

## **Título do trabalho**

Ações de Engenharia de Manutenção para maximização de resultados.

## **Autor**

Marcelo Ávila Fernandes Engenheiro de Produção Mecânica formado pela EESC-USP Escola de Engenharia de São Paulo Campus São Carlos, Diretor da Astrein Engenharia de Manutenção S/A.

## **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo apresentar ferramentas para auxiliar o gerente de manutenção na escolha de ações de Engenharia de Manutenção.

A constante redução das equipes de manutenção e o constante aumento do número e complexidade dos equipamentos a manter, aliados a forte pressão por aumento de competitividade, obrigam as equipes de manutenção a constante escolha e priorização de ações de Engenharia de Manutenção a fim de aumentar a eficiência e a eficácia da equipe.

Através do apontamento das horas trabalhadas pela equipe, da classificação dos tipos de manutenção executados, das áreas e equipamentos atingidos, e dos tempos indisponíveis dos equipamentos, são construídos relatórios de análise que possibilitam mapear os problemas, estimar o potencial de melhoria, escolher onde atuar em primeiro lugar e acompanhar os resultados.

Observando os detalhes da implementação e os cuidados recomendados, estas ferramentas constituem-se em importantes indicadores de desempenho da equipe, tornam-se eficientes medidores do sucesso das políticas de manutenção adotadas e garante a maximização da relação disponibilidade x custo dos equipamentos.

## **Introdução**

A constante redução das equipes de manutenção e o constante aumento do número e complexidade dos equipamentos a manter, aliados a forte pressão por aumento de competitividade, obrigam as equipes de manutenção a constante escolha e priorização de ações de Engenharia de Manutenção a fim de aumentar a eficiência e a eficácia da equipe.

No entanto, poucas equipes de manutenção dispõem de ferramentas que lhes permita mapear os problemas e fazer análises objetivas sobre os mesmos de forma a subsidiar a escolha e a implantação de cada nova ação, método ou técnica de manutenção.

A maior parte das equipes escolhe e administra suas ações com base no "feeling" dos profissionais envolvidos ou a partir de experiências desenvolvidas em outras empresas, colocando em risco o sucesso da empreitada.

A este cenário se incorpora disseminada prática de administração nas empresas que consiste em avaliar o retorno sobre o investimento, medindo a viabilidade econômica do projeto, seja ele um processo de terceirização, a implantação de manutenção preventiva ou preditiva, a implantação de "TPM Total Productive Maintenance", a implantação de "RCM Reliability Centred Maintenance", a reorganização do almoxarifado de sobressalentes ou a realização de reformas ou melhorias nos equipamentos.

Este trabalho se propõe a apresentar ferramentas para mapear os problemas, para estimar o potencial de melhoria, para escolher onde atuar em primeiro lugar e para acompanhar os resultados decorrentes da implementação das ações.

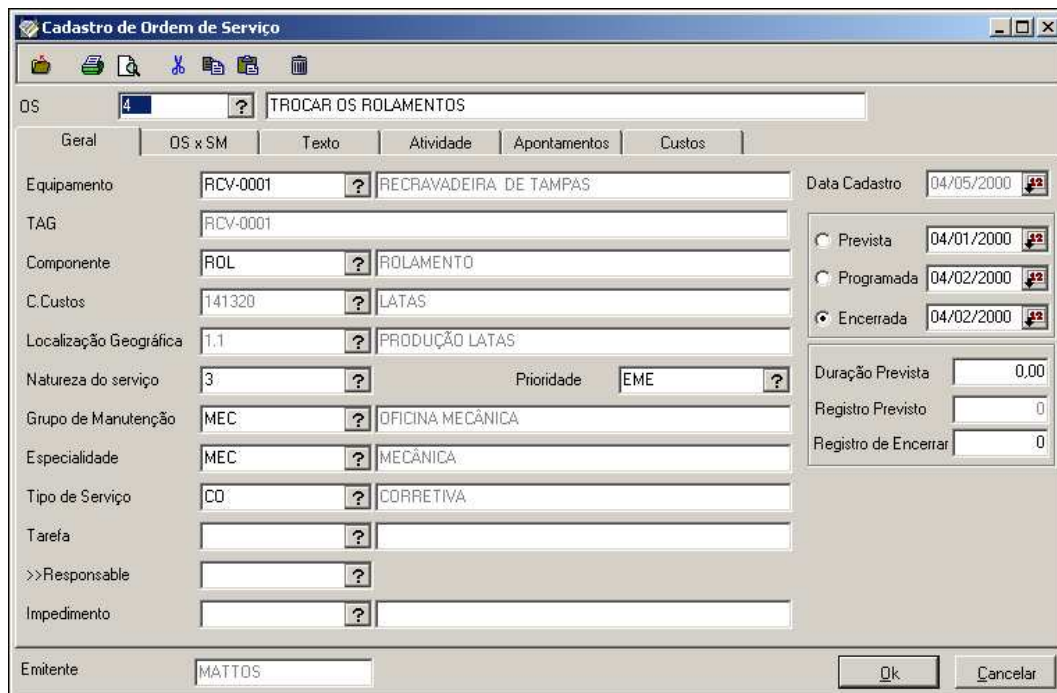
## **Núcleo das ferramentas**

As ferramentas a serem apresentadas estão fortemente centradas nas horas trabalhadas pela equipe de manutenção, nos tipos de manutenção praticados, nas áreas e setores envolvidos e nos tempos indisponíveis dos equipamentos.

As ferramentas são montadas a partir do registro de todas as ocorrências de manutenção atendidas pela equipe de manutenção, onde são identificados os equipamentos objetos da manutenção, são identificados os tipos de manutenção, sejam eles corretivos, preventivos ou preditivos, são identificadas as causas das falhas, no caso das manutenções corretivas, e são registrados os tempos de atendimento da equipe, desde o início da parada do equipamento até o retorno à produção.

A Figura 1 mostra os dados básicos necessários ao registro das ocorrências na data de sua conclusão. Neste formulário são identificados o equipamento objeto da manutenção, o tipo de manutenção realizado, a equipe responsável pelo serviço, a especialidade do serviço e a descrição resumida da intervenção.

Este formulário assim como os que serão descritos a seguir estão presentes na maioria dos sistemas de gerenciamento de manutenção, ferramenta esta indispensável para a padronização dos dados e para garantir a qualidade e velocidade de apuração das análises.



The screenshot shows a software window titled "Cadastro de Ordem de Serviço". At the top, there is a menu bar with icons for file operations. Below the menu bar, the "OS" field contains the number "4" and a dropdown menu showing "TROCAR OS ROLAMENTOS". The form is divided into several sections: "Geral", "OS x SM", "Texto", "Atividade", "Apontamentos", and "Custos". The "Geral" section includes fields for "Equipamento" (RCV-0001), "TAG" (RCV-0001), "Componente" (ROL), "C.Custos" (141320), "Localização Geográfica" (1.1), "Natureza do serviço" (3), "Grupo de Manutenção" (MEC), "Especialidade" (MEC), "Tipo de Serviço" (CO), "Tarefa", ">>Responsable", and "Impedimento". The "OS x SM" section includes "Data Cadastro" (04/05/2000), "Prevista" (04/01/2000), "Programada" (04/02/2000), "Encerrada" (04/02/2000), "Duração Prevista" (0.00), "Registro Previsto" (0), and "Registro de Encerrar" (0). The "Texto" section includes "Recravaadeira DE TAMPAS". The "Atividade" section includes "ROLAMENTO". The "Apontamentos" section includes "LATAS". The "Custos" section includes "PRODUÇÃO LATAS". The "Prioridade" field is set to "EME". The "Emitente" field is set to "MATTOS". There are "Ok" and "Cancelar" buttons at the bottom right.

Figura 1 Formulário de registro de ocorrências (Ordem de Serviço).

A Figura 2 mostra os dados necessários para a classificação da falha do equipamento, quando registramos manutenções corretivas. Neste formulário identificamos qual foi o componente defeituoso no equipamento, qual foi o sintoma ou defeito percebido pelo operador da máquina, qual foi a causa principal ou causa raiz que provocou o defeito e levou o equipamento ao estado de pane, qual foi a intervenção da equipe de manutenção para repor o equipamento a sua condição normal de funcionamento e qual era a condição de funcionamento do equipamento no momento em que a equipe de manutenção foi chamada.

Esta última classificação é especialmente importante porque algumas manutenções corretivas, por não provocarem pane geral no equipamento, podem ser executadas sem prejuízo da produção, durante eventuais trocas de ferramenta ou de lote de produto, durante paradas de produção por falta de matéria prima ou de operador ou em qualquer outra oportunidade que não cause prejuízo ao programa de produção.



The screenshot shows a software window titled "Apontamento de Falhas". It has a menu bar with icons for file operations. The "OS" field contains the number "4" and a dropdown menu showing "TROCAR OS ROLAMENTOS DAS ARTICULAÇÕES DA RECRA". The form includes fields for "Componente" (ROL), "Sintoma" (DEG), "Causa" (DES), "Intervenção" (SUB), and "Condição de Funcionamento" (PPL). The "Componente" field is set to "ROLAMENTO". The "Sintoma" field is set to "DESGASTE". The "Causa" field is set to "DESALINHAMENTO". The "Intervenção" field is set to "SUBSTITUIDO/TROCADO". The "Condição de Funcionamento" field is set to "PARADA PLANEJADA". There are "Ok", "Cancelar", and "Ajuda" buttons at the bottom right.

Figura 2 Formulário de classificação de falha.

A Figura 3 mostra os dados necessários para registrar as horas trabalhadas pelos funcionários da manutenção em cada ocorrência. Aqui são identificados os profissionais que participaram da execução do serviço e em que datas e horários trabalharam.

Este registro possibilita total rastreamento sobre os executantes do serviço e apura o volume de recursos humanos envolvidos em cada ocorrência, classificando-os por categoria profissional.



Data	Funcionário	Nome	Início	Término
04/02/2000	0729	GILBERTO M. CRUZ	10:00	11:00
04/02/2000	0838	CARLOS ALBERTO COSTA	10:00	10:30

Figura 3 Formulário para registro das horas trabalhadas.

A figura 4 mostra os dados necessários para registrar os tempos de atendimento da equipe de manutenção, desde a parada do equipamento, passando pelo momento que se comunica o problema à manutenção, registrando o início e o término do atendimento e retorno ao funcionamento normal do equipamento.

Deste formulário se retiram os diversos tempos de atendimento da equipe de manutenção, cada qual descrito abaixo:

Tempo de comunicação tempo transcorrido entre a parada do equipamento e a efetiva comunicação ao setor de manutenção.

Tempo de espera tempo transcorrido entre a comunicação ao setor de manutenção e o efetivo início do serviço.

Tempo de reparo tempo transcorrido entre o início e o término do serviço.

Tempo de atendimento tempo transcorrido entre a comunicação ao setor de manutenção e o término do serviço.

Tempo de parada de máquina tempo transcorrido entre a parada do equipamento e o seu efetivo retorno à produção normal.



Parada	Comunicação	Cadastro	Início do serviço	Término do serviço	Retorno da produção
04/02/2000 10:00	04/02/2000 10:01	04/05/2000 21:42	04/02/2000 10:05	04/02/2000 11:05	04/02/2000 11:10

>> Tempo - SEM TRADUÇÃO	Bruto	Líquido
Comunicação	0,02	
Esperas	0,07	
Reparo	1,00	1,00
Atendimento	1,07	1,07
Parada	1,17	1,17
Prejuízo de produção		0,00

Figura 4 Formulário para registro dos tempos de atendimento

### Cuidados necessários

Existem 4 cuidados que devem ser fortemente observados no processo de registro das ocorrências para garantir a disponibilidade da informação completa, com qualidade e na hora certa:

1) Treinar pessoal ensinar aos profissionais envolvidos nesta rotina como identificar corretamente o equipamento, como identificar a causa raiz do problema, como classificar o tipo de manutenção, como descrever as intervenções, como apontar a mão de obra e os tempos de atendimento.

2) Acompanhar constantemente diariamente acompanhar os serviços em execução cuidando para que todos eles sejam registrados incluindo todas as informações desejadas.

3) Conferir e corrigir apontamentos analisar todas as ocorrências registradas conferindo a qualidade da informação, verificando o valor técnico das anotações e corrigindo eventuais inexatidões.

4) Conscientizar e motivar mostrar os objetivos desejados aos profissionais envolvidos com o registro das ocorrências e engajá-los no projeto, garantindo que a matéria prima para a construção das ferramentas, a informação, chegue com a quantidade e qualidade indispensáveis à análise dos dados.

## Ferramentas

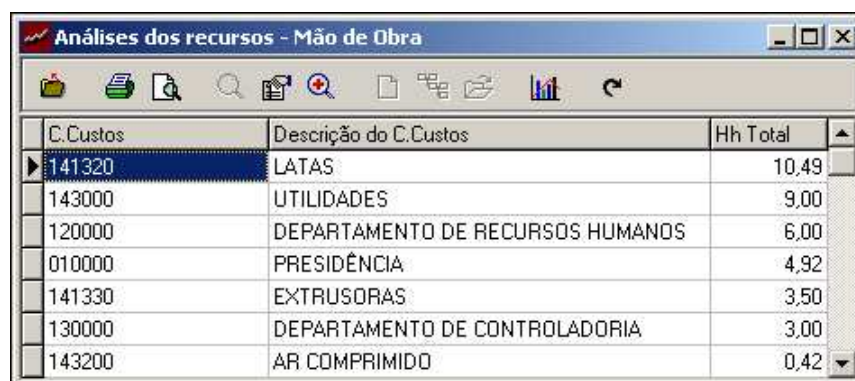
A seguir são apresentadas 9 ferramentas para subsidiar a escolha das ações de engenharia de manutenção. Cada uma delas foi construída a partir dos dados das ocorrências anteriormente registrados e os apresenta de forma resumida e ordenada seguindo o foco desejado em cada análise.

### 1 - HH x Centro de Custos

Esta análise possibilita a identificação dos "clientes" da equipe de manutenção e a importância de cada um deles em relação aos demais, considerando quanto cada um deles consome de recurso humano da equipe.

As horas trabalhadas pela equipe de manutenção são agrupadas por centro de custo, informação esta obtida das ordens de serviço registradas que identificam o equipamento objeto da manutenção e respectivo centro de custo.

Após este mapeamento inicial podemos aprofundar nossa análise utilizando a ferramenta descrita a seguir.



C.Custos	Descrição do C.Custos	Hh Total
141320	LATAS	10,49
143000	UTILIDADES	9,00
120000	DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS	6,00
010000	PRESIDÊNCIA	4,92
141330	EXTRUSORAS	3,50
130000	DEPARTAMENTO DE CONTROLADORIA	3,00
143200	AR COMPRIMIDO	0,42

Figura 5 HH x Centro de Custo

### 2 - Análise ABC x Homem-hora (HH)

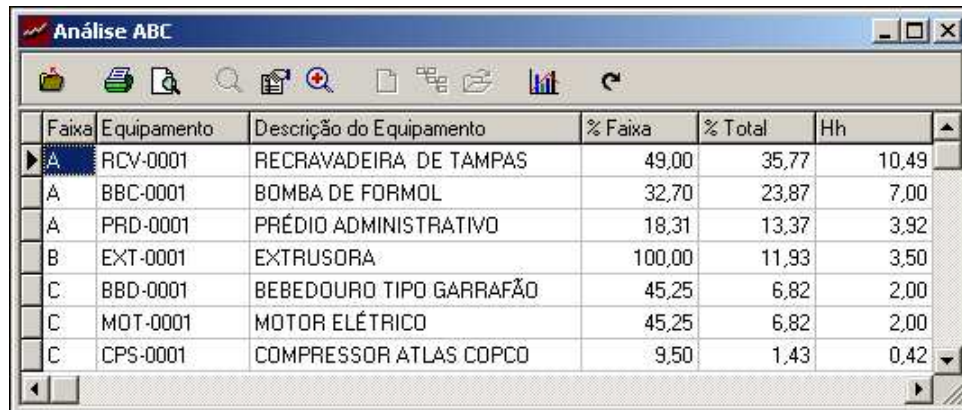
Nesta análise identificamos quais equipamentos foram responsáveis pelas horas trabalhadas da equipe de manutenção, quantas horas consumiram e a qual importância de cada um deles em relação aos demais. Esta ferramenta pode apresentar todos os equipamentos da empresa ou pode focar apenas os equipamentos instalados nos centros de custos mais críticos mapeados na ferramenta anterior.

A análise ABC informa percentualmente quanto cada equipamento consome das horas totais trabalhadas e denomina os equipamentos mais críticos como equipamentos "A". Os equipamentos pouco críticos são denominados "C" e os equipamentos intermediários denominados "B". O intervalo para classificação ABC é escolhido através de percentuais conforme exemplo abaixo:

Faixa A 70%  
 Faixa B 10%  
 Faixa C 20%

São denominados como equipamentos "A" aqueles que, juntos, são responsáveis por mais de 70% das horas trabalhadas pela equipe. Os equipamentos "B" são os equipamentos subsequentes que, juntos, são responsáveis por mais de 10% das horas e os equipamentos restantes são considerados "C", porque a soma das horas trabalhadas neles não supera 20% do total.

Em adição a estas informações esta ferramenta informa percentualmente quanto cada um dos equipamentos representa dentro de sua categoria, seja ela A, B ou C, possibilitando total identificação da importância do equipamento quanto ao consumo de homens-hora.



Faixa	Equipamento	Descrição do Equipamento	% Faixa	% Total	Hh
A	RCV-0001	RECRAVADEIRA DE TAMPAS	49,00	35,77	10,49
A	BBC-0001	BOMBA DE FORMOL	32,70	23,87	7,00
A	PRD-0001	PRÉDIO ADMINISTRATIVO	18,31	13,37	3,92
B	EXT-0001	EXTRUSORA	100,00	11,93	3,50
C	BBD-0001	BEBEDOURO TIPO GARRAFÃO	45,25	6,82	2,00
C	MOT-0001	MOTOR ELÉTRICO	45,25	6,82	2,00
C	CPS-0001	COMPRESSOR ATLAS COPCO	9,50	1,43	0,42

Figura 6 Análise ABC x HH

### 3 - Análise de frequência x Causa x Homem-hora

Identificados os equipamentos críticos, lançamos mão da ferramenta de análise de frequência para identificar, em cada equipamento, quais foram as causas que provocaram os defeitos, quantas horas foram dedicadas para correção do problema e qual é a importância de cada causa em relação às demais.

Os dados para esta análise são retirados do formulário de classificação de falhas associado a cada ordem de serviço de manutenção corretiva anteriormente registrada. As horas trabalhadas pela equipe em cada ordem de serviço são agrupadas por código de causa e mostradas em ordem decrescente de volume de HH.

Esta análise permite avaliar quanto vamos economizar em recursos humanos, se investirmos em uma ou mais ações de engenharia de manutenção para eliminar a(s) causa(s) de um problema.

Esta é uma das ferramentas que possibilita à gerência de manutenção calcular a viabilidade econômica de investimentos na área de manutenção, sob a ótica da otimização dos recursos humanos.



Causa	Descrição da Causa	Hh	% Total
OPE	OPERAÇÃO	3,91	24,83
DES	DESALINHAMENTO	3,50	22,22
COR	CORROSÃO	3,00	19,05
ATR	ATRITO	2,42	15,37
CON	CONTATO	2,00	12,70
TEN	TENSÃO	0,50	3,17
TRI	TRINCA	0,25	1,59
DEJ	DESAJUSTE	0,17	1,08

Figura 7 Análise de Frequências x Causa x HH

### 4 - Análise ABC x Duração

Apesar das ferramentas descritas anteriormente fornecerem bom subsídio à tomada de decisão, nem sempre os serviços que consomem pouca mão de obra são executados em serviços de pequena duração.

Há casos em que os serviços têm longa duração devido a procedimentos realizados por terceiros, fora das instalações fabris, ou demandam fabricação de peças especiais, que provocam grande interrupção no processo produtivo e não consomem grande volume de HH da equipe de manutenção.

Por este motivo a utilização desta ferramenta se torna importante, pois nesta análise são identificados os equipamentos que mais tempo ficam parados, sem produzir devido a problemas de manutenção, quanto tempo ficam parados e qual é a importância de cada um deles em relação aos demais.

Como na Análise ABC x HH, esta Análise ABC x Duração informa percentualmente quanto cada equipamento é responsável pela perda de produção e os classifica como A, B ou C.

São denominados como "A" aqueles equipamentos que, juntos, são responsáveis por mais de 70% das perdas de produção, "B" são os equipamentos subseqüentes que, juntos, são responsáveis por mais de 10% das perdas e "C" os equipamentos restantes, cuja soma das respectivas perdas de produção não supera 20% do total.

Os percentuais que definem as faixas A, B e C podem ser alterados para mais ou menos como forma a reduzir o número de equipamentos na faixa A.



Faixa	Equipamento	Descrição do Equipamento	% Faixa	% Total	Reparo - Bruto (h)
A	RCV-0001	RECRAVADEIRA DE TAMPAS	43,99	31,95	7,98
A	BBC-0001	BOMBA DE FORMOL	34,40	24,98	6,24
A	PRD-0001	PRÉDIO ADMINISTRATIVO	21,61	15,69	3,92
B	MOT-0001	MOTOR ELÉTRICO	54,75	9,69	2,42
B	BBD-0001	BEBEDOURO TIPO GARRAFÃO	45,25	8,01	2,00
C	EXT-0001	EXTRUSORA	82,64	8,01	2,00
C	CPS-0001	COMPRESSOR ATLAS COPCO	17,36	1,68	0,42

Figura 8 Análise ABC x Duração

## 5 - Análise de frequência x Causa x Duração

Identificados os equipamentos críticos sob o aspecto de perda de produção, lançamos mão da ferramenta de análise de frequência para identificar, em cada equipamento, quais foram as causas que provocaram os defeitos, qual foi o tempo perdido de produção durante a correção do problema e qual é a importância de cada causa em relação às demais.

Como na análise por HH, os dados para esta análise são retirados do formulário de classificação de falhas associado a cada ordem de serviço de manutenção corretiva anteriormente registrada. As durações das ordens de serviço são agrupadas por código de causa e mostradas em ordem decrescente de número de horas.

Esta análise permite avaliar em quanto vamos reduzir as perdas de produção, se investirmos em uma ou mais ações de engenharia de manutenção para eliminar a(s) causa(s) de um problema.

Esta é uma das ferramentas que possibilita à gerência de manutenção calcular a viabilidade econômica de investimentos na área de manutenção, sob a ótica da melhoria da disponibilidade dos equipamentos.



Causa	Descrição da Causa	Reparo - Bruto	% Total
OPR	OPERAÇÃO	3,98	25,84
DES	DESALINHAMENTO	3,42	22,21
COR	CORROSÃO	2,83	18,38
ATR	ATRITO	2,25	14,61
CON	CONTATO	2,00	12,99
TEN	TENSÃO	0,50	3,25
TRI	TRINCA	0,25	1,62
DEJ	DESAJUSTE	0,17	1,10

Figura 9 Análise de Frequências x Causa x Duração

## 6 - Homen-Hora x Tipo de Serviço

Esta ferramenta está voltada para análise do sucesso da política de manutenção adotada e possibilita avaliar se as ações de engenharia de manutenção implementadas estão produzindo os resultados alcançados.

Na análise de HH x Tipo de Serviço verificamos qual é o percentual das horas trabalhadas pela equipe de manutenção dedicado a manutenção planejada, confrontado com as horas gastas em manutenção não planejada.

Este indicador, quando projetado no tempo, permite avaliar se o volume de horas trabalhadas na manutenção corretiva permanece constante ou em declínio, demonstrando aumento na confiabilidade das instalações em função das atividades planejadas anteriormente executadas.



Tipo de Serviço	Descrição do Tipo de Serviço	Hh Total	% Hh Real
PV	PREVENTIVA	20,58	55,13
CO	CORRETIVA	11,75	31,48
NI	NOVAS INSTALAÇÕES	4,00	10,72
RF	REFORMA	1,00	2,68

Figura 10 HH x Tipo de Serviço

### 7 - Evolução dos tempos

Esta análise demonstra a quantidade de horas perdidas de produção, mês-a-mês, e possibilita medir o cumprimento das metas estabelecidas junto ao setor de produção.

Este gráfico quando contraposto ao gráfico de evolução de custos de manutenção, possibilita ao gerente de manutenção acompanhar a relação disponibilidade/custo, que todo departamento de manutenção tem como objetivo maximizar.



Figura 11 - Evolução dos tempos

### 8 - MTBF/MTTR/Disponibilidade

Esta ferramenta calcula, para cada equipamento, o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio para reparo (MTTR) e a disponibilidade, indicadores objetivos para medir a eficácia das ações de engenharia de manutenção adotadas.

Os cálculos são realizados para um período de tempo escolhido e utilizam o número de horas programadas para produção neste período. O processo de cálculo identifica quantas horas em média o equipamento funciona sem apresentar falhas que provoquem a parada de produção, calcula quanto tempo, em média, demora para repor o equipamento em operação normal de funcionamento e quanto das horas programadas para produção conseguiu-se efetivamente ter o equipamento em condições de operação.

Estes indicadores são a matéria prima para o cálculo da confiabilidade do equipamento que mede a probabilidade de bom funcionamento em um escolhido período de tempo de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{Confiabilidade} = \left( \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \right) * 100$$



Equipamento	Descrição do Equipamento	MTBF	MTTR	Disponibilidade
COL-0001	COLUNA ABSORCAO DE FORMOL	348,42	1,58	99,55
CPS-0001	COMPRESSOR ATLAS COPCO	1384,17	15,83	98,87
EXT-0001	EXTRUSORA	699,09	0,92	99,87
RCV-0001	RECRAVADEIRA DE TAMPAS	348,23	1,77	99,49

Figura 12 MTBF/MTTR/Disponibilidade

## 9 Homen-Hora Real x Homen-Hora Disponível

Esta análise demonstra em quantidade e em percentual quanto das horas disponíveis da equipe de manutenção foram efetivamente lançadas nos registros de ordens de serviço.

Este indicador demonstra a quantidade de trabalhos executados pela equipe que são efetivamente registrados e classificados no sistema de apuração e mede a abrangência dos apontamentos de mão de obra, base para a elaboração das ferramentas de análise baseadas em Homem-Hora.

Se, através desta análise, verificarmos baixo volume de horas trabalhadas apontadas, as ferramentas elaboradas com base no Homem-Hora ficam comprometidas, pois mostrarão visão parcial dos problemas compondo mapas imprecisos sobre a situação da manutenção e levando a gerência a conclusões errôneas.



Funcionário	Nome do Funcionário	Hh Disponível	Hh Real	Percentual
0723	EDVALDO SOARES	264,00	117,00	44,32
0729	GILBERTO M. CRUZ	212,00	72,00	33,96
0751	MÁRIO GONÇALVEZ	246,00	115,00	46,75
0775	PEDRO PAVIO	219,00	69,00	31,51
0776	OSVALDO CHAVES	246,00	115,00	46,75
0783	JOEL SOLTO	212,50	68,50	32,24
0838	CARLOS ALBERTO COSTA	237,00	102,83	43,39

Figura 13 HH Real x HH Disponível

## Conclusão

Observando os detalhes da implementação e os cuidados recomendados, estas ferramentas constituem-se em importantes indicadores de desempenho da equipe, tornam-se eficientes medidores do sucesso das políticas de manutenção adotadas e garante a maximização da relação disponibilidade x custo dos equipamentos.

A adoção destas ferramentas possibilita ainda a comparação com resultados obtidos em projetos similares em outras empresas, avaliar os resultados inicialmente previstos e o sucesso da empreitada, obter mais verbas para novos projetos em função do profissionalismo e organização demonstrados e maximizar os resultados utilizando recursos humanos e materiais disponíveis no departamento de manutenção.