

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Matheus Vasconcelos Silva

**Estruturação da gestão de manutenção baseada na
condição no Aeroporto Antônio Carlos Jobim, o RIOgaleão**

Projeto de Graduação

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia
Mecânica da PUC-Rio

Orientador: Marcelo de Andrade Dreux
Coorientador: Maurício Felgueiras

Rio de Janeiro
Dezembro de 2017

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha mãe e meu pai por tudo que me ensinaram ao longo da vida e por terem me proporcionado uma vida maravilhosa, principalmente uma educação de muita qualidade. Sou muito grato pelo apoio que recebi de ambos os orientadores Mauricio Felgueiras e Marcelo Dreux. Mauricio além de ser gerente no aeroporto se dispôs a me ajudar no meu trabalho acadêmico. Não poderia deixar de agradecer a Luiza que me ajudou a corrigir meu trabalho diversas vezes. Finalmente agradeço a todos os professores da OLM e da PUC que sem dúvida nenhuma foram fundamentais no meu desenvolvimento educacional. Obrigado a todos!

Resumo

Estruturação da gestão de manutenção baseada na condição no Aeroporto Antônio Carlos Jobim, o RIOgaleão

Aeroportos são ativos de infraestrutura básicos para qualquer cidade do porte da cidade do Rio de Janeiro. Importante não apenas para a cidade, como para o estado e o país como um todo. Com a necessidade de se melhorar a infraestrutura nacional para melhorar a competitividade, segurança, e preparar o aeroporto para a Olimpíada de 2016, o aeroporto internacional do Rio de Janeiro foi concessionado. Para garantir sua capacidade de escoar cargas e processar pessoas, o aeroporto só pode prestar os serviços adequados quando bem mantido, daí a manutenção passa a ser um fator crucial para a operacionalidade do aeroporto. A manutenção é a grande responsável por garantir as condições operacionais do aeroporto, sendo assim uma das áreas mais importantes para se analisar do ponto de vista do negócio. Para o sucesso da gestão deste ativo é preciso que se veja a manutenção como uma área estratégica para o negócio e não apenas um custo. Este trabalho desenvolve as etapas para se estruturar uma gestão de manutenção baseada na condição, mostrando com dados qualitativos e quantitativos o que foi feito na RIOgaleão após a concessão para o setor privado. O trabalho desenvolvido contou com um forte apoio da literatura de manutenção que pautou os trabalhos do aeroporto e os conhecimentos aprendidos pelo autor ao longo de mais de três anos de experiência atuando nesta área na RIOgaleão. Cada etapa será detalhada, criticada e medida para que ao final sejam comprovados os benefícios de se estruturar uma área de manutenção baseada na condição.

Palavras chaves: Manutenção, Disponibilidade, Confiabilidade, Manutenibilidade.

Abstract

Structuring of maintenance management based on the condition in the Antônio Carlos Jobim Airport, RIOgaleão

Airports are a basic infrastructure asset for any city of the importance of Rio de Janeiro. It is not only important to the city, as well as to the state and the country as a whole. Due to the urge of improving the national infrastructure to upgrade competitiveness, security, safety and to prepare for the 2016 Olympics, The international airport of Rio de Janeiro was granted to the private sector. To guarantee its capacity to process cargo and passengers, the airport must be well maintained. With this in mind, maintenance comes as a fundamental issue to ascertain the good conditions of operation in the airport. Since this area is so crucial for the asset, it must be seen as so in a point of view of the business as a whole, and not only as a necessary cost. This study will develop each step of how to structure a management of maintenance based on the condition, proving the benefits of it with qualitative and quantitative data from RIOgaleão, after the privatization. The basis of the work is on the maintenance literature, international norms and the knowledge acquired by the author through more than three years of experience in the area. Each step will be detailed, criticized and measured so in the end you will be able to see the benefits of structuring the maintenance area based on conditions.

Key-words: Maintenance, Availability, Reliability, Maintainability.

Sumário

1. Introdução	9
2. Contexto de Manutenção	11
2.1. História da Manutenção	11
2.2. Definições	13
3. Etapas Para a Implantação da Manutenção Baseada no Estado	15
3.1. Fase Inicial	14
3.2. Fase das Preventivas	15
3.3. Manutenção Baseado na Condição	19
4. Conclusão	39
5. Referências Bibliográficas	41

Lista de Figuras

Figura 1: Resultados e custos por tipo de manutenção	23
Figura 2: Iceberg da manutenção	24
Figura 3: Engenharia de manutenção	25
Figura 4: Termografia	30
Figura 5: Telemetria	32
Figura 6: Dashboard de gestão do CCOM	35

Lista de Tabelas

Tabela 1: Frequência, gravidade e detectabilidade	18
Tabela 2: Impactos dos Maus Usos	27
Tabela 3: Situação dos Quadros	28
Tabela 4: Manutenção de Veículos	31

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Benefícios da Inspeção nas Manutenções de Veículos	31
Gráfico 2: Evolução dos Chamados de FIDS	33
Gráfico 3: Evolução dos Chamados de Controle de Acesso	33
Gráfico 4: <i>Evolução dos Chamados de Elevador</i>	34
Gráfico 5: Otimização de Contratos	37

1. Introdução

Manutenção é a área da engenharia responsável por manter a funcionalidade ou a condição de operacionalidade de algum ativo. Essa prática extremamente importante para garantir a produção de bens e serviços evoluiu muito com o passar dos anos, indo de apenas consertos emergenciais, para manutenções preventivas, em seguida o desenvolvimento das preditivas e o conceito de manutenção baseada no estado.

As empresas nos dias atuais precisam entender cada vez mais a manutenção como uma parte de enorme relevância no resultado empresarial, pois a falta ou mesmo uma pobre execução dela trará prejuízos para as áreas de operação ou produção. Hoje em dia, com um mercado tão competitivo é de suma importância para fábricas e plantas industriais uma adequada gestão de manutenção. Essas boas práticas são um vetor para garantir a máxima capacidade de produção e/ou operação, além de redução de custos de materiais e homem-hora. Uma boa manutenção também trará eficiência de recursos como água e energia, melhorias na segurança, saúde e preservação ambiental.

Por anos, uma inadequada gestão de manutenção erodiu a condição do aeroporto e seus ativos, reduzindo substancialmente sua qualidade, segurança e competitividade. Para a implantação de uma gestão de manutenção de alto nível num dos ativos mais importantes do país, o aeroporto Antônio Carlos Jobim, o Galeão, foi concessionado no ano de 2014. No dia 12 de agosto, a RIOgaleão assume com a missão de gerir adequadamente o sítio aeroportuário.

A melhora na condição do ativo passou por diversas etapas até atingir o estágio atual de operacionalidade, segurança e gestão. Começou-se com os serviços emergenciais para assegurar um nível mínimo de operação, estabilizando o cenário encontrado migrou-se para as preventivas até que se teve condição de trabalhar conforme o benchmark com a manutenção baseada na condição.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia de implantação de uma gestão estratégica de manutenção baseada na condição do ativo no aeroporto Antônio Carlos Jobim. Esta obra desenvolverá as etapas necessárias para se alcançar uma manutenção de alto nível e mostrará os benefícios da mesma, exemplificando com valores reais o caso da RIOgaleão.

2. Contexto de Manutenção

2.1. História da Manutenção

Manutenção é uma prática que acontece desde os primórdios do homem quando ele afiava sua espada ou reparava sua biga após uma batalha. Contudo, manutenção industrial só veio com a mecanização da produção na revolução industrial em 1750 na Inglaterra. O conceito de manutenção não era formalmente difundido na época, não havendo nem sequer uma equipe de manutenção. A mão de obra que operava era a mesma que executava os serviços de manutenção, essencialmente corretivas.

A base para a primeira geração de manutenção veio no século XX com Taylor e Fayol e suas contribuições com as primeiras técnicas de planejamento de serviços, mesmo que ainda sem foco em manutenção e sim em produção (Chiavenato, 2014). As máquinas da época se caracterizavam por serem pouco mecanizadas e superdimensionadas. O perfil de manutenção era fortemente baseado nas manutenções corretivas, diferenciando-se da época anterior apenas pelas rotinas de limpeza e conservação da máquina e lubrificação periódica dos componentes (Pinto;Nascif, 2013)

Com a eclosão da Segunda Guerra Mundial em 1939, o mundo passou por um desenvolvimento tecnológico pujante aumentando fortemente o nível de mecanização e complexidade das instalações. Para garantir uma performance boa nos campos de batalha, era necessário que as máquinas operassem em sua plenitude com o menor número possível de falhas durante o tempo de operação. Para que isso acontecesse, as falhas precisariam ser evitadas. Um novo pensamento passou a moldar a manutenção a partir deste período: as falhas poderiam e deveriam ser evitadas. Com essa necessidade surge o conceito de manutenção preventiva (Pinto;Nascif, 2013)

Nos anos do pós-guerra, a busca por produtividade passou a ser um imperativo no mundo empresarial. A manutenção passou a ter papel mais importante, contudo sofreu um aumento nos custos, obrigando que

se criasse um planejamento de manutenção para adequar os custos e, ao mesmo tempo, garantir que a produção não parasse.

A terceira geração de manutenção foi puxada pelo sistema *just in time* japonês. Este sistema tem como premissa fazer o que deve ser feito, no momento certo e com a quantidade certa, reduzindo os estoques ao máximo. Nesse momento, a gestão da qualidade também aumenta a sua importância nas empresas, elevando drasticamente os padrões de qualidade de produtos e serviços, incluindo os padrões com relação à saúde, segurança e meio ambiente (Chiavenato, 2014). Simultaneamente, os avanços da informática e da automação revolucionaram a gestão de manutenção, que passa a ter como pontos-chave bem definidas a disponibilidade e a confiabilidade. Para assegurar a confiabilidade, técnicas como a Manutenção Centrada na Confiabilidade foram desenvolvidas e um novo tipo de manutenção surge: a manutenção preditiva, porém ainda não muito difundida. Por fim, os contratos de manutenção passam por uma alteração para aumentar sua produtividade, passam a ser baseados em serviço e não mais em mão de obra (Pinto;Nascif, 2013).

A quarta geração, que se inicia nos primeiros anos deste século, se caracteriza pela preocupação com o custo de ciclo de vida do ativo. Há uma consolidação dos conceitos de disponibilidade, sendo este o fator mais crítico da manutenção e a confiabilidade uma busca constante. A manutenção preditiva, até então não muito difundida, passa a ser um dos pilares da manutenção. Desenvolve-se também na estrutura de manutenção uma nova disciplina: a Engenharia de Manutenção. As principais atribuições dela são desenvolver projetos para acabar com problemas crônicos de manutenção onde a rotina não suporta mais e tem como foco projetos de aumento de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade (Pinto;Nascif, 2013).

Atualmente, o benchmark de manutenção é pautado pela ISO 55000 sobre gestão de ativos. A manutenção passa a ter um direcionamento voltado para os resultados empresariais e não apenas

para indicadores técnicos. A manutenção preditiva e o monitoramento passam a ficar cada vez mais importantes para que haja uma manutenção baseada na condição e, com isso, se faz necessários acompanhamentos *online* e *offline*. Por fim, os contratos passam por uma alteração significativa e passa-se a contratar por resultados.

2.2. Definições

- **Manutenção Corretiva**

Segundo a NBR 5462/1994, manutenção corretiva é aquela efetuada após a ocorrência de uma pane e é destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

- **Manutenção Preventiva**

Segundo a NBR 5462/1994, manutenção preventiva é aquela efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

- **Manutenção Preditiva**

Segundo a NBR 5462/1994, manutenção preditiva é aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e a corretiva.

- **Manutenção Detectiva**

Manutenção efetuada em sistemas de proteção, comando e controle visando identificar falhas ocultas.

- **Engenharia de Manutenção**

Engenharia de manutenção é o suporte técnico da manutenção que está dedicado a consolidar a rotina e implantar a melhoria. Suas principais atribuições são aumentar a confiabilidade, segurança e disponibilidade, melhorar a mantenedibilidade, eliminar problemas crônicos, solucionar problemas tecnológicos, melhorar a capacitação do pessoal, gerir materiais e sobressalentes, participar de novos projetos, dar suporte à execução, fazer análise de falhas e estudos, elaborar planos de manutenção e de inspeção, fazer sua análise crítica periódica, acompanhar os indicadores e zelar pela documentação técnica (Pinto;Nascif, 2013).

3. Etapas Para a Implantação da Manutenção Baseada no Estado

3.1. Fase Inicial

O RIOgaleão assume oficialmente a operação do aeroporto no dia 12 de agosto de 2014. A primeira dificuldade encontrada foi o mapeamento de todos os ativos. Neste mapeamento estava incluído determinar a árvore de localizações da planta, além da quantidade, estado de conservação e função operacional de cada ativo. As principais dificuldades desta fase foram o tamanho geográfico do sítio aeroportuário, a condição encontrada dos ativos, a falta de organização das documentações existentes, a falta de alguns documentos técnicos, datasheets e histórico de manutenção.

Depois do esforço de mapear todo o parque, desenhou-se uma estratégia de curto prazo para cada grupo de ativo. Todos os sistemas passaram por uma minuciosa análise de estado de operação para determinar o que precisaria ser trocado ou retrofitado. Para assegurar a qualidade e segurança na operação, optou-se por adquirir novos equipamentos, como caminhões de combate a incêndio, escadas rolantes, elevadores, raios-X, UPSs, CMMS (Computerized Maintenance Management System), entre outros. Para a gestão de manutenção foi crucial adquirir um CMMS de nível mundial para armazenar e processar todas as informações levantadas no campo. Os critérios usados para selecionar o software foram possibilidade de customização, módulos para os diversos tipos de serviços, controle de custos de manutenção, capacidade de armazenamento suficiente de dados, relatórios para gerenciamento da planta, integração com outros softwares da empresa, facilidade de implantação e os custos com licenças.

Enquanto corria o processo de detalhamento de cada ativo, as equipes em campo tinham o foco voltado integralmente para as manutenções corretivas não programadas, que na época aconteciam com uma frequência muito acima do MTBF (Mean Time Between Failure) e disponibilidade muito abaixo com relação ao ideal de operação para cada sistema.

Os estudos dos sistemas e ativos seguiam os conceitos mais modernos de manutenção e operação do sistema. O primeiro ponto foi determinar a função de cada sistema para a operação do aeroporto e determinar os padrões de qualidade de operação que deveríamos atender. Os padrões de qualidade foram definidos com algumas bases de dados:

segurança operacional, normas técnicas, regulações da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), satisfação do passageiro, capacidade de geração de receita, posicionamento da marca e benchmarking.

Com o objetivo quantificado passou-se a analisar como cada sistema deveria operar e, em seguida, como cada subsistema e cada ativo. Quando se chega ao nível do ativo, dissecam-se componente por componente, entendendo sua função e seu mecanismo de funcionamento. Esse detalhamento é fundamental para que a segunda fase de manutenção possa ser iniciada.

A partir do momento que se quantifica a meta pode-se saber qual será a função requerida para aquele ativo. Segundo a NBR 5462, a função requerida é a função ou combinação de função de um item que são consideradas para prover um dado serviço.

Após os estudos dos ativos, o próximo passo foi desenvolver uma matriz de criticidade. Este documento só pode ser elaborado quando terminado os estudos de ativos e seus impactos técnicos na operação. Este trabalho desenvolvido pelas áreas de manutenção e operação visa associar níveis de criticidade aos ativos com respeito às seguintes variáveis: segurança, meio ambiente, qualidade, produção (no caso do aeroporto, operação) e custos. Com a matriz de criticidade desenvolvida, a estratégia com respeito a tempo e valor de investimento estará associado a ela. Itens menos críticos passaram pelas etapas de evolução da manutenção mais lentamente, enquanto os mais impactantes tem prioridade na redução dos níveis de manutenção corretiva não planejada.

Com o estudo elaborado, a matriz de criticidade desenvolvida e as demandas emergências resolvidas passou-se para a segunda etapa do planejamento estratégico de manutenção que é o desenvolvimento de planos de manutenção.

3.2. Fase das Preventivas

O início da fase de preventivas começa com o desenvolvimento de um plano de manutenção. O plano de manutenção é o documento mais importante da manutenção, pois é ele que guia todo o planejamento em campo: cada etapa que deve ser desenvolvida, como deve ser executada, quando deve ser feita e por quem deve ser feita.

Para o desenvolvimento de um bom plano de manutenção é importante ter o máximo de dados sobre um ativo, tais como: histórico de

manutenção, manual do fabricante, detalhamento sobre os mecanismos de cada componente, medições, condições de operação, normas e legislações vigentes, custos e função requerida. É muito importante ressaltar que o manual do fabricante por si só não é um plano de manutenção, na verdade, ele é uma ferramenta e não um fim em si.

No RIOgaleão, os marcos que possibilitaram ingressar nessa fase foram a atenuação das manutenções corretivas e a finalização dos estudos de condição dos ativos. Dado o pouco histórico de manutenção dos equipamentos da planta, os estudos de condição dos ativos foram fundamentais, pois serviram de base para o plano de manutenção.

Após análise da condição dos ativos, desenvolveu-se a segunda etapa do estudo onde cada subsistema de cada ativo foi avaliado dentro da metodologia de um FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) e FMECA (Failure Mode Effect and Critically Analysis). FMEA é uma metodologia que ajuda a identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos. A metodologia hierarquiza as falhas potenciais e fornece recomendações preventivas. A grande diferença do FMEA e do FMECA é o que o primeiro faz uma análise qualitativa e o segundo associa probabilidades de ocorrência de falha (Pinto;Nascif, 2013)

A metodologia foi desenvolvida para cada subsistema de cada ativo. Primeiro isola-se cada modo de falha de cada subsistema e descreve o que ele é. Com a descrição, estuda-se em que condições aquela falha pode acontecer. Descrita a falha passa-se então a medir seus efeitos: parada ou redução na produção, perda de qualidade e segurança, danos ao meio ambiente e custos. Em seguida, quantifica-se a falha com respeito à frequência ou a probabilidade da falha ocorrer, a gravidade dado que ela ocorreu e a detectabilidade dela. Usa-se uma tabela para medir gravidade e detectabilidade e quando não se tem muito histórico usa-se uma tabela para frequência também. (Pinto;Nascif, 2013)

Tabela 1: Frequência, gravidade e detectabilidade.

Item	Classificação	Peso
Frequência de ocorrência da falha	Improvável	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade da falha	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Detectabilidade	Alta	1
	Moderada	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Muito pequena	7 a 8
	Improvável	9 a 10

Fonte: Manutenção função estratégica, editora Qualitymark Alan Kardec Pinto e Julio Nascif

Para a conclusão do plano de manutenção foi preciso ainda estudar as normas que são particulares a cada equipamento. Não raro existem normas que são mais rígidas do que o procedimento de manutenção necessita, logo, algumas periodicidades foram alteradas por essa questão.

Com todos os dados técnicos e normativos passou-se a quantificar a mão de obra necessária para a execução das manutenções preventivas: montagem das equipes, turnos de trabalho e qualificação da mão de obra necessária para as atividades. O planejamento de manutenção deve ter

uma boa folga para mudanças e imprevistos, principalmente no aeroporto onde uma liberação para manutenção depende do fluxo de passageiros e aeronaves para execução das atividades e deve estar esperando imprevistos, como voos atrasados, alternados e/ou cancelados.

Finalizado todos os estudos técnicos passou-se a fazer o processo de cadastramento no CMMS dos planos de trabalho. Ou seja, o passo a passo de manutenção e o plano de 52 semanas que determina em qual semana do ano cada serviço será realizado. Quando tudo foi devidamente cadastrado e validado pelas coordenações técnicas, as manutenções preventivas puderam ser iniciadas.

3.3. Manutenção Baseado na Condição

Como é natural no meio empresarial, as empresas precisam constantemente otimizar seus recursos e processos para maximizar as receitas, reduzir os custos e aumentar a satisfação com relação ao serviço prestado. O mesmo ocorre até hoje no RIOgaleão e no seu setor de manutenção. É fundamental para a perpetuidade da empresa usar técnicas cada vez mais eficientes para assegurar a disponibilidade e a confiabilidade nos melhores níveis e propiciar melhorias na manutenibilidade dos ativos.

Em abril de 2016, quando todos os serviços emergenciais foram resolvidos, também foi entregue a extensão do Terminal 2, o chamado Píer Sul, e, com isso, as preventivas passaram a tomar conta da maior parte dos trabalhos de manutenção. Nesse momento, ficou evidente que elas precisavam ficar mais eficientes. A infraestrutura aeroportuária cresceu significativamente, visto que eram 100 mil metros quadrados a mais de área construída, uma nova central de água gelada, mais uma subestação de grande porte, mais uma série de escadas rolantes, elevadores, tapetes rolantes e pontes de embarque, novo sistema de som, raio-x, pórticos, além de um novo pátio de aeronaves. Tudo isso precisava ser mantido sem grande impacto no valor dos contratos contínuos de manutenção e na compra de materiais e sobressalentes.

Para garantir o sucesso da operação para as olimpíadas e paraolimpíadas que aconteceram nos meses de agosto e setembro de 2016 respectivamente e sustentar esse desempenho no longo prazo, essas otimizações eram fundamentais. E, por isso, o primeiro paradigma

a se mudar era o conceito da própria manutenção preventiva, fundamental na etapa anterior.

Na verdade, a manutenção preventiva não é a solução dos problemas e sim mais uma etapa na missão de assegurar os indicadores de desempenho. Muitos acreditam que a manutenção preventiva é a única ou a melhor solução da manutenção. Sempre associam algo quebrar com a falta de preventivas, quando na verdade isso não é necessariamente verdade. Para falar das otimizações de manutenção vale passar por alguns pontos importantes sobre os diversos tipos de manutenção.

A manutenção preventiva de modo geral é uma modalidade de manutenção extremamente importante para qualquer planta industrial, contudo há critérios para melhor aloca-la e até reduzi-la. É importante entender que a manutenção preventiva acarreta em custos representativos para o setor de manutenção. Há o dispêndio de homem-hora, material, ferramentas e o mais importante, indisponibilidade na planta. É verdade que essa indisponibilidade é programada, porém ainda sim é um período sem capacidade de utilização de determinado ativo.

Outro risco inerente à manutenção preventiva é a probabilidade de inserção de defeitos por falha humana, sendo por contaminações, danos em partidas e/ou paradas ou por procedimentos de manutenção. Para adotar uma metodologia de manutenções preventivas é preciso levar em conta alguns fatores, tais como, inviabilidade de executar uma preditiva, questões de segurança, em equipamentos críticos de difícil liberação operacional e riscos ambientais. Caso contrário, a preventiva pode ser um vetor de problemas, ao invés de contribuir com a disponibilidade e a confiabilidade (Pinto;Nascif, 2013).

Com esses dados em mente, é interessante buscar alternativas que reduzam ou eliminem estes problemas. Com isso, surgiu o conceito da manutenção baseada na condição ou manutenção preditiva. A manutenção preditiva vai se preocupar justamente com as condições do ativo. Essa manutenção vai monitorar parâmetros de operacionalidade do equipamento e sinalizar apenas quando necessário uma medida de correção a partir de uma manutenção corretiva planejada. A manutenção corretiva planejada tem como benefícios agir apenas no componente necessário, no momento exato e com capacidade de planejar sua ação, o

que propicia mais assertividade e segurança, além de menos tempo de indisponibilidade quando se comparado a serviços não planejados. Com as manutenções preditivas é possível reduzir a quantidade de manutenções preventivas, pois há a possibilidade de monitorar os sistemas que mais acarretam em falhas.

Além disso, a manutenção preditiva proporciona outros ganhos importantes, por exemplo, não gera indisponibilidade. Ela monitora o equipamento enquanto o mesmo está operando. Os custos desse monitoramento não são altos, principalmente com o constante avanço da eletrônica. Para adotar a manutenção preditiva é importante atentar-se em alguns pontos, tais como; se o equipamento é passível de algum monitoramento, se faz sentido fazer ela do ponto de vista econômico e se os principais modos de falha são passíveis de serem acompanhados.

Há três possíveis formas de se executar a manutenção preditiva, acompanhamento ou monitoramento subjetivo, objetivo e contínuo. O acompanhamento subjetivo traz uma análise qualitativa e pontual de algum parâmetro do equipamento. Pontual, pois não se tem essa informação ininterruptamente adquirida. Este tipo de acompanhamento usa exclusivamente os sentidos humanos (visão, olfato, tato e audição), logo, o fator primordial dessa metodologia é ter técnicos de campo bastante experientes. Apesar de parecer ultrapassado, esta prática é recomendada desde que praticada com segurança. Técnicos experientes conseguem recolher informações importantes no dia a dia de manutenção que podem antecipar uma ação corretiva ou, até mesmo, propor uma medição objetiva para assegurar se está tudo dentro do esperado. Exemplos comuns desta preditiva são medir viscosidade com os dedos para ver se o óleo está grosso, ouvir ruídos estranhos, entre outros.

O segundo tipo de preditiva é o monitoramento objetivo. Este tipo de acompanhamento traz uma análise quantitativa de parâmetros dos ativos de forma pontual. Para assegurar medições confiáveis é preciso garantir que os equipamentos de medição estejam calibrados e o processo de medição seja padronizado. O treinamento dos técnicos se faz fundamental para que os dados obtidos estejam coerentes. Alguns exemplos de preditiva são ultrassom para detecção de trincas, termômetro de contato, viscosímetro, entre outros.

O último tipo de monitoramento é o contínuo. Este tipo de manutenção preditiva tem dados quantitativos, logo, é um método objetivo.

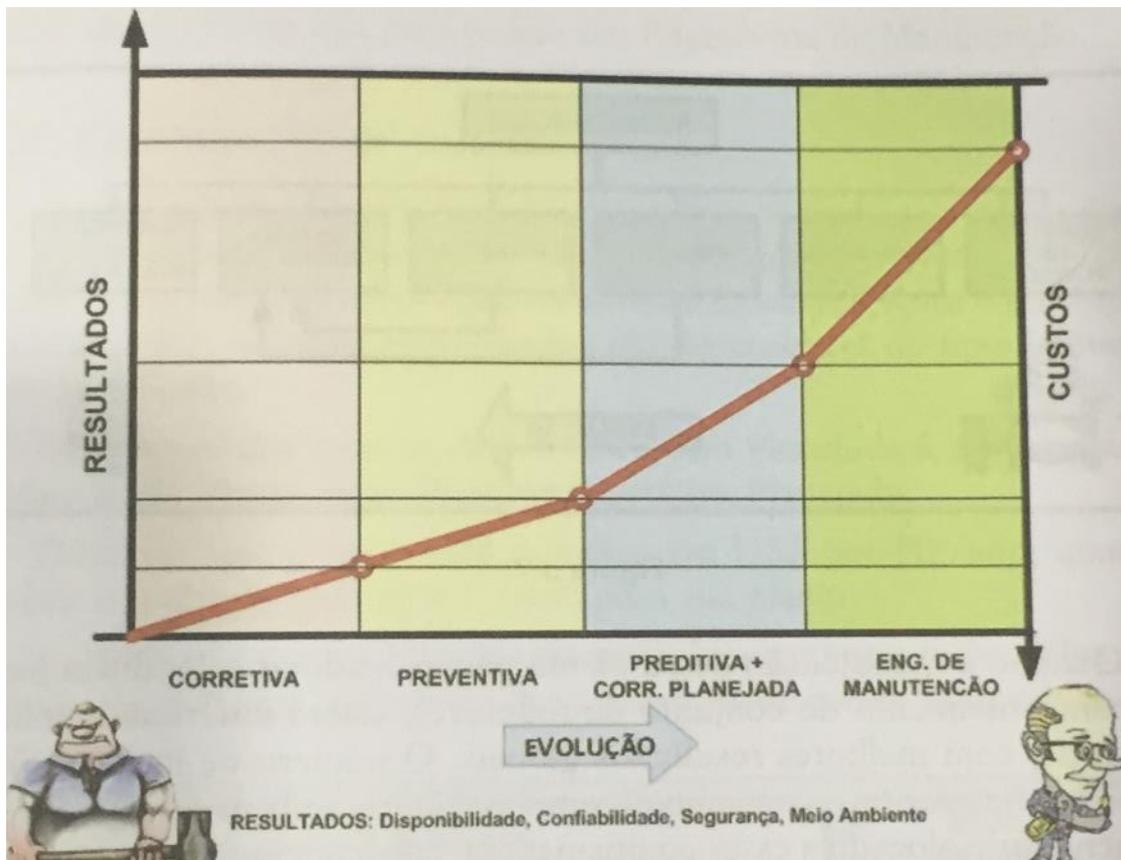
Porém, ele mede constantemente aquele indicador e não de forma pontual como no último tipo. Com o avanço da eletrônica, este tipo de manutenção tem tido crescimento. Os principais ganhos foram o fato de não depender de mão de obra, capacidade de enviar dados em tempo real, capacidade de processamento de dados em tempo real por computadores, adquirir dados que apenas poderiam ser coletados em paradas e partidas de máquinas e redução nos valores de seguros.

Estudos realizados por Alan Kardec Pinto¹ e Julio Nascif² quantificam os ganhos financeiros de se optar por um modelo voltado para as manutenções proativas. Neste estudo, se observa melhoras com relação à produtividade, onde serviços bem planejados podem alcançar produtividades de 60% enquanto emergências apresentam produtividade de 25%. Utilizando-se de manutenções preventivas, ao invés de corretivas não planejadas, obtém-se reduções de 18%. Quando se utiliza preditivas, ao invés de preventivas, têm-se reduções de 12% e quando se compara preditivas a corretivas não planejadas obtém-se redução na faixa de 40%. Outros dados apontam ainda que a metodologia preditiva tem um retorno sobre investimento de 10 vezes, redução nos custos de manutenção na faixa de 20 a 25%, eliminação de falhas entre 70 e 75%, redução da indisponibilidade na faixa de 35 a 45% e aumento na produção de 20 a 25%.

¹ Alan Kardec Pinto é engenheiro mecânico pela UFMG com especialização em equipamentos e gestão estratégica. Foi gerente geral de diversas refinarias da Petrobras, presidente da ABRAMAN e professor de manutenção.

² Julio Nascif é engenheiro mecânico com especialização em equipamentos e turbomáquinas. Trabalhou nas áreas de petróleo, siderurgia, mineração, entre outros. Participante da ABRAMAN e professor de manutenção.

Figura 1: Resultados e custos por tipo de manutenção



Fonte: *Manutenção função estratégica*, editora Qualitymark Alan Kardec Pinto e Julio Nascif

Sempre que se fala em manutenções preditivas e manutenção baseada no estado é extremamente importante falar sobre uma boa rotina de inspeções. No RIOgaleão desenvolveu-se uma rotina extensa de inspeções, coletando e analisando dados objetivos e subjetivos dos equipamentos.

Primeiro, montou-se uma rota de inspeção de equipamentos visando à otimização do processo. Em seguida, um plano de trabalho com o que deve ser visto em campo e, finalmente, o preenchimento da ordem de serviço para posterior análise dos dados. Usou-se como premissa o fato de ter o mantenedor sempre perto do equipamento para aumentar sua responsabilidade com relação a qualquer parada indevida e para obrigá-lo a identificar pequenos problemas que venham a levar a quebra do equipamento. Grande parte dos problemas de manutenção corretiva não

planejada vem justamente de pequenos problemas que poderiam ser evitados desde o início, como pequenos vazamentos e folgas. Contudo estes problemas vão crescendo com o tempo, vão aumentando sua complexidade de solução, reduzindo sua capacidade de detecção, dificultando muito o trabalho da manutenção e impactando a operação. A figura a seguir ilustra bem a importância das rotinas de inspeção.

Figura 2: Iceberg da manutenção.



Fonte: <http://engjosevilmar.blogspot.com.br/2015/06/quebra-zero-em-manutencao.html>

A engenharia de manutenção é um dos fundamentos de manutenção e o principal alicerce da manutenção baseada na condição junto com as preditivas. Esta metodologia foi fortemente desenvolvida no RIOgaleão e sem dúvida foi o principal vetor para alcançar os níveis de disponibilidade e confiabilidade atingidos.

Primeiramente, vamos definir engenharia de manutenção. Esta parte da manutenção tem diversas atribuições. São elas: aumentar a confiabilidade e a disponibilidade, melhorar a manutenibilidade, aumentar a segurança, eliminar problemas crônicos, solucionar problemas tecnológicos, melhorar a capacitação do pessoal, gerir materiais e sobressalentes, participar de novos projetos, dar suporte à execução, fazer análise de falhas e estudos, elaborar planos de manutenção e de inspeção

e fazer sua análise crítica periódica, acompanhar os indicadores e zelar pela documentação técnica (Pinto;Nascif, 2013). Pode-se resumir todos esses pontos em dois fundamentais: estabilização da rotina e implantação de melhorias.

Figura 3: Engenharia de manutenção.



Fonte: Manutenção função estratégica, editora Qualitymark Alan Kardec Pinto e Julio Nascif

No RIOgaleão, esta é uma área dentro do setor de engenharia que serve de suporte para a gerência de manutenção. Além de todas essas atribuições é responsabilidade deles também gerir o CCOM (Central de Comando e Operação de Manutenção). O CCOM é a central que recebe todas as solicitações de manutenção, libera as preventivas em alinhamento com a operação, além de controlar os sistemas supervisórios das esteiras de bagagem, iluminação, todo o sistema elétrico do aeroporto, sistemas de ar condicionado e CAG, câmaras frias, câmaras de terminal e multilateração. Esta área está ligada diretamente a área de planejamento e controle de engenharia facilitando o controle do OPEX (Despesas operacionais) e CAPEX (Investimentos).

A estabilização da rotina, primeira missão da engenharia de manutenção, é fundamental para garantir que o processo como um todo das mais diversas áreas esteja rodando de forma adequada, garantindo assim mais eficácia e eficiência no dia a dia da manutenção. Apenas com rotinas estabilizadas e com medições constantes de produtividade pode-se elevar para os níveis seguintes de manutenção. Obviamente a

implantação de melhorias é o que possibilita os avanços entre fases da manutenção e dos resultados obtidos.

A análise de dados é o alicerce da engenharia de manutenção. A partir das análises dos chamados entende-se como cada ativo está falhando, por que está falhando e qual a probabilidade de falhar novamente em determinado período. Isso foi fundamental ao longo do tempo para aumentar a confiabilidade. Diferentemente, a análise de disponibilidade não se preocupa com quanto um ativo venha a falhar, mas com a quantidade de tempo de cada falha. Por exemplo, se o ativo A apresenta cinco falhas em um mês e o ativo B apresenta duas falhas em um mês, B tem mais confiabilidade que A. Contudo, se o tempo fora de operação dos ativos, por conta dessas duas falhas, for maior que do outro ativo com as cinco falhas podemos dizer que A tem mais disponibilidade que B.

Para garantir melhores índices de disponibilidade e confiabilidade, a engenharia de manutenção realiza diversos estudos de desempenho dos ativos e de suas variáveis de operação. Análises de falhas são periodicamente feitas visando identificar as falhas que sucederam e evitar que aconteçam novamente naquele determinado ativo e grupo de ativo.

Mantenabilidade é o conjunto de características que permite em maior grau executar a manutenção de um equipamento. Como é de responsabilidade da área de engenharia de manutenção a incumbência de medir produtividade dos contratos é de suma importância que ela meça as manutenções mais demoradas e desenvolva soluções para facilitar a execução da manutenção e com isso do tempo médio de reparo. Mantenabilidade é um conceito inerente a todo e qualquer tipo de manutenção, corretiva e preventiva, por exemplo. Muitas vezes a mantenabilidade proporciona também mais segurança na prática de manutenção. Dois exemplos impactaram e muito nos resultados. O primeiro foi a colocação de malas de ferramenta em pontos estratégicos da área restrita do aeroporto. Isso propiciou uma redução de 45 minutos em média por chamado. O outro ponto foi a readequação da iluminação das áreas que não só facilitou a manutenção evitando que erros fossem introduzidos, como por exemplo fases invertidas, mas também ajudou na segurança dos colaboradores.

Problemas crônicos são de responsabilidade da engenharia de manutenção também. Problemas muito recorrentes sinalizam que algo

dentro da rotina não está sendo atendida de forma adequada, logo alguma melhoria deve ser desenvolvida, testada e medida. Caso dê certo se trabalha para estabilizar esta nova rotina.

No RIOgaleão um dos principais problemas crônicos é o mau uso por parte da operação. Para quantificar este exemplo podemos usar o caso das esteiras de embarque. Os operadores do check-in acabam despachando bagagens fora de padrão, o que acarreta em travamentos ao longo da esteira. Este tipo de problema é 51% do total de chamados para manutenção ou 1671 chamados até o dia 8/11/2017, considerando o ano de 2017.

Tabela 2: Impactos dos Maus Usos.

Impacto dos Maus Usos	
Indisponibilidade total	520 h no ano
Média por dia	1,4 h
Tempo médio por chamado	1,5 min
Custo em HH	1 técnico em mecânica

Fonte: Autor

Analisando-se os dados da tabela vemos como um simples desvio de procedimento pode impactar a manutenção e a própria operação. A soma de diversos chamados de 1 min pesa demais na rotina de manutenção. Constantemente o técnico sai de seu posto de trabalho para resolver situações fora do escopo de manutenção.

Na parte elétrica por conta de adequação de seletividade recebemos um passivo grande de disjuntores e relés de proteção das subestações que não respeitam a lógica de corrente de tolerância e acabam desarmando quadros de hierarquia mais alta por conta do quadro abaixo não ter desarmando antes como deveria. O correto neste caso não é ficar rearmando, mas sim acertar a seletividade. Outro problema recorrente com desarme de quadros é o mau dimensionamento de projetos que preveem cargas abaixo da realidade. Do mês de janeiro a setembro de 2017 foram 1053 chamados de verificação (57% do total de chamados), desses não conseguimos precisar quantos foram por culpa de cada um de

forma muito precisa devido a necessidade de rápido reestabelecimento, porém alguns dados foram obtidos como segue na tabela abaixo.

Tabela 3: Situação dos Quadros

Situação dos Quadros	
Quantidade de quadros	≈1500
Problema de seletividade	≈20%
Tempo médio por chamado	40 min
Custo em HH	1 técnico e 1 eletricista

Fonte: Autor

Um dos grandes custos de manutenção é com material e sobressalente. Para garantir uma eficiência maior desses itens é preciso primeiramente saber exatamente quando utilizar, não fazer trocas desnecessárias e segundo ter um bom controle de material, tanto do ponto de financeiro como técnico. A gestão de material também é de responsabilidade da área de planejamento e controle onde está inserida a engenharia de manutenção. Não está diretamente ligada a manutenção, pois há também o controle dos materiais de obra. Contudo a análise técnica do material fica a cargo da engenharia de manutenção. Quando as peças vão expirar a validade, se há recorrência de troca de um determinado componente ou se alguma peça está reduzindo a performance da máquina. Tudo é analisado para desenvolver um plano de ação para redução da compra.

Esta área não é só focada em análise, mas também em acompanhamentos de campo. No RIOgaleão uma equipe de encarregados de manutenção ligadas ao CCOM que realiza os acompanhamentos em campo com foco em apoio de serviços, determinação de prioridade e medição de indicadores para posterior avaliação.

Finalmente o último trabalho da engenharia de manutenção e qualitativamente falando do ponto de vista do autor o mais importante é o treinamento e desenvolvimento das equipes de manutenção, internas e externas. Após os treinamentos é nítido a melhora que as equipes foram tendo. Apesar de não se poder quantificar o peso do treinamento, não há

dúvidas que se sentiu uma melhora na qualidade das manutenções e nos resultados obtidos.

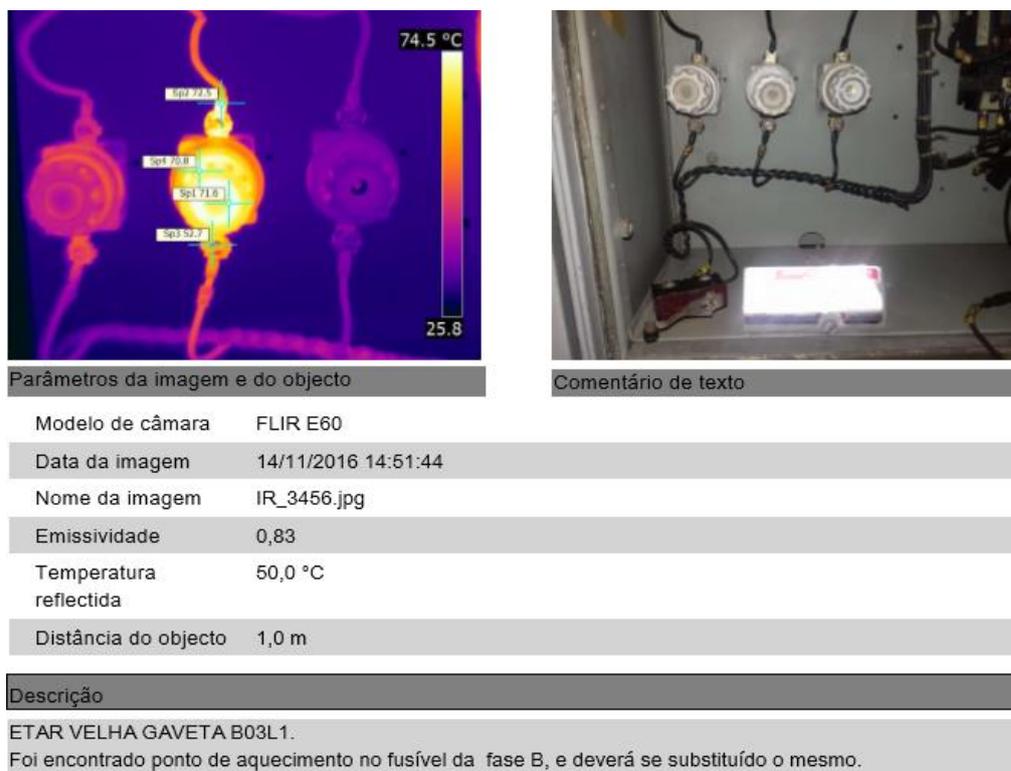
Definitivamente a engenharia de manutenção é peça chave para o resultado empresarial e Joelmir Beting apresenta um pensamento que sintetiza bem o valor que deveria ser dado a ela e a manutenção de forma geral.

“Na moderna economia, a engenharia de manutenção, no conceito de musculação da empresa para os embates do mercado, não mais deve ser debatida na coluna da despesa. Ela deve ser creditada na coluna do investimento em desempenho empresarial, com retorno generoso e garantido, exatamente como os trabalhos de preparação física e emocional dos atletas de elite para as equipes de ponta. Essa nova percepção da engenharia de manutenção já se espalha por todas aquelas empresas brasileiras hoje plugadas nos desafios do século XXI, que já chegou, e para as quais a obsessão da produtividade funciona como a tal de “batalha da ponte”, a que decide a guerra.”

Os estudos de manutenção e as manutenções preditivas foram cruciais para elevar o resultado da manutenção. As manutenções foram mais bem alocadas, os tipos foram usados de forma mais otimizada e aumentou-se a confiabilidade e a disponibilidade. Um exemplo de excesso de manutenção que foi corrigido foram as preventivas em subestações, principalmente na SEP (Subestação Principal). Depois da implantação das termografias e de análise profunda dos modos de falha aumentou-se a periodicidade de anual para bianual. Os resultados obtidos foram redução do número de eventos de falha, aumento da disponibilidade e liberação da mão de obra para fazer outros serviços. Cada manutenção preventiva acarretava em desligamento de partes do terminal, pois não se pode trabalhar com a barra energizada.

Para realizar uma manutenção na subestação principal precisa-se de um engenheiro, 6 técnicos, 6 eletricitas e 4 ajudantes. Além de contar com um efetivo de técnicos de segurança e um operador do sistema de supervisão e controle monitorando remotamente. Com a nova metodologia reduziu-se em 50% o número de manutenções e reduziu drasticamente os riscos de acidente de trabalho, por se tratar de uma manutenção de alto grau de risco.

Figura 4: Termografia.



Fonte: Autor

Na figura anterior vemos um resultado de uma termografia realizada na subestação da ETAR. Identificou-se um ponto quente no fusível sem precisar gerar uma preventiva e indisponibilizar o ativo. De maneira programada uma manutenção foi preparada para causar o mínimo de impacto operacional possível.

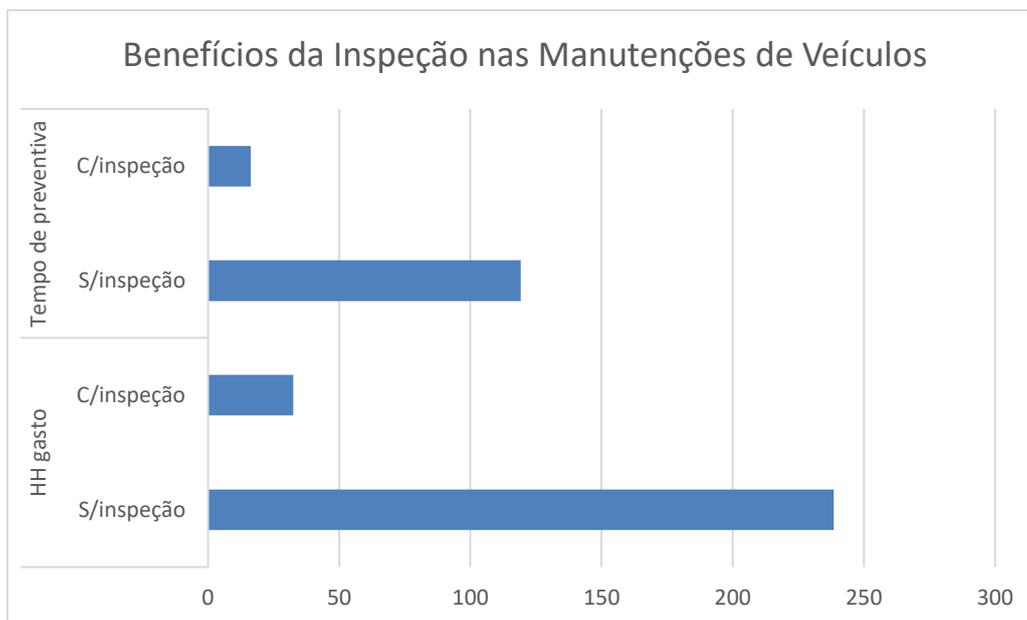
Os veículos chegaram a ter preventivas quinzenais, mensais, semestrais e anuais. Muitos veículos acabavam ficando mais tempo na oficina por preventivas do que de fato em operação. Para reduzir o volume de manutenções uma readequação da análise de criticidade foi feita e acompanhamento do estado do ativo a partir de técnicas de telemetria. Readequamos o plano para os modos de falha encontrados nos veículos e conseguimos reduzir as preventivas quinzenais e mensais com a introdução de inspeções, aumentar a disponibilidade, reduzir o valor do contrato e otimizar a mão de obra.

Tabela 4: Manutenção de Veículos

		Tempo (h)	Quantidade	Tempo (h no ano)	HH gasto
S/Inspeção	Quinzenal	2,00	26	52,00	104,00
	Mensal	4,25	12	51,00	102,00
	Semestral	5,00	2	10,00	20,00
	Anual	6,25	1	6,25	12,50
	Total	17,50	41	119,25	238,50
C/Inspeção	Quinzenal	0,00	26	0,00	0,00
	Mensal	0,00	12	0,00	0,00
	Semestral	5,00	2	10,00	20,00
	Anual	6,25	1	6,25	12,50
	Total	11,25	41	16,25	32,50

Fonte: Autor

Gráfico 1: Benefícios da Inspeção nas Manutenções de Veículos

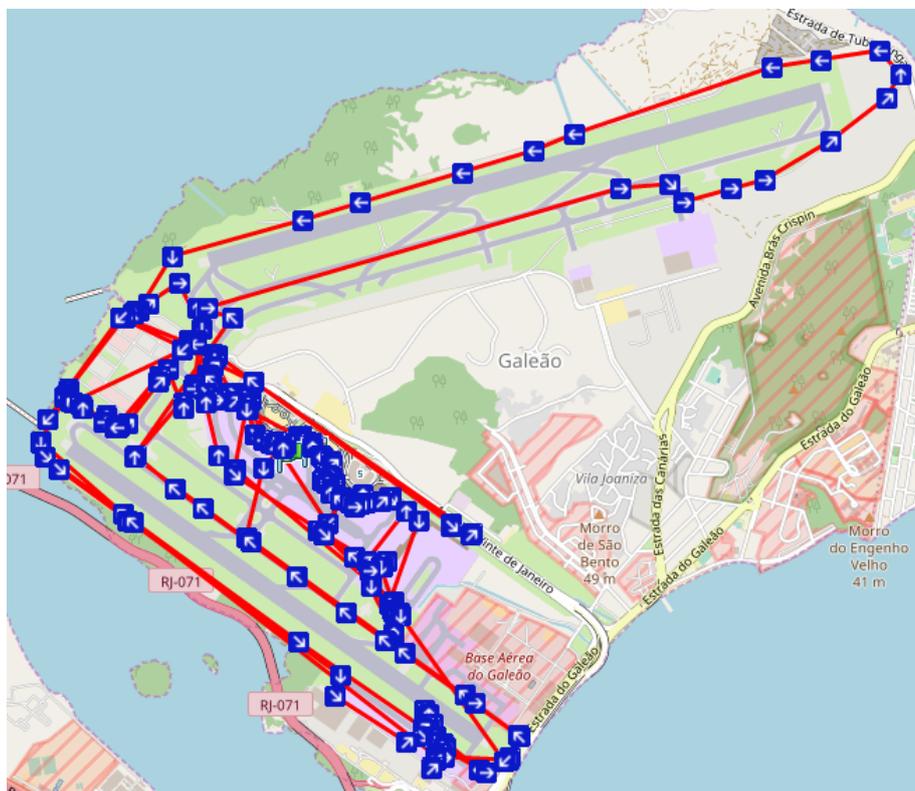


Fonte: Autor

Com os dados acima fica claro a importância da rotina de inspeções. A disponibilidade dos veículos era demasiadamente impactada pelas preventivas. Desenvolvendo uma rotina de inspecionar os carros foi possível reduzir a quantidade de HH gasto e do tempo de manutenção preventiva. O mais importante é ressaltar que não houve alteração na quantidade de manutenções corretivas. Para garantir manutenções

corretivas planejadas da melhor forma possível e cobrar dos motoristas uma preocupação com as condições de uso de cada viatura a telemetria foi fundamental. Abaixo segue uma das análises possíveis a partir da mesma.

Figura 5: Telemetria.



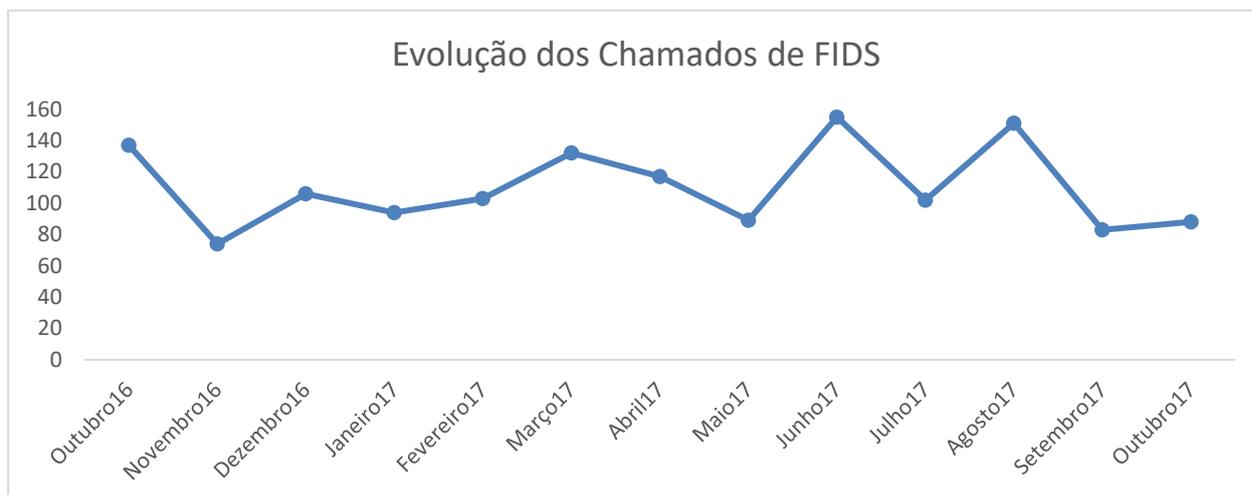
Fonte: Autor

Além da análise de rotas é possível extrair dados de temperatura da água, óleo, tensão na bateria, odômetro em tempo real, motorista, histórico de comportamento, combustível, entre outros.

Com relação a boa alocação de manutenção vimos que para alguns sistemas era melhor deixar as corretivas acontecerem. Alguns sistemas eletrônicos do aeroporto tais como, controle de acesso, câmeras, catracas e FIDS (*Flight Information Display Software*) como são conhecidos os monitores informativos de voo. Após análise de falhas, impacto da falha e custo de manutenção, conclui-se que era melhor ter uma corretiva do que qualquer serviço planejado (preventiva e/ou preditiva). Os ganhos com isso foram redução de contrato e um aumento bastante expressivo da mão de obra. Passou-se de 42 pessoas num escopo apenas de eletrônica para

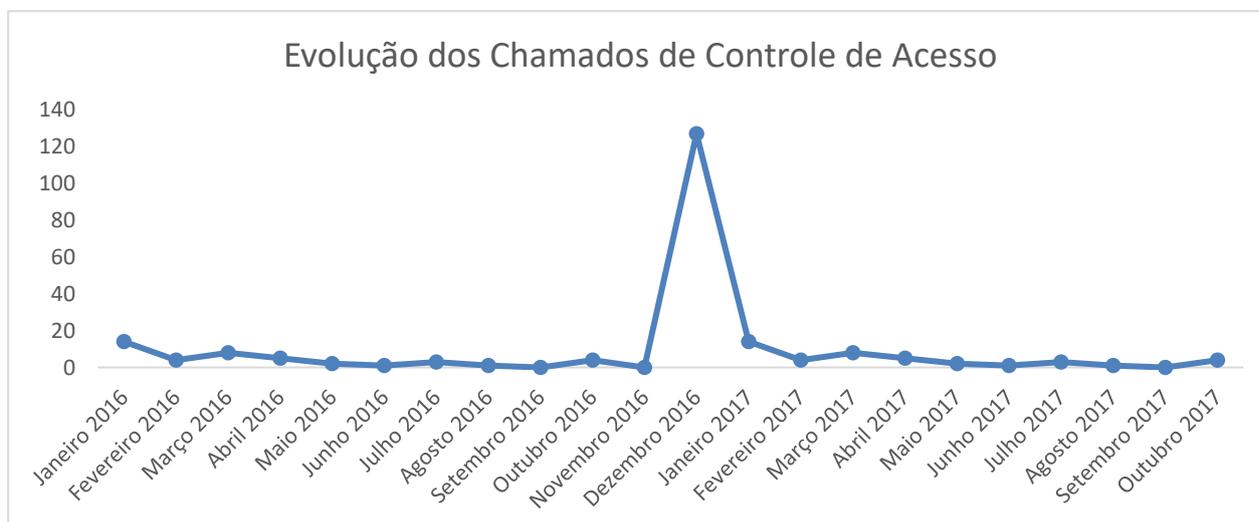
serviços de eletroeletrônica, com número substancialmente menor de pessoas.

Gráfico 2: Evolução dos Chamados de FIDS



Fonte: Autor

Gráfico 3: Evolução dos Chamados de Controle de Acesso



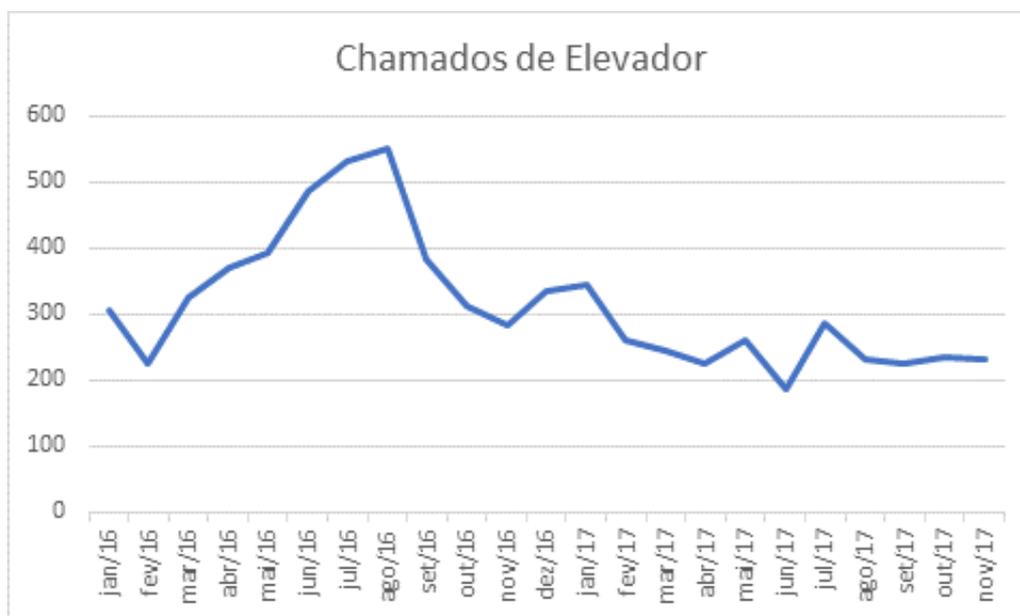
Fonte: Autor

A partir dos gráficos acima podemos constatar que a manutenção preventiva não teve a menor relevância na constância dos chamados. A partir do momento em que se retiraram elas em abril de 2017, não se teve um aumento significativo dos chamados. Na verdade, o leve aumento que

tivemos no FIDS foi por conta de adequação no processo, pois as ordens de serviço de manutenção preventiva foram zeradas e os serviços além das corretivas entraram como solicitação de serviço. Já nos chamados de controle de acesso tivemos um pico de 127 chamados por conta de uma exigência na ANAC e abriram chamados para adequar esta nova demanda pontual. No mais, ela manteve a média de 4 chamados por mês (excluindo os 127 chamados de dezembro).

Ao mesmo tempo que as preventivas não geram tanto efeito nos sistemas referidos acima, quando se fala de elevadores temos outra situação. As preventivas são fundamentais para a redução de falhas e consequente aumento de confiabilidade dos elevadores. Nessa preventivas apertos, lubrificações, ajustes e troca de alguns componentes que sofrem maior desgaste são feitos possibilitando uma redução na probabilidade de falhas oriundas de causa de manutenção corretiva sem que a causa raiz seja algum tipo de vandalismo ou mau uso por parte da operação. No gráfico a seguir podemos ver isso.

Gráfico 4: Evolução dos Chamados de Elevador



Fonte: Autor

Pode-se analisar a partir do gráfico uma importante redução no número de chamados para elevadores ao longo do tempo. O grande segredo para se reduzir as manutenções corretivas foi readequar constantemente o plano de manutenção para se moldar as demandas de

características de equipamentos do aeroporto e os tipos de falha que se repetiam ou que começaram a acontecer.

Uma das grandes melhorias de processo foi a eliminação do tempo de processamento de dados através de ferramentas de *Business Intelligence (BI)*. A manutenção atualmente trabalha com diversos bancos de dado e todos bastante grande. Isso faz com que o tempo de processamento de dados gastasse muito tempo das equipes de gestão e dava pouquíssimo tempo para a análise de fato. A partir do momento que montamos *dashboards* e automatizamos relatórios aumentou nosso tempo de análise de fato. Isso propiciou que os planos de ação tivessem maior embasamento técnico.

Figura 6: Dashboard de gestão do CCOM.



Fonte: Autor

Este dashboard contém informações do CCOM com relação a tempo de acionamento. O gráfico de barras mostra em pareto os atendentes de maior tempo de acionamento. No gráfico abaixo temos o

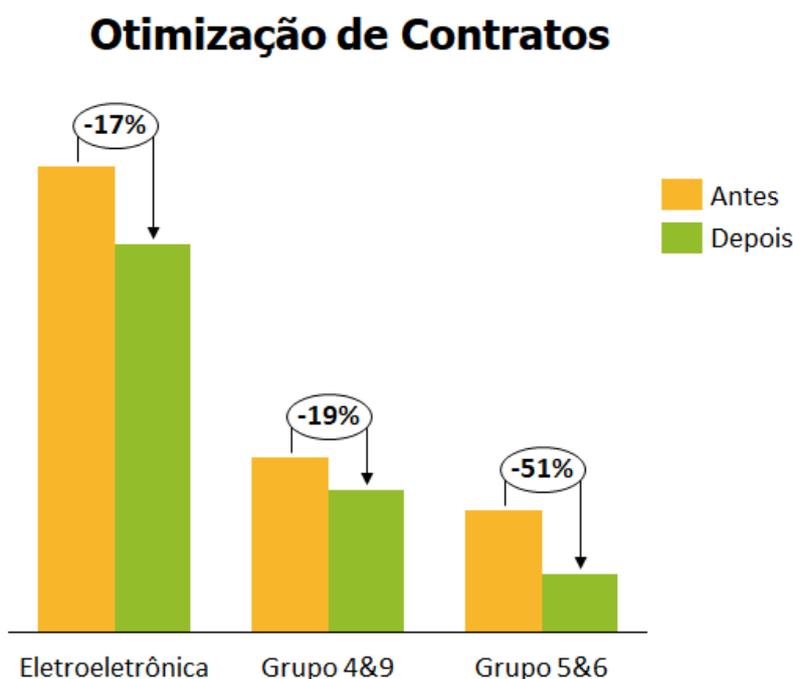
acionamento por tempo. A lista a esquerda mostra cada uma das solicitações de serviço. No meio temos o tempo por empresa contratada. As abas na extrema direita são os filtros que vão atualizando as informações. Tudo é atualizado em tempo real para que se tenham uma visão atual dos indicadores do setor. É fundamental medir o tempo de acionamento para saber o impacto que os acionamentos causam para a manutenção. No aeroporto qualquer minuto separa o atraso de uma aeronave e isso pode causar grandes prejuízos. Não só se mede tempo de acionamento, como também o horário dos chamados. Com essas informações o CCOM consegue alocar as equipes de campo para se posicionarem de forma a reduzir o tempo de deslocamento.

Outro ponto fundamental foi o fato de expor este relatório para as empresas terceirizadas e para as demais áreas da empresa. Com o maior conhecimento de todos da ponta executante até a gestão os planos de ação ficaram melhor embasados, pois passaram a contar com o apoio de todos com o mesmo nível de informação. O técnico passou a saber exatamente seu impacto nos indicadores.

Todas essas melhorias mostradas anteriormente foram da perspectiva técnica, contudo é fundamental transformar estes resultados em ganhos financeiros. Afinal de contas todo investimento deve apresentar um retorno para que seja justificado.

Na área de manutenção o maior gasto são os contratos contínuos. Eles representam um valor de aproximadamente 90% do OPEX de manutenção. Nos gráficos abaixo podemos comprovar como a melhoria das práticas de manutenção citadas anteriormente trazem otimizações de campo que propiciam ganhos financeiros expressivos. No gráfico abaixo grupo 4&9 representa o contrato dos ativos: elevadores, escadas rolantes, tapetes rolantes, plataformas de deficientes e pontes de embarque. O grupo 5&6 representa o contrato de dos ativos: sistema de esteiras de embarque e desembarque.

Gráfico 5: Otimização de Contratos



Fonte: Autor

Analisando-se os gráficos acima observamos reduções significativas nos valores dos contratos. Como os contratos são baseados em resultados pelo SLA e não mais por mão de obra, a otimização dos serviços para um mesmo resultados permite ganhos financeiros nos contratos de prestação de serviços. A melhor seleção das manutenções, inserção de preditivas e análise de falhas faz os contratos terem ganhos de produtividade que se reflete no resultado anual da empresa como um todo.

Atualmente há um novo projeto que deve pautar o futuro da manutenção no RIOgaleão que é o conceito de aeroporto 4.0. O aeroporto 4.0 vem do conceito da indústria 4.0. Esta nova perspectiva veio da Alemanha e tem como base a fusão do mundo real e virtual (mundo cyberfísico) através de tecnologias como, IoT (Internet of Things), inteligência artificial, *machine learning*, *Big Data* e Automação. (Dos Santos, 2016). Em pouco tempo faremos diversos tipos de monitoramento através dessa plataforma. Análises de vibração, temperatura, ruído, deslocamento, inclinação, medição de água, medição de energia, monitoramento de mão de obra entre outros serão monitorados para assegurar cada vez mais uma performance de excelência da manutenção e da operação. Soluções das mais diversas são possíveis neste setor, tais como, sensores, câmeras,

redes de IoT, entre outras. Não apenas o fato de trazer tecnologia será um ganho, como também a possibilidade de vir a se desenvolver tecnologia. Sem dúvida levar o aeroporto Antônio Carlos Jobim como um todo e neste caso a sua área de manutenção para o mundo digital e disponibilizar maior conectividade serão o ponto chave da manutenção e do mundo para o futuro.

4. Conclusão

O trabalho apresentado teve o objetivo de comprovar os ganhos técnicos e financeiros de se estabelecer uma gestão de manutenção baseada na condição do ativo. Ademais, apresentou uma metodologia capaz de ser implementada por outras empresas para se alcançar este mesmo patamar de manutenção. Por último, ele trata de desmistificar alguns conceitos que permeiam o mundo de manutenção, tais como, manutenção ser vista apenas como um custo necessário, o próprio conceito da manutenção preventiva e manual do fabricante como plano de manutenção e não uma ferramenta.

Mais do que os resultados apresentados ao longo do trabalho, a metodologia se faz muito importante, por isso o autor fez questão de começar com a história da manutenção. Analisando-se bem existe uma coerência de como houve o desencadeamento das etapas de manutenção do aeroporto com a história da manutenção em si. Até mesmo para uma empresa alcançar níveis de excelência em manutenção não seria possível sem passar por algumas etapas. A principal diferença entre a maioria das empresas é a velocidade de implantação e a condição inicial de cada projeto.

A condição inicial foi sem dúvida um fator complicador importante dos pontos levantados no trabalho. Começar uma gestão de manutenção sem histórico complica demais as análises e previsões de falha e composição de orçamento. Isso obrigou a concessionária a reduzir a velocidade de implantação das etapas até chegar na manutenção ideal. Muitos colaboradores simplesmente estavam tão acostumados com o estilo de gestão anterior que não conseguiam acompanhar a nova metodologia de trabalho.

Uma boa literatura de manutenção, pessoas com conhecimento de gestão e de campo e principalmente com muito empenho foram a chave para a mudança. No Brasil, o conceito de manutenção baseada na condição não está completamente estabelecido. É preciso que pessoas com visão de longo prazo e grande capacidade de planejamento façam parte do processo. Os resultados podem demorar um pouco, porém são bastante expressivos quando acontecem. Como mostrado no presente trabalho vê-se ganhos dos mais diversos tipos: técnicos, redução dos

níveis de falha, aumento de disponibilidade, melhora na manutenibilidade; operacionais, maior capacidade de processamento de passageiros e melhora na satisfação dos mesmos; e financeiros, redução de contratos e peças e sobressalentes.

Finalmente, aprendendo com os erros do passado e olhando para o futuro vê-se que é fundamental que o desenvolvimento da manutenção seja pautado em dois pilares: desenvolvimento tecnológico e acadêmico. O primeiro tem a ver com o conceito de indústria 4.0 já falado acima. O segundo é uma carência que existe no ensino das engenharias aliado a uma falta de visão das empresas de se aproximarem das universidades para desenvolverem trabalhos juntos. Há uma sinergia natural entre os dois segmentos: mercado de manutenção e academia, que deveria ser melhor explorado para o benefício de ambos.

5. Referências bibliográficas

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Julio. **Manutenção** : Função Estratégica. 4. ed. [S.l.]: Qualitymark, 2013. 440 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM** : Planejamento e Controle de Manutenção. 1. ed. [S.l.]: Qualitymark, 2002. 192 p.

RIBEIRO, Haroldo. **Manutenção Produtiva Total** : A Bíblia do TPM - Como maximizar a produtividade na empresa. 1. ed. [S.l.]: Viena, 2014. 592 p.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração** . 9. ed. [S.l.]: Manole, 2014. 651 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462** : Confiabilidade e Manutenibilidade. 1. ed. [S.l.]: ABNT, 1994. 37 p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. **ISO 55000** : Gestão de Ativos - Visão geral, princípios e terminologia. 1. ed. [S.l.]: ISO, 2014. 23 p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. **ISO 55001** : Gestão de Ativos - Sistema de gestão - Requisitos. 1. ed. [S.l.]: ISO, 2014. 16 p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. **ISO 55002** : Gestão de Ativos - Sistema de gestão - Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001. 1. ed. [S.l.]: ISO, 2014. 38 p.

LAMPREIA, Suzana Paula Gomes Fernando da Silva. **Manutenção Baseada no Estado de Condição. Uma Abordagem Utilizando Cartas de Controle Modificadas** . 2013. 293 p. Dissertação (Doutorado Em Engenharia Industrial)- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013. 1. Disponível em:

<http://escolanaval.marinha.pt/pt/investigacao_web/repositorio_web/Dissertacoes/Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Baseada%20no%20Estado%20de%20Condi%C3%A7%C3%A3o.%20Uma%20Abordagem%20Utilizando%20Cartas%20de%20Controlo%20Modificadas,%20SUZANA%20LAMPREIA.pdf>. Acesso em: 01 set. 2017.

TOYOTA MOTOR CORPORATION. **Just-in-Time** : Philosophy of complete elimination of waste. 1. Disponível em: <http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html>. Acesso em: 01 set. 2017.

MARTINS, Rosemary. **Ferramentas da Qualidade** : Análise de Modos de Falhas e Efeitos. 1. Disponível em: <<http://www.blogdaqualidade.com.br/analise-de-modos-de-falhas-e-efeitos-fmea/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

VILMAR, José. **A lógica do Pensamento** : Quebra Zero em Manutenção. 1. Disponível em: <<http://engjosevilmar.blogspot.com.br/2015/06/quebra-zero-em-manutencao.html>>. Acesso em: 27 set. 2017.

DOS SANTOS, Paulo Roberto. **Indústria 4.0** : SISTEMAS INTELIGENTES PARA MANUFATURA DO FUTURO. 1. Disponível em: <<http://www.revistaferramental.com.br/pt/artigos/industria-40-sistemas-inteligentes-para-manufatura-do-futuro/8>>. Acesso em: 10 nov. 2017.