esta probabilidade retira-se da tabela da distribuição normal, a partir do módulo do valor da ET anteriormente calculada.

$$VP = 2 \times 0,30576 = 0,61152, \text{ donde,}$$

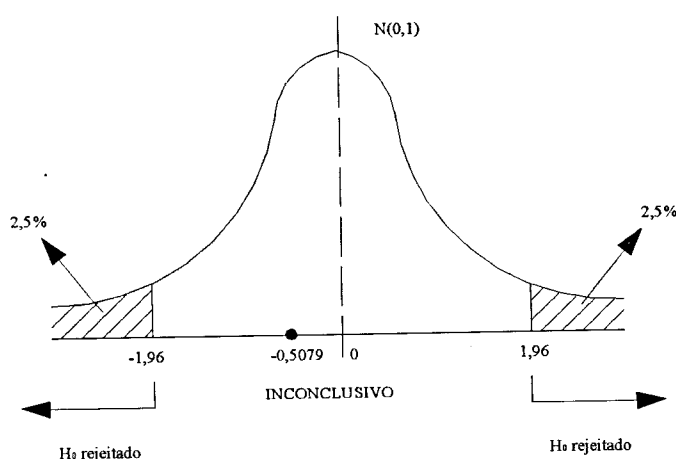
$$VP > \alpha.$$



Face a este resultado, concluímos que devemos aceitar H_0 , pelo que se considera que a taxa de avarias, $\lambda(t)$, é constante, e nesta circunstância podemos determinar o seu valor bem como o do respectivo MTBF, a partir de expressões simplificadas, e sem grandes margens de erro,

$$\lambda(t) = N(t) / t_0, \Rightarrow \text{MTBF} = 1 / \lambda(t). \quad (3.3)$$

Gráfico 3.1 – Representação da Curva Normal.



Trata-se, portanto, de uma avaria cuja ocorrência se avaliou ser independente e sensivelmente distribuída ao longo do período de avaliação, reconhecendo-se, também, que a dimensão da amostra é representativa do fenómeno em estudo.

3.3.5 – RESUMO DA AVARIA DURANTE O PERÍODO DE ENSAIO

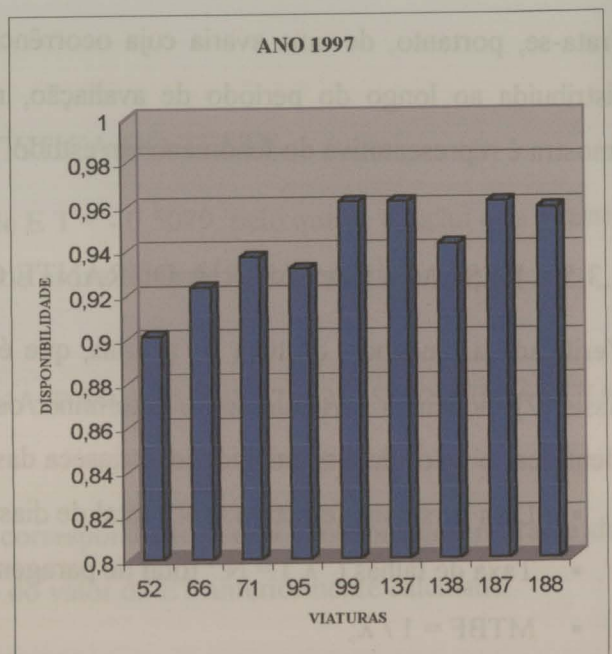
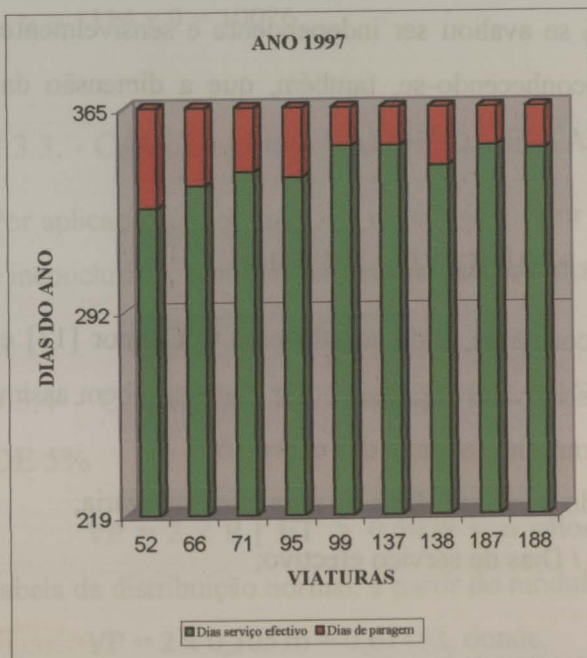
Verificada a tendência da taxa de avarias, que é constante, e de acordo com O'Connor [13] e Assis [2], podemos particularizar e determinar os seus valores anuais e por viatura, e bem assim identificar o valor da disponibilidade intrínseca das mesmas, a partir das expressões:

- Dias de serviço efectivo = N.º total de dias do período – Dias de paragem por avaria;
- Taxa de falhas (λ) = N.º total de paragens / Dias de serviço efectivo;
- $\text{MTBF} = 1 / \lambda$;
- $\text{MTTR} = \text{Dias de paragem por avaria} / \text{N.º de paragens}$;
- $\text{Disponibilidade Operacional} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$.



Quadro 3.4 – Resumo do Registo de Avarias entre 97JAN01 e 97DEZ31 num total de 365 dias.

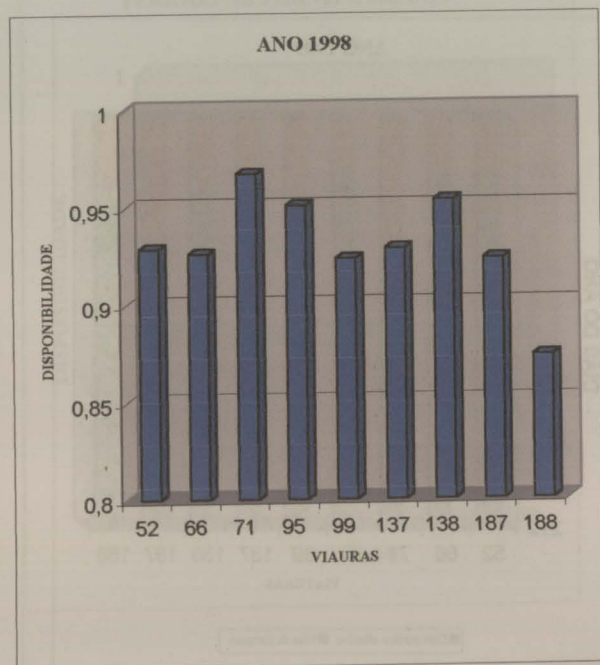
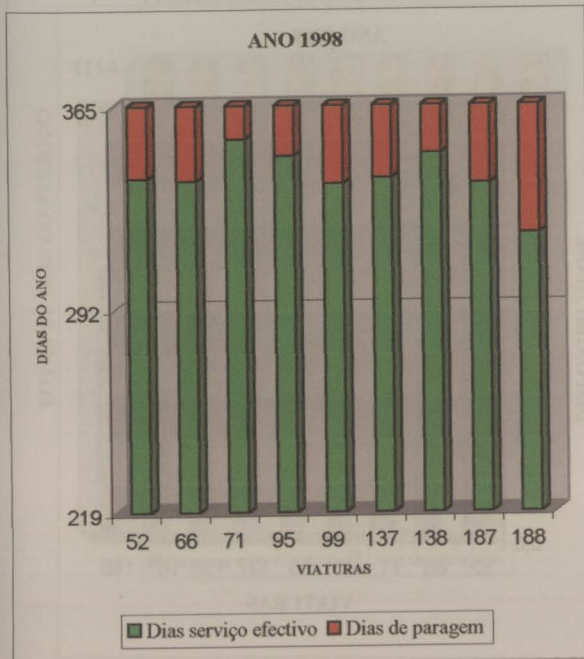
MÓVEL N.º	N.º AVARIAS	DIAS DE PARAGEM	DIAS SERVIÇO EFECTIVO	TAXA AVARIAS	MTBF	DISPONIBILIDADE
52	2	36	329	0,00608	164	0,9011
66	1	28	337	0,00297	337	0,9233
71	1	23	342	0,00292	342	0,9369
95	1	25	340	0,00294	340	0,9315
99	1	14	351	0,00284	351	0,9616
137	1	14	351	0,00284	351	0,9616
138	1	21	344	0,00290	344	0,9425
187	1	14	351	0,00284	351	0,9616
188	1	15	350	0,00285	350	0,9589
MÉDIA						0,9421





Quadro 3.5 – Resumo do Registo de Avarias entre 98JAN01 e 98DEZ31 num total de 365 dias.

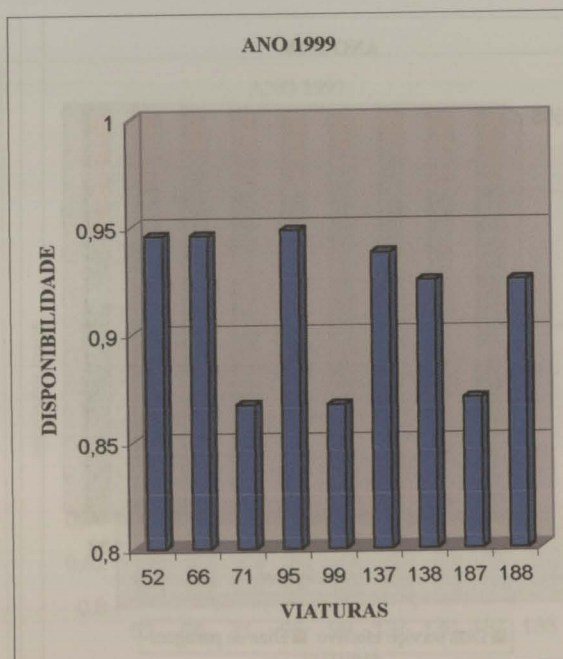
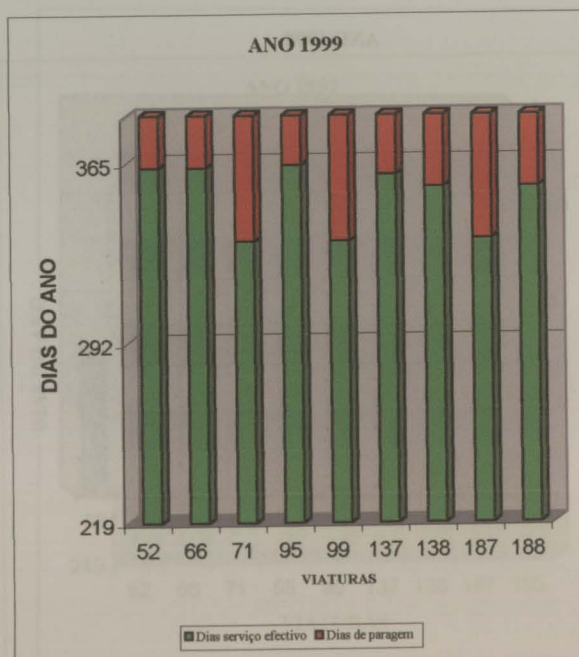
MÓVEL N.º	N.º AVARIAS	DIAS DE PARAGEM	DIAS SERVIÇO EFECTIVO	TAXA AVARIAS	MTBF	DISPONIBILIDADE
52	1	26	339	0,00294	339	0,9287
66	1	27	338	0,00295	338	0,9260
71	1	12	353	0,00283	353	0,9671
95	1	18	347	0,00288	347	0,9507
99	1	28	337	0,00296	337	0,9233
137	1	26	339	0,00294	339	0,9287
138	1	17	348	0,00287	348	0,9534
187	1	28	337	0,00296	337	0,9233
188	2	46	319	0,00626	159	0,8736
MÉDIA						0,9305





Quadro 3.6 – Resumo do Registo de Avarias entre 99JAN01 e 00JAN19 num total de 384 dias.

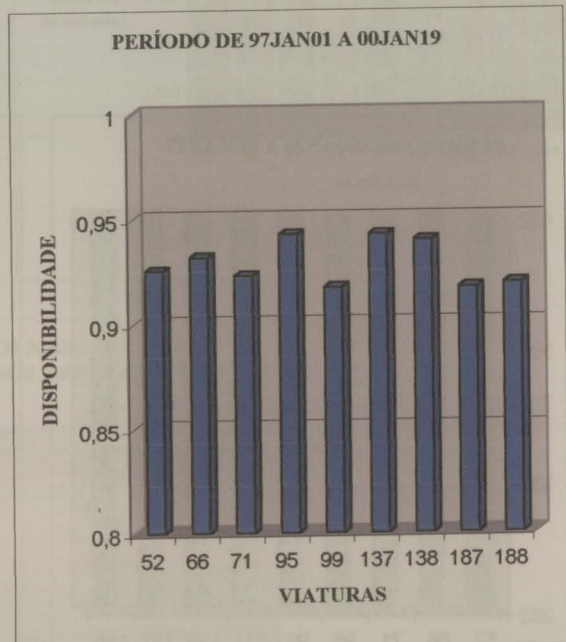
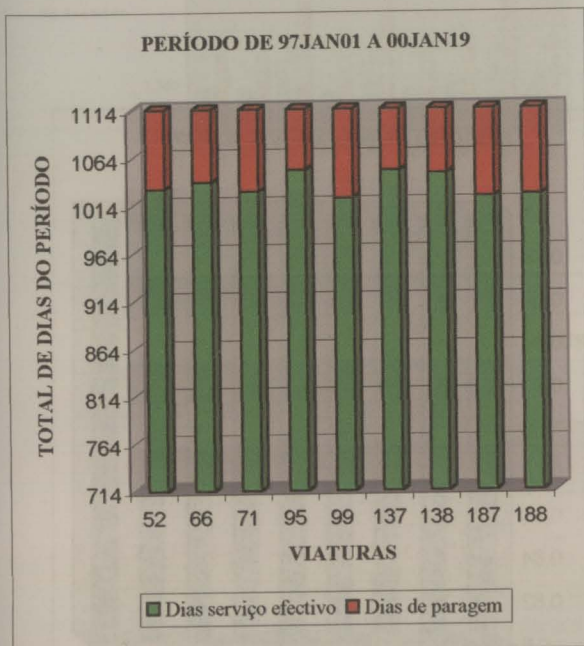
MÓVEL N.º	N.º AVARIAS	DIAS DE PARAGEM	DIAS SERVIÇO EFECTIVO	TAXA AVARIAS	MTBF	DISPONIBILIDADE
52	1	21	363	0,00275	363	0,9453
66	1	21	363	0,00275	363	0,9453
71	2	51	333	0,00600	166	0,8668
95	1	20	364	0,00274	364	0,9479
99	2	51	333	0,00600	166	0,8668
137	1	24	360	0,00277	360	0,9375
138	1	29	355	0,00281	355	0,9244
187	2	50	334	0,00598	167	0,8697
188	1	29	355	0,00281	355	0,9244
MÉDIA						0,9142





Quadro 3.7 – Resumo do Registo de Avarias entre 97JAN01 e 00JAN19, num total de 1114 dias.

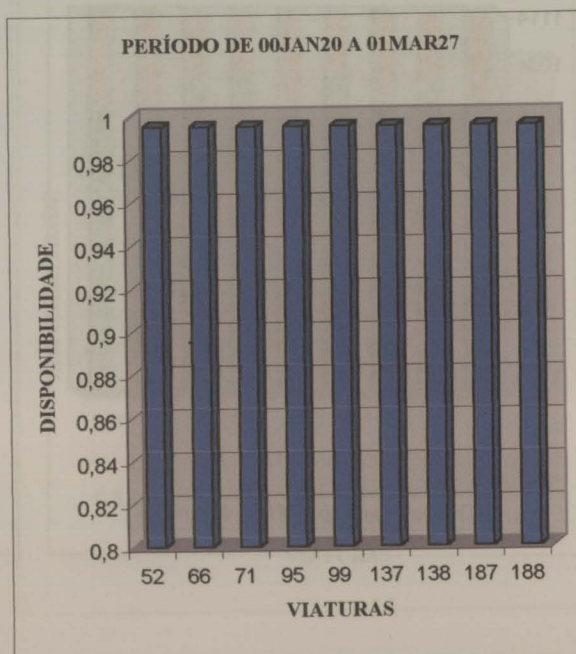
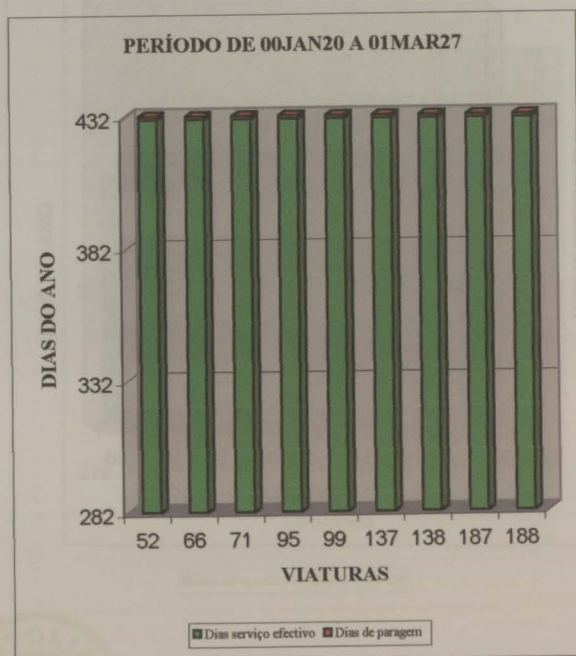
MÓVEL N.º	N.º AVARIAS	DIAS DE PARAGEM	DIAS SERVIÇO EFECTIVO	TAXA AVARIAS	MTBF	DISPONIBILIDADE
52	4	83	1031	0,00387	257	0,9252
66	3	76	1038	0,00289	346	0,9317
71	4	86	1028	0,00389	257	0,9228
95	3	63	1051	0,00285	350	0,9425
99	4	93	1021	0,00391	255	0,9172
137	3	64	1050	0,00285	350	0,9425
138	3	67	1047	0,00286	349	0,9398
187	4	92	1022	0,00391	255	0,9172
188	4	90	1024	0,00390	256	0,9192
MÉDIA					297	0,9286





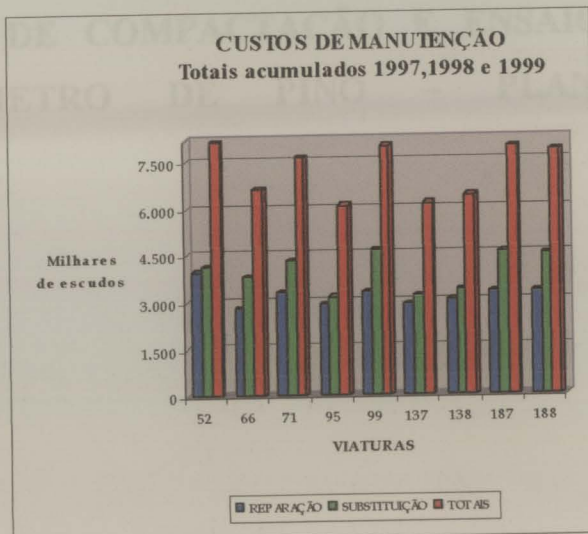
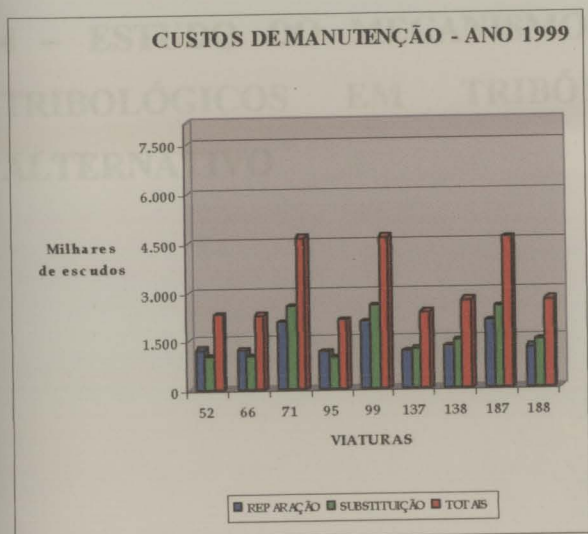
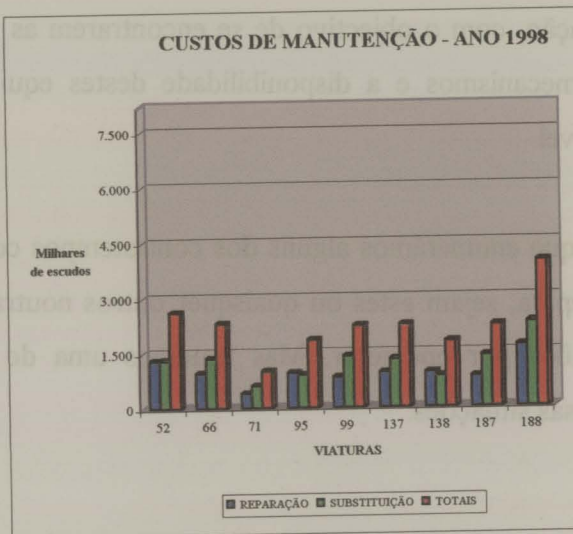
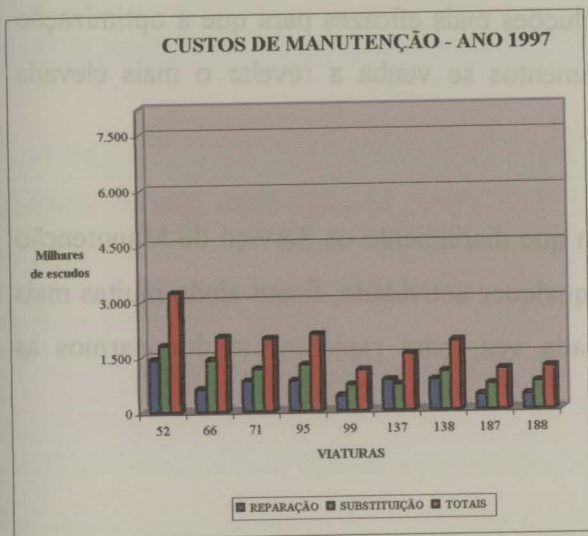
Quadro 3.8 - *Resumo do Registo de Avarias entre 00JAN20 e 01MAR27 num total de 432 dias, após alteração do projecto inicial.*

MÓVEL N.º	N.º AVARIAS	DIAS DE PARAGEM	DIAS SERVIÇO EFECTIVO	TAXA AVARIAS	MTBF	DISPONIBILIDADE
52	1	2	430	0,00232	430	0,9954
66	1	2	430	0,00232	430	0,9954
71	1	2	430	0,00232	430	0,9954
95	1	2	430	0,00232	430	0,9954
99	1	2	430	0,00232	430	0,9954
137	1	2	430	0,00232	430	0,9954
138	1	2	430	0,00232	430	0,9954
187	1	2	430	0,00232	430	0,9954
188	1	2	430	0,00232	430	0,9954
MÉDIA						0,9954





Quadro 3.9 – Gráficos Comparativos dos Custos de Manutenção, de acordo com o Quadro A.3.





Em conclusão, somos de opinião que uma viatura de R.R.S.U. deverá estar em permanente evolução, com o objectivo de se encontrarem as soluções mais eficazes para que a optimização dos mecanismos e a disponibilidade destes equipamentos se venha a revelar o mais elevada possível.

E já que enumerámos alguns dos contratempos com que diariamente os Serviço de Manutenção se depara, sejam estes ou quaisquer outros noutra qualquer actividade, ficam ainda muitas mais questões por enumerar. Mas tratemos uma de cada vez, para rapidamente dominarmos as diversas situações.



4 - ESTUDO DO MECANISMO DE COMPACTAÇÃO E ENSAIOS TRIBOLÓGICOS EM TRIBÓMETRO DE PINO - PLANO ALTERNATIVO



(Página intencionalmente em branco)



O mecanismo de compactação em estudo é um mecanismo simples, mas ao mesmo tempo robusto, instalado no interior da viseira da superestrutura da viatura, e composto por dois órgãos fundamentais, articulados entre si.

O primeiro é montado na parte superior, possui uma secção rectangular e é designado por charriot, no qual se articula, na sua parte inferior, a placa de compressão, de secção trapezoidal, esta dotada de um movimento angular com uma amplitude útil de 120° .

Todo o mecanismo é accionado por meios hidráulicos e apoiado em roletes de aço na qualidade de material 34 Cr Ni Mo 6, que rodam (deslizam) sobre barras de aço normalmente designadas por guias de deslizamento, cujo material ao longo do período em estudo, que decorreu entre o início de 1997 e o final do primeiro trimestre de 2000, tem sofrido alterações de qualidade, sendo de origem montadas em St 52.3, e como alternativa montadas na qualidade de "Hardox 400".

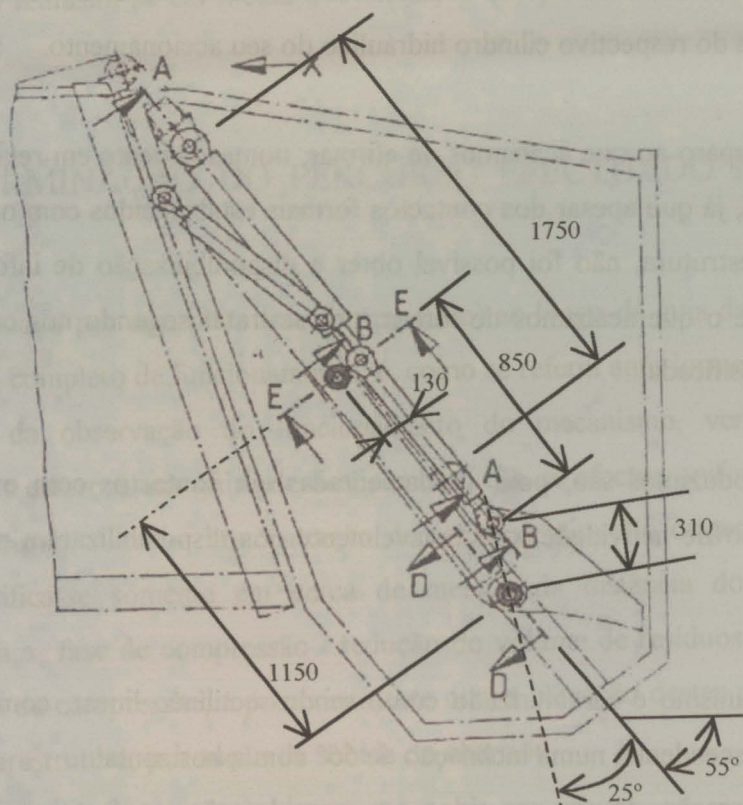


Figura 4.1 – Vista lateral da viseira mostrando o mecanismo de compactação, com apresentação das dimensões geométricas necessárias para os cálculos.

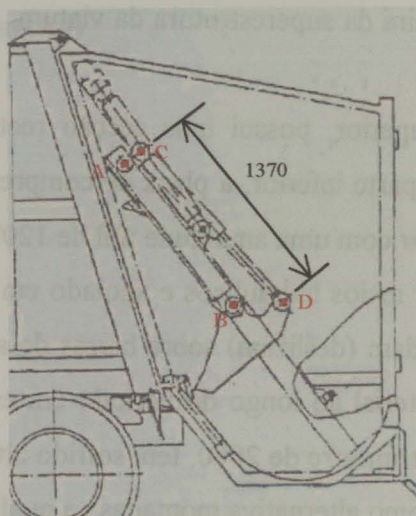


Figura 4.2 – Vista lateral da viseira mostrando a placa de compressão fechada, e a cota máxima do respectivo cilindro hidráulico do seu accionamento.

Cabe aqui deixar um reparo ao que acabamos de afirmar, nomeadamente em relação à qualidade do material dos roletes, já que apesar dos contactos formais estabelecidos com o representante e montador desta superestrutura, não foi possível obter a disponibilização de informação técnica credível que suportasse o que acabamos de referir, por se tratar segundo nos comunicaram, de informação técnica classificada...!

As afirmações que produzimos são, pois, fundamentadas em contactos com outras entidades, ligadas ao mesmo ramo de actividade, que amavelmente nos disponibilizaram os seus manuais técnicos de produção.

O movimento do mecanismo é caracterizado como sendo rectilíneo linear, com deslocação no sentido ascendente / descendente, numa inclinação de 55° com a horizontal.

Nas condições de operação devem ser tidos em consideração os factores climatéricos do momento, já que toda a actividade se desenvolve ao ar livre, durante três turnos diários, todos os dias do ano.

Este mecanismo efectua um ciclo completo de funcionamento de subida / descida, em média durante 24 segundos, a que corresponde uma distância total de 1 410 mm.



Os tempos de realização das diferentes fases do ciclo de compactação, (Capítulo 2), são:

- Abertura da placa de compressão – 4 segundos;
- Descida do charriot – 6 segundos;
- Fecho da placa de compressão – 6 segundos;
- Subida do charriot – 8 segundos.

O número médio de contentores a recolher durante cada turno de trabalho é de 230 unidades, correspondendo, portanto, a um total diário de 690 unidades.

Contudo, esta situação é rapidamente alterada se atendermos a que o período médio de trabalho de cada viatura não ultrapassa as quatro horas por turno, o que, em conjugação com a preferência dos trabalhadores em operar com os sistemas em ciclo contínuo, vai determinar que o número efectivo de ciclos seja significativamente aumentado. Assim, durante aquele período de trabalho, e por cada turno realizam-se em média 600 ciclos, o que perfaz um total diário de 1800 ciclos por viatura.

4. 1 – DETERMINAÇÃO DO PERCURSO EFECTUADO PELOS ROLETES OU CUBOS.

O percurso efectuado por um rolete (ou por um cubo) ao longo da guia de apoio e deslizamento durante um ciclo completo de funcionamento, é, como se referiu anteriormente, de 1410 mm.

No entanto, e da observação do funcionamento do mecanismo, verifica-se que a maior concentração dos esforços nas guias de deslizamento não se efectua uniformemente ao longo de todo aquele percurso. A maior concentração de esforços, que dão origem à falha funcional do mecanismo, verifica-se somente em cerca de metade da distância do percurso de subida, iniciando-se com a fase de compressão / redução do volume de resíduos na cuba por acção da rotação da placa de compressão, e posteriormente com a elevação destes para o interior da caixa de carga da superestrutura, por acção da subida do charriot.

Podemos, então, definir que o tempo de realização do percurso, efectuado em carga e sob as condições mais desfavoráveis, correspondente a metade do curso da haste do cilindro do charriot, ou seja de 350 mm / ciclo de deslocamento do charriot, é de 4 segundos, pelo que podemos extrapolar estes valores e resumi-los no Quadro 4.1.



Quadro 4.1 – *Percurso Efectuado pelos Roletes.*

Período considerado	Distância percorrida
Por dia	$350 \times 1800 = 630\,000 \text{ mm} = \mathbf{0,630 \text{ Km}}$
Por mês	$0,630 \times 30 = \mathbf{18,9 \text{ Km}}$
Por ano (considerou-se 360 dias úteis)	$0,630 \times 360 = \mathbf{226,8 \text{ Km}}$

4.2 - PROGRAMAÇÃO DO TRIBÓMETRO PINO - PLANO ALTERNATIVO

De acordo com a descrição do manual de funcionamento do tribómetro [20], de pino / plano alternativo, marca Budenberg; modelo TE67, s / n.º 22728/278/9, disponível no Laboratório do CETRIB - INEGI, instalado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, DEMEGI, este possui um percurso útil com movimento alternativo de: $25 + 50 + 25 = 100 \text{ mm}$, por rotação.

Assim, e para simular o percurso de 350 mm, são necessários:

$350 : 100 = 3,5$ rotações no tribómetro de pino – plano alternativo, ou seja, teremos 3,5 rotações realizadas em 4 segundos, pelo que durante um minuto ($60 : 4 = 15$) realizar-se-ão 15 percursos em carga, aos quais corresponderão ($15 \times 3,5 = 52,5 \cong 52$), 52 r.p.m., no tribómetro de pino – plano alternativo, ou de outro modo ($52 \times 100 = 5200$) a 5200 mm por minuto de ensaio.

Podemos, a partir daqui, calcular os tempos de simulação dos correspondentes percursos em carga (350 mm / ciclo) efectuados por um rolete (ou cubo), ao longo da guia de deslizamento por períodos considerados, e resumi-los no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – *Tempo de Simulação do Percurso em Carga Efectuado pelos Roletes.*

Período considerado	Período de ensaio
Por dia	$630 : 5,2 = 121 \text{ minutos} \Leftrightarrow \mathbf{2 \text{ horas e } 1 \text{ minuto.}}$
Por mês	$121 \times 30 = 3630 \text{ minutos} \Leftrightarrow \mathbf{2 \text{ dias, } 12 \text{ horas e } 30 \text{ minutos.}}$
Por ano (considerado 360 dias úteis)	$121 \times 360 = 43560 \text{ minutos} \Leftrightarrow \mathbf{30 \text{ dias e } 6 \text{ horas.}}$

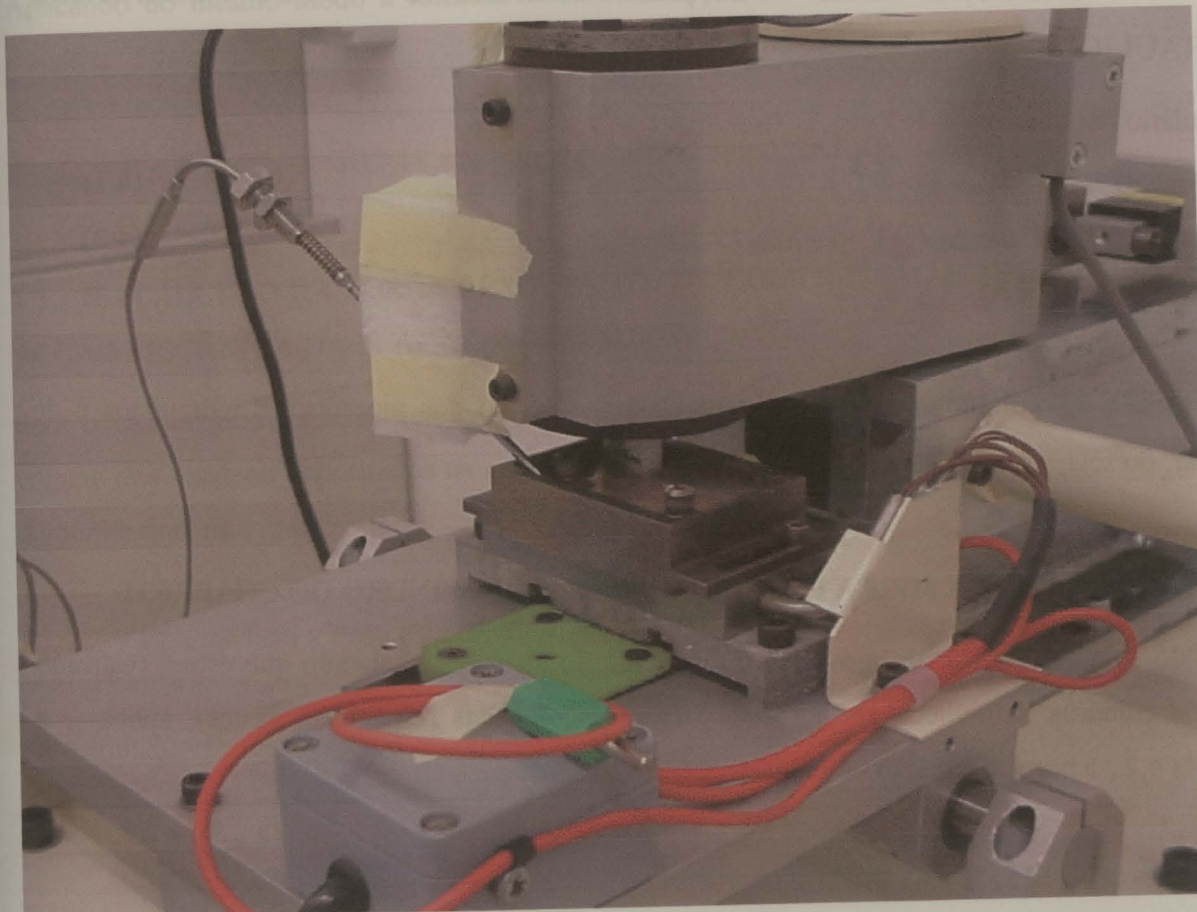


Figura 4.3 – Tribómetro de pino – plano alternativo instalado no Laboratório do CETRIB-FEUP, onde foram realizados os ensaios de desgaste com o novo par tribológico (CK 45; 6 PLA).

4.3 – CÁLCULO DA FORÇA DE COMPRESSÃO NO CONTACTO ENTRE OS ROLETES OU CUBOS E A GUIA DE DESLIZAMENTO.

Do Capítulo 2 retiramos os valores necessários aos cálculos para a determinação dos esforços envolvidos nos contactos entre os roletes (ou cubos) e as guias de deslizamento durante o seu funcionamento em carga, como sejam: a pressão hidráulica de serviço do sistema, as dimensões dos cilindros do charriot e da placa de compressão, as dimensões dos cubos, o peso próprio do conjunto, as capacidades máxima e mínima da cuba, e o peso específico médio dos resíduos.



4.3.1 – CÁLCULO DAS FORÇAS EXERCIDAS PELOS CILINDROS HIDRÁULICOS.

Formulário necessário:

$$A_1 (\text{avanço}) = \pi [(\varnothing_{\text{cilindro}} / 2)^2]; \quad (4.1)$$

$$A_2 (\text{reco}) = \pi [(\varnothing_{\text{cilindro}} / 2)^2 - (\varnothing_{\text{haste}} / 2)^2]; \quad (4.2)$$

$$\text{Força} \Rightarrow F_{\text{máx}} = P \times A_n. \quad (4.3)$$

Do Capítulo 2, retiramos que a pressão máxima de serviço dos mecanismos hidráulicos é de 175 bar, ou seja, 17,15 MPa \equiv (N / mm²).

4.3.1.1 – CÁLCULO DA FORÇA EXERCIDA POR CADA CILINDRO DO CHARRIOT

Tratando-se em particular do movimento de subida do charriot, e sabendo que este é realizado com os cilindros hidráulicos em acção negativa, (recolha das respectivas hastes), aplica-se a formula 4.2., e por substituição de valores, obtemos:

$$A_{2 \text{ charriot}} = \pi [(115 / 2)^2 - (65 / 2)^2] = 7068 \text{ mm}^2 = 7068 \times 10^{-6} \text{ m}^2.$$

Aplicando agora a formula 4.3, obtemos para a força máxima aplicada pelos dois cilindros, o valor de:

$$F_{2 \text{ charriot}} = P \times A_{2 \text{ charriot}} \times 2 \Rightarrow 17,15 \times 7068 \times 2 = 242432 \text{ N} \equiv 24738 \text{ Kgf.}$$

4.3.1.2 – CÁLCULO DA FORÇA EXERCIDA POR CADA CILINDRO DA PLACA DE COMPRESSÃO

Para os cilindros da placa de compressão aplicamos a formula 4.1, porque o movimento é realizado com a haste em acção positiva, pelo que substituindo valores, obtemos:

$$A_{1 \text{ placa}} = \pi [(90 / 2)^2] = 6362 \text{ mm}^2 = 6362 \times 10^{-6} \text{ m}^2;$$



Aplicando do mesmo modo a formula 4.3, obtemos para a força máxima aplicada pelos dois cilindros, o valor de:

$$F_{1\text{placa}} = P \times A_{1\text{placa}} \times 2 \Rightarrow 17,15 \times 6362 \times 2 = 218217 \text{ N} \equiv 22267 \text{ Kgf.}$$

4.3.1.3 – CÁLCULO DA FORÇA RESULTANTE DA COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS POR ACÇÃO MECÂNICA DA PLACA DE COMPRESSÃO.

Para o cálculo dos esforços desenvolvidos durante a acção de compactação para redução do volume dos resíduos depositados na cuba, consideramos o valor médio do seu peso específico, e o volume final na cuba:

$$F_{\text{resíduos}} = \text{Volume final} \times \text{Peso específico.}$$

Substituindo valores, obtemos:

$$F_{\text{resíduos}} = 0,8 \text{ m}^3 \times 550 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 440 \text{ Kg} \Leftrightarrow 4312 \text{ N.}$$

4.3.1.4 – DETERMINAÇÃO DOS ÂNGULOS DO MECANISMO DE COMPACTAÇÃO

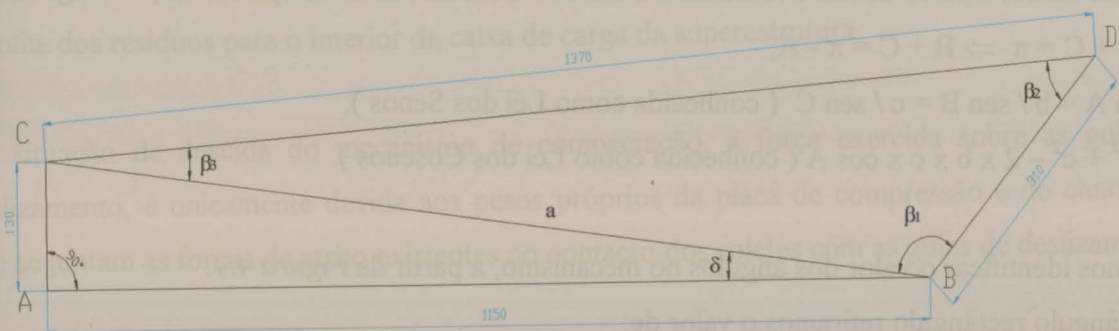


Figura 4.4 – Representação esquemática dos pontos de apoio dos roletes e dos cilindros hidráulicos da placa de compressão e respectivas cotas.



Das leis dos triângulos rectângulos, sabe-se que para a sua resolução é necessário conhecer dois dos seus elementos, visto que um terceiro é conhecido e perfeitamente definido, ($\neq 90^\circ$), pelo que podemos retirar as seguintes expressões:

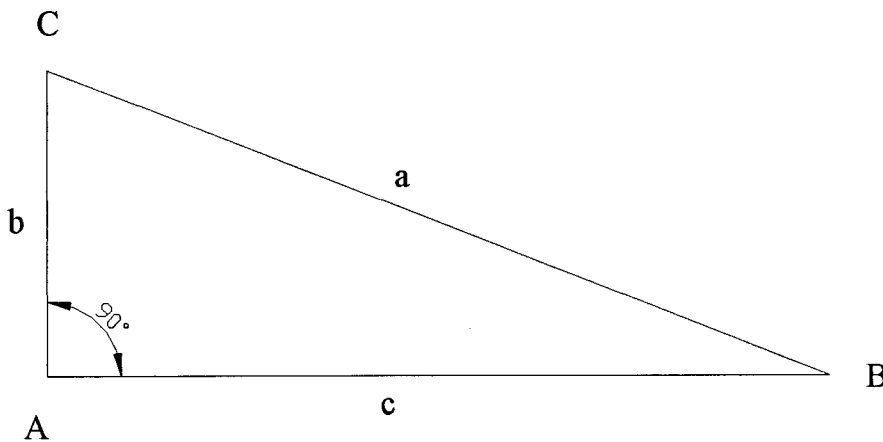


Figura 4.5 – Triângulo trigonométrico.

$$\begin{aligned}
 a^2 &= b^2 + c^2; & c &= a \times \sin C; \\
 A &= \pi / 2; & c &= a \times \cos B; \\
 b &= c \times \operatorname{tg} B; & b &= a \times \sin B; \\
 b &= c \times \operatorname{cotg} C; & b &= a \times \cos C.
 \end{aligned}$$

De igual modo, a partir da Lei dos Senos e a Lei dos Cosenos, definidas pelas relações seguintes:

$$A + B + C = \pi \Rightarrow B + C = \pi - A;$$

$$a / \sin A = b / \sin B = c / \sin C \text{ (conhecida como Lei dos Senos);}$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \times b \times c \times \cos A \text{ (conhecida como Lei dos Cosenos).}$$

Podemos identificar o valor dos ângulos no mecanismo, a partir da *Figura 4.4*.

Do triângulo rectângulo retiramos o valor de:

$$a = \sqrt{130^2 + 1150^2} = 1157,3$$



e o valor do ângulo δ , pela expressão:

$$a \times \cos \delta = 1150, \text{ logo:}$$

$$\delta = \arcsin 1150 / a = 6,4^\circ \cong 6^\circ.$$

A partir da Lei dos Cosenos, determinamos o valor de β_1 :

$$1370^2 = 310^2 + 1157,3^2 - 2 \times 310 \times 1157,3 \cos \beta_1 \Rightarrow \cos \beta_1 = -0,61525, \text{ ou seja, } \beta_1 \cong 128^\circ.$$

e identificamos o valor do ângulo: $\delta + \beta_1 = 134^\circ$.

Do mesmo modo, pela Lei dos Senos, determinamos o valor de β_3 :

$$310 / \sin \beta_3 = 1370 / \sin \beta_1 \Rightarrow \sin \beta_3 = 310 / 1370 \times \sin \beta_1 = 0,1783, \text{ ou seja, } \beta_3 \cong 10^\circ.$$

E finalmente, determinamos o valor de β_2 :

$$\beta_2 = 180 - \beta_1 - \beta_3 \cong 42^\circ.$$

4.3.2 - ACTUAÇÃO DO MECANISMO DE COMPACTAÇÃO

Na *Figura 2.11*, identificámos as cotas da secção transversal da placa de compressão, pelo que, em conjugação com os valores dos ângulos anteriormente calculados, apresentamos na *Figura 4.6* um esboço simplificado do mecanismo, permitindo a partir de agora a determinação dos esforços exercidos pela própria placa durante a acção de compressão dos resíduos contra a parede interior do charriot, no fundo e traseira da cuba e durante o movimento de elevação e recolha dos resíduos para o interior da caixa de carga da superestrutura.

Na situação de descida do mecanismo de compactação, a força exercida sobre as guias de deslizamento, é unicamente devida aos pesos próprios da placa de compressão e do charriot, a que se juntam as forças de atrito existentes no contacto dos roletes com as guias de deslizamento.

Estas forças, actuando exclusivamente pela acção da força da gravidade, não contribuem com acréscimos significativos para o estudo em curso, já que, fisicamente, se manifestam em



oposição às forças que são efectivamente responsáveis pela falha dos componentes que estamos a avaliar.

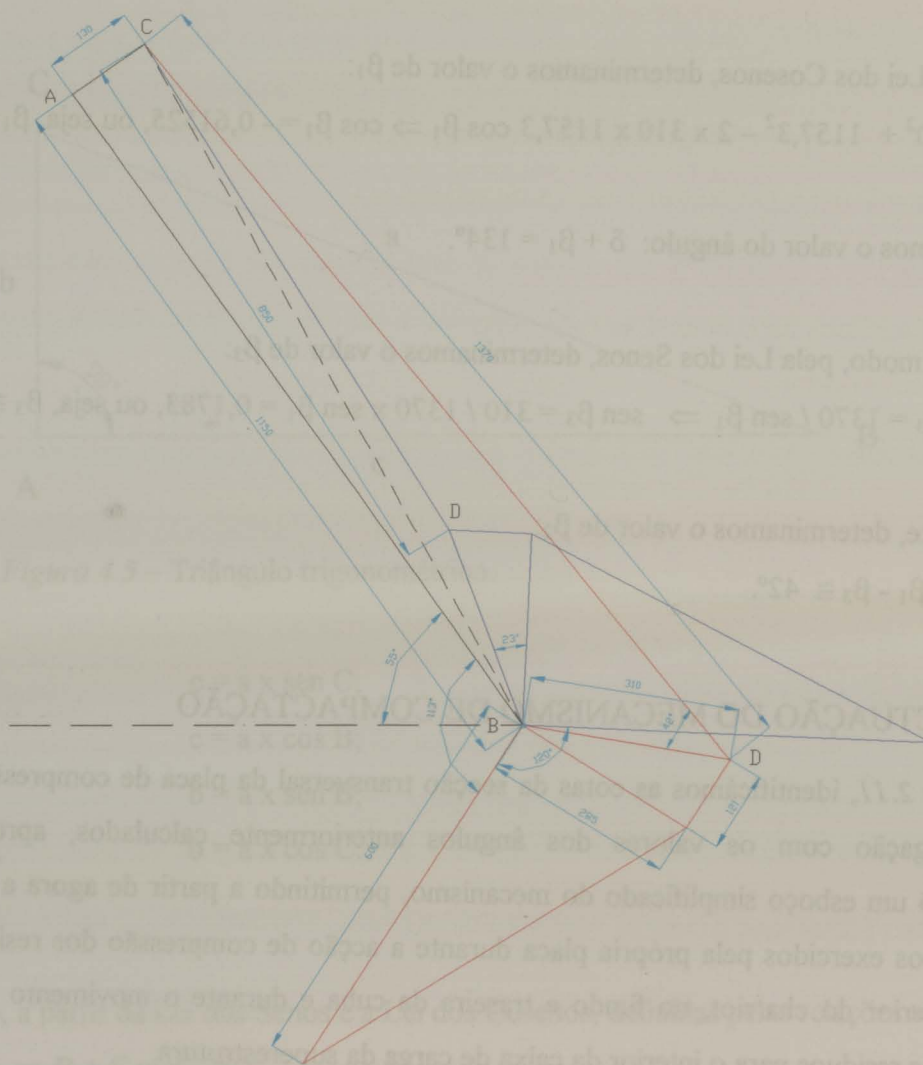


Figura 4.6 – Diagrama do mecanismo de compactação, podendo identificar-se o valor do ângulo útil desenvolvido durante o funcionamento da placa de compressão (a azul na posição de aberta e a vermelho na posição de fechada).

Efectivamente, e após verificações realizadas às zonas inferiores das guias de deslizamento, conforme se pode ver na *Figura 4.7*, estas, quando comparadas com os componentes em estudo, não revelam desgastes significativos, pelo que não se justifica, de momento, o seu estudo.



Figura 4.7 - Parte inferior da guia de deslizamento em bom estado de conservação.

Apesar de, ao longo das diferentes fases do ciclo de compactação (abertura da placa de compressão; descida e esmagamento dos resíduos depositados na cuba; rotação da placa sobre os mancais continuando a comprimir os resíduos; fecho da placa de compressão; e subida do conjunto do charriot e da placa) as forças exercidas no contacto entre os roletes e as guias de deslizamento sofrerem variações significativas, iremos contudo considerar somente as mais importantes para determinação do seu valor, desde o início da compressão dos resíduos até à conclusão da subida do mecanismo de compactação.

Atendendo à heterogeneidade dos resíduos, a força hidráulica máxima disponível só eventualmente será utilizada quando se verificarem determinadas situações pontuais, como por exemplo: elevada densidade dos resíduos, resíduos demasiado volumosos, com estruturas ou geometrias mais ou menos indeformáveis, a que corresponderão os maiores esforços no mecanismo. Caso contrário, as forças em jogo devem-se somente à compressão normal dos resíduos.



4.3.2.1 – ESFORÇOS DESENVOLVIDOS DURANTE A COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS POR ACÇÃO DA ROTAÇÃO DA PLACA DE COMPRESSÃO.

A acção de compressão dos resíduos na cuba é realizada em dois passos sucessivos.

O primeiro, muito embora desenvolvendo esforços na parte superior das guias de deslizamento laterais e nos roletes, não é, em nossa opinião, o principal responsável pela degradação dos componentes em estudo.

O segundo movimento, este sim, iniciado com a rotação da placa, continua a comprimir os resíduos, sendo o responsável pela redução do respectivo volume para metade, exercendo esforços cuja resultante se manifesta na parte superior das guias de deslizamento, através do contacto do rolete. Até à conclusão do curso da rotação da placa de compressão, os esforços manifestam-se, segundo um contacto idealmente linear, entre as superfícies do rolete e da guia de deslizamento. Evidentemente, que aqui não são consideradas as acções de deformação nos respectivos materiais e que decerto se irão manifestar. O que se pretende realçar são os valores das cargas efectivamente verificadas nesta posição e ao longo de toda a secção.

O contacto tribológico, nesta circunstância, atinge certamente valores bastante elevados, conforme se documenta na *Figura 4.8*.



Figura 4.8 – Desgaste abrasivo. Degradação no contacto linear dos roletes devido aos esforços envolvidos e às condições de serviço.

Sendo, normalmente, heterogénea a distribuição dos resíduos na cuba e sobre a placa de compressão, pode, contudo, a carga respectiva ser considerada como uniformemente distribuída, situando-se o seu ponto de aplicação a meio da referida placa.



Para o cálculo dos esforços verificados durante a rotação da placa para compressão dos resíduos, temos, segundo os diagramas das figura 4.4 e 4.6, o seguinte equilíbrio de momentos:

$$\Sigma M_B = F \times \sin \beta_2 \times 0,31 - Q \times 0,3 = 0, \text{ e substituindo valores obtemos:}$$

$$\Sigma M_B = 218217 \times \sin 42^\circ \times 0,31 - Q \times 0,3 = 0, \text{ donde:}$$

$$Q = 150882 \text{ N/m}^2.$$

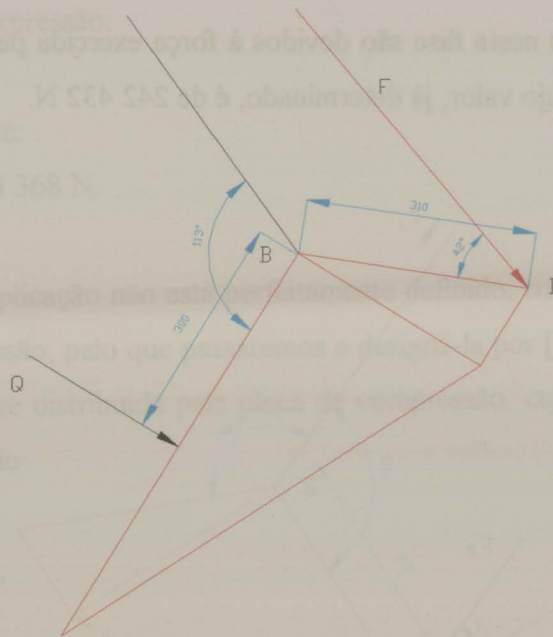


Figura 4.9 – Diagrama parcial do mecanismo de compactação identificando o sentido e o ponto de aplicação [D] da força [F] exercida pelo cilindro hidráulico da placa de compressão, responsável pela sua rotação no mancal [B].

O valor de [Q] terá tendência a aumentar, a partir do momento em que se iniciar o percurso de subida do charriot, não só devido à acção continuada da pressão exercida pela placa de compressão, mas também pela pressão acrescida, e que é devida à subida do charriot. Este facto determina um acréscimo na compressão dos resíduos transportados pela placa, mas que também se vai reflectir sobre a área de contacto dos resíduos com o charriot.

Não são aqui considerados os esforços resultantes do contacto com os resíduos armazenados anteriormente na caixa de recolha, em especial no final dos circuitos.

4.3.2.2 – FORÇAS EXERCIDAS NA PARTE INTERNA DA PLACA DE COMPRESSÃO, DEVIDO À COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS, E POR ACTUAÇÃO DOS CILINDROS DE ELEVAÇÃO DO CHARRIOT.

Conforme referido no parágrafo anterior, a partir do momento em que fique concluído o movimento de rotação da placa de compressão, inicia-se logo outro de imediato, que consiste na subida do conjunto do charriot e da placa de compressão, arrastando e elevando os resíduos comprimidos, na fase anterior, para o interior da caixa de carga da superestrutura.

Os esforços desenvolvidos nesta fase são devidos à força exercida pelos hidráulicos do charriot, na sua acção de recolha, cujo valor, já determinado, é de 242 432 N.

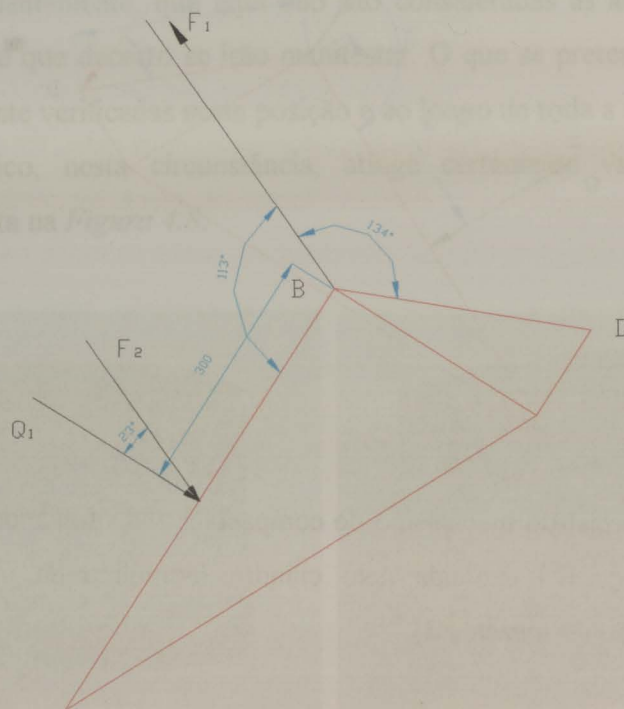


Figura 4.10 – Diagrama parcial do mecanismo de compactação identificando o sentido e o ponto de aplicação [B] da força [F_1] exercida pelo cilindro hidráulico do charriot, responsável pela elevação do charriot e da placa de compressão, em conjunto com a carga [Q] resultante da compressão dos resíduos.



Da leitura dos diagramas das *Figuras 4.9 e 4.10*, podemos concluir que o valor da carga [Q] resultante da acção de rotação da placa de compressão se irá distribuir, mais ou menos uniformemente, por toda a área interior da placa, que passamos a designar por Q_1 .

O seu valor é determinado em função da resultante da força de elevação dos hidráulicos do charriot.

O valor da carga F_1 é igual em valor absoluto, mas de sinal contrário à carga F_2 , a qual se distribuí pela área da placa de compressão.

O valor da carga exercida pelos resíduos durante a elevação do charriot, designado por $[Q_1]$, é obtido a partir da seguinte expressão:

$$F_1 = F_2 = Q_1 \times \cos 23^\circ, \text{ donde:}$$

$$Q_1 = 242432 / \cos 23^\circ = 263\,368 \text{ N.}$$

Esta carga, cujo ponto de aplicação não está perfeitamente definido, transmite-se por toda a área interior da placa de compressão, pelo que passaremos a designá-la por $[q_1]$, *Figura 4.11*. Trata-se de uma carga uniformemente distribuída pela placa de compressão, cujo valor será determinado a partir da seguinte expressão:

$$q_1 = Q_1 / \text{Área útil da placa,}$$

e substituindo valores, obtemos:

$$q_1 = 263\,368 / (2,06 \times 0,6) = 213\,081 \text{ N/m}^2.$$

A partir do diagrama da *Figura 4.11*, podemos então calcular a força exercida na parte interior do charriot, na área onde os resíduos contactam, resultante da acção de compressão dos resíduos e da acção conjugada proveniente da subida do charriot, e que é em tudo semelhante à que se manifesta na placa de compressão. Designamo-la por $[f_2]$ e obtém-se da expressão:

$$f_2 = q_1 \times \text{Área de contacto dos resíduos no charriot,}$$

$$f_2 = 213\,081 \times (2,08 \times 0,35) = 155\,123 \text{ N.}$$

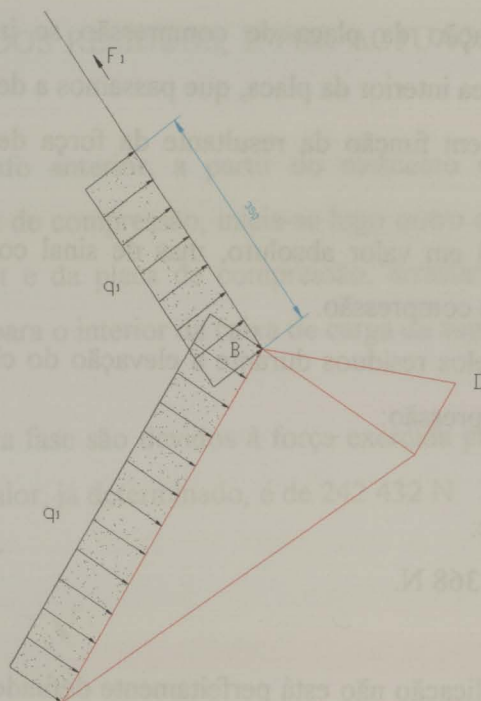


Figura 4.11 – Diagrama identificando as cargas distribuídas na placa de compressão e no charriot.

4.3.2.3 – CÁLCULO DAS FORÇAS EXERCIDAS NOS ROLETES

Conhecidos que são os valores das cargas envolvidas no funcionamento do conjunto do charriot e da placa de compressão, e identificada a sua posição relativa, como mostra o diagrama da Figura 4.12, podemos então determinar os valores das forças máximas exercidas nos roletes superior e inferior do charriot, a partir dos somatórios segundo o eixo dos xx' e dos momentos em B.

Assim, temos:

$$\sum F (xx') = F_A - F_B + f_2 + Q_1 \times \text{sem } 23^\circ = 0, \text{ e,}$$

$$\sum M_B = Q_1 \times 0,3 - f_2 \times 0,175 - F_A \times 1,15 = 0.$$

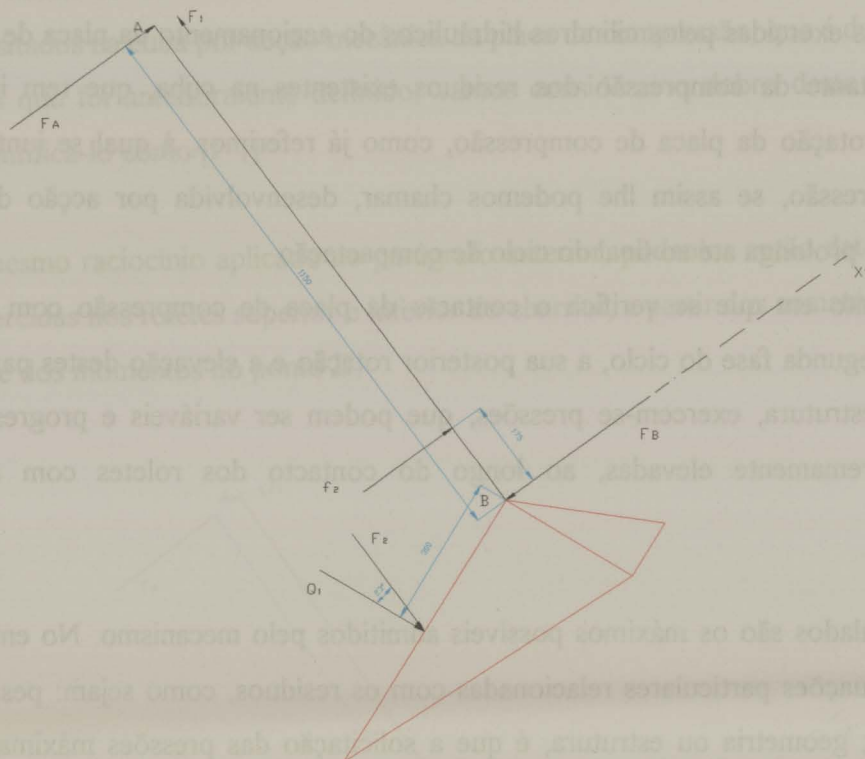


Figura 4.12- Diagrama identificando o posicionamento das cargas que actuam nos roletes.

Do somatório dos momentos em B retiramos o valor de F_A :

$$\Sigma M_B = 263\,368 \times 0,3 - 155\,123 \times 0,175 - F_A \times 1,15 = 0, \text{ donde,}$$

$$F_A = 45\,099 \text{ N.}$$

Do somatório das forças segundo o eixo dos xx' , retiramos o valor de F_B :

$$\Sigma F (xx') = 45\,099 - F_B + 155\,123 + 263\,368 \times \text{sen } 23^\circ = 0, \text{ donde,}$$

$$F_B = 303\,128 \text{ N.}$$

Nos cálculos efectuados, temos considerado que os esforços se devem aos pares dos cilindros hidráulicos, portanto transmitindo essas forças aos pares de roletes, respectivamente.

Logo, o valor da carga transmitida a um dos roletes inferiores será, portanto, metade do valor anteriormente determinado, ou seja de: 151 564 N.

Os esforços desenvolvidos nos roletes inferiores do charriot, identificados pelo ponto B, são devidos às forças exercidas pelos cilindros hidráulicos do accionamento da placa de compressão, à reacção resultante da compressão dos resíduos existentes na cuba, que tem início com o movimento de rotação da placa de compressão, como já referimos, à qual se junta uma outra acção de compressão, se assim lhe podemos chamar, desenvolvida por acção da subida do charriot e que se prolonga até ao final do ciclo de compactação.

Desde o momento em que se verifica o contacto da placa de compressão com os resíduos, designada por segunda fase do ciclo, a sua posterior rotação e a elevação destes para a caixa de carga da superestrutura, exercem-se pressões, que podem ser variáveis e progressivas, como pontuais e extremamente elevadas, ao longo do contacto dos roletes com as guias de deslizamento.

Os valores calculados são os máximos possíveis admitidos pelo mecanismo. No entanto, só em determinadas situações particulares relacionadas com os resíduos, como sejam: peso específico; heterogeneidade; geometria ou estrutura, é que a solicitação das pressões máximas de serviço serão utilizadas. O valor desta pressão máxima está perfeitamente definido e regulado; contudo, é possível proceder à sua alteração.

4.3.2.4 – DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS NOS ROLETES INFERIORES EQUIVALENTE À COMPRESSÃO DOS RESÍDUOS

Tendo em consideração o que foi descrito no parágrafo anterior e partindo do pressuposto que, durante as acções de recolha dos resíduos não surgem contratemplos inesperados, admite-se que os esforços envolvidos são normalmente inferiores aos que foram anteriormente determinados.

Para o seu cálculo deverá ter-se em consideração o valor da taxa de compactação, ou taxa de redução do volume, que, no caso em estudo, é de 2 para 1, bem como o valor médio do peso específico dos resíduos.

Assim, e para a realização de ensaios tribológicos, considerou-se ser necessária uma força equivalente ao dobro do peso dos resíduos, para proceder à redução para metade do seu volume inicial.



No parágrafo 4.3.1.3 foi calculado o valor correspondente à força resultante do peso próprio dos resíduos depositados na cuba por acção mecânica da placa de compressão, que é de 4 312 N.

Atendendo ao que foi anteriormente definido, vamos considerar o dobro deste valor, ou seja, 8 624 N, e identificá-lo como $[f'_{1}]$.

Seguindo o mesmo raciocínio aplicado no parágrafo anterior, podemos então determinar o valor das forças exercidas nos roletes superior e inferior do charriot, a partir dos somatórios, segundo o eixo dos xx' , e dos momentos no ponto B.

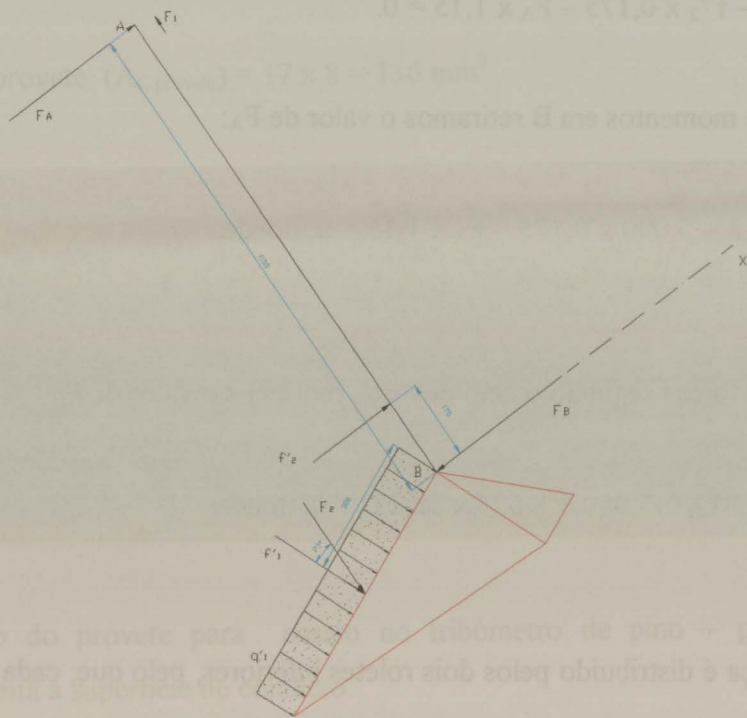


Figura 4.13 - Diagrama identificando a carga distribuída na placa de compressão.

Da consulta da *Figura 4.11*, podemos determinar a força exercida na parte interior do charriot, na área em que os resíduos efectivamente contactam, resultante da acção de compressão desses mesmos resíduos e da acção conjugada proveniente da subida do charriot, e que é em tudo semelhante à que se manifesta na placa de compressão. Designamo-la por $[f'_{2}]$, *Figura 4.13*, e o seu valor obtém-se a partir do cálculo da expressão seguinte:



$q'_1 = f'_1 / \text{Área de contacto dos resíduos na placa};$

$$q'_1 = 8\,624 / (2,06 \times 0,6) = 6\,977 \text{ N.}$$

E finalmente determinar:

$f'_2 = q'_1 \times \text{Área de contacto dos resíduos};$

$$f'_2 = 6\,977 \times (2,08 \times 0,35) = 5\,080 \text{ N.}$$

$$\Sigma F (xx') = F_A - F_B + f'_2 + f'_1 \times \text{sen } 23^\circ = 0, \text{ e,}$$

$$\Sigma M_B = f'_1 \times 0,3 - f'_2 \times 0,175 - F_A \times 1,15 = 0.$$

Do somatório dos momentos em B retiramos o valor de F_A :

$$\Sigma M_B = 8\,624 \times 0,3 - 5\,080 \times 0,175 - F_A \times 1,15 = 0, \text{ donde,}$$

$$F_A = 1\,477 \text{ N.}$$

Do somatório das forças segundo o eixo dos xx' , retiramos o valor de F_B :

$$\Sigma F (xx') = 1\,477 - F_B + 5\,080 + 8\,624 \times \text{sen}23^\circ = 0, \text{ donde,}$$

$$F_B = 9\,926 \text{ N.}$$

O valor desta força é distribuído pelos dois roletes inferiores, pelo que, cada um deles fica sujeito a metade, ou seja:

$$F'_B = 9\,926 / 2 = 4\,963 \text{ N.}$$



4.3.2.5 – DETERMINAÇÃO DO VALOR DA CARGA A INTRODUIR NO TRIBÓMETRO PINO – PLANO ALTERNATIVO.

No Capítulo 2 foram identificadas as características dos cubos de deslizamento para ensaio, cuja superfície de contacto tem as seguintes dimensões:

$$\text{Área de contacto do cubo } (A_{C \text{ cubo}}) = 123 \times 65 = 7995 \text{ mm}^2.$$

De igual modo, podemos determinar a área do contacto dos provetes em ensaio no tribómetro, que é de:

$$\text{Área de contacto do provete } (A_{C \text{ provete}}) = 17 \times 8 = 136 \text{ mm}^2.$$

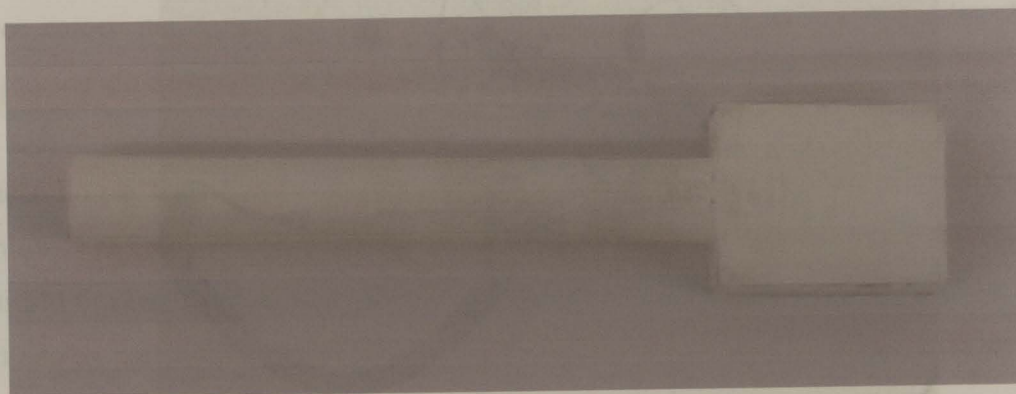


Figura 4.14 – Foto do provete para ensaio no tribómetro de pino – plano alternativo, identificando-se à direita a superfície de contacto.

Para determinação da força exercida no cubo de deslizamento, usamos a expressão:

$$\tau = F'_B / A_{C \text{ cubo}} = 4\,963 / 7\,995 = 0,62 \text{ MPa}.$$

Com este valor calculado, podemos determinar agora o valor da carga a introduzir no tribómetro, para realização dos ensaios de desgaste, a partir da expressão:

$$F_{\text{TRIBÓMETRO}} = \tau \times A_{C \text{ provete}} = 0,62 \times 136 = 84,32 \text{ N} \cong 8,6 \text{ Kg}.$$



Este foi o valor do peso morto introduzido na célula de carga do tribómetro, para a realização dos ensaios de desgaste.

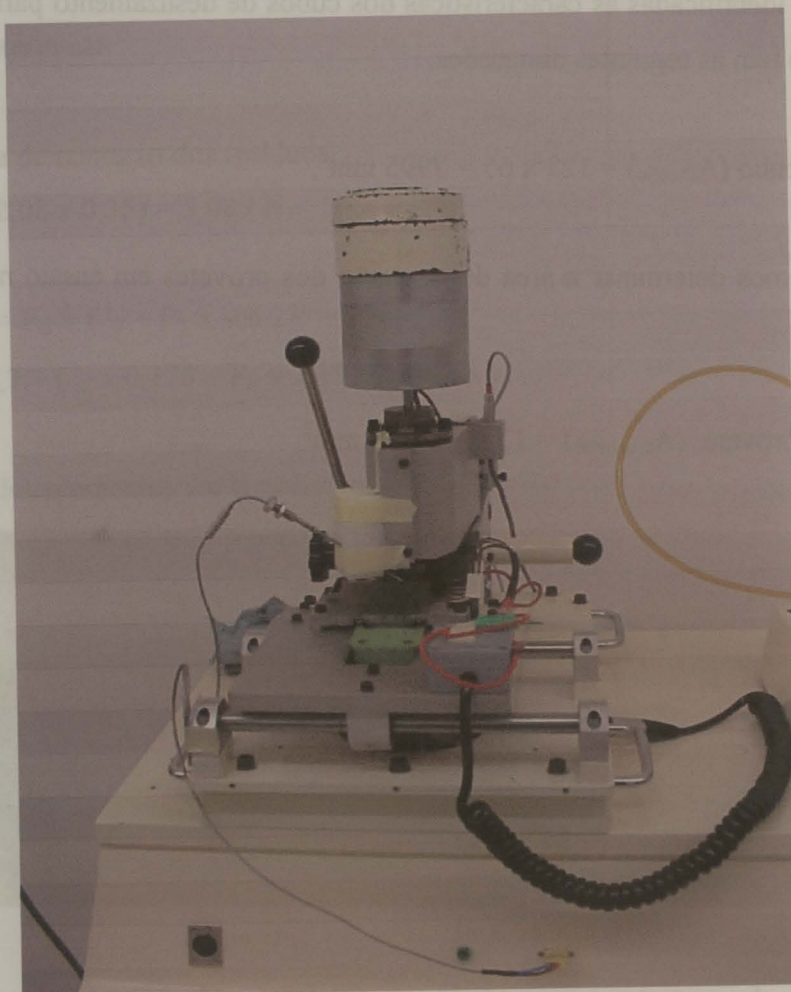


Figura 4.15 – Tribómetro de pino – plano alternativo existente no Laboratório da FEUP, com que foram efectuados ensaios de desgaste com o novo par tribológico (CK 45; 6 PLA). Os ensaios realizaram-se com uma célula de carga, estática, de valor constante e previamente calculado.

4.4.2 – CONSIDERAÇÕES PARTICULARES PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Da identificação rigorosa das condições de operação, concluiu-se serem estas bastante heterogéneas, uma vez que estão directamente dependentes das características e composição dos resíduos sólidos recolhidos, como sejam a sua dureza e/ou resistência à deformação e



compressão, o elevado grau de humidade presente, não só resultante do desenrolar desta actividade que é realizada sempre ao ar livre e independentemente das condições climáticas do momento, como das lavagens efectuadas diariamente às viaturas, e a presença de gorduras, tanto vegetais como animais.

Para além das condições de operação, já foram identificados os períodos efectivos de serviço, cujos valores estão referenciados nos Capítulos 2 e 3, e que serviram para a parametrização do funcionamento do tribómetro.

Resta decidir com que par de materiais se irão realizar os ensaios e cremos que a decisão se torna óbvia, atendendo ao desempenho do par tribológico constituído por materiais aço - aço, para o qual foi identificado um MTBF de 297 dias/ano, correspondente a um valor médio da disponibilidade para este grupo de viaturas de 92,86 %, conforme se apurou no Quadro 3.7.

Este valor carece necessariamente de ser optimizado, atendendo ao tipo de utilização destas viaturas, no sentido de garantir um serviço público de elevada qualidade.

A utilização do par tribológico aço - aço com as guias de deslizamento na qualidade St 52.3, ou em Hardox 400, em contacto com o aço dos roletes na qualidade que assumimos ser 34 Cr Ni Mo 6, revelou-se ao longo dos anos pouco adequado à realidade da função a executar, considerando as particularidades de um serviço como o da recolha de resíduos sólidos urbanos, às quais se juntam as da própria concepção do mecanismo.

Desde o início deste estudo que se equacionou a criação de um par tribológico constituído por materiais sem afinidade metalúrgica, como referem Batista [3] e Lopes [11]. A decisão de se optar pela utilização de materiais alternativos, como p. ex., as poliamidas, deveu-se sobretudo às suas características mecânicas e respectivas propriedades físicas, nomeadamente a sua elevada resistência à compressão e ao desgaste por abrasão, para além de possuírem propriedades autolubrificantes.

Em paralelo com estas considerações, foi necessário equacionar todo o processo relacionado com a lubrificação do mecanismo. Os constrangimentos com que nos deparámos, a imobilização dos roletes e o rebentamento dos tubos de lubrificação devidos a entupimento e/ou obstrução dos respectivos canais, levaram-nos a procurar materiais que, pelas suas propriedades intrínsecas,

nos proporcionassem melhores desempenhos, conhecidas que eram, desde então, as condições de operação.

No que se refere à alteração da qualidade do material das guias de deslizamento, a decisão pela utilização de barra de aço na qualidade CK 45 deveu-se sobretudo às suas características mecânicas serem superiores às do aço St 52.3, como se pode ver no Quadro 2.1, nomeadamente no que respeita à carga de rotura e à dureza.

Quanto à utilização do Hardox 400, embora sendo um material dotado de superiores características técnicas quando comparado com o CK 45, designadamente no que respeita à resistência à abrasão e ao desgaste, muito embora a sua aplicação tivesse sido equacionada, não foi contudo posta em prática devido, por um lado, à maior dificuldade na sua maquinagem, mas também, ao elevado custo destes materiais.

No parágrafo 4.2, determinaram-se os intervalos dos períodos de simulação para ensaios no tribómetro. Contudo, a realização destes ensaios pode ser abreviada, se extrapolarmos os valores encontrados, desde que se verifique que, no decorrer dos ensaios, os parâmetros em avaliação permaneçam estáveis.

Interessa, por isso, avaliar o comportamento dos materiais para podermos determinar, com rigor, a vida útil dos novos componentes e a sua adequabilidade às condições de serviço.

Resta, finalmente, referir que a opção pela alteração da superfície de apoio no contacto, passando-se de um contacto linear para um contacto superficial, de certo modo amplo, teve em vista eliminar o esmagamento e a posterior compactação dos resíduos, cuja acção dificulta o “rolamento” dos roletes. As particularidades da configuração do sistema determinam a formação de cunhas, na frente dos roletes, condição esta que se revelou estar na origem da imobilização dos mesmos, e que potenciam decisivamente o aparecimento e a continuação de um processo de desgaste abrasivo.

Por outro lado, tornando-se impraticável um isolamento completo do mecanismo, a opção mais sensata passou por assumir que tínhamos de “viver com esses resíduos”, ou seja, os resíduos que passam a ocupar o espaço disponível entre os cubos de deslizamento e o interior das guias passam a fazer parte do sistema, comportando-se de certo modo, como se se tratasse de um corpo



semi - rígido. Os cubos, por sua vez, devido à sua configuração paralelepipedica, actuam sobre a frente dos resíduos, à semelhança de um êmbolo, empurrando-os tanto num sentido como no outro, durante o funcionamento do mecanismo de compactação. Esta circunstância determina que o espaço interior das guias de deslizamento, entre o posicionamento dos cubos, fique preenchido. Esta ocupação de espaço pelas partículas / resíduos, faz com que estas funcionem como que formando uma barreira contra a introdução de outras, eventualmente mais agressivas.

Esta espécie de tampão pode, de certo modo, ser benéfica para o mecanismo, já que desenvolve uma acção do tipo de limpeza das próprias guias enquanto o mecanismo de compactação se movimenta.

Estas considerações levaram-nos por isso, a procurar materiais com propriedades auto lubrificantes, resistente aos choques, à compressão e à abrasão, mas também com uma dureza que permitisse alguma acomodação de partículas. Estas propriedades foram encontradas em materiais do tipo dos polímeros, razão pela qual optámos pela sua experimentação / aplicação.

Equacionados que foram os constrangimentos de um projecto de algum modo ultrapassado, tanto em termos de concepção, como em termos temporais, na sua adequabilidade a uma função com características tão particulares e difíceis de ultrapassar, perspectivando um acréscimo significativo na disponibilidade da frota de viaturas R.R.S.U., decidiu-se proceder aos ensaios e estudos que se seguem.

4.4.3 – ENSAIOS REALIZADOS

Para avaliação e escolha de um novo par tribológico, foi decido realizar ensaios no tribómetro pino – plano alternativo, com provetes executados em chapas de aço na qualidade “ST 52.3 “, e na qualidade “CK 45”, montadas individualmente no plano alternativo, representando a guia de deslizamento. No pino foi instalado um provete em poliamida na qualidade “6 PLA“, representando o cubo de deslizamento. As condições de ensaio estão resumidas no Quadro 4.3.

As condições do ensaio, velocidade, rotação, deslocamento, e carga estática foram previamente parametrizadas no tribómetro, de acordo com os cálculos efectuados nos parágrafos 4.2 e 4.3, designadamente como valor da carga estática, cujo valor foi de 83,3 N.

O valor da carga estática utilizada é ligeiramente diferente da que foi analiticamente determinada, (84,32 N), uma vez que não foi possível encontrar uma combinação de pesos calibrados disponíveis, que perfizessem exactamente este valor.

Quanto às condições ambientais em que se efectuaram os ensaios, referimos que os mesmos foram realizados em laboratório e que a temperatura ambiente se situou normalmente nos 20°C, tendo-se instalado o termómetro junto do cabeçote de fixação do pino a ensaiar.

Quadro 4.3 – *Resumo dos Ensaios Tribológicos a Realizar.*

PAR TRIBOLÓGICO	ENSAIOS
	DURAÇÃO E CONDIÇÕES
Placa em chapa de aço em “St 53.2” e Pino em poliamida “6 PLA”	24 horas em contínuo e a seco.
Placa em chapa de aço polida em “St 53.2” e Pino em poliamida “6 PLA”	24 horas em contínuo e a seco.
Placa em chapa de aço em “CK 45” e Pino em poliamida “6 PLA”	24 horas em contínuo e a seco.
	36 horas em contínuo e a seco.
	48 horas descontinuas simulando os períodos dos turnos de serviço, e a seco.
	15 horas, seguidas simulando os períodos efectivos em carga (8 seg.) e em vazio (16 seg.), e a seco.
	24 horas em contínuo, mergulhado em água.
	120 horas em contínuo e mergulhado numa emulsão de óleo alimentar (1/3) e água (2/3).



4.4.3.1 – ENSAIO DE CHAPA DE AÇO “ST 52.3” COM PINO DE POLIAMIDA “6 PLA” DURANTE 24 HORAS, A SECO

A avaliação das condições de desempenho deste par tribológico foi decidida tendo em consideração a qualidade do material recomendado pelo fabricante e normalmente aplicado nas guias de deslizamento do charriot. A decisão de não se ensaiar com 34 Cr Ni Mo 6 no pino, deveu-se, simplesmente, ao facto de ser sobejamente conhecido o seu desempenho. Nestes ensaios, o material utilizado nos provetes das guias de deslizamento foi retirado de chapas existentes, tal e qual como se encontram à saída da laminagem e como são aplicadas.



Figura 4.16 - Fotos da superfície do pino de poliamida após ensaio de 24 horas sobre St 52.3, ampliadas 50 x e 100 x, respectivamente.

Os resultados obtidos estão registados nos gráficos do Quadro 4.4, verificando-se que o valor da temperatura ambiente do laboratório se situou, em média, nos 20 °C, o que, de certo modo, está dentro do nível das temperaturas de serviço.

Quanto ao coeficiente de atrito, e após um início algo irregular, com valores próximos de 0,25, devidos eventualmente a uma acomodação ou transferência de partículas entre as duas superfícies, os valores obtidos no ensaio deste par tribológico estabilizaram próximo de 0,48.

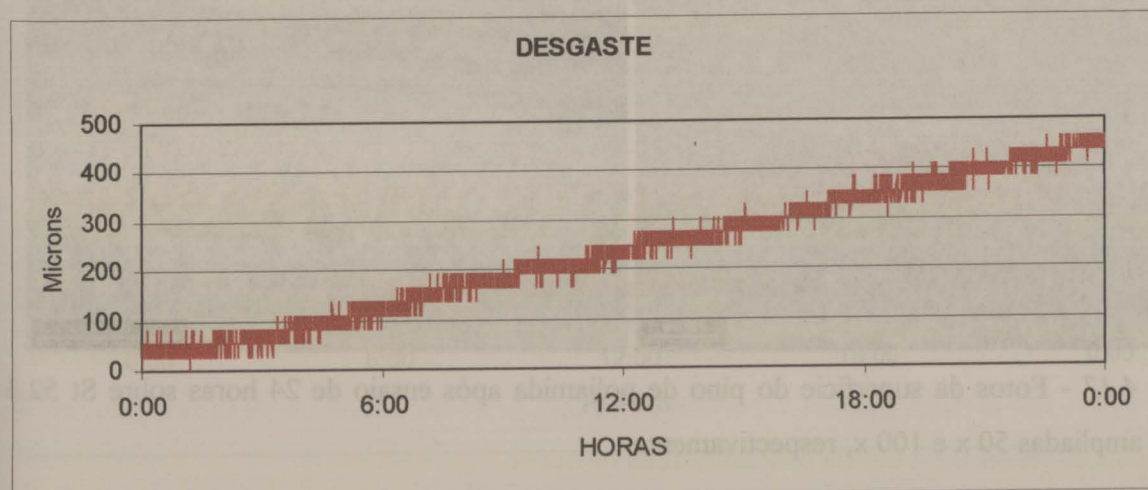
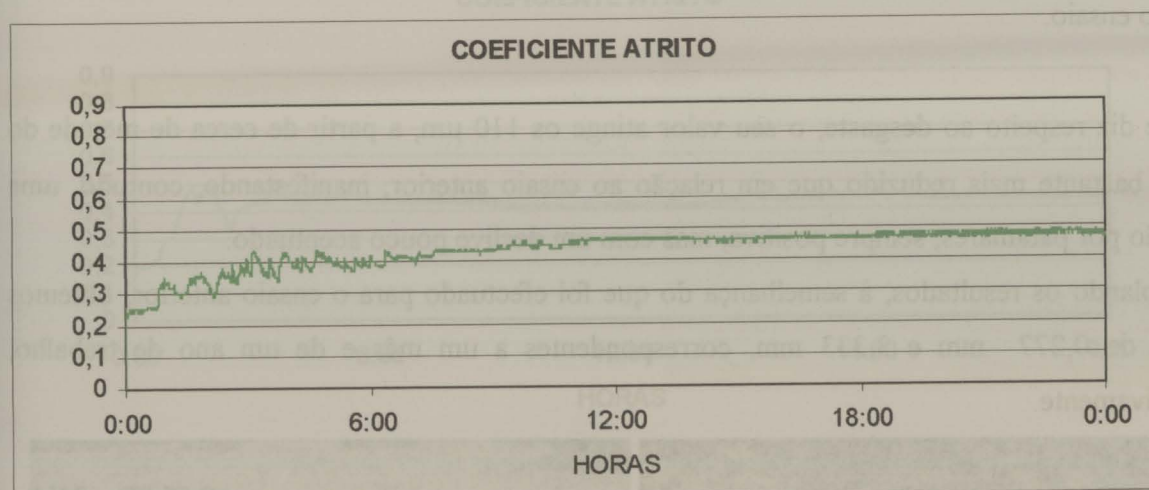
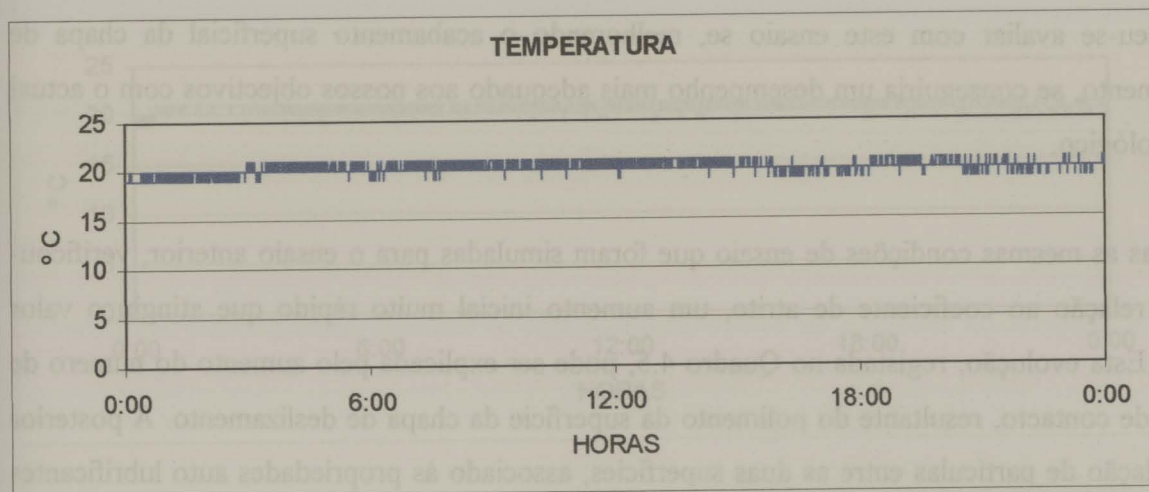


No que diz respeito ao desgaste, verificou-se uma tendência sempre crescente e com um declive perfeitamente definido, cujo valor atingiu os 450 μm no final do ensaio. Esta constatação determina que, por extrapolação de valores, para um mês e para um ano em serviço, obteríamos desgastes no cubo de deslizamento da ordem de 1,134 mm e 13,636 mm, respectivamente. Afiguram-se-nos valores elevados, quando comparados com os desgastes verificados nas guias e roletes do par tribológico aço - aço.

Da observação da *Figura 4.16*, podemos verificar a existência de partículas abrasivas na superfície de desgaste do pino de poliamida, partículas estas possivelmente libertadas pela superfície da chapa de aço “ St 52.3 “.



Quadro 4.4 – Resultados do Ensaio de Desgaste de 6 PLA, sobre ST 52.3 com durante 24 Horas.





4.4.3.2 – ENSAIO DE CHAPA DE AÇO “ST 52.3” POLIDA COM PINO DE POLIAMIDA “6 PLA” DURANTE 24 HORAS, A SECO

Pretendeu-se avaliar com este ensaio se, melhorando o acabamento superficial da chapa de deslizamento, se conseguiria um desempenho mais adequado aos nossos objectivos com o actual par tribológico.

Mantidas as mesmas condições de ensaio que foram simuladas para o ensaio anterior, verificou-se, em relação ao coeficiente de atrito, um aumento inicial muito rápido que atingiu o valor de 0,5. Esta evolução, registada no Quadro 4.5, pode ser explicada pelo aumento do número de pontos de contacto, resultante do polimento da superfície da chapa de deslizamento. A posterior acomodação de partículas entre as duas superfícies, associado às propriedades auto lubrificantes da poliamida, determinou que este valor baixasse ligeiramente, fixando-se nos 0,42, ao longo do resto do ensaio.

No que diz respeito ao desgaste, o seu valor atinge os 110 μm , a partir de cerca de metade do ensaio, bastante mais reduzido que em relação ao ensaio anterior, manifestando, contudo, uma evolução por patamares, sempre positiva, mas com um declive pouco acentuado.

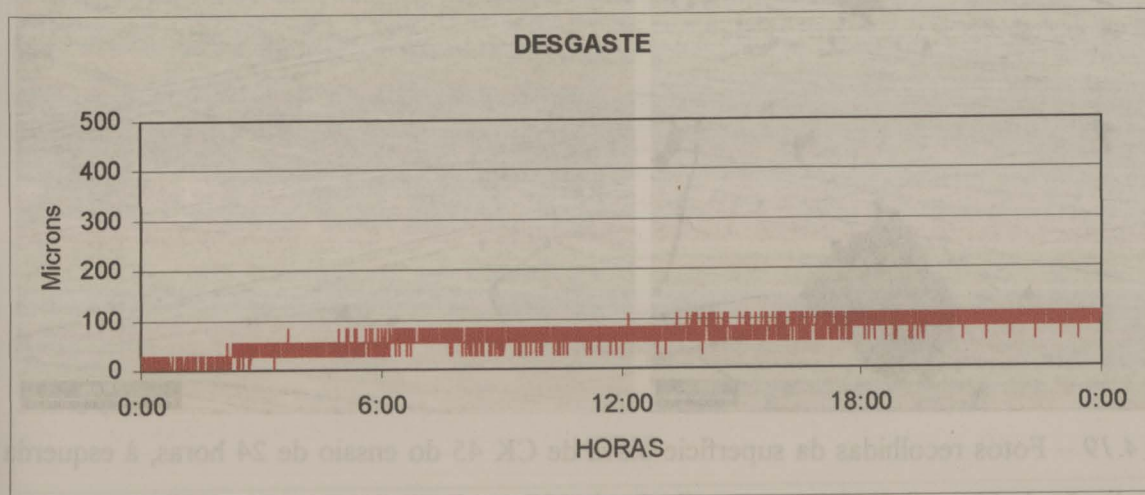
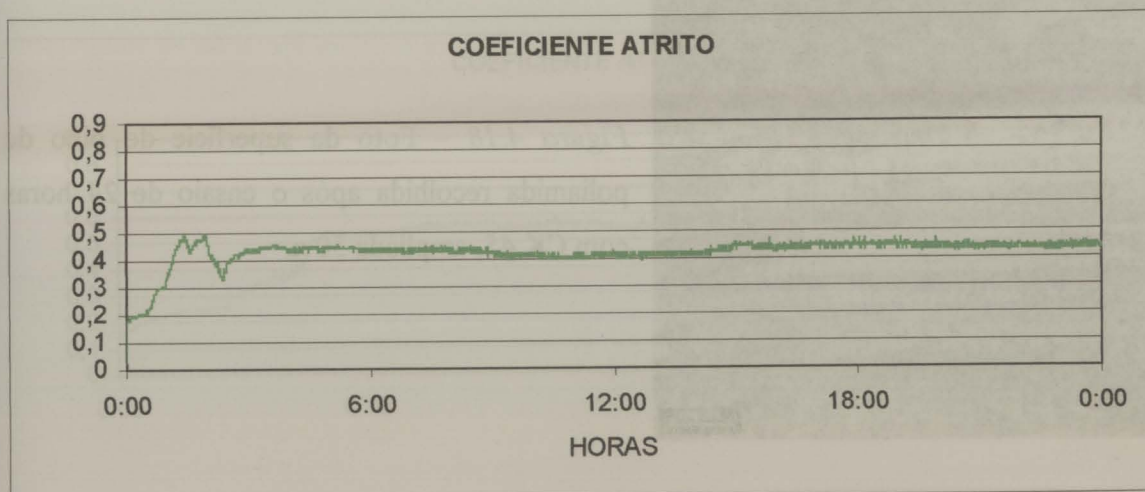
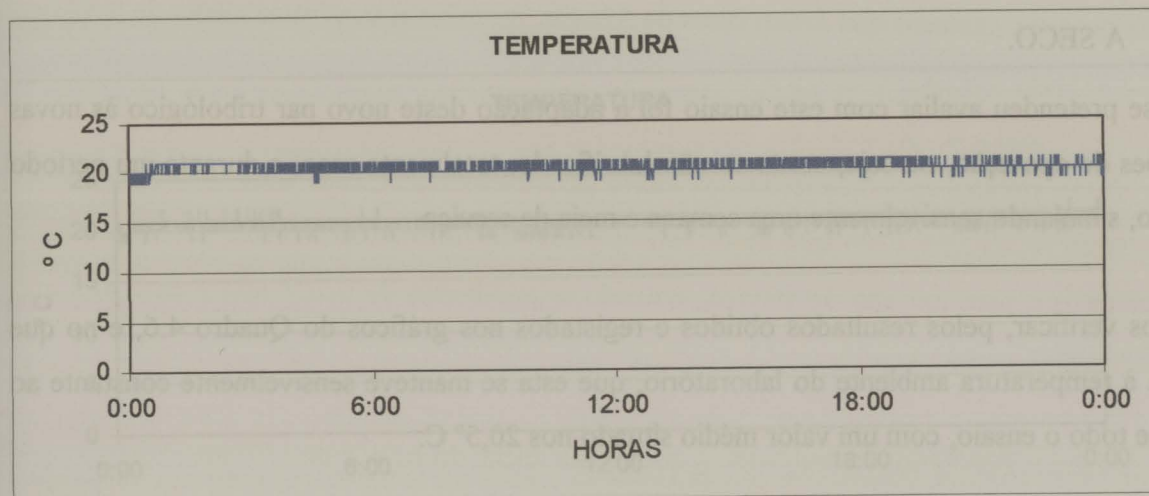
Extrapolando os resultados, à semelhança do que foi efectuado para o ensaio anterior, obtemos valores de 0,277 mm e 3,333 mm, correspondentes a um mês e de um ano de trabalho, respectivamente.



Figura 4.17 - Fotos da superfície do pino de poliamida após ensaio de 24 horas sobre St 52.3 polido, ampliadas 50 x e 100 x, respectivamente.



Quadro 4.5 – Resultados do Ensaio de Desgaste de ST 52.3 Polido e 6 PLA, durante 24 Horas.





4.4.3.3 – ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 24 HORAS, A SECO.

O que se pretendeu avaliar com este ensaio foi a adaptação deste novo par tribológico às novas condições de operação, ou seja, contacto não lubrificado, totalmente seco, e durante um período alargado, simulando sensivelmente uma semana e meia de serviço.

Podemos verificar, pelos resultados obtidos e registados nos gráficos do Quadro 4.6, e no que respeita à temperatura ambiente do laboratório, que esta se manteve sensivelmente constante ao longo de todo o ensaio, com um valor médio situado nos 20,5° C.



Figura 4.18 – Foto da superfície do pino de poliamida recolhida após o ensaio de 24 horas com CK 45, ampliada 50 x.

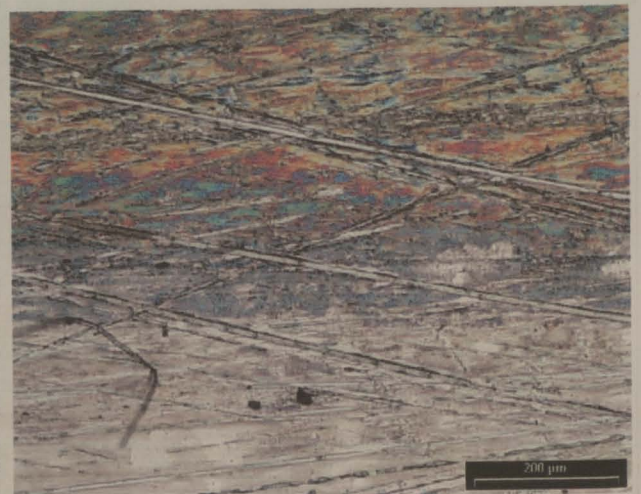
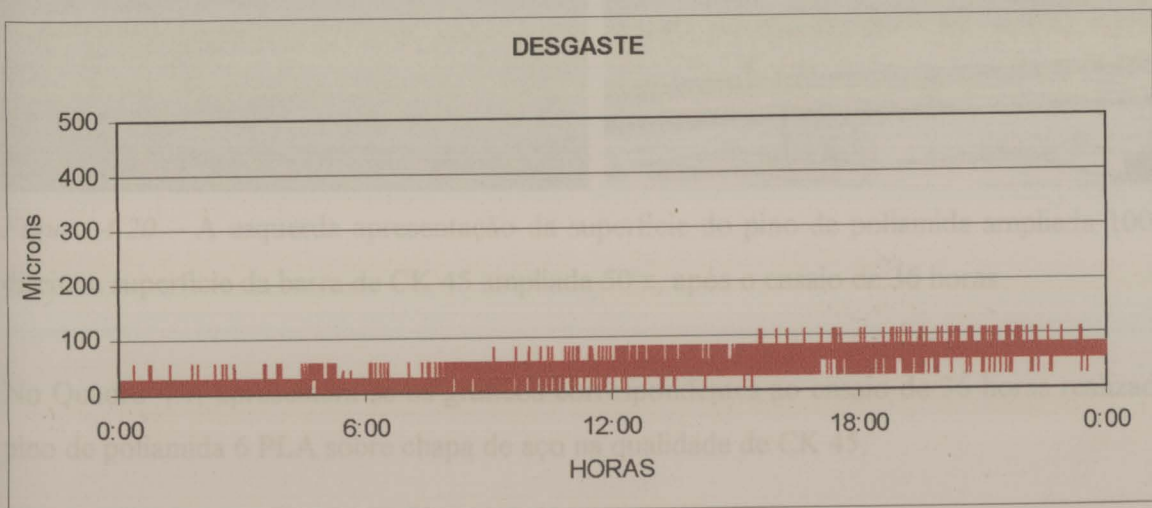
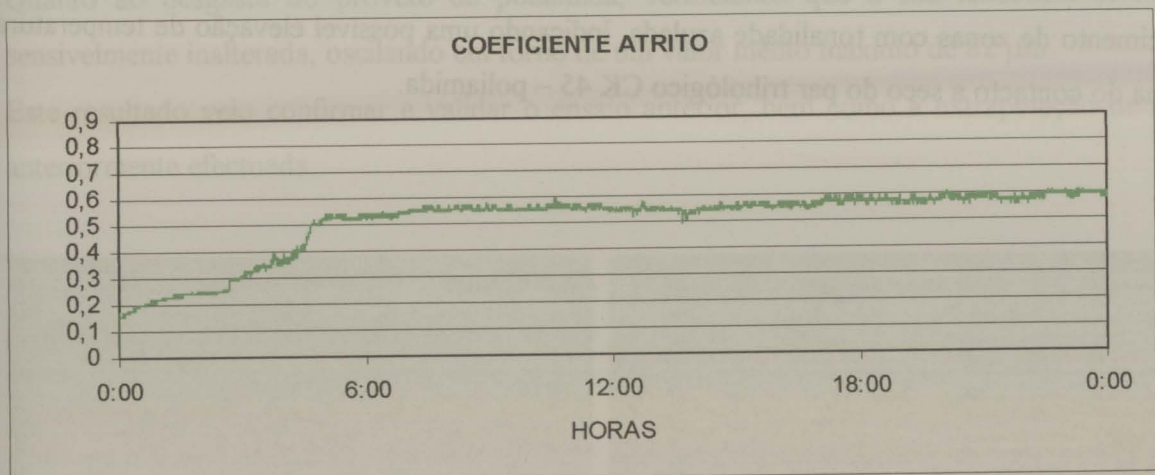
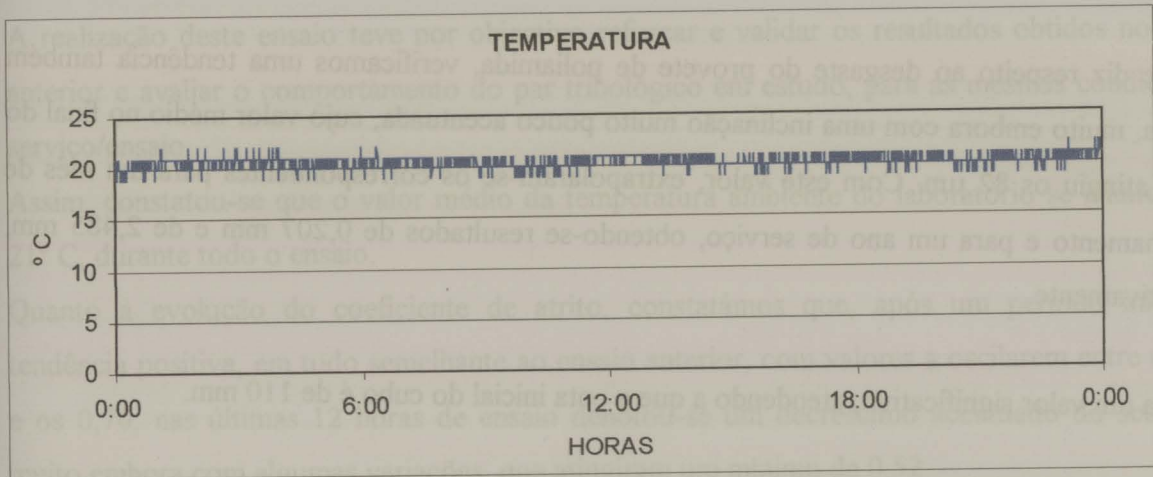


Figura 4.19 – Fotos recolhidas da superfície barra de CK 45 do ensaio de 24 horas, à esquerda com ampliação de 50 x e à direita com ampliação de 100 x.



Quadro 4.6 – Resultados do Ensaio de Desgaste da poliamida sobre CK 45, durante 24 Horas.





Quanto à evolução do coeficiente de atrito, constatamos que, após um período inicial com tendência positiva, passadas que foram cerca de 5 horas, estabilizou num valor médio de 0,57.

No que diz respeito ao desgaste do provete de poliamida, verificamos uma tendência também positiva, muito embora com uma inclinação muito pouco acentuada, cujo valor médio no final do ensaio atingiu os 82 μm . Com este valor, extrapolaram-se os correspondentes para um mês de funcionamento e para um ano de serviço, obtendo-se resultados de 0,207 mm e de 2,485 mm, respectivamente.

É ainda um valor significativo, atendendo a que a cota inicial do cubo é de 110 mm.

Da observação da superfície da chapa de aço “ CK 45 “ após o ensaio, pode-se verificar o aparecimento de zonas com tonalidade azulada, indicando uma possível elevação de temperatura na zona do contacto a seco do par tribológico CK 45 – poliamida.



4.4.3.4 - ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 36 HORAS, A SECO.

A realização deste ensaio teve por objectivo reforçar e validar os resultados obtidos no ensaio anterior e avaliar o comportamento do par tribológico em estudo, para as mesmas condições de serviço/ensaio.

Assim, constatou-se que o valor médio da temperatura ambiente do laboratório se manteve nos 21° C, durante todo o ensaio.

Quanto à evolução do coeficiente de atrito, constatámos que, após um período inicial de tendência positiva, em tudo semelhante ao ensaio anterior, com valores a oscilarem entre os 0,65 e os 0,70, nas últimas 12 horas de ensaio denotou-se um decréscimo acentuado do seu valor, muito embora com algumas variações, que atingiram um mínimo de 0,52.

Quanto ao desgaste do provete de poliamida, verificámos que a sua tendência se manteve sensivelmente inalterada, oscilando em torno de um valor médio máximo de 82 µm.

Este resultado veio confirmar e validar o ensaio anterior, bem como a extrapolação de valores anteriormente efectuada.

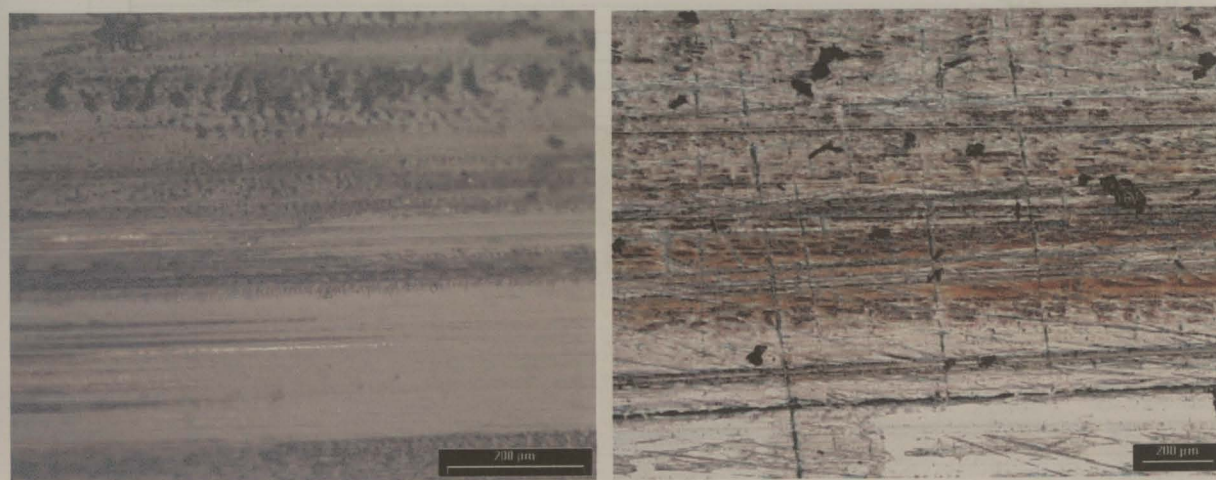
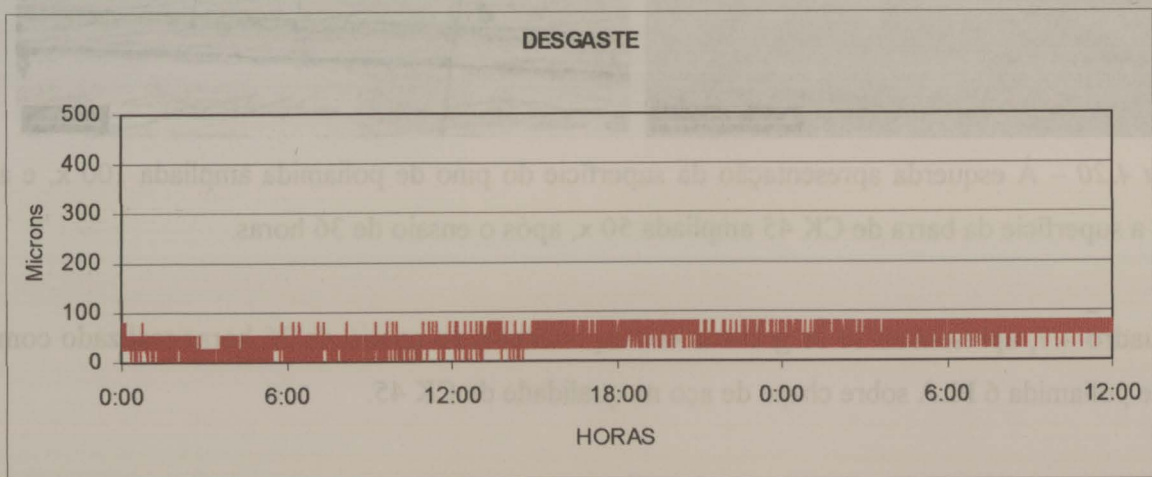
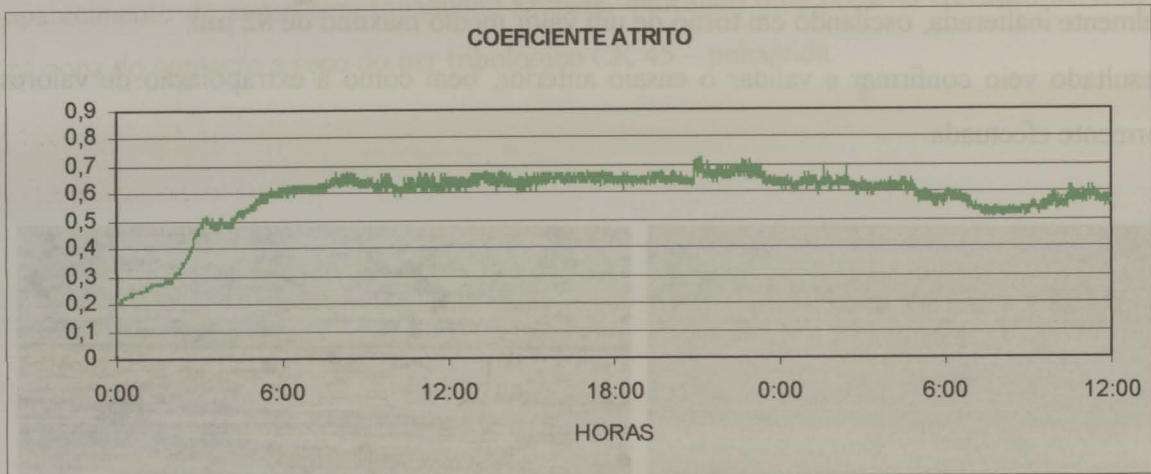
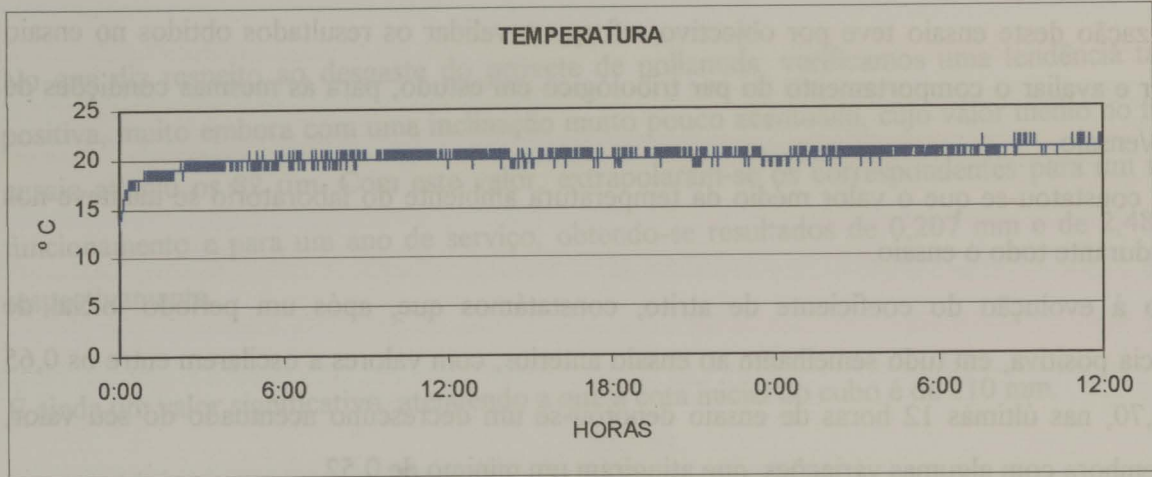


Figura 4.20 – À esquerda apresentação da superfície do pino de poliamida ampliada 100 x, e à direita a superfície da barra de CK 45 ampliada 50 x, após o ensaio de 36 horas.

No Quadro 4.7, apresentam-se os gráficos correspondentes ao ensaio de 36 horas realizado com pino de poliamida 6 PLA sobre chapa de aço na qualidade de CK 45.



Quadro 4.7 – Resultados do Ensaio de Desgaste da poliamida sobre CK 45, durante 36 Horas.





4.4.3.5 - ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM 6 PLA DURANTE 48 HORAS DESCONTÍNUAS, A SECO.

Este ensaio pretende simular a realização dos turnos de serviço, sendo que em cada turno são necessários executar, no mínimo, 210 ciclos de trabalho, que correspondem a 40 minutos de ensaio, após os quais este é suspenso e reiniciado 2 horas depois. Foram realizados 18 turnos, que totalizam seis dias completos de trabalho.

À semelhança dos dois ensaios anteriores, constatámos que, durante a realização dos quatro primeiros turnos de serviço, o coeficiente de atrito foi aumentando progressivamente desde cerca de 0,15, com o arranque do primeiro ciclo, até atingir valores próximo dos 0,5, no final do quarto ensaio. Nos ensaios que se seguem, a sua variação oscila em torno de um valor médio de 0,55, que se mantém até final deste ensaio.

Quanto ao desgaste, constata-se que o mesmo não evoluiu de uma maneira drástica até ao final dos ensaios que se seguiram, isto é, verificamos uma tendência positiva de inclinação pouco acentuada, oscilando em torno de um valor médio máximo de $82 \mu\text{m}$, idêntico ao dos ensaios anteriores.

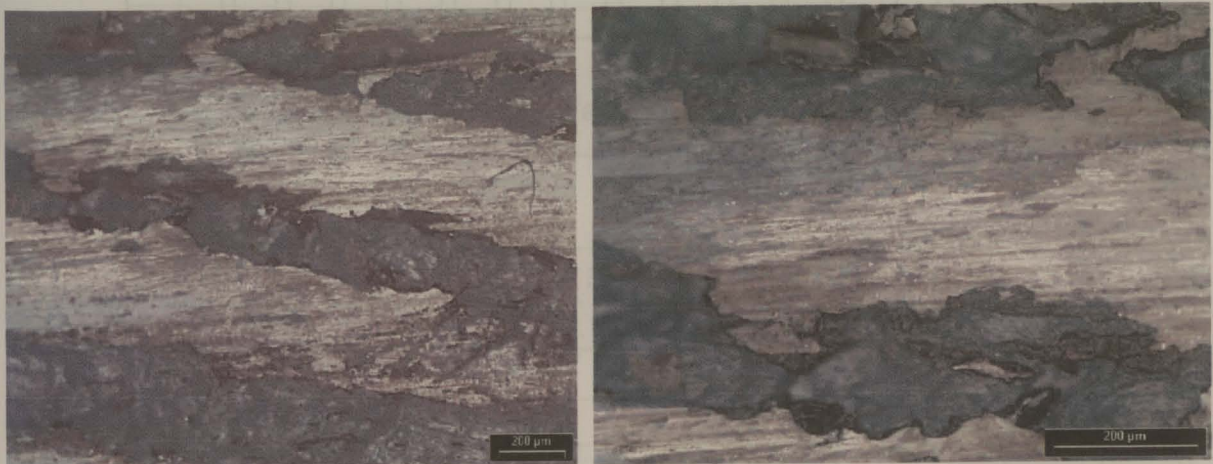
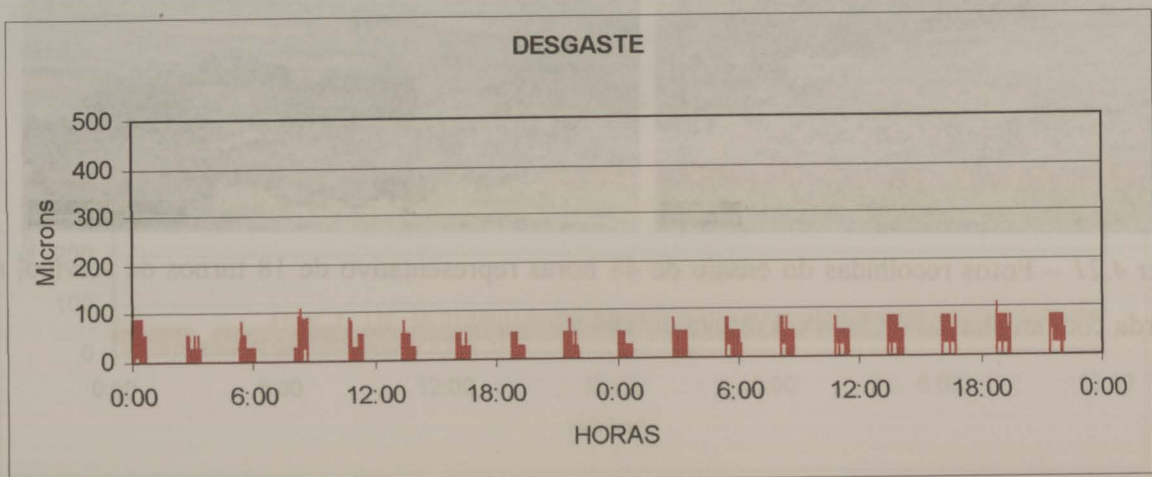
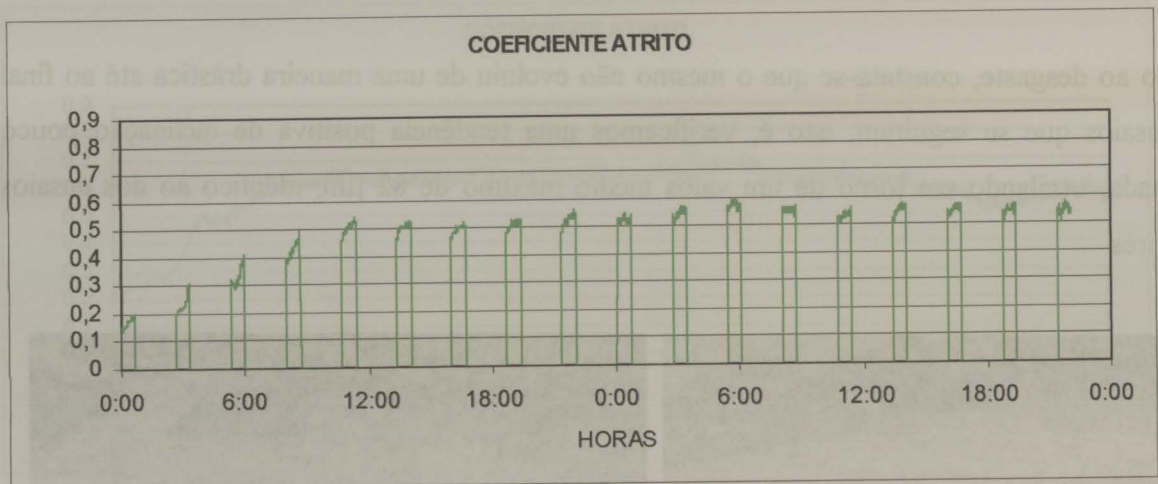
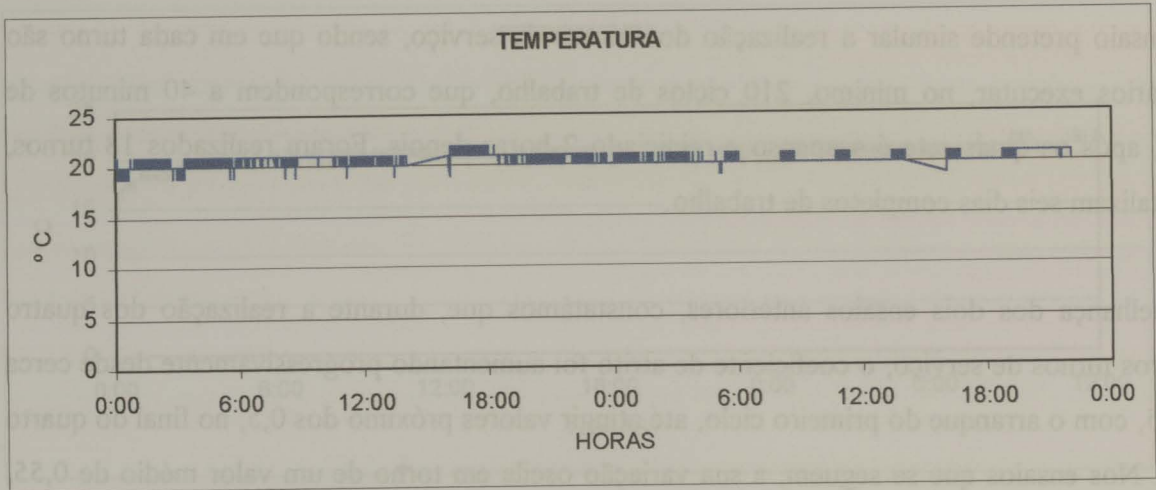


Figura 4.21 – Fotos recolhidas do ensaio de 48 horas representativo de 18 turnos de serviço, à esquerda com ampliação de 50 x e à direita de 100 x.



Quadro 4.8 - Resultados do Ensaio de Desgaste da poliamida sobre CK45, durante 48 Horas.





Relativamente à temperatura ambiente do laboratório, esta manteve-se, em média, nos 21°C ao longo do ensaio, constatando-se estar em consonância com as condições reais.

Na *Figura 4.21*, apresentam-se as fotos recolhidas no final deste ensaio, representando a superfície do pino de poliamida, onde são visíveis a extensão dos desgastes verificados, em comparação com os sulcos da maquinagem, ainda existentes, do respectivo pino, onde se acomodaram bastantes partículas de óxido de ferro.



4.4.3.6 - ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM 6 PLA DURANTE 15 HORAS, A SECO, SIMULANDO OS PERÍODOS EFECTIVOS EM CARGA E OS PERÍODOS SEM CARGA, REPRESENTANDO OS CICLOS DE FUNCIONAMENTO

Este ensaio é caracterizado por efectuar a simulação dos períodos de operação, ou seja, a parametrização do tribómetro foi definida de modo a reproduzir, o mais fielmente possível, o desempenho do mecanismo. Neste caso, o ensaio é realizado intermitentemente, com a particularidade de estar em carga durante 8 segundos (correspondente ao período de tempo em que o charriot executa a sua elevação e durante o qual suporta os maiores esforços) e ficar sem carga e parado durante 16 segundos (representando o tempo correspondente à realização das restantes fases do ciclo de compactação).

A sua realização cobre dois turnos de serviço e pretende identificar o comportamento do contacto, aproximando-o, o mais possível, das condições de serviço.

Quanto aos resultados obtidos e registados no Quadro 4.10, e em relação à temperatura, a sua evolução não revela alterações significativas, comparativamente com os ensaios anteriores, situando-se a temperatura ambiente do laboratório num valor médio, próximo de 19°C, valor este que não compromete o desempenho dos componentes, em especial da poliamida.

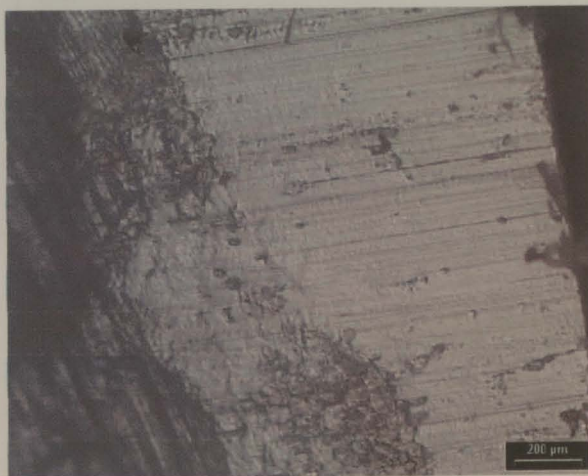


Figura 4.22 – Foto da superfície do pino de poliamida do ensaio com CK 45, a seco, durante 15 horas, simulando os períodos efectivos em carga e os períodos sem carga.



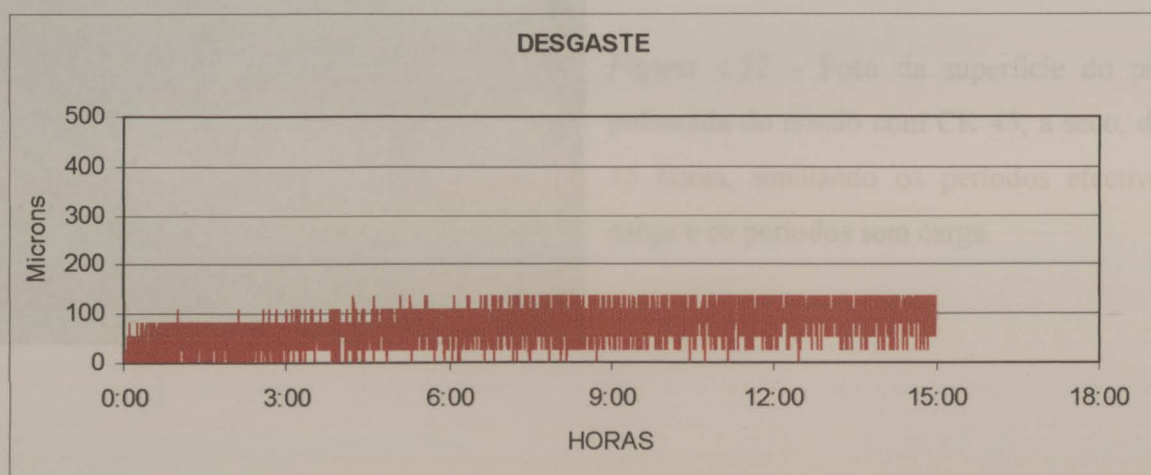
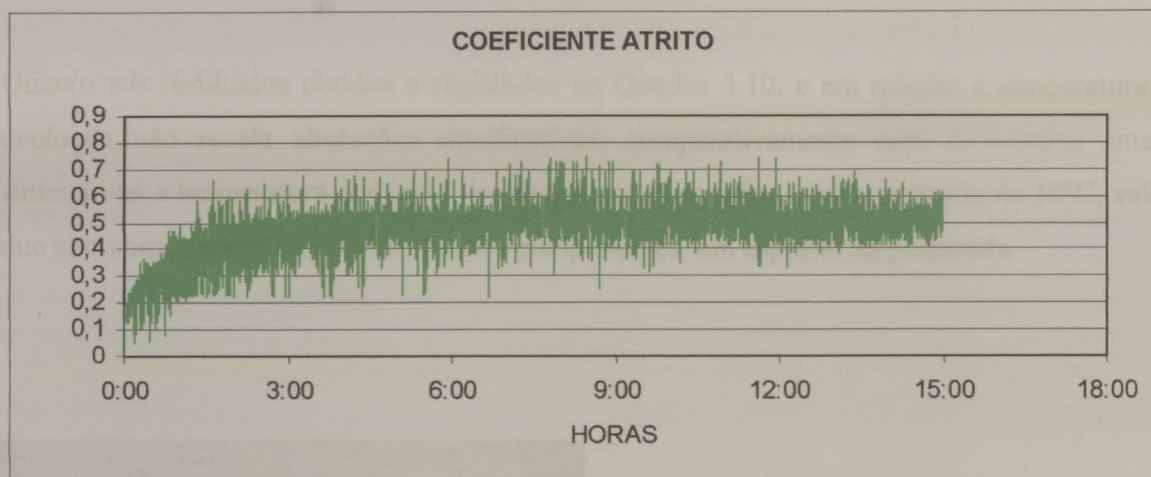
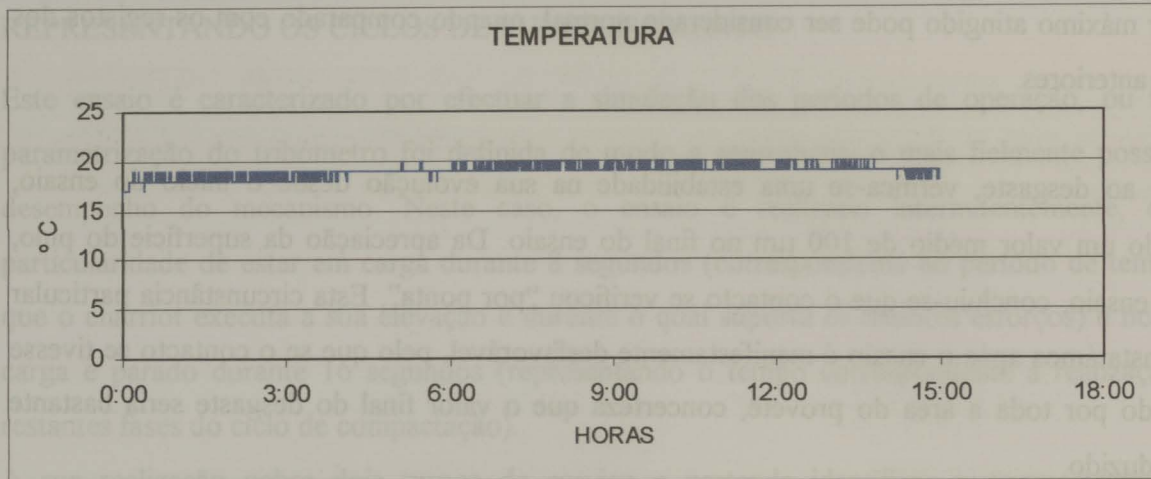
Em relação ao coeficiente de atrito, verificou-se uma subida no seu valor, desde o arranque e até cerca da terceira hora do ensaio, variando de 0,15 até estabilizar em 0,5.

O valor máximo atingido pode ser considerado normal, quando comparado com os registos dos ensaios anteriores.

Quanto ao desgaste, verifica-se uma estabilidade na sua evolução desde o início do ensaio, atingindo um valor médio de 100 μm no final do ensaio. Da apreciação da superfície do pino, após o ensaio, concluiu-se que o contacto se verificou “por ponta”. Esta circunstância particular que constatámos após o ensaio é manifestamente desfavorável, pelo que se o contacto se tivesse efectuado por toda a área do provete, concerteza que o valor final do desgaste seria bastante mais reduzido.



Quadro 4.9 - Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, a Seco, durante 15 Horas, Simulando os Períodos Efectivos em Carga e os Períodos Sem Carga.





4.4.3.7 - ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM POLIAMIDA 6 PLA DURANTE 24 HORAS, MERGULHADO EM ÁGUA.

Para a realização deste ensaio, foi necessário efectuar uma preparação prévia, que consistiu na montagem de uma tina, conforme se pode ver nas *Figuras 4.3 e 4.23*, no plano alternativo do tribómetro, para possibilitar o contacto permanente com a água entre o cubo e a placa de deslizamento.

Esta é uma situação que se pode verificar em operação, muito em especial e com frequência durante o período Inverno.

Muito embora a cuba nunca fique cheia de água, o certo é que o acréscimo de humidade dos resíduos, nesta estação do ano, é bastante significativo, associado às condições climáticas do momento, não sendo possível evitar o contacto da água com o mecanismo.

Por outro lado, tem a intenção de testar o comportamento da poliamida, uma vez que estes materiais têm uma relativa capacidade para absorção de humidade, cujos valores podem atingir os 7,5 %.



Figura 4.23 – Foto da placa de CK 45, montada na tina, para permitir o contacto directo com a água, durante o ensaio.

Refira-se ainda a propósito da realização deste ensaio, que a sonda de temperatura foi instalada dentro da tina, sendo que os valores recolhidos representam a temperatura da água. Existiu no entanto um ligeiro percalço, que consistiu na evaporação da água existente na tina, durante parte do ensaio, sendo, contudo, posteriormente repostas as condições iniciais.



Da análise dos gráficos do Quadro 4.10, e começando pelo da temperatura, constatou-se uma elevação no seu valor, que atingiu os 25°C, alertando-nos este facto para a existência de uma determinada quantidade de calor que se dissipa para o meio ambiente. Foi, aliás, este acréscimo de temperatura, que provocou a total evaporação da água contida na tina, ao mesmo tempo que, associado a este facto, começou também a verificar-se um decréscimo no valor do coeficiente de atrito. Durante cerca de quatro horas mantiveram-se estas condições, confirmando-se a descida do valor do coeficiente de atrito, de 0,63 para 0,42, permitindo-nos concluir que o funcionamento a seco é mais favorável para este par tribológico.

Mas este ensaio revelou ainda outro dado importante, embora negativo na nossa opinião, e que diz respeito ao desgaste verificado. A sua tendência ao longo do ensaio foi sempre significativamente crescente, registando-se para o desgaste do pino de poliamida, o valor de 1,8 mm, no final do ensaio.

Extrapolando aquele valor para um mês, e um ano de serviço, obtêm-se respectivamente, 4,534 mm, e 54,545 mm. Reduções demasiado elevadas para o período considerado.

Da observação da *Figura 4.24*, podemos constatar uma superfície de desgaste bastante homogénea com presença de partículas de óxido de ferro.

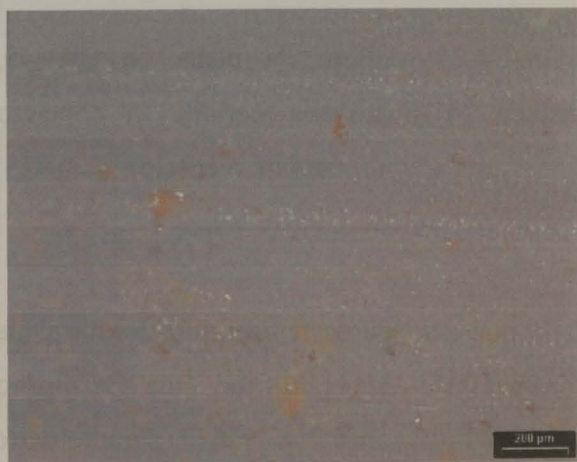
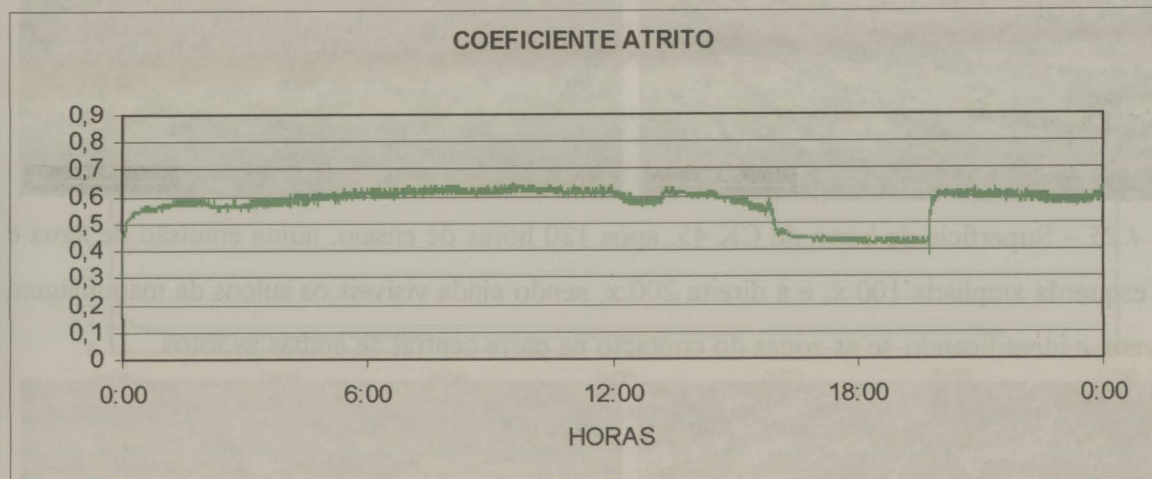
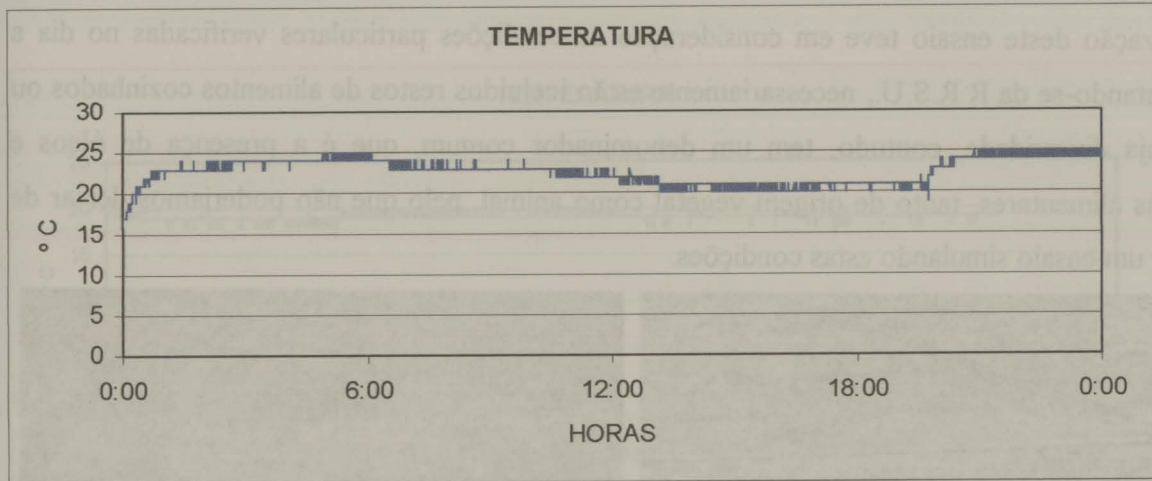


Figura 4.24 – Foto da superfície de contacto da poliamida com o CK 45, após o ensaio mergulhado em água, com ampliação de 50 x.



Quadro 4.10 - Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, durante 24 Horas, Mergulhado em Água.





4.4.3.8 - ENSAIO DE CK 45 COM PINO EM 6 PLA DURANTE 120 HORAS, Mergulhado numa emulsão de água e óleo alimentar.

A realização deste ensaio teve em consideração as condições particulares verificadas no dia a dia. Tratando-se da R.R.S.U., necessariamente estão incluídos restos de alimentos cozinhados ou não, cuja diversidade, contudo, tem um denominador comum, que é a presença de óleos e gorduras alimentares, tanto de origem vegetal como animal, pelo que não poderíamos deixar de realizar um ensaio simulando estas condições.



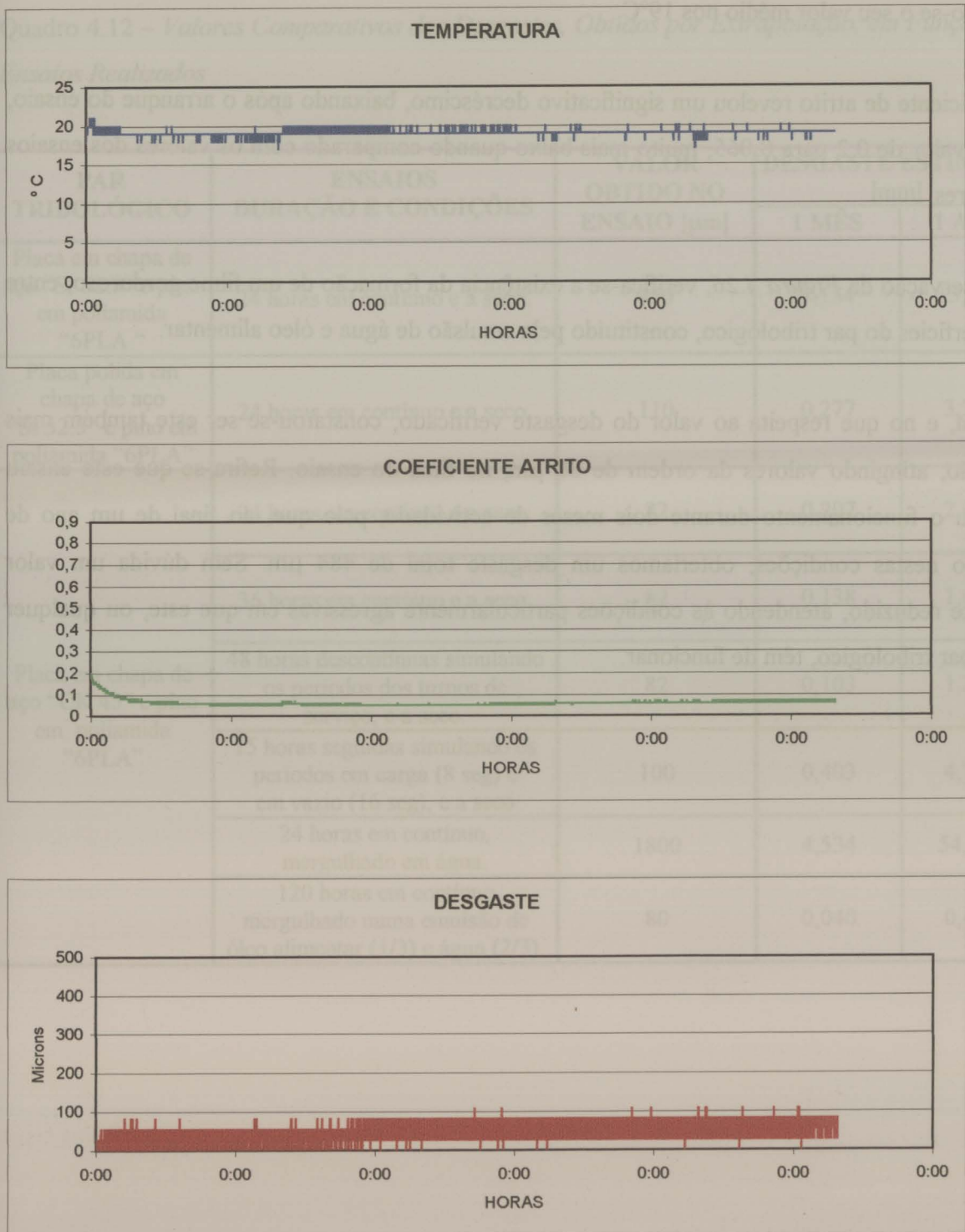
Figura 4.25 – Superfície da barra de CK 45, após 120 horas de ensaio, numa emulsão de água e óleo, à esquerda ampliada 100 x, e à direita 200 x, sendo ainda visíveis os sulcos da maquinagem do provete, e identificando-se as zonas do contacto na parte central de ambas as fotos.



Figura 4.26 – Superfície do provete de poliamida, após 120 horas de ensaio, numa emulsão de água e óleo, à esquerda ampliada 50 x, e à direita 100 x, identificando-se os sulcos da maquinagem na superfície do provete, sendo pouco significativas as áreas com desgaste.



Quadro 4.11 - Resultados do Ensaio de Desgaste da Poliamida sobre CK 45, Durante 120 Horas, com os Provetes Mergulhados numa Emulsão de Água e Óleo Alimentar.





Os resultados deste ensaio vieram confirmar as nossas expectativas em relação ao comportamento do par tribológico em estudo, e para as condições de operação em ensaio. Assim, verificou-se que a temperatura da emulsão, durante o ensaio, se manteve sensivelmente estável, situando-se o seu valor médio nos 19°C.

O coeficiente de atrito revelou um significativo decréscimo, baixando após o arranque do ensaio, de um valor de 0,2 para 0,065, muito mais baixo quando comparado com os valores dos ensaios anteriores.

Da observação da *Figura 4.26*, verifica-se a existência da formação de um filme gorduroso, entre as superfícies do par tribológico, constituído pela emulsão de água e óleo alimentar.

Por fim, e no que respeita ao valor do desgaste verificado, constatou-se ser este também mais reduzido, atingindo valores da ordem de 80 μm , no final do ensaio. Refira-se que este ensaio simulou o funcionamento durante dois meses de actividade, pelo que, ao final de um ano de trabalho nestas condições, obteríamos um desgaste total de 484 μm . Sem dúvida um valor bastante reduzido, atendendo às condições particularmente agressivas em que este, ou qualquer outro par tribológico, têm de funcionar.



4.4.3.9 – RESUMO DOS VALORES DE DESGASTE, OBTIDOS POR EXTRAPOLAÇÃO, DE ACORDO COM OS ENSAIOS REALIZADOS

Quadro 4.12 – *Valores Comparativos dos Desgastes, Obtidos por Extrapolação, em Função dos Ensaios Realizados*

PAR TRIBOLÓGICO	ENSAIOS DURAÇÃO E CONDIÇÕES	VALOR OBTIDO NO ENSAIO [μm]	DESGASTE ESTIMADO [mm]	
			1 MÊS	1 ANO
Placa em chapa de aço “St 52.3” e pino em poliamida “6PLA”	24 horas em contínuo e a seco.	450	1,134	13,636
Placa polida em chapa de aço “St 52.3” e pino em poliamida “6PLA”	24 horas em contínuo e a seco.	110	0,277	3,333
Placa em chapa de aço “CK 45” e pino em poliamida “6PLA”	24 horas em contínuo e a seco.	82	0,207	2,485
	36 horas em contínuo e a seco.	82	0,138	1,640
	48 horas descontínuas simulando os períodos dos turnos de serviço, e a seco.	82	0,103	1,242
	15 horas seguidas simulando os períodos em carga (8 seg) e em vazio (16 seg), e a seco	100	0,403	4,762
	24 horas em contínuo, mergulhado em água.	1800	4,534	54,545
	120 horas em contínuo mergulhado numa emulsão de óleo alimentar (1/3) e água (2/3).	80	0,040	0,484



(Página intencionalmente em branco)

5 – CONCLUSÕES



(Página intencionalmente em branco)

Em resultado da avaliação do registo histórico existente, correspondente ao desempenho das nove unidades que compõem a frota municipal de R.R.S.U. que são objecto deste estudo, constatou-se que os componentes que têm por missão suportar o mecanismo de compactação e elevação dos resíduos e possibilitar a sua deslocação, vinham demonstrando, ao longo do tempo, um nível de desempenho desadequado, manifestado por uma frequência de avarias elevada.

Da análise destas avarias, concluiu-se que as mesmas se relacionam com processos de desgaste abrasivo, decorrentes de um projecto cujas premissas estão ultrapassadas, o que está perfeitamente expresso no valor do MTBF encontrado, que é de 297 dias/ano.

Como atrás se referiu, a imobilização de qualquer uma das viaturas deste grupo cria inúmeros contratempos ao planeamento de um serviço que depende da operacionalidade das mesmas, na sua globalidade.

A disponibilidade média daquelas viaturas, durante o mesmo período, atingiu o valor de 0,9286, pelo que a sua optimização foi desde logo um objectivo prioritário.

Aos serviços de Manutenção não restou outra atitude senão a de avaliar as razões do aparecimento da avaria e de encontrar as soluções mais adequadas às circunstâncias em geral e a cada uma em particular, sendo necessário, por vezes, manter em operação viaturas funcionando em modo degradado.

No que respeita aos trabalhos experimentais que se seguiram, embora tivessem surgido algumas dificuldades na reprodução fiel das condições de operação, tais como choques, picos de pressão, contacto com produtos quimicamente agressivos, situações climatéricas, etc., foram, na medida do possível reproduzidas, aproximando-as da realidade.

Identificadas, então, as condições não só de operação como ambientais, passou-se à avaliação do comportamento dos materiais, na realidade, tendo os resultados obtidos confirmando a nossa escolha, verificou-se um bom desempenho do novo par tribológico, em especial depois da avaliação do último ensaio, atendendo a que as condições criadas são as que melhor retratam a realidade.



Com a conclusão e avaliação dos resultados dos ensaios foi então possível dar início à fase de experimentação. Para isso, foram efectuadas as reparações necessárias nas guias de deslizamento e, maquinados e montados os respectivos protótipos numa das viaturas. A primeira escolha recaiu no móvel 188, porque na data em que foi realizada, era esta a viatura que necessitava de mais uma intervenção.

Esta reparação ficou concluída em 99ABR23, entrando de imediato a viatura em serviço. As reparações nas restantes viaturas, do grupo em estudo, foram programadas e realizadas à medida das necessidades, tendo as mesmas sido concluídas em 00JAN19. Todas as intervenções foram realizadas no âmbito da instalação do novo par tribológico.

O acompanhamento que se seguiu e as verificações efectuadas vieram comprovar a escolha efectuada, tendo-se constatado um óptimo desempenho deste novo par tribológico, confirmando-se os resultados obtidos, em particular o do último ensaio, atestando-se a longevidade dos componentes, de acordo com a última verificação realizada em 00SET15.

Como resultado deste reprojecto conseguiu-se melhorar a disponibilidade deste grupo de viaturas de R.R.S.U., atingindo-se agora valores médios finais de 0,9954.

Paralelamente, obtiveram-se reduções muito significativas nos custos de manutenção, (ver Anexo A – Quadro A.4), sendo, actualmente, necessário um montante anual da ordem dos 171 contos, por viatura, contra valores médios de 6560 contos, despendidos durante o triénio considerado.

Com esta nova realidade, conseguiu-se ultrapassar um problema aparentemente insolúvel, disponibilizando-se meios técnicos, humanos e económicos para outras actividades que obviamente tinham ficado adiadas.

Contudo, não pretendemos com este trabalho encerrar as nossas actividades. O tempo de que agora dispomos servirá certamente para nos debruçarmos sobre outros problemas ligados ainda a este mecanismo, e que terão todo o interesse em serem avaliados, como por ex., a eliminação do número de ciclos em vazio executados pelo mecanismo.

Este é, um outro ponto crítico deste mecanismo, de facto, se encontra nenhuma justificação técnica forte, que fundamente a instalação de um tipo de ciclo de trabalho em que o



mecanismo esteja permanentemente a trabalhar, enquanto a viatura se desloca de um para outro ponto de recolha de contentores. O número de ciclos de trabalho realizado em vazio é praticamente o dobro do que é necessário realizar durante um turno de recolha, pelo que, desde logo, os acréscimos que daí advêm, nos desgastes extemporâneos nos componentes, poderá ser significativamente reduzido.

Uma nova alteração neste mecanismo é técnica e economicamente justificável, pelo que o seu estudo pode ser o passo seguinte.

De referir ainda que o trabalho agora concluído não pretende, de modo nenhum, ser exaustivo, pelo que o estudo com outros materiais, ou a aplicação de novas técnicas ou conceitos de manutenção, tem em nós a maior receptividade, no sentido de otimizar as soluções agora alcançadas.

Resta, por fim, realçar e expressar o nosso apreço pela forte motivação de toda a equipa afectada ao Serviço de Manutenção, desde logo e sempre a primeira a intervir, em todas as situações.



(Página intencionalmente em branco)



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- [1] ASM Handbook, Volume 18; "Friction, Lubrication, and Wear Technology", ASM Internacional, The Materials Information Society, 1992.
- [2] ASSIS, Rui; Manutenção Centrada na Fiabilidade, (ISBN 972-757-037-2), Edições Lidel, Lisboa 1997.
- [3] BATISTA, Monteiro; e FERREIRA, Luís Andrade; Engenharia das Superfícies – Mestrado em Manutenção Industrial - FEUP, Porto 1999.
- [4] BOWDEN, F. P.; TABOR D.; "The Friction and Lubrication of Solids", The Calendron Press, Oxford, 1964.
- [5] CABRAL, José Saraiva; Organização e Gestão da Manutenção, (ISBN 972-757-052-6), Edições Lidel, Lisboa 1998.
- [6] CARINHAS, Henrique; Apontamentos de Tribologia, ISEL, Lisboa 1994.
- [7] FARINHA, José Manuel Torres; Ingenium – Lisboa 1992.
- [8] FERREIRA, Luís Andrade; Engenharia de Manutenção – Manutenção Industrial, FEUP, Porto 1999.
- [9] FERREIRA, Luís Andrade; Tribologia, (ISBN 972-95794-5-8), Publíndústria, Edições Técnicas, Porto 1998.
- [10] LEITÃO, Armando; Métodos Quantitativos de Gestão – Manutenção Industrial, FEUP, Porto 1999.
- [11] LOPES, Dias; Apontamentos de Engenharia de Superfícies, ISEL, Lisboa 1995.
- [12] MOUBRAY, John; Reliability Centred Maintenance, (ISBN 0-9539603-0-7), U.K. 1997, e Rio de Janeiro 1998.
- [13] O'CONNOR, Patrick D. T.; Practical Reliability Engineering, (ISBN 0-471-95767-4), student edition, U.K. 1995.
- [14] PINTO, Vítor M.; Gestão da Manutenção – Área da Produção, (ISBN 972-9205-57-4), Iapmei, Lisboa 1994.
- [15] ROCHA Santos; Apontamentos de Políticas de Manutenção, ISEL, Lisboa 1995.
- [16] ROCHA Santos; Regulamentos sobre Manutenção, ISEL, Lisboa 1995.
- [17] SILVA, F. A. Pina da, Tribologia – Fundação Calouste GulbenKian, Lisboa 1985.



-
- [18] BS 3811; Maintenance Management Terms in Terotechnology British Standard Glossary, 1984.
- [19] LUBRIFICAÇÃO E LUBRIFICANTES – Edição Galp 1999.
- [20] MANUAL DE OPERAÇÃO DO TRIBÓMETRO, marca Budenberg, modelo TE67, 1992.
- [21] MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA RESOL (modelo RS 4), 2000.
- [22] MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SOMA (modelo Haller X2), edições de 1996 e 1998.
- [23] NF X 60-010; Norma Francesa de Manutenção.
- [24] NP EN 50126 RAMS; 2000.
- [25] ÓLEOS LUBRIFICANTES – Revista Anecra, pág. 32, Junho 2001.
- [26] REGULAMENTO SOBRE R.S.U., Edital n.º 12/2001 da Câmara Municipal do Seixal.



ANEXO “A” – HISTÓRICO DE AVARIAS

- PARTICIPAÇÕES DE AVARIAS, (móvel n.º 188);
- CUSTOS INDIVIDUAIS DAS OPERAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO DOS ROLETES E GUIAS DE DESLIZAMENTO;
- FOLHAS DE OBRA DE MECÂNICA, (móvel n.º 188);
- QUADRO RESUMO DOS CUSTOS DE REPARAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO, DURANTE OS PERÍODOS DE REPARAÇÃO;
- QUADROS RESUMO DOS TEMPOS DE IMOBILIZAÇÃO ESTIMADOS, DOS TEMPOS EFECTIVAMENTE REALIZADOS, E CONTAGEM DOS TEMPOS DAS AVARIAS.



Quadro A.1 – Participação de Avaria (Móvel 188)

MUNICÍPIO DO SEIXAL
 CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

IMPRESSO DE PARTICIPAÇÃO DE AVARIA

Nº 005

A- IDENTIFICAÇÃO DO MÓVEL			
VIATURA / MÁQUINA	MARCA / MODELO	MATRÍCULA	DATA DE ENTRADA
N.º 1 8 8	SCANIA – P 93 M	0 8 - 0 1 - H I	9 7 / 0 6 / 0 2
B – SITUAÇÃO			
1 <input type="checkbox"/> Acidente 2 <input type="checkbox"/> Deficiente correcção da avaria anterior 3 <input checked="" type="checkbox"/> Desgaste normal 4 <input type="checkbox"/> Deficiente utilização 5 <input type="checkbox"/> Ocasional 6 <input type="checkbox"/> Tacógrafo		7 <input type="checkbox"/> Rádio telefone 8 <input type="checkbox"/> Rádio 9 <input type="checkbox"/> Seguro do veiculo desactualizado 10 <input type="checkbox"/> I.P.O. desactualizada 11 <input type="checkbox"/> Revisão _____ Kms 12 <input type="checkbox"/> _____	
C – AVARIAS			
1 <input type="checkbox"/> Motor 2 <input type="checkbox"/> Sistema de ignição 3 <input type="checkbox"/> Embraiagem 4 <input type="checkbox"/> Caixa de velocidades 5 <input type="checkbox"/> Diferencial / Transmissão 6 <input type="checkbox"/> Travões 7 <input type="checkbox"/> Eixos 8 <input type="checkbox"/> Suspensão (Frente / Trás) 9 <input type="checkbox"/> Direcção 10 <input type="checkbox"/> Sistema hidráulico 11 <input type="checkbox"/> Sistema eléctrico 11.1 <input type="checkbox"/> Motor de arranque 11.2 <input type="checkbox"/> Alternador 11.3 <input type="checkbox"/> Bateria 11.4 <input type="checkbox"/> Rotativa / Chapas reflectoras / Triângulo		11.5 <input type="checkbox"/> Comandos / Interruptores / Manipulos 11.6 <input type="checkbox"/> Instrumentos e lâmpadas avisadoras 11.7 <input type="checkbox"/> Faróis de : máximos / médios / mínimos / estacionamento / travagem / piscas / perigo / luzes de presença laterais / nevoeiro. 11.8 <input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas / Escovas 12 <input checked="" type="checkbox"/> Chassis / Estrutura 12.1 <input type="checkbox"/> Aquecimento / Ventilação / Ar condicionado 12.2 <input type="checkbox"/> Lavador de faróis / Pára-brisas 12.3 <input type="checkbox"/> Portas / Elevadores dos vidros das portas 12.4 <input type="checkbox"/> Guarda-lamas 13 <input type="checkbox"/> Rodas / Pneus 14 <input type="checkbox"/> Lubrificação 15 <input type="checkbox"/> _____ 16 <input type="checkbox"/> _____	
D - ITEM N.º	DESCRIÇÃO DA AVARIA	OBSERVAÇÕES	
12	Os roletes inferiores do charriot estão presos e existe muita folga entre as guias e os roletes. As guias onde deslizam os roletes apresentam ovalização na parte superior.		
E – PARTICIPAÇÃO DA AVARIA			
MOTORISTA	VERIFICADOR	SERV. MANUTENÇÃO	SERV. GESTAO DA FROTA
DATA: 97JUN02 _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____
F – A VIATURA VAI FICAR IMOBILIZADA PARA REPARAÇÃO			10 DIAS
G – CONFIRMAÇÃO DA REPARAÇÃO CONCLUÍDA			
SERV. MANUTENÇÃO	VERIFICADOR	MOTORISTA	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS DE RECOLHA DE R.S.U.

Quadro A.1 – Continuação

 MUNICÍPIO DO SEIXAL
CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

IMPRESSO DE PARTICIPAÇÃO DE AVARIA

Nº 013

A- IDENTIFICAÇÃO DO MOVEL			
VIATURA / MÁQUINA	MARCA / MODELO	MATRICULA	DATA DE ENTRADA
N.º 1 8 8	SCANIA – P 93 M	0 8 - 0 1 - H I I	9 8 / 0 4 / 0 8
B – SITUAÇÃO			
1 <input type="checkbox"/> Acidente 2 <input type="checkbox"/> Deficiente correcção da avaria anterior 3 <input checked="" type="checkbox"/> Desgaste normal 4 <input type="checkbox"/> Deficiente utilização 5 <input type="checkbox"/> Ocasional 6 <input type="checkbox"/> Tacógrafo		7 <input type="checkbox"/> Rádio telefone 8 <input type="checkbox"/> Rádio 9 <input type="checkbox"/> Seguro do veículo desactualizado 10 <input type="checkbox"/> I.P.O. desactualizada 11 <input type="checkbox"/> Revisão _____ Kms 12 <input type="checkbox"/> _____	
C – AVARIAS			
1 <input type="checkbox"/> Motor 2 <input type="checkbox"/> Sistema de ignição 3 <input type="checkbox"/> Embraiagem 4 <input type="checkbox"/> Caixa de velocidades 5 <input type="checkbox"/> Diferencial / Transmissão 6 <input type="checkbox"/> Travões 7 <input type="checkbox"/> Eixos 8 <input type="checkbox"/> Suspensão (Frente / Trás) 9 <input type="checkbox"/> Direcção 10 <input type="checkbox"/> Sistema hidráulico 11 <input type="checkbox"/> Sistema eléctrico 11.1 <input type="checkbox"/> Motor de arranque 11.2 <input type="checkbox"/> Alternador 11.3 <input type="checkbox"/> Bateria 11.4 <input type="checkbox"/> Rotativa / Chapas reflectoras / Triângulo		11.5 <input type="checkbox"/> Comandos / Interruptores / Manipulos 11.6 <input type="checkbox"/> Instrumentos e lâmpadas avisadoras 11.7 <input type="checkbox"/> Faróis de : máximos / médios / mínimos / estacionamento / travagem / piscas / perigo / luzes de presença laterais / nevoeiro. 11.8 <input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas / Escovas 12 <input checked="" type="checkbox"/> Chassis / Estrutura 12.1 <input type="checkbox"/> Aquecimento / Ventilação / Ar condicionado 12.2 <input type="checkbox"/> Lavador de faróis / Pára-brisas 12.3 <input type="checkbox"/> Portas / Elevadores dos vidros das portas 12.4 <input type="checkbox"/> Guarda-lamas 13 <input type="checkbox"/> Rodas / Pneus 14 <input type="checkbox"/> Lubrificação 15 <input type="checkbox"/> _____ 16 <input type="checkbox"/> _____	
D - ITEM N.º	DESCRIÇÃO DA AVARIA	OBSERVAÇÕES	
	12 – As guias de deslizamento do charriot estão muito desgastadas e parcialmente partidas. Os roletes estão ovalizados e não rodam. O charriot quando sobe, desloca-se aos ressaltos.		
E – PARTICIPAÇÃO DA AVARIA			
MOTORISTA	VERIFICADOR	SERV. MANUTENÇÃO	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA: 98ABR08 _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____
F – A VIATURA VAI FICAR IMOBILIZADA PARA REPARAÇÃO			20 DIAS
G – CONFIRMAÇÃO DA REPARAÇÃO CONCLUÍDA			
SERV. MANUTENÇÃO	VERIFICADOR	MOTORISTA	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_	DATA ___/___/___ _H_
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS DE RECOLHA DE R.S.U..

Quadro A.1 – Continuação

MUNICÍPIO DO SEIXAL
CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

IMPRESSO DE PARTICIPAÇÃO DE AVARIA

Nº 018

A - IDENTIFICAÇÃO DO MOVEL			
VIATURA / MÁQUINA	MARCA / MODELO	MATRÍCULA	DATA DE ENTRADA
N.º 1 8 8	SCANIA - P 93 M	0 8 - 0 1 - H I	9 8 / 0 8 / 2 7
B - SITUAÇÃO			
1 <input type="checkbox"/> Acidente 2 <input type="checkbox"/> Deficiente correcção da avaria anterior 3 <input checked="" type="checkbox"/> Desgaste normal 4 <input type="checkbox"/> Deficiente utilização 5 <input type="checkbox"/> Ocasional 6 <input type="checkbox"/> Tacógrafo		7 <input type="checkbox"/> Rádio telefone 8 <input type="checkbox"/> Rádio 9 <input type="checkbox"/> Seguro do veículo desactualizado 10 <input type="checkbox"/> I.P.O. desactualizada 11 <input type="checkbox"/> Revisão _____ Kms 12 <input type="checkbox"/> _____	
C - AVARIAS			
1 <input type="checkbox"/> Motor 2 <input type="checkbox"/> Sistema de ignição 3 <input type="checkbox"/> Embraiagem 4 <input type="checkbox"/> Caixa de velocidades 5 <input type="checkbox"/> Diferencial / Transmissão 6 <input type="checkbox"/> Travões 7 <input type="checkbox"/> Eixos 8 <input type="checkbox"/> Suspensão (Frente / Trás) 9 <input type="checkbox"/> Direcção 10 <input type="checkbox"/> Sistema hidráulico 11 <input type="checkbox"/> Sistema eléctrico 11.1 <input type="checkbox"/> Motor de arranque 11.2 <input type="checkbox"/> Alternador 11.3 <input type="checkbox"/> Bateria 11.4 <input type="checkbox"/> Rotativa / Chapas reflectoras / Triângulo		11.5 <input type="checkbox"/> Comandos / Interruptores / Manipulos 11.6 <input type="checkbox"/> Instrumentos e lâmpadas avisadoras 11.7 <input type="checkbox"/> Faróis de : máximos / médios / mínimos / estacionamento / travagem / piscas / perigo / luzes de presença laterais / nevoeiro. 11.8 <input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas / Escovas 12 <input checked="" type="checkbox"/> Chassis / Estrutura 12.1 <input type="checkbox"/> Aquecimento / Ventilação / Ar condicionado 12.2 <input type="checkbox"/> Lavador de faróis / Pára-brisas 12.3 <input type="checkbox"/> Portas / Elevadores dos vidros das portas 12.4 <input type="checkbox"/> Guarda-lamas 13 <input type="checkbox"/> Rodas / Pneus 14 <input type="checkbox"/> Lubrificação 15 <input type="checkbox"/> _____ 16 <input type="checkbox"/> _____	
D - ITEM N.º	DESCRIÇÃO DA AVARIA	OBSERVAÇÕES	
12	Os roletes de apoio e deslizamento do charriot estão ovalizados. A parte superior das barras de deslizamento já apresentam desgaste.		
E - PARTICIPAÇÃO DA AVARIA			
MOTORISTA	VERIFICADOR	SERV. MANUTENÇÃO	SERV. GESTAO DA FROTA
DATA: 98AGO27 __H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____
F - A VIATURA VAI FICAR IMOBILIZADA PARA REPARAÇÃO			10 DIAS
G - CONFIRMAÇÃO DA REPARAÇÃO CONCLUÍDA			
SERV. MANUTENÇÃO	VERIFICADOR	MOTORISTA	SERV. GESTAO DA FROTA
DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS DE RECOLHA DE R.S.U..

Quadro A.1 – Continuação

 MUNICÍPIO DO SEIXAL
CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

IMPRESSO DE PARTICIPAÇÃO DE AVARIA

Nº 025

A- IDENTIFICAÇÃO DO MÓVEL			
VIATURA / MAQUINA	MARCA / MODELO	MATRICULA	DATA DE ENTRADA
N.º 1 8 8	SCANIA - P 93 M	0 8 - 0 1 - H 1	9 9 / 0 3 / 2 6
B - SITUAÇÃO			
1 <input type="checkbox"/> Acidente 2 <input type="checkbox"/> Deficiente correcção da avaria anterior 3 <input checked="" type="checkbox"/> Desgaste normal 4 <input type="checkbox"/> Deficiente utilização 5 <input type="checkbox"/> Ocasional 6 <input type="checkbox"/> Tacógrafo		7 <input type="checkbox"/> Rádio telefone 8 <input type="checkbox"/> Rádio 9 <input type="checkbox"/> Seguro do veículo desactualizado 10 <input type="checkbox"/> I.P.O. desactualizada 11 <input type="checkbox"/> Revisão _____ Kms 12 <input type="checkbox"/> _____	
C - AVARIAS			
1 <input type="checkbox"/> Motor 2 <input type="checkbox"/> Sistema de ignição 3 <input type="checkbox"/> Embraiagem 4 <input type="checkbox"/> Caixa de velocidades 5 <input type="checkbox"/> Diferencial / Transmissão 6 <input type="checkbox"/> Travões 7 <input type="checkbox"/> Eixos 8 <input type="checkbox"/> Suspensão (Frente / Trás) 9 <input type="checkbox"/> Direcção 10 <input type="checkbox"/> Sistema hidráulico 11 <input type="checkbox"/> Sistema eléctrico 11.1 <input type="checkbox"/> Motor de arranque 11.2 <input type="checkbox"/> Alternador 11.3 <input type="checkbox"/> Bateria 11.4 <input type="checkbox"/> Rotativa / Chapas reflectoras / Triângulo		11.5 <input type="checkbox"/> Comandos / Interruptores / Manipulos 11.6 <input type="checkbox"/> Instrumentos e lâmpadas avisadoras 11.7 <input type="checkbox"/> Faróis de : máximos / médios / mínimos / estacionamento / travagem / piscas / perigo / luzes de presença laterais / nevoeiro. 11.8 <input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas / Escovas 12 <input checked="" type="checkbox"/> Chassis / Estrutura 12.1 <input type="checkbox"/> Aquecimento / Ventilação / Ar condicionado 12.2 <input type="checkbox"/> Lavador de faróis / Pára-brisas 12.3 <input type="checkbox"/> Portas / Elevadores dos vidros das portas 12.4 <input type="checkbox"/> Guarda-lamas 13 <input type="checkbox"/> Rodas / Pneus 14 <input type="checkbox"/> Lubrificação 15 <input type="checkbox"/> _____ 16 <input type="checkbox"/> _____	
D - ITEM N.º	DESCRIÇÃO DA AVARIA	OBSERVAÇÕES	
12	Viseira danificada com diversos pontos de fracturas devido a corrosão das chapas laterais, cuba, reforços das guias de deslizamento, charriot e placa de compressão.	As guias de deslizamento e os roletes já apresentam ovalização.	
E - PARTICIPAÇÃO DA AVARIA			
MOTORISTA	VERIFICADOR	SERV. MANUTENÇÃO	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA: 99MAR26 __H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____
F - A VIATURA VAI FICAR IMOBILIZADA PARA REPARAÇÃO			25 DIAS
G - CONFIRMAÇÃO DA REPARAÇÃO CONCLUÍDA			
SERV. MANUTENÇÃO	VERIFICADOR	MOTORISTA	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__	DATA __/__/__H__
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS DE RECOLHA DE R.S.U..

Quadro A.1 – Continuação

 MUNICÍPIO DO SEIXAL
CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

IMPRESSO DE PARTICIPAÇÃO DE AVARIA

Nº 034

A - IDENTIFICAÇÃO DO MOVEL			
VIATURA / MÁQUINA	MARCA / MODELO	MATRICULA	DATA DE ENTRADA
N.º 1 8 8	SCANIA - P 93 M	0 8 - 0 1 - H I	0 0 / 0 9 / 1 4
B - SITUAÇÃO			
1 <input type="checkbox"/> Acidente 2 <input type="checkbox"/> Deficiente correcção da avaria anterior 3 <input checked="" type="checkbox"/> Desgaste normal 4 <input type="checkbox"/> Deficiente utilização 5 <input type="checkbox"/> Ocasional 6 <input type="checkbox"/> Tacógrafo		7 <input type="checkbox"/> Rádio telefone 8 <input type="checkbox"/> Rádio 9 <input type="checkbox"/> Seguro do veículo desactualizado 10 <input type="checkbox"/> I.P.O. desactualizada 11 <input type="checkbox"/> Revisão _____ Kms 12 <input type="checkbox"/> _____	
C - AVARIAS			
1 <input type="checkbox"/> Motor 2 <input type="checkbox"/> Sistema de ignição 3 <input type="checkbox"/> Embraiagem 4 <input type="checkbox"/> Caixa de velocidades 5 <input type="checkbox"/> Diferencial / Transmissão 6 <input type="checkbox"/> Travões 7 <input type="checkbox"/> Eixos 8 <input type="checkbox"/> Suspensão (Frente / Trás) 9 <input type="checkbox"/> Direcção 10 <input type="checkbox"/> Sistema hidráulico 11 <input type="checkbox"/> Sistema eléctrico 11.1 <input type="checkbox"/> Motor de arranque 11.2 <input type="checkbox"/> Alternador 11.3 <input type="checkbox"/> Bateria 11.4 <input type="checkbox"/> Rotativa / Chapas reflectoras / Triângulo		11.5 <input type="checkbox"/> Comandos / Interruptores / Manipulos 11.6 <input type="checkbox"/> Instrumentos e lâmpadas avisadoras 11.7 <input type="checkbox"/> Faróis de : máximos / médios / mínimos / estacionamento / travagem / piscas / perigo / luzes de presença laterais / nevoeiro. 11.8 <input type="checkbox"/> Limpa pára-brisas / Escovas 12 <input checked="" type="checkbox"/> Chassis / Estrutura 12.1 <input type="checkbox"/> Aquecimento / Ventilação / Ar condicionado 12.2 <input type="checkbox"/> Lavador de faróis / Pára-brisas 12.3 <input type="checkbox"/> Portas / Elevadores dos vidros das portas 12.4 <input type="checkbox"/> Guarda-lamas 13 <input type="checkbox"/> Rodas / Pneus 14 <input type="checkbox"/> Lubrificação 15 <input type="checkbox"/> _____ 16 <input type="checkbox"/> _____	
D - ITEM N.º	DESCRIÇÃO DA AVARIA	OBSERVAÇÕES	
12	Inspeccionar desgastes e estado geral de conservação das guias de deslizamento e apoio do charriot.		
E - PARTICIPAÇÃO DA AVARIA			
MOTORISTA	VERIFICADOR	SERV. MANUTENÇÃO	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA: 00SET14 _H_	DATA _/ _/ _H_	DATA _/ _/ _H_	DATA _/ _/ _H_
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____
F - A VIATURA VAI FICAR IMOBILIZADA PARA REPARAÇÃO			01 DIA
G - CONFIRMAÇÃO DA REPARAÇÃO CONCLUÍDA			
SERV. MANUTENÇÃO	VERIFICADOR	MOTORISTA	SERV. GESTÃO DA FROTA
DATA _/ _/ _H_	DATA _/ _/ _H_	DATA _/ _/ _H_	DATA _/ _/ _H_
RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____	RÚBRICA _____



Quadro A.2 - Identificação das Operações de Substituição dos Roletes e das Guias de Deslizamento, Materiais Aplicados e Número de Horas e Custos Médios Necessários para a Execução dos Respectivos Trabalhos.

NÚMERO DA OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO DA REPARAÇÃO	MATERIAIS E MAQUINAGEM	HORAS TOTAIS X CUSTO H. H.
1	Desligar a instalação eléctrica entre a caixa de recolha de resíduos e a viseira.	_____	2 x 5 500\$00 = 11 000\$00
2	Desligar a instalação hidráulica entre a caixa de recolha de resíduos e a viseira.	_____	1 x 5 500\$00 = 5 500\$00
3	Desmontar a viseira da caixa de recolha de resíduos.	_____	6 x 5 500\$00 = 33 000\$00
4	Retirar o conjunto do charriot e da placa de compressão das guias de deslizamento da viseira.	_____	12 x 5 500\$00 = 66 000\$00
5	Lavar e desengordurar os dois conjuntos.	_____	4 x 4 000\$00 = 16 000\$00
6	Suspender o charriot e a placa de compressão.	_____	4 x 5 500\$00 = 22 000\$00
7	Rectificar / aplinar as guias de deslizamento.	_____	8 x 5 500\$00 = 44 000\$00
8	Descarnar as barras de desgaste das guias de deslizamento, para substituição.	_____	3 x 5 500\$00 = 16 500\$00
9	Aplicação de novas barras em St 52.3. (Verificar e reparar, se necessário, os reforços laterais exteriores da viseira, nas zonas de compressão do charriot).	10 000\$00	8 x 5 500\$00 = 44 000\$00
10	Aplicação de novas barras em aço manganês, (Hardox 400). (Verificar e reparar, se necessário, os reforços laterais exteriores da viseira, nas zonas de compressão do charriot).	21 000\$00	8 x 5 500\$00 = 44 000\$00
11	Aplicação de novas barras em CK 45. (Recondicionar os reforços laterais exteriores da viseira, nas zonas de compressão do charriot).	19 000\$00	8 x 5 500\$00 = 44 000\$00
12	Retirar cavilhões dos apoios do charriot, encher e rectificar.	1 000\$00	12 x 5 500\$00 = 66 000\$00
13	Desmontar e limpar todos os circuitos de lubrificação aos cavilhões e roletes.	_____	4 x 5 500\$00 = 22 000\$00
14	Montar cavilhões no charriot.	_____	3 x 5 500\$00 = 16 500\$00



Quadro A.2 – (Continuação)

NÚMERO DA OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO DA REPARAÇÃO	MATERIAIS E MAQUINAGEM	HORAS TOTAIS X CUSTO H. H.
15	Maquinar, escasquilhar e montar roletes novos (BOZD) e respectivos feltros.	30 000\$00	16 x 5 500\$00 = 88 000\$00
16	Encher todo o circuito de lubrificação com massa lubrificante.	1 000\$00	½ x 4 000\$00 = 2 000\$00
17	Maquinar e montar cubos de deslizamento em poliamida.	55 000\$00	6 x 5 500\$00 = 33 000\$00
18	Eliminar sistema de distribuição centralizada de lubrificação de massa aos roletes.	_____	2 x 5 500\$00 = 11 000\$00
19	Substituir rótulas dos cilindros hidráulicos do charriot e da placa de compressão.	50 000\$00	8 x 5 500\$00 = 44 000\$00
20	Desmontar a placa de compressão do charriot para rectificação das respectivas articulações.	_____	8 x 5 500\$00 = 44 000\$00
21	Encher e mandricular furos das articulações do charriot e da placa de compressão.	_____	16 x 5 500\$00 = 88 000\$00
22	Substituir os casquilhos nas articulações da placa de compressão e no charriot.	44 000\$00	20 x 5 500\$00 = 110 000\$00
23	Montar placa de compressão no charriot.	_____	3 x 5 500\$00 = 16 500\$00
24	Montar o conjunto do charriot e da placa de compressão na viseira.	_____	12 x 5 500\$00 = 66 000\$00
25	Montar a viseira na traseira da caixa de recolha dos resíduos.	_____	6 x 5 500\$00 = 33 000\$00
26	Ligar toda a instalação hidráulica entre a viseira e a caixa. Detectar e eliminar fugas.	3 000\$00	3 x 5 500\$00 = 16 500\$00
27	Ligar toda a instalação eléctrica entre a viseira e a caixa.	1 000\$00	5 x 5 500\$00 = 27 500\$00
28	Descarregar / limpar todo o circuito hidráulico e lavar depósito. Atestar com nova carga de óleo, efectuar purgas e substituir filtros.	60 000\$00	4 x 5 500\$00 = 22 000\$00
29	Testar, ensaiar e afinar todos os circuitos.	_____	2 x 5 500\$00 = 11 000\$00
30	Verificar o estado de desgaste das guias de deslizamento e dos cubos de poliamida. Medição de cotas.	_____	6 x 5 500\$00 = 33 000\$00



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A MANUTENÇÃO DE COMPONENTES EM VIATURAS DE RECOLHA DE R.S.U..

Quadro A.3 – Continuação

 MUNICÍPIO DO SEIXAL
 CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

FOLHA DE OBRA DE MECÂNICA

Nº 013

A- IDENTIFICAÇÃO DO MOVEL															
VIATURA / MÁQUINA				MARCA / MODELO				DATA DE ENTRADA				DATA PARA EXECUÇÃO			
Nº 1 8 8				SCANIA P 93 M				9 8 / 0 4 / 0 8				9 8 / 0 4 / 0 8			

B- MECÂNICA - ACÇÕES A EXECUTAR											
Desligar toda a instalação eléctrica e hidráulica entre a caixa e o charriot. Desmontar viseira para reparação. Cortar e substituir barras de desgaste das guias de deslizamento. Substituir cavilhões do charriot. Reparar a estrutura lateral da viseira e da cuba, substituindo as chapas deterioradas. Desmontar, limpar, e atestar toda a instalação de lubrificação dos roletes. Substituir roletes, casquilhos e feltros. Substituir óleo do sistema hidráulico e filtros. Montar e testar todo o conjunto.											
REPARAÇÃO INTERNA				KMS - HORAS							
REPARAÇÃO EXTERNA				X				EFECTUADOS			

C - CUSTO TOTAL DA REPARAÇÃO				- COD. / REFª.	- PRÇ / Un.	- QT.	- TOTAL
Guias de deslizamento (St 52.3.)					\$00		\$00
Roletes (4); cavilhões (4).					\$00		\$00
Tubos de lubrificação.					\$00		\$00
Massa lubrificante.					\$00		\$00
Óleo hidráulico e filtros.					\$00		\$00
Materiais de limpeza.					\$00		\$00
Materiais de corte e soldadura					\$00		\$00
TOTAL 1							668 500\$00

D - ENCOMENDAS AO EXTERIOR				- DESP. Nº	- PRÇ / Un.	- QT.	- TOTAL
				DPA- /	\$00		\$00
				DPA- /	\$00		\$00
				DPA- /	\$00		\$00
				DPA- /	\$00		\$00
				DPA- /	\$00		\$00
TOTAL 2							\$00

E - CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO DURANTE O PERIODO DE IMOBILIZAÇÃO																																					
INICIO DA INTERVENÇÃO				FINAL DA INTERVENÇÃO				CUSTO SUBSTITUIÇÃO																													
9	8	/	0	4	/	0	8	-	-	-	H	-	9	8	/	0	5	/	0	4	-	-	-	H	-	-	-	H	-	1	3	5	0	0	0	\$	0
/	/	/	/	-	-	-	F	-	-	-	F	-	/	/	/	/	-	-	-	F	-	-	-	H	-	-	-	-	-	-	-	-	\$	0			
/	/	/	/	-	-	-	F	-	-	-	F	-	/	/	/	/	-	-	-	F	-	-	-	H	-	-	-	-	-	-	-	-	\$	0			
/	/	/	/	-	-	-	F	-	-	-	F	-	/	/	/	/	-	-	-	F	-	-	-	H	-	-	-	-	-	-	-	-	\$	0			
TOTAL 3											1 350 000\$00																										

F - CUSTO TOTAL DA OBRA											
TOTAL 1 + TOTAL 2 + TOTAL 3.											2 018 500\$00

G - EXECUÇÃO / CONFIRMAÇÃO DA CONCLUSÃO DOS TRABALHOS															
DISTRIBUIDO A				MECÂNICO				ENCº OFIC. MECÂNICA				CENTRO DE CUSTOS			
DATA ___/___/____H___				DATA ___/___/____H___				DATA ___/___/____H___							
RÚBRICA _____				RÚBRICA _____				RÚBRICA _____							



Quadro A.3 – Continuação

MUNICÍPIO DO SEIXAL
CÂMARA MUNICIPAL

Divisão de Parque Auto

FOLHA DE OBRA DE MECÂNICA

Nº 018

A- IDENTIFICAÇÃO DO MOVEL																				
VIATURA / MÁQUINA			MARCA / MODELO			DATA DE ENTRADA			DATA PARA EXECUÇÃO											
Nº	1	8	8	SCANIA P 93 M	9	8	/	0	8	/	2	7	9	8	/	0	8	/	2	7

B- MECÂNICA - ACÇÕES A EXECUTAR											
Desligar toda a instalação eléctrica e hidráulica entre a caixa e o viseira. Desmontar charriot para reparação. Cortar e substituir barras de desgaste das guias de deslizamento. Reparar a estrutura lateral da viseira e da cuba, substituindo as chapas deterioradas. Montar chapas de desgaste em hardox 400. Desmontar, limpar e atestar toda a instalação de lubrificação dos roletes. Substituir roletes, casquilhos, feltros e cavilhões. Substituir óleo do sistema hidráulico e filtros. Montar e testar todo o conjunto.											
REPARAÇÃO INTERNA						KMS - HORAS					
REPARAÇÃO EXTERNA				X		EFECTUADOS					

C - CUSTO TOTAL DA REPARAÇÃO	- Cód. / REFª	- PRÇ / Un.	- QT.	- TOTAL
Guias de deslizamento + desgaste (hardox 400).		\$00		\$00
Roletes (4); cavilhões (4).		\$00		\$00
Tubos de lubrificação.		\$00		\$00
Massa lubrificante.		\$00		\$00
Óleo hidráulico e filtros.		\$00		\$00
Materiais de limpeza.		\$00		\$00
Materiais de corte e soldadura		\$00		\$00
TOTAL 1				679 500\$00

D - ENCOMENDAS AO EXTERIOR	- DESP. Nº	- PRÇ / Un.	- QT.	- TOTAL
	DPA- /	\$00		\$00
	DPA- /	\$00		\$00
	DPA- /	\$00		\$00
	DPA- /	\$00		\$00
	DPA- /	\$00		\$00
TOTAL 2				\$00

E - CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO DURANTE O PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO																												
INICIO DA INTERVENÇÃO				FINAL DA INTERVENÇÃO				CUSTO SUBSTITUIÇÃO																				
9	8	/	0	8	/	0	9	/	1	4	-	-	-	H	-	-	-	H	-	9	5	0	0	0	0	\$	0	
/	/						/	/						F				H									\$	0
/	/						/	/						F				H									\$	0
/	/						/	/						F				H									\$	0
TOTAL 3										950 000\$00																		

F - CUSTO TOTAL DA OBRA														
TOTAL 1 + TOTAL 2 + TOTAL 3.										1 629 500\$00				

G - EXECUÇÃO / CONFIRMAÇÃO DA CONCLUSÃO DOS TRABALHOS											
DISTRIBUIDO A			MECÂNICO			ENCº OFIC. MECÂNICA			CENTRO DE CUSTOS		
			DATA ___/___/___ H___			DATA ___/___/___ H___			DATA ___/___/___ H___		
			RÚBRICA _____			RÚBRICA _____			RÚBRICA _____		



Quadro A.4 – Resumo Comparativo dos Custos de Manutenção.

ANOS	VIATURAS	52	66	71	95	99	137	138	187	188
	CUSTOS									
1997	REPARAÇÃO	1.148	505	669	669	320	669	669	320	320
	SUBSTITUIÇÃO	1.800	1.400	1.150	1.250	700	700	1.050	700	750
	TOTAIS	2.948	1.905	1.819	1.919	1.020	1.369	1.719	1.020	1.070
1998	REPARAÇÃO	1.060	774	320	774	669	774	669	669	1348
	SUBSTITUIÇÃO	1.300	1.350	600	900	1.400	1.300	850	1.400	2.300
	TOTAIS	2.360	2.124	920	1.674	2.069	2.074	1.519	2.069	3.648
1999	REPARAÇÃO	1.030	1.014	1.709	931	1.710	936	936	1.710	1.030
	SUBSTITUIÇÃO	1.050	1.050	2.550	1.000	2.550	1.200	1.450	2.500	1.450
	TOTAIS	2.080	2.064	4.259	1.931	4.260	2.136	2.386	4.210	2.480
TOTAIS (1997+1998 +1999)	REPARAÇÃO	3.238	2.293	2.698	2.374	2.699	2.379	2.274	2.699	2.698
	SUBSTITUIÇÃO	4.150	3.800	4.300	3.150	4.650	3.200	3.350	4.600	4.500
	TOTAIS	7.388	6.093	6.998	5.524	7.349	5.579	5.624	7.299	7.198
2000	REPARAÇÃO	71	71	71	71	71	71	71	71	71
	SUBSTITUIÇÃO	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	TOTAIS	171	171	171	171	171	171	171	171	171



Quadro A.5 – Dias de Imobilização Previstos para Reparação da Viseira das Viaturas R.R.S.U.

ANO MOVEL	1997			1998			1999			2000		2001	
	188		11 DIAS		21 DIAS	9 DIAS					1 DIA		1 DIA
187			10 DIAS	26 DIAS		8 DIAS		27 DIAS					1 DIA
138							12 DIAS		23 DIAS			1 DIA	
137			20 DIAS										1 DIA
99			11 DIAS			22 DIAS							
95		13 DIAS		27 DIAS		16 DIAS						1 DIA	
95	24 DIAS												1 DIA
71			19 DIAS	10 DIAS	8 DIAS	20 DIAS					25 DIAS		1 DIA
66													1 DIA
66		24 DIAS				19 DIAS		6 DIAS					1 DIA
52	22 DIAS		6 DIAS		21 DIAS								1 DIA

Quadro A.6 – *Periodos de Imobilização Efectivos para Reparação das Viaturas de R.R.S.U.*

ANO MOVEL	1997		1998		1999		2000		2001	
	188		2-Jun 16-Jun	8-Abr 4-Mai	27-Ago 14-Set	26-Mar 23-Abr			14-Set 15-Set	
187		26-Set	6-Mai 2-Jun		23-Fev 12-Mar	19-Out 19-Nov				2-Mar 3-Mar
138		15-Jul 4-Ago	11-Mar 27-Mar		9-Mar				6-Dez 7-Dez	
137		20-Ago 4-Set		15-Out 9-Nov		21-Jul 13-Ago				16-Fev 17-Fev
99		27-Mai 9-Jun		29-Dez	18-Jan				19-Dez 20-Dez	
95	18-Fev 14-Mar		18-Fev 17-Mar			4-Nov 3-Dez				7-Fev 8-Fev
71		8-Out 30-Out	22-Mai 8-Jun			6-Out				26-Mar 27-Mar
66		5-Abr 2-Mai	30-Abr 11-Mai		19-Jan 10-Fev	23-Dez	19-Jan			10-Jan 11-Jan
52	10-Jan 6-Fev	16-Set 23-Set		3-Dez 29-Dez	8-Jun 28-Jun					23-Jan 24-Jan



Quadro A.7 – Total dos Dias de Imobilização das Viaturas R.R.S.U..

ANO MOVEL	1997		1998		1999		2000		2001
188		15 DIAS	27 DIAS	19 DIAS	29 DIAS			2 DIAS	
187		14 DIAS	28 DIAS		18 DIAS	32 DIAS			2 DIAS
138		21 DIAS	17 DIAS		29 DIAS				2 DIAS
137		14 DIAS	26 DIAS		24 DIAS				2 DIAS
99	14 DIAS		28 DIAS		21 DIAS	30 DIAS			2 DIAS
95	25 DIAS		18 DIAS			20 DIAS			2 DIAS
71		23 DIAS	12 DIAS		23 DIAS		28 DIAS		2 DIAS
66	28 DIAS			27 DIAS	21 DIAS				2 DIAS
52	28 DIAS	8 DIAS		26 DIAS		21 DIAS			2 DIAS





Quadro A.8 – Registo da Contagem dos Dias do Início de cada Avaria.

ANO MOVEL	1997		1998		1999		2000		2001	
	Tempo decorrido desde o início do ensaio	Tempo de duração da avaria	Tempo decorrido desde o início do ensaio	Tempo de duração da avaria	Tempo decorrido desde o início do ensaio	Tempo de duração da avaria	Tempo decorrido desde o início do ensaio	Tempo de duração da avaria	Tempo decorrido desde o início do ensaio	Tempo de duração da avaria
188	152	15	447	562	754	29				
187		268	476		741	18	961			
138		195	413		759	29				
137		231		636		889	24			
99	146		399		685	21		974		
95	48			481			946			
71		280	460		712	23		1028		
66	94						833			
52	9	230		525			893			
	28	8		26			21			

Período de ensaio: 1 114 dias

- tempo decorrido desde o início do ensaio
- tempo de duração da avaria





LUIS COELHO SALEIRO

Nasceu a 8 de Junho de 1952, em Almada, onde reside.
Casado e pai de dois filhos.

Ingressou no I.S.E.L., depois de ter cumprido o Serviço Militar, em 1977 como trabalhador estudante, no curso de Engenharia de Máquinas que concluiu em 1982.

Licenciou-se pelo mesmo Instituto, em Engenharia Mecânica, no ramo de Manutenção, em 1996.

A sua actividade profissional tem-se desenvolvido nas áreas da produção e da manutenção, em empresas dos ramos químico alimentar, naval e automóvel.

Colaborou no projecto para o reequipamento da fábrica de alimentos compostos para animais, da Nacional, objectivando a duplicação da capacidade de produção, ingressando posteriormente no sector de moagem de farinhas, onde foi responsável pela montagem e arranque das linhas de empacotamento de farinhas para usos culinários.

A partir de 1982 ingressou na Tagol, empresa dedicada à extracção de óleos alimentares pelo processo de solvente, desenvolvendo actividades nas áreas da produção e da manutenção, em regime de laboração contínua.

Durante o ano de 1996 esteve ligado à indústria naval, na empresa Dragapor, onde desempenhou as funções de Assessor do Director de Manutenção.

Presentemente e desde 1997 desenvolve a sua actividade profissional ligado ao sector automóvel, desempenhando as funções de Coordenador do Serviço de Manutenção da frota municipal, da Autarquia do Seixal.



FACULDADE DE ENGENHARIA

UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000064497