

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Rui Paulo Dias Muniz

**REQUISITOS DE MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS
SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO**

Porto Alegre
2010

Rui Paulo Dias Muniz

**REQUISITOS DE MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS
SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Gonçalves Amaral

Porto Alegre
2010

RUI PAULO DIAS MUNIZ

**REQUISITOS DE MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS
SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Profa. Carla Schwengber Ten Caten

Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Giovana Savitri Pasa, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor Juan Pablo Raggio Quintas, Dr. (DEMEC/UFRGS)

Professor Norberto Hoppen, Dr. (UNIPAMPA)

AGRADECIMENTO

Além dos esforços individuais, este trabalho é resultado de uma vida profissional e pessoal onde as relações e as construções coletivas são os componentes mais importantes. Inclui-se nisto minhas mulheres, que me alimentam com amor e carinho e são responsáveis por minhas condições para desenvolver este estudo: Luísa, Márcia e Nilma.

"Sua razão e sua paixão são o leme e as velas de sua alma navegante. Se as velas se partem ou se o leme se quebra, você nada pode fazer, senão girar à deriva, ou talvez ficar parado no meio do mar." Kahlil Gibran

RESUMO

Manutenção, para as organizações, possui a função estratégica de garantir a confiabilidade buscada com a disponibilidade projetada para os processos. Enquanto um serviço, a conformidade da execução dos serviços de manutenção é o resultado dos recursos envolvidos, da capacidade técnica, de logística, dos meios, do planejamento, do controle das condições de trabalho e do ambiente. Manutenibilidade é a adequada execução destes serviços, que acontece pela necessária adoção de requisitos para atender a normas, legislação e melhores práticas, particularmente associados ao ambiente em que as atividades e tarefas de manutenção serão desenvolvidas. Este estudo contempla um conjunto de quatro artigos que têm por finalidade identificar os requisitos de manutenibilidade a serem atendidos na execução dos serviços de manutenção. Para tanto, a partir de um estudo sistemático, identifica na literatura os principais requisitos, estruturando-os em áreas, e aplica pesquisa junto a especialistas de manutenção para classificá-los quanto à importância e aplicabilidade. Na sequência, agrupa estes requisitos em criticidade, estabelece um ranqueamento quanto à sua observação e debate a ocorrência na literatura e o operado nas organizações, bem como a possível defasagem existente entre o operado e o concebido em discussões acadêmicas. Como resultado, além de apresentar os principais requisitos de manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção, caracteriza o impacto da adoção dos requisitos de manutenibilidade nas organizações e conclui que a manutenibilidade gerenciada é responsável pela conformidade da execução dos serviços e pelos resultados organizacionais buscados. O estudo aponta para a necessidade de construir uma sistemática capaz de diagnosticar o nível de observação dos requisitos de manutenibilidade em uma organização e de introduzir melhorias nos processos e execução de serviços de manutenção existentes.

Palavras-chave: Ergonomia. Manutenibilidade. Manutenção. Requisitos. Sistemática.

ABSTRACT

Maintenance, for the organizations, comprises the strategic function of assuring the sought reliability by the planned availability for the processes. As a service, the conformity in the performance of maintenance services results from the involved resources, technical capacity, logistics, means, planning, control of work conditions and environment. Maintainability is the adequate performance of these services, which occur by the adoption of requirements that observe norms, legislation, and best practices, particularly connected to the environment where the maintenance activities and tasks will be developed. This study consists of a block of four articles, which aim to verify the necessary maintainability requirements to be attended in the performance of maintenance services. For the accomplishment, it takes a systematic study to identify in the literature the major requirements, organizing them by sections, and applies a research to maintenance experts in order to categorize these requirements on levels of importance and applicability. Subsequently, it groups these requirements on emergency levels, establishes a ranking board based on their observation, and discusses their occurrences in the literature towards what is performed in the organizations, as well as the possibly existent hiatus between the operated procedures and the concepts raised from academic discussions. As a result, besides presenting the major maintainability requirements in the performance of maintenance services, it characterizes the impact of the adoption of maintainability requirements by the organizations and concludes that the managed maintainability is responsible for the conformity in the performance of services and for the sought organizational results. The study reveals the necessity of structuring a systematics able to diagnose the level of attendance of maintainability requirements by an organization and to attach improvements to the processes and performance of existing maintenance services.

Keywords: Ergonomics. Maintainability. Maintenance. Requirements. Systematics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Classificação e Priorização de Serviços.....	110
Figura 2 - Modelo de Classificação e Priorização de Serviços por Manutenibilidade	110
Figura 3 – Modelo Mental da Manutenibilidade Estratégica	110
Figura 4 – Modelo Mental Manutenibilidade em Abordagem Pedagógica	113
Figura 5 – Modelo Mental Manutenibilidade em Abordagem gERENCIAL.....	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivo Específico	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	DELIMITAÇÃO.....	14
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	15
2	DESENVOLVIMENTO	17
	ARTIGO 1 - MANTENABILIDADE: DA TAREFA AOS RESULTADOS ORGANIZACIONAIS	18
	ARTIGO 2 - MANTENABILIDADE E A ESTRATÉGIA NAS ORGANIZAÇÕES	44
	ARTIGO 3 - REQUISITOS DE MANTENABILIDADE	59
	ARTIGO 4 - REQUISITOS DE MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	84
3	CONCLUSÃO	109
	REFERÊNCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

Manutenção, assim como a vida, tem um conceito muito amplo e admite diversas definições. A manutenção também tem uma diversidade grande de enfoques, que garantem e justificam ou não a necessidade de sua consideração. Em se tratando de aspectos com ciclo de vida de sistemas e equipamentos e de ciclos da vida, ambos estão associados ao tempo e ao espaço, bem como ao nascimento e à morte.

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, podendo incluir uma modificação do item (NBR 5462).

A manutenção deve, portanto, ter a perspectiva do futuro, hoje. Manutenção é então garantir a continuidade da vida, conforme o esperado, ou seja, uma exigência para a sobrevivência. No entanto, os debates que falam da vida e de sua manutenção, em nosso momento histórico, estão permeados por diferentes enfoques e interesses que nem sempre atendem a demandas associadas à própria vida.

Sobre a função da ciência em relação à vida, em debate promovido pelos Ministros do Supremo Tribunal Federal, quando ouviram vinte e dois especialistas sobre o tema “Início da vida” para tomar decisão sobre a constitucionalidade ou não do artigo 5 da Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/05), o professor Herbert Praxedes, professor emérito e coordenador do comitê de ética em pesquisa pela Universidade Federal Fluminense, afirma que a ciência não é uma política ou um programa político, ela é um método sistemático para se desenvolver e testar hipóteses sobre o mundo físico.

Gleiser (2008) reflete que a garantia de nosso futuro depende fundamentalmente do desenvolvimento da ciência. Destaca que os impactos ambientais das ações humanas e das alterações no meio devem ser previstas, e mantidas as condições da qualidade e necessidades originais. Os impactos, por sua vez, têm uma perspectiva coletiva, enquanto atingindo e atuando sobre todos os seres vivos, e também pontuais e específicos, que agem sobre as pessoas em processos e relações sociais. Nos ambientes de trabalho, os seres vivos estão em permanente exposição a agentes agressivos à continuidade da vida.

Nos ambientes, conforme Malard (2010), a distribuição dos objetos funcionais compreende duas estruturas: a estrutura do arranjo e a estrutura da ambiência. A estrutura do arranjo está relacionada com a disposição e combinação dos objetos de forma a se obter um conjunto funcional capaz de comunicar valores sociais. Esta disposição obedece a certas regras que possam garantir o funcionamento desses arranjos e ao mesmo tempo comunicar os valores da cultura que os gerou. A estrutura da ambiência, por sua vez, são as combinações no ambiente construído, em suporte aos arranjos. Neste sentido, a Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo define ambiência como sendo um ambiente físico, social, profissional e de relações interpessoais que deve estar relacionado a um projeto de saúde voltado para a atenção acolhedora, resolutiva e humana. Para tanto, estabelece para o conceito três eixos complementares: O espaço que visa a *confortabilidade* focada na privacidade e individualidade dos sujeitos envolvidos, valorizando elementos do ambiente que interagem com as pessoas – cor, cheiro, som, iluminação, morfologia... – e garantindo conforto aos trabalhadores e aos usuários; O espaço que possibilita a produção de subjetividades - encontro de sujeitos – *por meio da ação e* reflexão sobre os processos de trabalho; O espaço como *ferramenta facilitadora do processo de trabalho*, favorecendo a otimização de recursos, o atendimento humanizado, acolhedor e resolutivo.

Assim, entendendo que os ambientes de trabalho devam estar associados à ambiência, enquanto um espaço especialmente preparado para o exercício de atividades humanas, em conformidade com aspectos e valores humanos, buscar garantir ambientes de trabalho saudáveis significa também a conservação da vida. Para as atividades de manutenção, responsável por garantir a continuidade da vida e dos processos criados pelo Homem, ter um ambiente adequado é uma exigência técnica e moral.

Pinto e Xavier (2001) afirma que o produto da manutenção é a maior disponibilidade confiável ao menor custo, o que é garantido na execução dos serviços de manutenção. A execução dos serviços de manutenção de forma adequada e de acordo com exigências técnicas, portanto, é uma demanda justificada ao qual se dá o nome de mantabilidade.

Ao definir o conceito de mantabilidade, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma NBR 5462 - Confiabilidade e mantabilidade, estabelece que a manutenção deve ser feita sob condições estabelecidas e usando procedimentos e recursos prescritos (ABNT, 1994). Mantabilidade, portanto, são todas as condições necessárias à efetividade da execução dos serviços de manutenção, que garanta segurança e saúde para os trabalhadores. Legislação, Normas e práticas de empresas

referenciam conjunturalmente este atendimento; disciplinas e estudos acadêmicos nas áreas de saúde, ergonomia, segurança, entre outras, desenvolvem conhecimento para que esta demanda esteja sustentada e se desenvolva pela ciência.

Para as organizações, além da observação à legislação e normas, manutenibilidade se tornou preocupação objetiva dos processos, a partir de regramentos amplos. Takahashi e Osada (1993), por exemplo, ao estabelecer sua conceituação e estruturação para o Sistema de Segurança da Fábrica, pela necessidade de um ambiente de trabalho estimulante, afirma que os sistemas de segurança devem ser considerados em um contexto total de desenvolvimento, possibilitando uma avaliação do cenário sob vários pontos de vista. Para tanto, tem como um dos critérios a avaliação das condições ambientais.

De outra forma, é apropriado constatar que as atividades de manutenção respondem por custos em uma organização, mas a não conformidade da execução dos serviços de manutenção e a não manutenção envolve outros custos muitas vezes mais importantes que os primeiros. Silva (2007) menciona que embora os custos da manutenção sejam bastante expressivos, os custos da não-manutenção ou da não qualidade são ainda mais importantes. Como consequência de não-manutenção ou não-qualidade podem ser citadas: falta de segurança, paradas não previstas de equipamentos, perdas de matéria prima por mal rendimento advindo de manutenção inadequada, peças refugadas, despesas com garantia, recalls e horas extras, entre outras.

Mantenabilidade se tornou, também, sinônimo de redução de custos e desperdícios associados à execução das tarefas de manutenção, garantindo a lucratividade necessária em um cenário de mudanças rápidas e que exige aumento de receita sem grandes investimentos. Além de abranger aspectos relativos à saúde, segurança, capacidade, competência e disposição, associadas a fatores humanos, manutenibilidade está relacionada também a facilidades, ambientes, recursos e logística, afetas a estruturas físicas, disponibilidades financeiras e disposição por investimentos.

Não é novo dizer que as organizações vivem uma conjuntura de competitividade, onde a sobrevivência dos negócios é pautada por resultados. Também é corrente a compreensão de que o limite da competitividade está colocado em um melhor desempenho, pela utilização de práticas e métodos melhores e por redução de perdas e desperdícios. Torna-se evidente, portanto, que a sobrevivência de organizações de diferentes portes está associada à saúde de seus processos. Mantenabilidade, assim, é um elemento definidor da manutenção enquanto serviço, por representar a garantia da qualidade da execução do serviço. Além disto, significa

segurança do pessoal e conformidade técnica do processo, passando a ter uma função estratégica para as organizações.

Compreender esta realidade é entender o largo espectro de fatores que atuam nos resultados, associados da execução aos ganhos organizacionais. Reduzindo-se o foco ao momento da execução dos serviços de manutenção, a identificação, a consideração e a atuação a partir de requisitos de manutenibilidade levará à obtenção de resultados que somente serão conquistados na ação da manutenção, no momento das decisões de planejamento, programação e execução.

O estudo busca identificar os requisitos necessários à execução de serviços de manutenção, admitindo a possibilidade de melhoria da manutenibilidade nas organizações pela gestão da conformidade da execução destes serviços. Para verificar a influência e consideração dos requisitos de manutenibilidade, estuda a observação destes na estratégia das organizações e nas suas políticas, bem como constata a interferência destes nos processos e na estrutura das empresas. Para a construção, o estudo adota uma conceituação de manutenibilidade, identifica os requisitos considerados importantes por organizações e admitidos na literatura e verifica junto a profissionais especialistas em manutenção a consideração destes requisitos nas suas atividades. Na discussão proposta, constrói uma reflexão sobre a problemática da manutenibilidade e sobre os requisitos a serem garantidos, orientando para a conformidade da execução dos serviços de manutenção pela verificação e adoção dos requisitos elencados. O estudo conclui que a manutenibilidade gerenciada garante às organizações conformidades legal, normativa, ética e técnica, bem como resultados estratégicos, prevenção e preservação da saúde e do meio ambiente como também conforto e satisfação aos trabalhadores.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Esta dissertação aborda os requisitos necessários à execução dos serviços de manutenção, através de uma abordagem ergonômica, com enfoque na observação da legislação, das normas e das práticas. Portanto, o objetivo geral é de verificar as condições necessárias à execução dos serviços de manutenção.

1.1.2 Objetivo Específico

Constituem-se objetivos específicos para o estudo:

- O objetivo do primeiro artigo é de identificar os requisitos de manutenibilidade em literaturas acadêmicas, organizacionais e das melhores práticas, focando particularmente fatores ergonômicos a partir de normas, legislação e definições e práticas organizacionais;
- O segundo artigo trata da relação entre os requisitos de manutenibilidade e a estratégia organizacional;
- O terceiro artigo visa identificar os principais requisitos da manutenibilidade tratados nos artigos anteriores, bem como classificá-los quanto à área a que se relacionam nas organizações;
- O quarto e último artigo tem por objetivo verificar junto a especialistas de manutenção a importância e a aplicabilidade dos requisitos de manutenibilidade identificados, apontando os requisitos que serão responsáveis pela melhoria dos resultados organizacionais.

1.2 JUSTIFICATIVA

A necessidade de identificação de requisitos, que sejam capazes de melhorar a manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção, se deve ao fato de que esta abordagem é inovadora em sua discussão. Isto é verificado no meio acadêmico e no ambiente das organizações: do ponto de vista científico, as discussões sobre manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção são ainda pouco abordadas nas instituições de ensino superior e nas publicações científicas; nos debates de melhores práticas adotadas, melhorias agregadas e inovações nas organizações, o mesmo se verifica nas funções de manutenção em empresas públicas e privadas no Brasil, o que é constatado em congressos brasileiros de manutenção, promovidos pela Associação Brasileira de Manutenção. Estas observações permitem concluir que há uma preocupação pouco expressiva dos profissionais nas organizações, seja em discutir como também em desenvolver requisitos operacionais associados às condições de execução dos serviços de manutenção.

Quanto à legislação e normas, não são identificadas referências relacionadas ao como fazer os serviços de manutenção, mas limitadas ao que fazer na execução destes serviços, expressa como impositivos formais. Por outro lado, verifica-se que na classificação de periódicos do sistema Qualis/Eng III da CAPES a existência de periódicos dedicados às funções de manutenção se limitam a um periódico classificado como B2, outro como B5 e dois classificados como C. Isto demonstra a falta de circulação no meio acadêmico deste tema. Além disso, a não existência de linhas de pesquisa dedicadas à manutenção nas Instituições de Ensino Superior explicita sintomas da necessidade de maior número de pesquisas e discussões sobre o tema. Estas considerações demonstram a quase inexistência e a necessidade do desenvolvimento de pesquisa com este conteúdo.

1.3 DELIMITAÇÃO

Este estudo sobre manutenibilidade tem como foco a execução dos serviços de manutenção, onde se incluem as pessoas, os ambientes, os processos envolvidos, a legislação, normas e práticas adotadas. Destaca-se a insipiente discussão associada à execução dos

serviços de manutenção, visto que as abordagens constantes na literatura sobre o assunto dizem respeito à manutenibilidade buscada quando no projeto ou vista por indicadores de desempenho e efetividade associados ao tempo de execução.

Por consequência, adotou-se estudo abrangente a partir da conceituação e foco definidos, particularmente com relação a aspectos ergonômicos, ambientais e de saúde e segurança, admitindo para a pesquisa as práticas adotadas pelas organizações, mesmo que não nomeassem suas definições com sendo relativas à manutenibilidade associada à execução dos serviços de manutenção.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O estudo foi desenvolvido a partir da elaboração de quatro artigos, cuja abrangência permitiu identificar as conceituações e práticas adotadas por organizações e as discussões e abordagens existentes na literatura. Neles são desenvolvidos o referencial para a definição de manutenibilidade, a identificação dos requisitos, a percepção de especialistas com relação aos mesmos e a caracterização de um conjunto de requisitos capazes de garantir resultados alinhados às estratégias das organizações e melhorias na manutenibilidade, com relação à execução dos serviços de manutenção.

O primeiro artigo, *Mantenibilidade: da Tarefa aos Resultados Organizacionais*, trata de estabelecer os paradigmas que sustentarão o estudo. Apresenta, inicialmente, a reduzida discussão existente em torno da manutenibilidade, desenvolvendo-se pela identificação de impositivos legais e normativos e por práticas de organizações públicas e privadas, buscadas em nível mundial. Este artigo foi submetido à *Revista Gestão & Produção*.

Após realizar esta identificação, o segundo artigo, *Mantenibilidade e a Estratégia nas Organizações*, trata do estabelecimento de requisitos para a manutenibilidade, na execução de serviços de manutenção, alinhados à estratégia da organização. Busca, a partir das práticas, verificar a observação a princípios ergonômicos, de segurança, meio ambiente, de preservação da saúde dos trabalhadores, entre outros, e os resultados da organização. Este artigo será submetido à *Revista Gestão Industrial*.

O terceiro, Requisitos de Manutenibilidade, relaciona os principais requisitos demandados e considerados por estas organizações, estabelecendo uma relação entre áreas de atuação e organização das empresas com estes requisitos. Este artigo será submetido à Revista Produção.

Ao considerar os requisitos identificados, o quarto artigo, Requisitos da Manutenibilidade na Execução dos Serviços de Manutenção, verifica a percepção e consideração de profissionais de manutenção com relação a estes requisitos relacionados a partir da literatura. Os profissionais, com experiência nas atividades de estudo, gerenciamento, chefia e execução de manutenção, foram denominados Especialistas em Manutenção. Neste artigo, os especialistas respondem pesquisa onde identificam o grau de importância e aplicabilidade dos requisitos relacionados para a melhor manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção. Na discussão e conclusões, são agrupados os requisitos capazes de sustentar os objetivos do estudo como um todo, mesmo que não tenham sido adotados nas organizações parâmetros de manutenibilidade na fase de projeto da instalação ou estes se tornaram insuficientes para atender à conformidade necessária para as funções de manutenção. Este artigo será submetido ao *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.

2 DESENVOLVIMENTO

Abaixo os artigos 1, 2, 3 e 4 na integra, conforme foi mencionado na seção 1.4. Rui acho que tem que colocar um textinho aqui para o titulo não ficar sozinho na pagina!!!!

**ARTIGO 1 - MANTENABILIDADE: DA TAREFA AOS RESULTADOS
ORGANIZACIONAIS**

Mantenabilidade: da Tarefa aos Resultados Organizacionais

Resumo

A execução dos serviços de manutenção garante a conformidade e os principais objetivos da manutenção, de confiabilidade e disponibilidade. Mantenabilidade é um conjunto de requisitos que garantem as condições necessárias para a execução dos serviços. Este estudo tem por objetivo identificar estes requisitos em literaturas acadêmicas, organizacionais e das melhores práticas, focando particularmente fatores ergonômicos a partir de normas, legislação e definições e práticas organizacionais. A pesquisa ressalta a importância de fatores como o humano, de projeto, de concepção de serviços, saúde e segurança, meio ambiente, destacando a estratégia adotada por empresas para buscarem a mantenabilidade na execução dos serviços de manutenção. A conclusão orienta para a adoção de uma visão que admita o objetivo organizacional, voltada para a qualidade de vida dos trabalhadores. Mais que isto, de que é necessário que a gestão da manutenção adote requisitos de mantenabilidade para obter os resultados organizacionais esperados.

Palavras-Chave: Mantenabilidade, Ergonomia, Resultados, Segurança, Saúde.

Abstract

The execution of maintenance services provides the conformity and the main targets of maintenance, reliability and availability. Maintainability is a number of requisites which assure the necessary conditions to the execution of services. This study aims to identify these requisites within academic, organizational, and best practice literature, with special focus on ergonomic factors by norms, legislation and organizational definition and practices. The research emphasizes the importance of factors such as the human aspect, the project, the conception of services, health and safety, and environment; spotlighting the strategy adopted by some companies in order to reach maintainability in the execution of maintenance services. The conclusion leads to the adoption of a policy of admitting the organizational target, concerned about quality of life for the employees. More than that, it is necessary for the maintenance management to adopt the maintainability requisites to achieve the expected organizational results.

Keywords: Maintainability. Ergonomics. Results. Safety. Health.

INTRODUÇÃO

É atribuída a origem da manutenção por volta do século XVI na Europa central com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros artesãos especializados em montagem e assistência (BEZERRA, 2009). Após alguns séculos, com o surgimento e estabelecimento da revolução industrial e, posteriormente, pelo fato da criação da divisão do trabalho, administrado de maneira científica, a necessidade da adoção de práticas de manutenção foram impulsionadas. A partir deste momento, a manutenção assumiu papel determinante para as economias produtivas, de garantir a continuidade dos processos de produção não mais artesanais, mas com escalas de produção. Pode-se supor que a manutenção estruturada, responsável por recuperar os equipamentos após suas quebras e, conseqüente,

paradas de linhas de produção, surgiu como garantidora dos negócios. Gurski (2002) afirma que a missão da manutenção consistia predominante em restabelecer as condições originais dos equipamentos ou sistemas. O impositivo econômico não permitia que a produção cessasse, porque cessariam os lucros. Com a primeira guerra mundial e a necessidade de produção da indústria bélica, as empresas impuseram um maior ritmo aos seus processos, forçando a profissionalização da manutenção.

Com o advento da segunda guerra mundial, a produção não só aumentou em escala, mas a tecnologia e a variedade de processos produtivos, com o avanço da indústria da eletrônica e a necessidade de redução das manutenções corretivas, se tornaram imposição política para os setores de manutenção. Segundo Dhillon e Liu (2006), a manutenção começou então a ser entendida como função não só de apoio e suporte, mas começou a ocupar lugar de importância estratégica para as organizações. Posteriormente, somente nos anos sessenta, a combinação da manutenção preventiva e corretiva começou a ser estudada sistematicamente (DEKKER; SCHOUTENY; WILDEMAN, 1996).

De acordo com Nassar e Dias (2009), a partir da década de 70, a manutenção industrial começou a adquirir um grau de importância diferenciado. Fatores fundamentais das atividades industriais, relacionados com produção, qualidade e custos, passaram então a depender diretamente das condições de manutenção. As grandes potências industrializadas começaram a implementar planos de manutenção objetivando a garantia da competitividade. A crise do petróleo evidenciou a qualidade e a produtividade dos processos como elementos de crescimento e sobrevivência, quando a manutenção se destacou enquanto condição filosófica para as organizações: pelas imposições econômicas, para redução de desperdícios e pela necessidade de mudança na cultura de operação e gerenciamento das empresas. Nesta época foram introduzidos novos métodos e diferentes meios, entre eles a Manutenção Produtiva. Assim, manutenção começou a ser entendida como responsabilidade de todos, pela demanda de resultados de produção e pela competição gerada em virtude da escalada de desenvolvimento e crescimento da economia. A partir dos anos 90, com a globalização da economia e a consequente expansão de mercados, impositivos de confiabilidade, disponibilidade, entre técnicas, filosofias e métodos, a manutenção se tornou um processo integrante da organização. As organizações passaram então a alinhar o contexto da manutenção com a sua estratégia, buscando e se comprometendo com resultados, com o desempenho de equipamentos, sistemas e plantas e respondendo pela efetividade dos negócios das empresas.

A Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN, 2007), em seu documento nacional sobre a situação da manutenção no Brasil, indica que o custo da manutenção em relação ao faturamento bruto das empresas está em 3,89%. Esta conjuntura exigiu uma política de gestão voltada ao aproveitamento máximo dos ativos existentes, pela busca de melhores índices de disponibilidade e confiabilidade para não perder receita pelas indisponibilidades de seus equipamentos. Conforme Vieira (2007), uma política de manutenção com estes enfoques só tem sucesso se deixar de ter uma rotina de administração de falhas e adotar outra baseada na administração do ciclo de vida dos ativos. A meta então é alcançar o mais amplo conceito de gestão, que coloque a manutenção estrategicamente como uma atividade de operação a partir do desenvolvimento de atividades e rotinas. Assim, impõe-se à manutenção melhorar o seu próprio desempenho e qualificar suas relações com outras áreas da organização, tornando-se diretamente uma fonte de receita nos processos da empresa.

A manutenibilidade, conforme definido por Gurski (2002), como facilidade com que se efetuam reparos e outras atividades de manutenção em um sistema/equipamento, surge nesta evolução como um elemento definidor da manutenção. Representa a garantia da qualidade da execução do serviço, da segurança do pessoal e da conformidade técnica do processo, passando a ter uma função estratégica para as organizações. Logo, manutenibilidade se tornou sinônimo de redução de custos e desperdícios associados à execução das tarefas de manutenção, garantindo a lucratividade necessária em um cenário que exige aumento de receita sem grandes investimentos.

Os conceitos de manutenção, bem como a grande maioria dos conceitos relacionados com a indústria, foram modificados ao longo do tempo em função das exigências cada vez maiores de produção e dos estudos correspondentes que procuravam responder a essas necessidades (GURSKI, 2002). Enquanto conformidade na execução dos serviços de manutenção, a manutenibilidade foi uma consequência da ampliação das regulações no mundo do trabalho e, principalmente na execução, da necessidade de elemento garantidor de confiabilidade sistêmica. Para as decisões relativas à execução dos serviços de manutenção nas organizações, verifica-se que aspectos relativos à conformidade da saúde, segurança, ergonomia, capacidade e competência, foram relacionadas a facilidades, ambientes, recursos e logística gerenciados por indicadores de eficiência, eficácia, confiabilidade e disponibilidade. Desta forma, a problemática da tomada de decisão na execução dos serviços de manutenção, nas estruturas de poder das organizações, tornou-se pautada por normas técnicas e legislações, estratégias e definições organizacionais, bem como por exigências sociais.

Como referência de conceituação, a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994 – NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade) define manutenibilidade como: a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos. Esta definição está sustentada na capacidade de garantir funções de um item, desde que o serviço seja executado com condicionantes de adequação de ambiente e especificações quanto à prática e meios necessários, a partir do cumprimento de requisitos. Para assegurar estes objetivos, prevê o controle da manutenibilidade através de um conjunto documentado de atividades, recursos e eventos, planejados segundo um cronograma e destinado a implementar na estrutura da organização: as responsabilidades, os procedimentos, as atividades, as capacidades e os recursos que, como um todo, visam garantir que os itens atendam aos requisitos de confiabilidade e manutenibilidade exigidos.

No entanto, constata-se que as organizações, necessitam estabelecer regramentos para os serviços de manutenção para atendimento de facilidades na execução das funções de manutenção. Pode-se, assim, depreender que não há a normalização necessária à manutenibilidade na legislação. A NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade, referência para a manutenção, define o que fazer, mas não estabelece os requisitos de como executar as atividades e tarefas. Manutenibilidade, na conceituação quanto a facilidades, ambientes, recursos e logística, força as organizações a desenvolverem suas próprias normas devido a inexistência de uma formulação dedicada à execução.

Considerando o contexto explicitado, este artigo se propõe a verificar, a partir do estabelecimento da conceituação de manutenibilidade, a consideração do entendimento deste conceito nas definições da programação e controle da manutenção e condições de execução na literatura. O objetivo é referenciar a conformidade da execução dos processos de manutenção, pela consideração da legislação, das normas, da literatura produzida e das melhores práticas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para verificar a expressão do debate sobre manutenibilidade nas publicações científicas e com relação à elaboração de trabalhos técnicos sobre práticas em organizações, foi realizada uma revisão sistemática do assunto em publicações do *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, bem como das práticas adotadas a partir de Trabalhos Técnicos apresentados em

Congressos Brasileiros de Manutenção, promovidos pela Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN).

Estas publicações foram adotadas em função da sua expressão no cenário da manutenção. O *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, uma das poucas publicações especializadas na área, é referência reconhecida como expressão científica de diferentes setores e áreas de conhecimento e tecnologia no segmento da manutenção mundial. No Brasil, a ABRAMAN é apontada como uma das maiores entidades do segmento em nível mundial no estudo de debate dos conceitos, métodos e tecnologias das práticas, particularmente pelo reconhecimento e relações com associações de manutenção em países como Espanha, Inglaterra, Itália, Austrália, México e Portugal, (ABRAMAN, 2009). Esta consideração induz a que as principais empresas do mercado nacional e internacional de setores como: automobilístico, metal mecânico, energia, petróleo, petroquímico e siderúrgico, disputem a apresentação de Trabalhos Técnicos, onde relatam suas melhores práticas na Manutenção.

Este artigo foi dividido em cinco partes, abrangendo definições, normas e a legislação, instruções de empresas e definições de organizações de segmentos profissionais e as relações existentes entre a manutenibilidade e os serviços de manutenção, fatores humanos, segurança e meio ambiente e saúde.

As bases de busca foram do tipo *Scholar Google*, *Scielo Brasil*, *Emerald Group Publishing Limited*, Bibliotecas Digitais de Instituições de Ensino, organizações de manutenção e ergonomia, utilizando expressões como *maintainability*, *maintenance*, *norms maintenance*, *maintenance ergonomics a review* e *maintenance and ergonomics*. O período de busca de artigos ocorreu entre os meses de março de 2009 e março de 2010. Na busca, foram identificados artigos em que manutenibilidade não estava relacionada à execução dos serviços de manutenção de sistemas e equipamentos, mas foram incluídos por tratarem e discutirem paralelamente a problemática. Foram revisados trezentos e sessenta e cinco artigos, dos novecentos e trinta e dois artigos analisados, doze normas, nove padronizações feitas por empresas, entidades de classe e públicas, cinco livros e cinco dissertações, com abordagem focada na manutenibilidade relacionada à execução dos serviços de manutenção.

RESULTADOS

MANTENABILIDADE: DO DEBATE TEÓRICO ÀS PRÁTICAS

Com relação às publicações, no *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, nos resumos de 41 artigos relacionados à execução da manutenção, publicados no período de 2007 a 2009, o tema manutenibilidade é pouco explorado na literatura, mesmo tendo interferência direta nos indicadores dos temas tratados, o que se constata na tabulação dos temas e palavras chave apresentados nos Quadros 1 e 2.

Temas	Frequência
Manutenção Preventiva	5
Manutenção Produtiva Total – TPM	4
Confiabilidade	3
Disponibilidade	2
Manutenção industrial	2
Administração da Manutenção, Auditoria de manutenção, Avaliação de risco de segurança, Degradação e Predição de Falhas, Desempenho de Manutenção – MDM, Diagnóstico, Estratégia de Manutenção, Estrutura de Manutenção, Garantia de qualidade de pessoal, Gerenciamento da Manutenção, Gerenciamento da Qualidade Total –TQM, Indicadores de Desempenho, Informática na Manutenção, Manutenção Corretiva, Manutenção de Classe Mundial, Manutenção Integrada, Manutenção Periódica, Manutenção Pró-ativa, Priorização e Investimento, Processo e Gerente de Manutenção, Programa de Manutenção a Curto Prazo, Programação de Manutenção, Riscos Ocupacionais na Manutenção	1

Quadro 1 - Assuntos Artigos *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2007 a 2009

O que se verifica no Quadro 1, com relação aos artigos estudados, diz respeito a uma preocupação no desenvolvimento e estudo de métodos e modelos associados à gestão da manutenção, onde o tema manutenibilidade não foi desenvolvido. Esta condição é constatada no Quadro 2, onde se pode inferir que o foco está localizado no conceito e no desempenho das funções de manutenção, tarefas e atividades e em setores da economia e regiões geográficas; palavras chave associadas à manutenibilidade não constaram como referência.

Palavras-Chave	
Descrição	Frequência
Manutenção	19
Manutenção Produtiva	8
Performance	5
Decisão	4
Indústria de Óleo, Qualidade	3
Auditando, Confiabilidade da Manutenção, Falhas Mecânicas, Gerenciamento de Riscos, Índia, Indústria de Gás, Processo Analítico Hierárquico, Processo de Markov, Segurança e Higiene Ocupacional, Seis Sigma	2
Administração de Pessoal, Análise de Pareto, Análise de Valor, Análise em Tempo Real, Análise Funcional, Aplicação em Computação, Assuntos, Avaliação, Capacidade de Produção, Computadores, Controle de Erro, Controle de Qualidade, Controle Estatístico de Processo, Controle Hierárquico, Custos, Custos de Materiais, Custos Diretos do Trabalho, Desalinhamento, Desarranjos, Efetividade de Gerenciamento, Engenharia Aeroespacial, Equipamentos de Produção, Estrada de Ferro, Estratégia Competitiva, Estratégia Competitiva, Fatores Críticos de Sucesso, Finlândia, Garantia de Qualidade, Gerenciamento da Produção, Gerenciamento da Qualidade Total, Gerenciamento de Confiabilidade, Gerenciamento de Operação, Gerenciamento de Projetos, Indústria Aérea, Indústria de Alimentos, Indústria de Manufatura, Indústria de Serviços, Indústria Têxtil, Inspeção, Kuwait, Manufatura, Manutenção Preventiva, Medição de Performance, Melhorias, Monitorando Condições, Noruega, Pequenas Falhas, Planejamento de Processo, Processos, Processos Químicos, Produtos Alimentícios, Produtos de Padaria, Programa de Manutenção, Programação de Produção, Programação em Tempo Real, Programando, Questões Econômicas, Reconhecimento de padrão, Redes Neurais, Reino Unido, Retorno de Investimento, Semicondutores, Sequência de Trabalho, Simulação Monte Carlo, Sistemas de Decisão, Sistemas de Manufatura, Sistemas Elétricos de Potência, Sistemas operacionais, Stakeholder, Tecnologias de Comunicação, Tempo Médio entre Falhas, Trens, United States of América	1

Quadro 2 - Palavras chave em artigos do *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2007 a 2009

Ainda na verificação do tipo de publicação do *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, no período 2007 a 2009, constatou-se que são pouco expressivos os artigos feitos em estudo de caso. Isto caracteriza a existência de uma publicação menos intensa utilizando uma estratégia de pesquisa que tem por preocupação o entendimento do fenômeno social, inclusive de forma cognitiva. Neste contexto, a Figura 1 apresenta graficamente a caracterização feita para os tipos de desenvolvimento de estudos publicados no periódico, onde estudo de caso, que considera com maior ênfase aspectos relativos ao ambiente, às relações e às compreensões no momento de execução dos serviços, representa menos de vinte por cento das pesquisas tradicionais, cuja abordagem necessariamente não tem a preocupação com o momento de execução, consideração esta necessária para a compreensão das condições e meios associados ao serviço de manutenção.

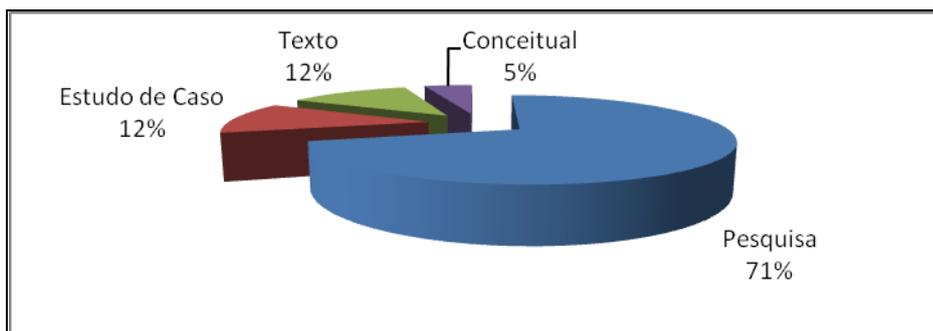


Figura 1 - Artigos *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2007 a 2009: Estratégia de Pesquisa

Com relação às melhores práticas adotadas e melhorias agregadas nas funções de manutenção em empresas públicas e privadas no Brasil, verificou-se os assuntos abordados em trezentos e quinze Trabalhos Técnicos apresentados nos Congressos Brasileiros de Manutenção de 2005, 2006 e 2007, promovidos pela ABRAMAN, com os resultados obtidos apresentados na Figura 2.

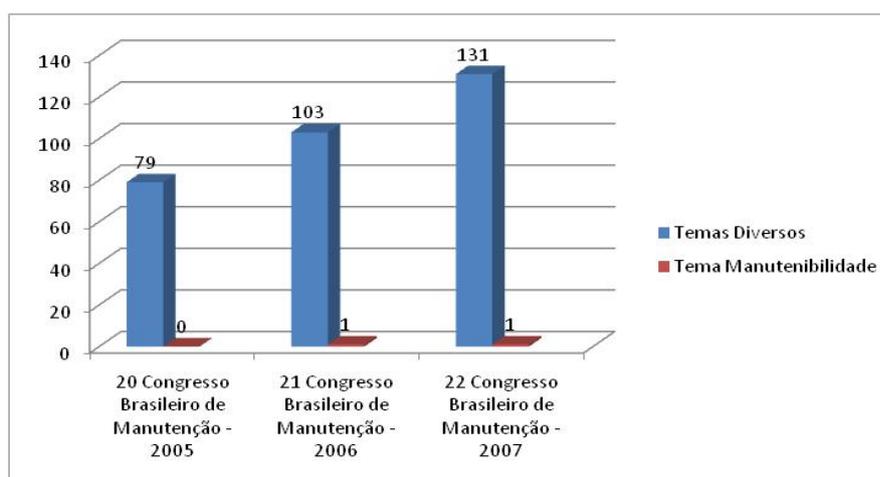


Figura 2 – Manutenibilidade em Trabalhos Técnicos nos Congressos Brasileiros de Manutenção – 2005/2007

Como resultado da observação, trezentos e quinze Trabalhos Técnicos apresentados, dois Trabalhos Técnicos abordaram o tema manutenibilidade, mas com enfoque em confiabilidade, disponibilidade e tempo de execução, que não contempla a abordagem da manutenibilidade objeto deste estudo. Estas constatações, do ponto de vista científico e prático, são determinantes para atestar a visão insuficiente de manutenibilidade, que está sendo considerada por organizações e para a interpretação da legislação e das normas. A constatação da não preocupação com requisitos operacionais, associados às condições de execução dos serviços de manutenção, justifica a necessidade de desenvolver reflexão estruturada sobre a observação a requisitos de manutenibilidade relacionada à execução da manutenção.

MANTENABILIDADE: DAS NORMAS E DO PROJETO À EXECUÇÃO

Pela interpretação dada à definição, manutenibilidade se caracterizou como um elemento de projeto, na busca por uma maior facilidade projetada para a execução de serviço de manutenção, medida por indicadores de tempo de execução. No entanto, pouco institucionalizada está a verificação das condições de execução, do ambiente de execução e dos meios e recursos, no momento de realizar as tarefas de manutenção. Nas alterações ou adaptações de estruturas e plantas, consequência dos modos de produção e sucessão tecnológica, a manutenibilidade projetada é alterada e, nem por isto, a execução sofre alterações formais. Outras condições que favorecem a não conformidade na execução dizem respeito aos desgastes das instalações, às condições ambientais, à estrutura de decisão na programação, adaptações e arranjos de processo ou a capacidade cognitiva e dos conhecimentos dos mantenedores, que, muitas vezes, não são considerados na programação e execução dos serviços.

Na literatura, como na norma inglesa BS 3811, a manutenibilidade é definida como a qualidade de combinar características de um equipamento projetado, o qual possibilita a execução de manutenção por pessoal de média habilidade. Para Wuttke (2008), em seu estudo sobre o cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico, manutenibilidade concentra-se em diminuir o tempo da duração de falhas em um sistema e restabelecer o funcionamento no menor tempo possível. Assim, sua finalidade é indicar em que tempo médio a equipe de manutenção terá sucesso no reparo, sendo um indicativo de desempenho, porém não é isolado. Miyasawa (2003), ao fazer recomendações para a melhoria da manutenibilidade de sistemas baseados em COTS (sistemas de software pré-construídos, cujo código-fonte não fica disponível), adota a definição da Standard Glossary of Software Engineering Terminology – IEEE. Neste caso, o conceito de manutenibilidade é abordado como sendo a facilidade com que o sistema de software ou produto pode ser modificado para corrigir erros, melhorar o desempenho ou outros atributos, ou ainda adaptar-se a ambientes modificados. O autor afirma que manutenibilidade permeia todo o desenvolvimento de um sistema e que as equipes de manutenção e desenvolvimento devem ter consciência de sua definição, para que possam desenvolver sistemas que possuam tais requisitos.

A complexidade da aplicação do conceito de manutenibilidade está então refletida no suporte oferecido pela organização para o desempenho da manutenção, principalmente quanto

aos recursos necessários em uma manutenção no campo. Em tais condições desfavoráveis acentuam-se as restrições relativas ao ambiente de trabalho e dificuldade de acesso. Por exemplo, em um defeito caracterizado como crítico, a ação humana, na conjugação dos elementos de não conformidade, produz um resultado diferente daquele que se pretendia ou que se deveria obter com relação aos riscos à saúde e segurança, comprometendo a confiabilidade esperada.

Com relação à execução, a Norma Regulamentadora da Ergonomia – NR 17 é um dos principais elementos de sustentação da manutenibilidade na legislação vigente no país. Em sua definição, visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação do ambiente e das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Quando trata das condições de trabalho, a norma faz inferência a três questões centrais para alcançar a manutenibilidade: condições do ambiente, organização do trabalho e meios (recursos, informações, logística, etc.). No Quadro 3 são apresentados requisitos legais a serem atendidos.

Condições	Medidas
Ambientais	Atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, são recomendados controles de ruídos, temperaturas, velocidade e umidade relativa do ar.
	Em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, apropriada à natureza da atividade.
Organização do Trabalho	Deve ser adequada às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.
	Deve levar em consideração as normas de produção, o modo operatório, a exigência de tempo, a determinação do conteúdo de tempo, o ritmo de trabalho e o conteúdo das tarefas.
Equipamentos	Os equipamentos que compõem um posto de trabalho devem estar adequados às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.

Quadro 3 – Condições de Trabalho NR 17

Fonte: Adaptado de Brasil (1990).

Com respeito a acidentes no ambiente de trabalho, a norma NBR 14280 - Cadastro de Acidentes do Trabalho traz uma definição abrangente. Esta norma, que visa à identificação e registro de fatos fundamentais relacionados com os acidentes de trabalho para proporcionar meios de orientação aos esforços preventivistas, tem por objetivo fixar critérios para o registro, comunicação, estatística e análise de acidentes do trabalho, suas causas e conseqüências, aplicando-se a quaisquer atividades laborais. Em sua caracterização da Condição Ambiente de Segurança, inclui desde a atmosfera do local de trabalho até as instalações, equipamentos, substâncias e métodos de trabalho empregados, como condições do meio que causou o acidente ou contribuiu para a sua ocorrência. Esta definição se torna

importante na medida em que estabelece como requisito necessário à execução de serviços a conformidade do ambiente, elemento definidor da adequada manutenibilidade.

Por estarem relacionados diretamente à vida, os elementos a serem destacados como prioritários, para garantir a manutenibilidade, são saúde e segurança. Para tanto, a norma OHSAS 18001 – Occupational Health and Safety Assessment, estabelece requisitos e critérios para que o Sistema de gestão de Saúde e Segurança no Trabalho (SGST) seja compatível e facilite a integração dos sistemas de gestão da qualidade, ambiental e de saúde e segurança. A norma declara que a responsabilidade final pela saúde e segurança é da alta administração, devendo designar representantes com responsabilidade específica de assegurar que o SGST esteja adequadamente implementado e operando conforme os requisitos em todos os locais e níveis de operação da organização. Logo, a administração deve fornecer os recursos essenciais para assegurar a implementação, controle e melhoria do sistema de gestão de saúde e segurança.

Para dar consequência a sua definição, a norma, em seu escopo, referencia a necessidade de uma política de saúde e segurança autorizada pela alta administração da organização. Esta deve declarar os objetivos globais de saúde e segurança e o comprometimento com sua melhoria de desempenho. Nesse contexto, a política necessita ser apropriada à natureza e escala dos riscos de saúde e segurança da organização, incluir o comprometimento para melhoria contínua, demonstrar o atendimento à legislação e regulamentos em vigor referentes à saúde e segurança, bem como com outros requisitos nos quais a organização se subscreva. A política também deve ser devidamente documentada, implementada e mantida; ser comunicada a todos os empregados para que se conscientizem de suas obrigações pessoais com relação à saúde e segurança. Finalmente, ela precisa estar disponível às partes interessadas e ser revisada periodicamente para assegurar que permaneça relevante e apropriada para a organização.

Com respeito aos riscos, a OHSAS 18001 se preocupa com a identificação de fator de risco, avaliação e implementação de medidas de controle, que incluem atividades rotineiras e não rotineiras. A preocupação também se estende às atividades de todas as pessoas que têm acesso ao local de trabalho (inclusive contratadas e visitantes) e instalações no local de trabalho. Para a manutenção, estas medidas preventivas em relação à execução de atividades e tarefas forjam o primeiro lastro para garantir a manutenibilidade relacionada ao profissional. A norma assume também a responsabilidade legal, quando indica que a organização deve estabelecer um procedimento para identificar e ter acesso aos requisitos legais e outros

aplicáveis à organização. Assim, a organização deve identificar as operações e atividades onde for necessário aplicar medidas de controle, planejando essas atividades, inclusive manutenção, para assegurar que as mesmas sejam realizadas sob condições específicas, conforme o Quadro 4 – Condições para operações e atividades de risco OHSAS 18001.

Fatores	Medidas
Documentos	Estabelecimento e manutenção de procedimentos documentados para cobrir situações onde sua falta levaria a desvios da política de saúde e segurança, e dos objetivos.
Crítérios	Estipulação dos critérios de operação nos procedimentos.
Procedimentos	Estabelecimento e manutenção de procedimentos relativos aos riscos identificados de saúde e segurança em mercadorias, equipamentos e serviços adquiridos e/ou utilizados pela organização e a divulgação dos procedimentos e requisitos relevantes a fornecedores e contratadas.
Ambiente de Trabalho	Estabelecimento e manutenção de procedimentos para o projeto do local de trabalho, processo, instalações, maquinário, procedimentos operacionais e organização do trabalho, inclusive sua adaptação para a capacidade humana, de forma a eliminar ou reduzir os riscos de saúde e segurança na fonte.

Quadro 4 – Condições para operações e atividades de risco OHSAS 18001

Fonte: Adaptado de Occupational Health and Safety Assessment (1999).

Complementar aos requisitos anteriores, a norma SA 8000 – Responsabilidade Social, da *Social Accountability International*, especifica outros de responsabilidade social. Esta norma visa possibilitar uma empresa: desenvolver, manter e executar políticas e procedimentos, com o objetivo de gerenciar aqueles temas passíveis de controlar ou influenciar universalmente com relação à localização geográfica, setor da indústria e tamanho da empresa. No que concerne à saúde e segurança, o Quadro 5 apresenta os critérios referidos pela norma.

Fatores	Crítérios
Ambiente de Trabalho	A empresa, tendo em mente o conhecimento corrente da indústria e quaisquer perigos específicos, deve proporcionar um ambiente de trabalho seguro e saudável e deve tomar as medidas adequadas para prevenir acidentes e danos à saúde que surjam do, estejam associados com ou que ocorram no curso do trabalho, minimizando, tanto quanto seja razoavelmente praticável, as causas de perigos inerentes ao ambiente de trabalho.
Responsabilidade	A empresa deve nomear um representante da alta administração responsável pela saúde e segurança de todos os funcionários e responsável pela implementação dos elementos de Saúde e Segurança desta norma.
Capacitação	A empresa deve assegurar que todos os funcionários recebam treinamento registrado sobre saúde e segurança regular e que tal treinamento seja repetido para os funcionários novos e para os funcionários designados para novas funções.
Prevenção	A empresa deve estabelecer sistemas para detectar, evitar ou reagir às ameaças à saúde e segurança de todos os funcionários.
Necessidades Básicas 1	A empresa deve fornecer, para uso de todos os funcionários, banheiros limpos, acesso à água potável e, se apropriado, acesso a instalações higiênicas para armazenamento de alimentos.
Necessidades Básicas 2	A empresa deve assegurar que, caso sejam fornecidas para os funcionários, as instalações de dormitório sejam limpas, seguras e atendam às necessidades básicas dos funcionários.

Quadro 5 – Fatores e Crítérios SA 8000

Fonte: Adaptado de Social Accountability International (2001).

Quanto à capacitação de pessoal especialista de manutenção tratada pela norma SA 8000, a regulação The Specification for Requirements of an European Maintenance Specialist – SREMS, da The European Federation of National Maintenance Societies, referencia em seus requisitos de formação conteúdo que capacita à manutenibilidade, seja pelo conhecimento corporativo da organização como pelo estudo de planejamento de trabalho, gerenciamento de equipe, legislação e regulações, entre outros conteúdos.

A manutenibilidade, abordada pela qualidade, evidencia que a manutenção é um serviço executado por pessoas e que pode afetar as especificações e qualidade do produto das organizações. Logo, tem nas pessoas, a partir de suas capacidades e competências, o cumprimento dos objetivos da manutenção. A norma ISO/TS 16949, referência ao padrão mundial de Sistemas de Gestão da Qualidade, deve ser abordada visto que considera a competência do pessoal que executa atividades, e que afeta a qualidade do produto e a não conformidade para requisitos da qualidade. Esta competência tem como base a educação, treinamento, habilidades e experiência apropriada, o que para a manutenibilidade é determinante.

Com relação à introdução de novos métodos e práticas, para alcançar as exigências necessárias aos trabalhadores de competência, conscientização e treinamento, a norma determina que a organização deve prover treinamento no trabalho. Isto vale em qualquer trabalho novo ou modificado, que afete a qualidade do produto, inclusive pessoal terceirizado ou prestador de serviço. No que diz respeito ao cliente, as não conformidades devem ser informadas ao pessoal cujo trabalho pode afetar a qualidade. Para tanto, a norma determina à organização ações estratégicas (Quadro 6).

Características	Responsabilidade
Competência	Determinar as competências necessárias para o pessoal que executa trabalhos que afetam a qualidade do produto.
Capacidade	Fornecer treinamento ou tomar outras ações para satisfazer essas necessidades de competência.
Eficácia	Avaliar a eficácia das ações executadas.
Qualidade	Assegurar que o seu pessoal está consciente quanto à pertinência e importância de suas atividades e de como elas contribuem para atingir os objetivos da qualidade.

Quadro 6 – Responsabilidades da Organização: ISO/TS 16949

Fonte: Adaptado de International Organization for Standardization (2002).

Com relação a melhorias, a norma estabelece ações corretivas e preventivas para evitar a repetição de não-conformidades e eliminar causas potenciais a sua ocorrência, conforme Quadro 7. Convém salientar que a norma NBR15100, considerando exigências de confiabilidade, conformidade e manutenibilidade do setor aeroespacial, estabelece os mesmos requisitos de melhoria para Garantia da Qualidade que a ISO/TS 16949.

Método	Foco	Ação
Ação Corretiva	Requisitos de Procedimento Documentado	Análise crítica das não-conformidades.
		Determinação das causas das não-conformidades.
		Avaliação da necessidade de ações para assegurar que aquelas não-conformidades não ocorrerão novamente.
		Determinação e implementação de ações necessárias.
		Registro dos resultados de ações executadas.
	Solução de problema	Ter um processo definido para resolver problema conduzido para identificar e eliminar a causa. Se existir um formato para solução do problema prescrito pelo cliente, a organização Deve usar o formato prescrito.
À prova de erro	A organização deve usar métodos à prova de erro no seu processo de ação corretiva.	
Impacto da ação corretiva	A organização deve aplicar a ação corretiva a outros processos e produtos semelhantes, e implementar controles, para eliminar a causa de uma não conformidade.	
Ação Preventiva	Requisitos de Procedimento Documentado	Definição de não-conformidades potenciais e causas.
		Avaliação da necessidade de ações para evitar a ocorrência de não-conformidades.
		Definição e implementação de ações necessárias.
		Registros de resultados de ações executadas.
		Análise crítica de ações preventivas executadas.

Quadro 7 – Ações de Melhorias: ISO/TS 16949

Fonte: Adaptado de International Organization for Standardization (2002).

A norma NBR 5674 (Manutenção de edificações) também deve ser considerada na construção de um modelo de manutenibilidade. Em particular, porque as edificações são o suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas e, portanto, possuem um valor social fundamental. Por exemplo, no caso de exposição a riscos importantes como em subestações de energia, é possível, com relação à legislação e normas, que estas sejam parte integrante de edificações cuja ocupação tenha outros fins. Além disto, as edificações, por serem construídas para atender seus usuários durante sua ocupação, devem apresentar condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais ou projetadas. Assim, devem ser considerados seus requisitos quanto ao projeto e à programação e execução dos serviços de manutenção para garantir os objetivos buscados na manutenibilidade.

Com relação aos padrões de operação da manutenção, conforme a norma NBR 5674, estes devem ser definidos considerando que na organização do sistema de manutenção necessitam da previsão de estruturas materiais, financeiras e de recursos humanos. Ao referir que todos os serviços de manutenção devem ser definidos em planos de curto, médio e longo prazo, estabelece requisitos para projeto e programação dos serviços de manutenção. O Quadro 8 apresenta estes requisitos da Norma NBR 5674.

	Requisitos	Ações
Padrões de Operação da Manutenção	Desempenho	Desempenho mínimo das edificações tolerável pelos seus usuários e proprietários, especialmente em aspectos prioritários relacionados com a higiene, segurança e saúde dos usuários.
	Prazo	Prazo aceitável entre a observação da falha e a conclusão do serviço de manutenção.
	Regulações	Preceitos legais, regulamentos e normas aplicáveis pela legislação vigente.
	Monitoramento	Periodicidade de inspeções.
	Investimento	Balanco entre os recursos disponíveis e os recursos necessários para a realização dos serviços de manutenção.
Projeto e Programação de Serviços de Manutenção	Os serviços de manutenção devem ser previamente projetados e programados	Desenvolver ambiente técnico. Estabelecimento de regras de criticidade para executar o planejamento.
	Especificações do projeto de um serviço de manutenção	Especificações detalhadas dos materiais e procedimentos de execução.
		Desenhos e plantas, incluindo detalhes.
		Programação de atividades, incluindo, quando necessário, a previsão de estágios intermediários para o controle da qualidade dos serviços realizados.
		Dispositivos de sinalização e proteção dos usuários.
		Instruções para procedimento em caso de imprevistos.
		O projeto deve prever acessos seguros a todos os locais da edificação onde sejam realizadas inspeções e serviços de manutenção.
	Os serviços de manutenção devem ser projetados de maneira a minimizar a interferência nas condições de uso normal da edificação durante a sua execução	Garantir disponibilidade.
	Os serviços de manutenção devem ser projetados de maneira a minimizar a interferência dos usuários durante sua execução	Restrição/isolamento da área.
	Para a programação dos serviços deve-se considerar	Durabilidade esperada dos materiais e componentes nas condições ambientais a que estão submetidos.
		Relatórios das inspeções.
		Solicitações e reclamações dos usuários.
Experiência acumulada, conforme os registros disponíveis.		
Restrições climáticas e ambientais.		
Padrões de manutenção.		
Escala de prioridades entre os diversos serviços.		
Disponibilidade financeira.		

Quadro 8 – Requisitos: NBR 5674

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (1980).

Mesmo considerando a regulamentação existente, a falta de uma referência institucional força organizações públicas e privadas, de forma direta ou indireta, a formularem regulações para o atendimento de facilidades que gerem, entre outros requisitos, segurança no exercício das funções de manutenção. Como exemplos destas formulações em organizações públicas, o *Department of Consumer and Business* (Estados Unidos da América), criou o documento denominado “58 atributos de excelência de um Programa de Segurança, Saúde e Ergonomia”. Neste, em seu atributo 18 – Execução de Manutenção Preventiva, com relação ao programa de manutenção, considera como primeiro elemento a facilidade do lugar onde será executado o serviço; além de referenciar segurança, emergência e risco, como elementos

da definição de manutenibilidade. Outro exemplo, no Art. 9 do *Air Navigation Order 1995*, do *Hong Kong Legal Information Institute*, que trata do certificado de revisão de manutenção, apresenta a preocupação da capacidade da responsabilidade com a execução explicitada por capacidade. Já nos Códigos de Edificações dos Municípios no Brasil, em termos gerais, remetem questões relativas a instalações elétricas às prescrições das normas brasileiras e regulamentos de instalações consumidoras da concessionária de energia elétrica. Desta forma, há falta de referência quanto a requisitos de manutenibilidade quanto à facilidade e conformidade da execução. No Brasil, o município de Itajaí (SC) criou a Instrução Normativa nº 008/CMA/2007, que trata de Programa de Manutenção de Obras Públicas, estabelece indiretamente requisitos de manutenibilidade, quando considera a dependência da organização da manutenção à compatibilidade com relação ao porte e complexidade da instalação.

SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO E MANTENABILIDADE

Manutenção é um serviço, portanto, um produto da atividade humana que, sem assumir a forma de um bem, satisfaz uma necessidade. Os serviços, por sua vez, têm características bem próprias, como as apresentadas no Quadro 9.

Autor	Características de Serviço
SAMPSON (2000)	O serviço só começa quando os clientes interferirem.
	A diversidade de serviços em ambientes similares.
	Os serviços tendem a ser intensivos com difícil padronização.
	Os serviços podem ser realizados em locais diversos.
SAMPSON e FROEHLE (2006)	Envolvimento de um bem físico no processo de serviço.
	Informações introduzidas pelos clientes nos processos de serviços, podem ou não ter consequência direta.
	Variabilidade de contribuições do cliente.
	Processos de serviços são mais difíceis de administrar do que os de não-serviço, graças a existência necessária de clientes.
VARGAS e ZAWISLAK (2006)	Inovação em serviços é resultado da adoção de inovações tecnológicas desenvolvidas no setor de produção de bens de capital.
	A constituição de novo serviço se dá por meio da instituição de um “serviço básico” ao qual podem estar associadas inovações incrementais em “serviços periféricos”.
	A inovação envolve características genéricas, em que a ênfase recairá sobre peculiaridades da manufatura ou dos serviços de acordo com a intensidade da relação usuário-produtor.

Quadro 9 – Características dos Serviços

Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim, a principal característica da manutenção, como serviço, é o fato de existir somente enquanto estiver sendo realizada. Portanto, todas as ações de melhoria, de segurança, preventivas ou corretivas, somente poderão ser implementadas durante a execução dos serviços de manutenção. O que não for tratado desta forma tornar-se-á retrabalho, o que poderá impactar no resultado da organização.

Em sua definição formal na NBR 5462, manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Considerando que é um processo de apoio ao processo principal da organização, Tavares (2003) entende que os processos de manutenção são normalmente afetados por um sem fim de razões, que podem alterar os resultados desejados. Estas razões, que acontecem de várias maneiras, fazem com que os processos requeiram controles por critérios distintos, particularmente a eliminação ou redução dos erros humanos. Do mesmo modo precisam respeitar os regramentos ambientais para alcançar ou manter os resultados desejados.

Na continuação de seus estudos, com relação à efetividade da manutenção, Tavares, Calixto e Poydo (2005) afirmam que uma das formas para atingir as metas desejadas seria a manutenção se tornar fonte geradora de receita, com investimentos em projetos que visem baixar os custos de capital. Para tal, as intervenções devem acontecer em menor tempo e com menos gastos. Destaca-se aqui a importância da busca pela melhoria de manutenibilidade, medida através dos índices TMPR (Tempo Médio Para Reparos) e TMPP (Tempo Médio Para Preventivas). Assim, busca-se verificar as ações que proporcionem uma sensível redução do tempo necessário para a manutenção (reengenharia de máquina) e os métodos e processos que estão sendo aplicados (planejamento da disponibilidade de máquinas, ferramentas e sobressalentes). Neste contexto, estão incluídas ações que visem, por exemplo: garantir a segurança do trabalho, a preservação do meio ambiente, autorizações prévias necessárias à intervenção, negociação com os terceiros, limpeza do local de trabalho e montagens especiais.

Para tanto, Pinto e Nascij (2006) estabelecem alguns princípios que devem ser considerados como fundamentais na busca da melhoria da manutenibilidade, sustentados em quatro pressupostos. Estes são caracterizados como: sempre é possível melhorar a manutenibilidade; as melhorias podem surgir das dificuldades encontradas pelo pessoal da manutenção, ou pela análise dos serviços pelo planejamento; o ganho que se obtém com melhorias de manutenibilidade durante paradas de manutenção é significativo; e, ainda, o planejamento da manutenção e a engenharia de manutenção devem ter constante preocupação com a melhoria da manutenibilidade. Tais princípios são apresentados no Quadro 10.

Princípio	
Requisitos	A manutenibilidade deve sempre estar associada aos seguintes conceitos fundamentais: qualidade, segurança, custos, tempo - qualidade do serviço a ser executado (entregue); segurança do pessoal que executa o serviço e a instalação; custos envolvidos, incluindo perdas de produção; tempo ou indisponibilidade do equipamento.
Suprimentos	A manutenibilidade será melhor se os seguintes critérios relacionados à área de suprimentos forem adotados: intercambiabilidade, padronização de sobressalentes, padronização de equipamentos na planta.
Monitoramento	Sistemas de detecção e indicação de desgaste, condições anormais ou falhas (monitoramento) fazem parte da melhoria da manutenibilidade da planta, pois permitem atuação orientada do pessoal de manutenção.
Simplicidade	A manutenibilidade será tanto maior quanto mais sejam adotadas técnicas comuns, clássicas ou de domínio geral, que não exijam habilidades especiais do pessoal de manutenção.
Facilidade	Os equipamentos devem apresentar facilidade de montagem e desmontagem, incluindo: utilização de ferramentas universais (não especiais), acesso (escadas, passarelas, bocas de visita, portas de inspeção, espaço suficiente para fazer regulagens ou colocar ferramentas).
Informação	As informações relativas à manutenção devem ser claras e concisas e de fácil compreensão. Tais informações devem permitir: treinamento do pessoal; estabelecimento de política de manutenção; estabelecimento de padrões simplificados de manutenção; inserção de dados, desenhos e diagramas em computador.

Quadro 10 - Princípios Fundamentais para a Melhoria da Manutenibilidade

Fonte: Elaborada pelos autores.

O mesmo autor, com relação ao princípio da facilidade, afirma que esse é o item menos observado no projeto e que mais problemas causa à manutenção. Como exemplos cita: fácil retirada e colocação de subconjuntos, instrumentos ou acessórios que exijam manutenção, aferição ou inspeção com frequência elevada; paus de carga, turcos, macaquinhos e dispositivos que permitam movimentação de peças ou componentes de maior peso, principalmente em locais onde o acesso de máquinas de elevação de cargas é prejudicado; simplicidade de projeto evitando regulagens e verificações complexas após desmontagem; alternativas para que a atuação do pessoal de manutenção seja feita em local seguro e longe de exposição de ambiente agressivo.

Muniz (2005), a partir da abordagem da manutenibilidade, entende em sua proposta de política de manutenção (Manutenção Criativa), que as organizações, públicas ou privadas, para gerenciar seus ativos, devem constituir uma política de manutenção adequada a sua visão estratégica. Por consequência, todas as definições posteriores serão resultado desta política, inclusive as que dizem respeito ao modelo de gerenciamento, estrutura organizativa, tomada de decisão e, principalmente, execução de atividades e tarefas. Esta consideração repercute no entendimento de que as definições associadas à manutenibilidade têm e são funções estratégicas, comprometidas com os resultados organizacionais. Desta forma, defende que a política de manutenção deva ter dimensões claramente associadas à manutenibilidade, que busquem levar ao ambiente de execução dos serviços uma crítica construtiva e autonomia pró-ativa, a partir do atendimento à legislação, da observação às normas e da consideração de

melhores práticas. No Quadro 11 são apresentadas as dimensões da Manutenção Criativa, sustentada em princípios democráticos de relação de trabalho e científicos quanto as suas técnicas. Estas dimensões estão comprometidas com a organização, pessoas, saúde, meio-ambiente e segurança e com a qualidade e a capacidade, que resultam em elementos estratégicos. Uma vez que, no conjunto, são responsáveis pelo desenvolvimento crítico e pela autonomia necessária ao melhor desempenho da manutenção.

Dimensão	Escopo
Pessoas	Por entender que manutenção é um serviço executado por pessoas, busca a felicidade dos trabalhadores no exercício das suas atividades, que se propõe a alcançar a partir do bem-estar, das condições adequadas de trabalho, da realização pessoal e da liberdade dos trabalhadores de criarem e proporem processos inovadores para a atividade e para as relações.
Técnica	Diz respeito à capacitação técnica dos manutendores e a utilização de tecnologias, técnicas e práticas que buscam um nível de capacidade e competência coletivo garantidor dos objetivos Institucionais das Prefeituras Universitárias, que visam garantir a manutenção e a recuperação das infra-estruturas dos Campi. A base das técnicas a serem consideradas é sustentada pelas Normas e por ferramentas gerenciais apropriadas, onde se destaca a Manutenção Produtiva Total – TPM, visto que será necessário contar com a comunidade universitária para a primeira manutenção, que acontece pela adequada operação e pela inspeção dos usuários das infra-estruturas. Outros instrumentos de qualidade irão suportar a filosofia do TPM, como os Princípios Geradores do 5S, os Métodos do Ciclo PDCA e da Análise de Solução de Problemas – MASP, e dos fundamentos de análise da Qualidade e do Estudo de Falhas – FMEA.
Política	Concernente à Responsabilidade Pessoal e ao Compromisso Institucional, individual a cada trabalhador das atividades de Manutenção, seja pela função social que exercem ou como profissionais em suas diferentes áreas de ação.

Quadro 11 – Dimensões da Manutenção Criativa

MANTENABILIDADE E O FATOR HUMANO

Como resultado de uma atividade humana, a manutenção tem como condicionante primeiro o atendimento a requisitos e necessidades humanas, para que o serviço tenha execução adequada ao desempenho buscado. Com este entendimento, Kardec e Zen (2002) trata a manutenção como sendo uma atividade que exige liberdade e capacidade de criação, sem, contudo, desconsiderar uma disposição individual para mudar e conhecer.

No entanto, as estruturas de poder nas organizações, muitas vezes, desconhecem os processos, atividades e tarefas, criando impedimentos à criação de novas soluções. Entre estas pode-se citar a inovação, que é palavra chave para oferecer respostas a muitas tarefas que a realidade impõe aos homens e mulheres da manutenção, desafiados a enfrentar inclusive as estruturas hierárquicas e conservadoras das empresas. Desta forma, manutenção é a superação das coisas velhas; é impor o novo; é inventar e inovar, simultaneamente, transformando conceitos e processos a partir de tecnologia e desenvolvimento de novas práticas. Para esta realidade, o profissional da manutenção deve estar preparado para alavancar processos sustentados por fatores técnicos e de capacidade humana.

Embora o conceito fundamental da manutenção moderna seja que o Setor de Manutenção ofereça uma manutenção considerada boa, quando não existir manutenção corretiva, muitas vezes o profissional é obrigado a encarar um problema que não pode ser previsto. Problema este gerado conceitualmente pela defasagem entre o que é e o que deveria ser previsto ou prescrito. Naturalmente, os serviços de manutenção deveriam seguir um método de identificação das causas possíveis, com todas as suas variáveis; no entanto, geralmente, o problema (situação de não-conformidade) e suas causas caracterizam situações de extrema complexidade e que requerem um maior conhecimento. Esta atividade, que exige do profissional de manutenção uma grande capacidade multifuncional, é considerada por Kardec e Zen (2002) como elemento chave da mantenabilidade.

Em condições de conformidade, os profissionais da manutenção devem seguir procedimentos e melhores práticas. Contudo, com muita criatividade, já que a capacidade de buscar rapidamente a(s) causa(s) da anomalia está relacionada diretamente ao profissional e suas capacidades. Estas podem ser descritas como técnica e cognitiva, ao interpretar, representar o problema e prover a solução, em um contexto envolvendo processos simultâneos de criatividade, de qualidade tecnológica do produto de seu trabalho, bem como do Setor de Manutenção.

Deve-se considerar, ainda, que o modo de trabalho do homem de manutenção difere no modo de organizar o trabalho de outras atividades, pela disponibilidade exigida e pela capacidade de, a partir de conhecimento, atender às diferentes demandas a ele impostas. Com relação ao ambiente de manutenção, Kardec e Zen (2002) reflete sobre alguns princípios e qualidades importantes, que devem ser resguardadas no exercício da atividade de manutenção (Quadro 12).

Princípios	Ação
Atitude	Pensar Manutenção baseado na garantia da vida dos equipamentos.
Comportamento	Fazer Manutenção é ação do homem pautado pela atitude.
Tecnológico	Conhecer Manutenção é ampliação do conhecimento técnico, através a aprendizagem e do conhecimento dos valores e normas de manutenção.
Integrativo	Integração dos aspectos de “ Pensar Manutenção ”, “ Fazer Manutenção ” e “ Conhecer Manutenção ”.
Livre Arbítrio	Necessário para aplicar os princípios anteriores, determinante da base principal de toda e qualquer Mudança .

Quadro 12 – Princípios de Mantenabilidade na atividade de manutenção

MANTENABILIDADE E SAÚDE, MEIO AMBIENTE E SEGURANÇA - SMS

Ao tratar dos desenvolvimentos econômicos e sociais e a preservação ambiental, Fahel, Campos e Araújo (2006) afirma que os condicionantes de saúde e meio ambiente

sempre estiveram intimamente interligados. Impossível conceber condições de saúde favoráveis num contexto ambiental precário ou comprometido. Assim, quando se aborda a questão do desenvolvimento, estes dois assuntos estão necessariamente em pauta, visto que situações de risco ambiental ou de saúde são insustentáveis ao longo do tempo, por comprometem os pilares do desenvolvimento durável.

Na natureza das coisas, nada artificial é indestrutível, mas executando consertos a intervalos regulares, por uma atividade conhecida como manutenção, a vida útil pode ser estendida (DHILLON; LIU, 2006). Portanto, manutenção se tornou estratégica e, por ser um serviço existente a partir de atividades humanas, os processos associados à manutenção podem oferecer riscos, perigos e erros humanos. As consequências comprometem a saúde e a segurança dos trabalhadores e também causam danos ao meio ambiente e ao patrimônio.

As condições e ambientes perigosos e de altos riscos dos processos de manutenção, quando não gerenciáveis, são assumidos como de alta criticidade. Por lógica, a busca é por tornar todos os processos perigosos à vida gerenciáveis e possíveis de serem admitidos pela redução de seus riscos. Métodos e técnicas são adotados e aplicados a partir de leis e normas, com a função primeira de exercer este gerenciamento. Contudo, mesmo com a implantação de políticas de saúde e segurança, a adoção de melhores práticas, programas de saúde específicos e o cumprimento das legislações e normas podem ser insuficientes para garantir a saúde e a segurança do trabalhador. A efetividade requerida na execução da atividade/tarefa de manutenção estará comprometida. Para os trabalhadores da atividade de manutenção, garantir a manutenibilidade também é garantir a gestão pela não existência e redução dos erros na execução.

Sobre erro humano, considerando sua visão voltada aos ativos da organização, Dhillon e Liu (2006) afirmam que o erro humano existe desde o começo do gênero humano, no entanto, somente nos últimos 50 anos este foi assunto aprofundado em investigação científica. Há várias razões para a ocorrência de erros humanos, como iluminação inadequada na área de trabalho, capacitação ou habilidade inadequadas, força de trabalho exigida, tipo de equipamento envolvido, alto nível de barulho, plano de trabalho inadequado, ferramentas e equipamentos impróprios e procedimentos de manutenção e de operação inadequados. Sua definição de erro humano é resumida como o fracasso para executar uma tarefa especificada ou o desempenho de uma ação proibida, que pode conduzir ao rompimento de operações definidas ou resultar em danos a propriedade e equipamento.

Erro humano, conforme Dhillon e Liu (2006) pode ser classificado em seis categorias: erros operacionais, erros de decisão, erros de especificação, erros de inspeção, erros de instalação e erros de manutenção. Embora todas as categorias estejam relacionadas, o erro de manutenção acontece devido à execução incorreta ou falta de ações preventivas. Dois típicos exemplos são a calibração incorreta de equipamento e aplicação inadequada de engraxe a pontos apropriados do equipamento. A ocorrência de erros de manutenção também aumenta devido ao aumento na frequência de manutenção, quando os equipamentos ficam mais velhos.

Para Graziano (2006), em sua análise de confiabilidade em equipamento de energia, erros na manutenção acontecem diferentemente em cada etapa do ciclo de vida do produto. Necessita-se entender e considerar esta condição, que pode ser representada por sua confiabilidade, que em sua definição tem quatro estruturas fundamentais ou categorias: probabilidade, comportamento adequado, período e condições de uso (Quadro 13). Na classificação de Graziano (2006) se mostra evidente que, para atender no mínimo à expectativa de vida útil, os aspectos humanos da manutenibilidade estão relacionados diretamente com a confiabilidade do equipamento.

Categorias	Definição
Probabilidade	Probabilidade expressa a possibilidade de ocorrência de um evento.
Comportamento adequado	Comportamento adequado indica a existência de um padrão, um referencial a ser atingido ou já definido anteriormente.
Período de Uso	O período de uso deve ser analisado a partir da premissa básica de que falha ocorrerá mais cedo ou mais tarde, tendo por referência a expectativa em relação à vida útil.
Condição de Operação	A condição de operação refere-se a adequação do ambiente de uso relativo à variável de projeto inicialmente estabelecida. A condição de operação está relacionada com os aspectos técnicos e humanos. Significa dizer que formação e capacitação é condição fundamental para a garantia da confiabilidade.

Quadro 13 – Categorias de Confiabilidade

Fonte: Adaptado de Graziano (2006).

CONCLUSÃO

Neste estudo foram identificados diferentes indicadores ou requisitos, para que a execução dos serviços de manutenção aconteça em conformidade com padrões e exigências com relação aos trabalhadores, processos, sistemas e estratégias organizacionais.

Constatou-se, também, que a conceituação adotada para manutenibilidade pode ser insuficiente, em uma abordagem relacionada às condições de execução dos serviços de manutenção. Isto ficou evidente ao verificar que a interpretação da legislação e das normas pode se limitar à variável tempo como indicador. Identificou-se também a existência da preocupação de garantir manutenibilidade na fase de projeto, mas a necessidade de

organizações estabelecerem critérios de execução da manutenção para obter melhores resultados se tornou imperativo.

Valores associados ao ambiente, capacitação, desenvolvimento pessoal, condições, meios e construção coletiva são demandas evidentes, complementares às normas e determinações organizacionais; necessidades e oportunidades de melhorias quanto à manutenibilidade afloram, quando se observa a necessidade do estabelecimento de requisitos gerais para nortear às atividades de manutenção. O objetivo de reduzir riscos de falhas por não conformidade pode tornar-se uma importante ferramenta para uma melhor manutenibilidade. Constata-se que “o que fazer”, prescrito pelas normas, está sendo ultrapassado pelo “como fazer”, posto que as condições objetivas do ambiente de execução da tarefa são determinantes e não podem ser lacunas na programação dos serviços. Manutenibilidade, assim, torna-se uma ferramenta com bases ergonômicas para que possa garantir a efetividade das atividades e serviços de manutenção pela facilidade e segurança.

De acordo com os trabalhos analisados, pode-se confirmar, que é possível para uma organização, gerenciar manutenção, e particularmente manutenibilidade, a partir da adoção de uma visão que admita o objetivo organizacional, convivendo com qualidade de vida para os trabalhadores. Mais que isto, que é necessário que a gestão da manutenção compartilhar requisitos de manutenibilidade com resultados organizacionais. Portanto, a melhor concepção é tratar manutenibilidade como função estratégica para uma organização, por garantir a conformidade da execução dos processos de manutenção com resultados organizacionais almejados.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção. **Documento Nacional 2007**. Rio de Janeiro, 2007.

ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção. **Editorial**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br>>. Acesso em: 20 dez. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14280**: cadastro de acidentes do trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: manutenção de edificações – procedimento norma regulamentadora nº 10. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

BEZERRA, Carlos André Dias. **Desenvolvimento de competências e de especialistas em tecnologia e gestão do biodiesel**. Fortaleza: Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará – UFC, 2009.

BRASIL. **NR 17**: ergonomia. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Brasília: Ministério do Trabalho, 1990.

CIVIL AVIATION. **The air navigation (Hong Kong) order 1995**. Statutory Instrument n. 2700. 1995. Disponível em: <http://www.opsi.gov.uk/si/si1995/Uksi_19952700_en_5.htm#mdiv9>. Acesso em: 07 maio 2010.

DEKKER, Rommert; SCHOUTENY, Frank Van Der Duyn; WILDEMAN, Ralph. **A review of multi-component maintenance models with economic dependence**. Netherlands: Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam, 1996.

DHILLON, B. S.; LIU, Y. Human error in maintenance: a review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 2, p. 21-36, 2006.

EFNMS. The European Federation of National Maintenance Societies. **The specification for requirements of a european maintenance specialist**. New York, 2001.

FAHEL, Murilo; CAMPOS, Mauro; ARAÚJO, Carolina. A configuração (Dilemas) dos riscos. Ambientais e de saúde: tendências e perspectivas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006. 1 CD-ROM.

GRAZIANO, Nunziante. **Análise de confiabilidade e melhoria da taxa de falhas para cubículos classe 15 KV**. São Paulo: USP, 2006.

GURSKI, Carlos Alberto. **Curso de formação de operadores de refinaria**: noções de confiabilidade e manutenção industrial. Curitiba: Petrobras, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 16949**. Geneva: ISO, 2002.

KARDEC, Allan; ZEN, Milton. **Gestão estratégica de fatores humano**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MIYASAWA, Aurea Matsumura. **Recomendações para a melhoria da manutenibilidade de sistemas baseados em COTS**. Campinas: UNICAMP, 2003.

MUNIZ, Rui. Manutenção criativa. In: SEMINÁRIO GAÚCHO DE MANUTENÇÃO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO, 14., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRAMAN, 2005. 1 CD-ROM.

NASSAR, Wilson Roberto; DIAS, Siméia Mendes do Amparo. Evolução da manutenção planejada na COSIPA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO, 23., 2009, Sergipe. **Anais...** Sergipe: ABRAMAN, 2009. 1 CD-ROM.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT. **OHSAS 18001**. Canadá, 1999.

PINTO, Alan Kardec; NASCIJ, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

SALERMO, Lia Soares. **Aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta e da manutenção autônoma aos serviços de manutenção dos sistemas prediais de água**. Campinas: UNICAMP, 2005.

SAMPSON, Scott E. Customer-supplier duality and bidirectional supply chains in service organizations. **International Journal of Service Industry Management**, v. 11, n. 4, p. 348-364, 2000.

SAMPSON, Scott E.; FROEHLE, Craig M. Foundations and implications of a proposed unified services theory. **Production and Operations Management**, v. 15, n. 2, p. 329-343, 2006.

SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL. **SA 8000**. New York, 2001.

TAVARES, Lourival Augusto. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2003.

TAVARES, Lourival; CALIXTO, Marcos; POYDO, Paulo Roberto. **Manutenção Centrada no Negócio**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2005.

VIEIRA, Sérgio José Rocha. **A adoção do conceito de manutenibilidade como estratégia para a inovação da gestão da manutenção civil da FIOCRUZ**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2007.

WUTTKE, Régis André. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Produção**, v. 8, n. 4, p. 1-23, 2008.

ARTIGO 2 - MANTENABILIDADE E A ESTRATÉGIA NAS ORGANIZAÇÕES

MANTENABILIDADE E A ESTRATÉGIA NAS ORGANIZAÇÕES

Resumo

A relação entre manutenção, enquanto processo de sustentação da produção, e a estratégia da organização significa o cumprimento de objetivos estratégicos do negócio. O estabelecimento de requisitos para a manutenibilidade na execução de serviços de manutenção, com essa compreensão, se constitui no alinhamento estratégico necessário aos resultados da organização e a observação a princípios ergonômicos, de segurança e de preservação da saúde dos trabalhadores. O artigo trata justamente desses requisitos de manutenibilidade e sua relação com a estratégia organizacional.

Palavras-chave: Manutenibilidade. Manutenção. Ergonomia. Estratégia.

Abstract

The relation between maintenance – as a process of production support – and organization strategy implies the fulfillment of strategic goals of the trade. In line with this understanding, the institution of requirements for maintainability in the performance of maintenance services is based on the necessary strategic alignment to the results of the organization and the observance to ergonomic, safety, and health preservation principles. The present article approaches precisely these maintainability requirements and their relation to the organizational strategy.

Key-words: Maintainability. Maintenance. Ergonomics. Strategy.

INTRODUÇÃO

A Manutenção merece atenção especial por ser um fator chave para a eficiência dos sistemas produtivos, e por ser parte importante da maioria das atividades de produção, sobretudo daquelas cujas instalações físicas têm um papel fundamental na produção de bens e serviços (BRITO; ALMEIDA FILHO; ALMEIDA, 2005).

Na história, desde a revolução industrial o modelo de gestão da manutenção vem se alterando a cada descoberta de nova técnica de manutenção. No passado, não existiam técnicas de diagnóstico nem tão pouco de prevenção da falha, portanto a característica do homem de manutenção era de aguardar a falha para que depois corrigi-la (PERES; LIMA, 2008). Segundo Brito, Almeida Filho e Almeida (2005) neste tempo a estrutura de manutenção das organizações mantinha um elevado contingente de funcionários e técnicos à disposição da produção a fim de garantir um elevado nível de disponibilidade do sistema.

No entanto, este modelo tornou-se bastante oneroso e não se ajusta às estratégias de produção atuais, pois estas requerem um compromisso entre a garantia de disponibilidade dos equipamentos e um menor custo possível associado (BRITO; ALMEIDA FILHO; ALMEIDA, 2005). Peres e Lima (2008) complementa que a característica atual do setor da

manutenção é de participar ativamente para que a manufatura cumpra com seus objetivos, contribuindo para manter a competitividade da empresa.

Conforme Castro (2007), em seu estudo sobre edificações, a manutenibilidade abre o conceito de manutenção para uma visão mais ampla da mesma. A razão disso é que a preocupação com a facilidade ou não de se praticar a manutenção só faz sentido nas fases de concepção e de projeto do mesmo, uma vez que apenas nessas etapas é possível alterar a manutenibilidade. Do contrário, ela passa a ser apenas um dado inútil aos usuários. Com a visão na execução dos serviços de manutenção.

Contudo, complementar a esta visão, a manutenibilidade deve ser também verificada na execução dos serviços de manutenção, mesmo que as condições de projeto não estejam em conformidade para a execução de serviços de manutenção e independente de reformas ou adaptações. Como referência para esta condição, a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade, define manutenibilidade como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos. A definição está sustentada em capacidade de garantir funções de um item, desde que o serviço seja executado com condicionantes de adequação de ambiente e especificações quanto à prática e meios necessários, a partir do cumprimento de requisitos. Para garantir estes objetivos, prevê o controle da manutenibilidade e um conjunto documentado de atividades, recursos e eventos planejados segundo um cronograma, destinados a implementar a estrutura da organização, as responsabilidades, os procedimentos, as atividades, as capacidades e os recursos que, em conjunto, visam garantir que um item atenderá aos requisitos de confiabilidade e disponibilidade exigidos nos processos de produção.

Neste sentido, Muniz e Amaral (2010) em seu artigo *Mantenibilidade: da tarefa aos resultados organizacionais*, constata no estudo que a conceituação adotada para manutenibilidade pode ser insuficiente, em uma abordagem relacionada às condições de execução dos serviços de manutenção. Verifica que a interpretação da legislação e das normas pode se limitar à variável tempo como indicador. Identificou, também, a existência da preocupação de garantir manutenibilidade na fase de projeto e, por ser limitada, as organizações estabelecem critérios de execução da manutenção para obter melhores resultados.

Valores associados à ergonomia, como ambiente, capacitação, desenvolvimento pessoal, condições, meios e construção coletiva são demandas evidentes, complementares às normas e determinações organizacionais; necessidades e oportunidades de melhorias quanto à manutenibilidade afloram, quando se observa a necessidade do estabelecimento de requisitos gerais para nortear às atividades de manutenção. O objetivo de reduzir riscos de falhas por não conformidade pode tornar-se a grande ferramenta para uma melhor manutenibilidade. Consta-se que “o que fazer”, prescrito pelas normas, está sendo ultrapassado pelo “como fazer”, posto que as condições objetivas do ambiente de execução da tarefa são determinantes e não podem ser lacunas na programação dos serviços. Manutenibilidade, assim, torna-se uma ferramenta com bases ergonômicas para que possa garantir a efetividade das atividades e serviços de manutenção pela facilidade e segurança (MUNIZ; ALMEIDA FILHO; ALMEIDA, 2010).

O estudo do quanto à manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção é considerada no debate estratégico, passa por avaliar o quanto as organizações tem seus processos de manutenção estruturados e normatizados. A compreensão da consideração está exposta pelos procedimentos, condições tangíveis e intangíveis em que os serviços são programados, controlados e executados. As práticas reveladas pelas empresas representam o quanto a execução dos serviços de manutenção está alinhada às definições estratégicas organizacionais. Vieira (2007) afirma que a moderna gestão de manutenção deve buscar a inovação de seus serviços e processos como forma de contribuir efetivamente para o cumprimento da missão, da visão e dos objetivos das organizações garantindo, assim, a sua plena inserção no contexto produtivo. Para Peres e Lima (2008), mobilizar e dominar a sustentabilidade da estratégia na manutenção depende das pessoas da manutenção, que são os ativos a serem considerados.

Desta forma, a existência de requisitos de manutenibilidade, enquanto impositivos organizacionais, e sua consideração desvendam o nível de maturidade da organização quanto à estratégia para a manutenção. Conforme Meireles (2010), desdobrar estratégia em pensamento tático, chegando às ações operacionais, trata-se de necessidade imperativa para as organizações nesse instante demandante de profunda sutileza para as suas administrações. Este artigo estuda a relação e a consideração da manutenibilidade nas estratégias organizacionais. Mais que isto, identifica requisitos de estratégia a serem abordados na construção de requisitos para a conformidade da manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo sobre manutenibilidade e estratégia nas organizações se desenvolveu a partir da verificação da estruturação do trabalho, na execução dos serviços de manutenção, a partir das condições e meios disponibilizados. Além disso, reflete sobre procedimentos prescritos, programação e controle da manutenção, verificando a normatização dos processos de manutenção e seu alinhamento com a estratégia definida para a organização.

Em seu conteúdo, o estudo relaciona a manutenção ao modo de produção e sua interferência na capacidade desta; nesta lógica, trata da dependência das tomadas de decisões a componentes de projeto, contracenando com a verificação dos objetivos e expectativas estratégicas e princípios de atuação da manutenção. Em outra perspectiva, para estabelecer relação da manutenção com a qualidade nos processos, o estudo identifica itens de negócio, transita pela cultura organizacional e aborda os tipos de manutenção e sistemas de informação adotados para desembocar em seus objetivos e conclusões.

As bases de busca foram do tipo *Scholar Google*, *Scielo Brasil*, *Emerald Group Publishing Limited*, Bibliotecas Digitais de Instituições de Ensino, organizações de manutenção e ergonomia, utilizando expressões como *maintainability*, *maintenance*, *norms maintenance*, *maintenance ergonomics a review* e *maintenance and ergonomics*. O período de busca de artigos ocorreu entre os meses de março de 2009 e março de 2010. Na busca, foram identificados artigos em que manutenibilidade não estava relacionada à execução dos serviços de manutenção de sistemas e equipamentos, mas foram incluídos por tratarem e discutirem paralelamente a problemática. Foram estudadas 59 normas e padronizações feitas por empresas e revisados artigos, trabalhos técnicos, livros e dissertações, com abordagem focada na manutenibilidade relacionada à execução dos serviços de manutenção.

RESULTADOS

Em sua investigação sobre as demandas cognitivas decorrentes da distância entre a tarefa prescrita e a atividade do sujeito e, em consequência, as estratégias de regulação construídas para o alcance dos objetivos organizacionais, Gonçalves, Odelius e Ferreira (2001) referencia que a distinção teórica entre tarefa e atividade é um recurso analítico privilegiado para a compreensão da conduta do indivíduo e do grupo nas situações de trabalho. Afirma que a produção teórica em ergonomia mostra que o exame dessas duas

dimensões, em diferentes contextos, fornece elementos explicativos sobre a gênese dos problemas que os trabalhadores enfrentam, e também de que modo eles previnem os disfuncionamentos. Logo, o bem-estar dos sujeitos, a eficiência e a eficácia do trabalho executado têm suas raízes na discrepância existente entre a tarefa e a atividade.

Geralmente, na literatura, a noção de trabalho prescrito contempla duas dimensões complementares. A primeira diz respeito ao trabalho teórico, *lato sensu*, que aparece sob a forma das representações sociais existentes no contexto produtivo e expresso nos diferentes modos de olhar dos sujeitos. A segunda toma a forma, mais acabada, de tarefas circunscritas em situações específicas que dão visibilidade à chamada organização do trabalho (GONÇALVES; ODELIUS; FERREIRA, 2001).

Nesta direção, Almeida (2001) busca caracterizar a problemática da relação entre o trabalho prescrito e o trabalho real, exemplificando as dificuldades existentes em cumprir o prescrito, particularmente em um ambiente crítico. Usa como exemplo uma atividade de manutenção predial, em que existe a necessidade de trocar de ferramenta para a realização de uma operação solicitada pelo encarregado, numa instalação de subestação; ressalta-se que o local para trocar a ferramenta está situado há 800 metros do local da intervenção, acrescentando que existem problemas de fila no almoxarifado e a simples troca de ferramenta poderá levar 30 minutos. Considerando-se que a manutenção está sendo realizada em um hospital, as condições cognitivas do agente de manutenção tornam-se diferentes das demais.

O exemplo de Almeida (2001) explicita que há a necessidade do conteúdo do trabalho estar prescrito, a partir do estabelecimento de procedimentos que garantam a mantenedibilidade. Isto se torna mais evidente quando do tratamento de uma programação de serviço com criticidade elevada, que envolve ambientes que colocam em risco a vida. Importante ressaltar que o risco pode ser avaliado em mais de uma perspectiva; no exemplo há o risco para o trabalhador, risco com relação à função do equipamento em manutenção e o risco associado à continuidade dos processos da organização, que no caso é crítico por se tratar de assistência médico-hospitalar.

Por conseguinte, as variáveis e requisitos envolvidos no conteúdo dos procedimentos estarão associados à cultura e à natureza da organização, que são de difícil percepção conforme Guimarães (2004), porque seus valores se consolidam ao longo do tempo, resultantes de uma realidade histórica socialmente construída. Portanto, estes requisitos podem envolver-se historicamente nas formas de utilizar as máquinas e demais instrumentos de trabalho; os requisitos podem ser relativos a tempos alocados a cada operação, às normas e

modos operatórios, dentre outros componentes desta categoria, que podem contribuir na descrição da realidade presumível do processo de manutenção que deverá ser normalizado para execução.

Para a compreensão de seus processos e requisitos, em seu estudo desenvolvido a partir da Usina de Itaipu, Nunes e Valladares (2004) afirma que uma estratégia deliberada depende não apenas do exame das condições ambientais específicas, como também da capacidade inventiva dos membros organizacionais em perceber e analisar as oportunidades e as ameaças latentes, incluindo o estabelecimento de ações consistentes ao longo do tempo. O pleno entendimento da dinâmica organizacional requer a gestão integrada dos ativos, da tecnologia, do capital intelectual e dos sistemas produtivos para viabilizar a geração, o armazenamento e a disseminação eficaz do conhecimento.

De outra forma, em uma visão operacional voltada a resultado e a desempenho, Budai-Balke, Dekker e Nicolai (2006) afirma que a manutenção está relacionada à produção de vários modos, tendo a ver com a resolução da causa de uma falha ou porque a qualidade dos artigos produzidos não está em acordo com o pretendido. Em primeiro lugar, manutenção é planejada para permitir produção, contudo para executar a manutenção, frequentemente a produção tem que ser parada. Isto é um paradoxo para o processo produtivo, porque tem forte efeito negativo, tendo que ser considerado por quem planeja manutenção e otimização. Particularmente, esta condição remete ao custo da produção o tempo de parada para manutenção; portanto, naturalmente a queda de produção é considerada, explicitamente, como sendo de responsabilidade da manutenção, o que alimenta os contraditórios estratégicos estruturais de uma organização: manutenção e operação dos processos. Para desvendar este paradoxo, o autor afirma que, secundariamente, manutenção também pode ser vista como um processo de produção que precisa ser planejado, que deve considerar níveis apropriados de capacidade relativa à demanda (por exemplo, força de trabalho). Por fim, deve-se preocupar com o planejamento de produção levando em conta os serviços de manutenção. O ponto é que os trabalhos de manutenção interferem na capacidade de produção e conseqüentemente eles precisam ser planejados junto com produção.

Em consideração a isto, Dekker, Schouteny e Wildeman (1996) reflete que há um interesse crescente na modelagem e otimização da manutenção de sistemas. Em sua visão, estes sistemas consistem em componentes múltiplos, tendo duas razões principais para isto: primeiro em função das melhorias em técnicas analíticas e a disponibilidade de computadores rápidos, que permitem investigar sistemas mais complexos; segundo, porque as pessoas

perceberam que não podem ser negligenciadas interações entre componentes em um sistema e que isto deveria ser levado em conta nas decisões de manutenção. Estas interações entre componentes podem ser classificadas em três tipos de diferentes, conforme mostra o Quadro 1.

Componente	Relação
Dependência Econômica	Insinua que os custos podem ser reduzidos quando vários componentes são mantidos juntamente em vez de separadamente, isso é, podem ser obtidas economias de escala.
Dependência Estrutural	Aplica se quando os componentes formarem uma parte, de forma que manutenção na falha de um componente insinua manutenção de todos os componentes.
Dependência Estocástica	Acontece se o estado de um componente influencia no ciclo de vida de outros componentes.

Quadro 1 - interações entre componentes

Fonte: Adaptado de Dekker, Schouteny e Wildeman (1996).

O impacto estratégico do desdobramento destes componentes, a partir da análise das interações, reforça a idéia de que a tomada de decisões contornará definições relacionadas a projeto e, a partir de procedimentos normalizados, à manutenibilidade associada à execução.

Para garantir o alinhamento estratégico da gerência de manutenção e confiabilidade com os intentos estratégicos da organização, Oliveira (2007) afirma que é através do intento da excelência operacional que esta se posiciona no negócio da companhia e gera algumas expectativas. Tais intentos devem ser acompanhados e continuamente avaliados para que haja um ciclo virtuoso de melhoria (Quadro 2). Para tanto, o autor referencia princípios balizadores para o desenvolvimento da Manutenção: a busca da excelência passa pela identificação e adequação das melhores práticas, particularmente associados a intentos estratégicos orientados para resultados, saúde e segurança, riscos e meio ambiente.

Intentos Estratégicos	Expectativas Estratégicas
Resultados	Aumento da disponibilidade e otimização do desempenho dos ativos.
	Aumento da confiabilidade dos equipamentos e sistemas.
	Garantia de integridade e extensão de vida útil dos equipamentos/postergação de substituição.
	Minimização de paradas e extensão das campanhas das plantas industriais.
	Redução de custos de mão de obra, materiais e serviços.
	Redução de perdas de produtos e/ ou degradações decorrentes.
Saúde e Segurança	Atendimento aos requisitos legais e voluntários, quanto à segurança de processo, das pessoas, à saúde, à higiene ocupacional e ao ambiente.
Riscos	Redução da exposição ocupacional das pessoas.
Meio Ambiente	Redução na geração de resíduos e efluentes.

Quadro 2 – Expectativas Estratégicas

Fonte: Adaptado de Oliveira (2007).

Complementando as idéias de Oliveira (2007), Sellitto (2007) entende que os objetivos de confiabilidade e de disponibilidade, em uma instalação industrial, são decorrência das decisões tomadas na fase de projeto da instalação. É muito difícil que um gestor de manutenção aumente a manutenibilidade de um equipamento (a probabilidade que, dado que

uma falha ocorreu, esta seja corrigida até o tempo t) se algumas diretrizes não tenham sido adotadas na fase do projeto, tais como facilitar o acesso às peças frágeis ou prever pontos de concentração de fragilidades. Tal noção reforça a importância de se adotarem objetivos de confiabilidade e de manutenibilidade na fase de projeto de equipamentos complexos.

Em uma abordagem mais ampla, do ponto vista humano, Silva (2005) busca definir e caracterizar que os negócios de uma empresa estão atrelados a três itens importantes: processos, que são o conjunto de atividades que produzem um resultado útil para o cliente interno ou externo; pessoas, que projetam e executam os diversos processos dentro de uma empresa, identificadas como grupos que visam alcançar seus objetivos e atender as suas necessidades; e tecnologia, que é toda e qualquer ferramenta utilizada pelas pessoas da empresa para que sejam efetivados os processos. Estes itens devem estar explicitamente aparentes na estratégia da organização.

Visando uma condição coletiva de resultados, Vieira (2007) tratando de estratégias competitivas, afirma que uma das principais características da nova economia é a transição da eficiência individual para a eficiência coletiva, referenciando estrategicamente a mudança deste paradigma a uma manutenibilidade institucionalizada pela organização (Quadro 3). Esta mudança na manutenção se sustenta em princípios de qualidade do serviço, segurança da equipe, controle de custos, aumento da disponibilidade sistêmica, padronização dos componentes da planta, monitoramento permanente dos sistemas, estabelecimento de facilidades para a execução dos serviços, condições adequadas para execução das tarefas, utilização de ferramentas comuns e disponibilização de orientações técnicas de execução de serviços.

Princípio	Descrição
Qualidade	Garantir a qualidade do serviço prestado pela manutenção.
Segurança	Executar as ações de manutenção com total segurança para a equipe de manutenção e para a edificação.
Custos	Atenção aos custos envolvidos, diretos (referentes à própria ação da manutenção) ou indiretos (relativos às perdas decorrentes da paralisação da produção).
Tempos	Minimizar os tempos de detecção da falha e execução da manutenção propriamente dita, a fim de elevar a efetiva disponibilidade do sistema.
Padronização	Uniformização e padronização dos componentes do sistema, proporcionando assim a otimização das tarefas de manutenção.
Monitoramento	Adoção, sempre que possível, de sistemas de monitoramento, facilitando assim o estabelecimento de ações de caráter preditivo.
Facilidades	Utilização por parte da equipe de manutenção, de técnicas comuns, clássicas e de domínio geral, não exigindo, portanto, habilidades especiais.
Ambiente	Facilidade de visualização e acesso ao local onde será realizada a tarefa de manutenção.
Ferramentas	Utilização de ferramentas universais.
Procedimentos	Disponibilizar de forma clara e concisa as orientações e instruções necessárias à equipe responsável pela realização da manutenção.

Quadro 3 - Princípios Fundamentais da Manutenibilidade

Fonte: Adaptado de Vieira (2007).

Na construção de resultados coletivos, Salermo (2005) sustenta que a função da manutenção está intimamente ligada à qualidade e à expectativa da função exercida por determinado bem, e não apenas à correção de suas falhas. Propõe a implementação de duas frentes de trabalho para a aplicação de planos estratégico de melhoria: uma, delineada na melhoria das características intrínsecas dos funcionários, tendo como foco, portanto, os fatores sociais referentes às atividades interpessoais dos profissionais envolvidos; a outra, na estruturação física das atividades:

Frente de Trabalho	Melhorias
Fatores Sociais	Valorização do profissional
	Formação profissional
	Desenvolvimento da capacidade de quebra de tradições
	Melhoria do fluxo de informações
	Melhoria da comunicação entre funcionários de diferentes níveis hierárquicos
Estruturação Física do Sistema	Deteção da patologia o mais próximo possível do momento de sua ocorrência
	Melhoria da comunicação entre o solicitante da OS, as áreas da DEM e, finalmente, o técnico responsável pela correção da patologia
	Melhoria dos serviços, tanto em relação à prontidão do atendimento quanto à qualidade técnica de ferramentas e utensílios
	Redução de ocorrências de falhas tanto nos serviços como nos aparelhos instalados na edificação

Quadro 4 – Frentes de Trabalho

Fonte: Adaptado de Salermo (2005).

O alinhamento estratégico destas Frentes de Trabalho, por interferirem na gestão técnica, administrativa e dos processos, orienta a gerência de manutenção e confiabilidade a estabelecer referência nos intentos estratégicos da organização.

Com relação à melhoria da qualidade, Silva (2003), em estudo de implantação da norma ISO TS-16949 no setor de manutenção, destaca que um dos pontos fortes desta norma é o atendimento do requisito de melhoria contínua. Esta busca força a empresa sempre estar em constante atenção para as necessidades de mudança, estabelecendo uma maior união dos departamentos, o que torna a visão de qualidade em todos os setores da empresa uma questão prioritária. Esta condição está em acordo com os objetivos da norma ISO/TS 16949, de implantação de sistemas básicos de qualidade, voltados com ênfase para o melhoramento contínuo; a Norma também busca a prevenção de defeitos e a redução do consumo de insumos na cadeia produtiva, o que favorece a manutenibilidade.

Para efetivar as melhorias de processos de manutenção, Budai-Balke, Dekker e Nicolai (2006) evidencia particular preocupação sobre como definir a estratégia de manutenção a ser utilizada para um sistema no horizonte do tempo de produção, que nomeia

de Decisões da Manutenção. No Quadro 5 é apresentada a estratificação no tempo das decisões a serem tomadas na implementação de uma estratégia para a manutenção.

Horizonte	Questões
Estratégico	Que tipo de manutenção deve ser apropriada a um sistema/equipamento e quando deve ser feita?
	A Manutenção é feita por pessoal de produção, como o TPM prescreve, ou há pessoal de manutenção de especialidades?
	Onde estão os especialistas na estrutura de trabalho?
	Como um sistema pode ser mantido? *
	Os equipamentos necessitam de peritos e especialistas? *
	A pessoa pode alcançar os subsistema facilmente?
	Que informação está disponível? *
Tático (entre 1 mês e 1 ano)	Que elementos podem ser substituídos facilmente? *
	Há planejamento de manutenção?
	A capacidade do pessoal da manutenção está adequada?
Curto Prazo	Está dimensionada a força de trabalho para levar a cabo o programa de manutenção preventiva?
	Qual a quantia de corretiva excelente, pela capacidade de atendimento?
	Que trabalho preventivo será feito?

Quadro 5 - Decisões da Manutenção

Fonte: Adaptado de Budai-Balke, Dekker e Nicolai (2006).

De acordo com Budai-Balke, Dekker e Nicolai (2006), as questões grifadas com asterisco (*) são típicos aspectos de mantabilidade, mas têm pouco a ver com produção. As questões posicionadas no horizonte do curto prazo são classicamente atendidas pela programação da manutenção. Outro aspecto importante em manutenção, desenvolvido pelo autor, é o tipo a ser utilizado. Uma distinção típica é feita entre o trabalho de manutenção corretiva e preventiva. O primeiro é levado a cabo depois de uma falha, que está definido como o evento pelo qual um sistema sofre parada de um modo prescrito. Porém, trabalho preventivo é executado para prevenir falhas. Embora esta distinção seja feita frequentemente, é importante observar que a diferença não é tão clara como pode parecer. Isto acontece devido à definição de ‘falha’. Um item pode estar em um estado de não conformidade, mas ainda funcionando, e se pode considerar isto como uma falha ou não. De qualquer maneira, uma distinção importante entre os dois tipos normalmente é aquela onde manutenção corretiva não pode ser planejada e manutenção preventiva pode ser tipicamente planejada, considerando também que as condições de execução serão diferenciadas.

A execução de manutenção também pode ser ativada através de medidas de condição, em outras palavras, manutenção baseada na condição. Isto é defendido frequentemente como mais efetiva e eficiente que a manutenção preventiva baseada no tempo, particularmente porque está associada à conformidade do desempenho da função exigida (BUDAI-BALKE; DEKKER; NICOLAI, 2006). No entanto, ainda é muito difícil predizer falhas com antecedência, e conseqüentemente manutenção baseada na condição é frequentemente deixada de lado. Em vez de tempo referenciando à manutenção, pode-se também referenciar a

manutenção preventiva em tempo de utilização, caracterizando um estado fora dos indicadores mais apropriados de uso. Finalmente, pode-se ter inspeções que são feitas por visão ou instrumentos e que não afetam a operação. Eles não melhoram o estado de um sistema, mas fornecem informação. Isto pode ser importante no caso de máquinas começarem a produzir artigos de má qualidade. Estes são problemas de qualidade de inspeção, onde otimização de inspeção é conectada a controle de qualidade, favorecendo a previsão da manutenção e as condições de sua execução.

Todavia, uma distinção feita por Budai-Balke, Dekker e Nicolai (2006) diz respeito à quantidade de trabalho. Frequentemente, há pequenos trabalhos que podem ser agrupados em pacotes de manutenção. Eles podem começar com inspeção, limpeza e logo com algumas ações de melhoria como, por exemplo, lubrificar ou substituir partes. Estes são separados tipicamente do programa de manutenção preventiva, preso a um sistema e que tem que ser feito em uma base repetitiva (semanal, mensal, anual, etc.). A seguir, pode-se ter substituições de partes ou subsistema e revisão ou renovações, onde um sistema é melhorado e, após, pode ser planejado o que se deseja no futuro, como projetos com orçamentos próprios.

Em uma abordagem preocupada com uma estratégia para ampliar a capacidade na intervenção da manutenção, Crespo-Marquez e Iung (2008) propõe a utilização do suporte de um sistema de informação do tipo *e-manutenção*, similar aos modelos de *e-industrial* e *e-negócio*, como sendo esta uma oportunidade para uma nova geração de manutenção. As vantagens classificadas, destacadas, são apresentadas no Quadro 6. Estas vantagens destacadas buscam agilizar a execução dos serviços e a redução da indisponibilidade, atuando particularmente na redução dos tempos de manutenção pela interação. Um exemplo utilizado pelo autor é a relação direta com desenhistas e especialistas, que facilitaria a compreensão e resolução da atividade/tarefa; outro exemplo, com relação à diagnose e execução da manutenção, é o auxílio de um palmtop para orientar e facilitar a execução.

Vantagens	Descrição
Inovação	Oferece oportunidades para o desenvolvimento de tipos de manutenção novos e estratégias.
	Define novas relações para a manutenção.
Apoio	Garante apoio de manutenção e ferramentas.
Disponibilidade	Reduz os tempos de manutenção significativamente pela interação com fontes.
Execução	Na diagnose e execução da manutenção, são documentadas partes substituídas naquele mesmo lugar e as respostas estruturadas, podendo trabalhar em passos.

Quadro 6 - Vantagens do *e-manutenção*
 Fonte: Adaptado de Crespo-Marquez (2008).

CONCLUSÃO

O estudo identificou diferentes requisitos para que a execução dos serviços aconteça alinhada à estratégia da organização e em conformidade com padrões e exigências com relação aos trabalhadores, processos e sistemas.

Constatou-se que para a consideração da sustentabilidade, diferentes aspectos que dizem respeito a cada organização devem ser observados. Assim, há a necessidade de que os requisitos tenham capacidades de flexibilização e adaptação para serem observados, frente à cultura e definições estratégicas eleitas pelas organizações. Pode-se concluir, ainda, que as organizações são diferentes em suas definições, mas, no entanto, possuem similaridades em seus processos decorrentes de fatores sócio-econômicos, condicionantes tecnológicos, capacidades regionais associadas à cultura, educação e a fatores físicos e climáticos; valores relacionados ao mundo do trabalho podem também influenciar os requisitos de sustentabilidade, como relação de trabalho e organização sindical.

A diversidade de ambientes e setores da economia em que as organizações atuam, favorece a que se identifiquem requisitos de sustentabilidade capazes de atender a princípios de flexibilidade e agilidade, observando impositivos legais e normativos. Mais que isto, devem considerar as práticas que garantam à organização obter os resultados esperados frente à estratégia definida. No entendimento que requisitos de sustentabilidade relacionados com a execução dos serviços são influenciados pela cultura das organizações, a identificação destes requisitos deve ter por referência pressupostos da escola cultural de (MINTZBERG; AHLSTRAND; LAMPEL, 2000), sem desconsiderar as políticas internas na construção de mudanças estratégicas.

Pelo estudo desenvolvido, podemos concluir que a sustentabilidade gerenciada garante às organizações conformidades legal, normativa, ética e técnica, bem como resultados estratégicos, prevenção e preservação da saúde e do meio ambiente como também conforto e satisfação aos trabalhadores. Assim, a adoção ou não de requisitos de sustentabilidade na execução de serviços de manutenção tem repercussão na realização de objetivos estratégicos. Quando admitida como elemento estratégico da organização, requisitos de sustentabilidade se tornam garantidores de dimensões capazes de sustentar as conformidades legal, normativa, ética e técnica, responsáveis pelo estabelecimento de uma identidade forte no mercado e o reconhecimento da sociedade pelo cumprimento de suas exigências. Quanto aos resultados da organização, a observação de requisitos de sustentabilidade favorece o alinhamento

estratégico e seus objetivos quanto à produção e aos objetivos financeiros, que repercutirão na competitividade e na permanência e disputa de mercado. Com relação à Saúde, Meio Ambiente e Segurança (SMS), requisitos de mantabilidade cumprem a função de garantir que os processos de execução de serviços de manutenção atendam a exigências de saúde e segurança dos trabalhadores e dos ativos, bem como de respeito ao ambiente. Neste caso, esta condição orienta a organização à prevenção e à preservação da vida. Com relação à ergonomia, em seus objetivos macro e micro de abordagem, buscará garantir conforto e satisfação dos trabalhadores no ambiente de trabalho, repercutindo no compromisso e nas responsabilidades individuais e coletivas dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carlos de Souza. **Gestão da manutenção predial**. Rio de Janeiro: Gestalent, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e mantabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRITO, Anderson Jorge de Melo; ALMEIDA FILHO, Adiel Teixeira de; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Seleção de contratos de manutenção com informações imprecisas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 25., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2005. 1 CD-ROM

BUDAI-BALKE, G.; DEKKER, R.; NICOLAI, R. P. **A review of planning models for maintenance and production**. Netherlands: Erasmus University Rotterdam, 2006. (Econometric Institute Report EI 2006-44)

CASTRO, Ulisses Resende. **Importância da manutenção predial preventiva e as ferramentas para sua execução**. 2007. 44f. Trabalho de Conclusão (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CRESPO-MARQUEZ, Adolfo; IUNG, Benoît. **A review of e-maintenance capabilities and challenges**. Sri Lanka: Department of Industrial Management, University of Kelaniya, 2008.

DEKKER, Rommert; SCHOUTENY, Frank Van Der Duyn; WILDEMAN, Ralph. **A review of multi-component maintenance models with economic dependence**. Netherlands: Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam, 1996.

GONÇALVES, Rose Mary; ODELIUS, Catarina Cecília; FERREIRA, Mário César. Do trabalho prescrito ao trabalho real: a transformação da informação em notícia de rádio. **INTERCOM** - Revista Brasileira de Comunicação, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 47-71, 2001.

GUIMARÃES, Tomas de Aquino. Ambiente de aprendizagem e cultura em organizações: estudo de caso em organização militar. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 231-241, jul./set. 2004.

MEIRELES, Cesar. **Visão estratégica, pensamento tático e mãos operacionais**. Disponível em: <<http://gestaoprojetobr.ning.com/profiles/blogs/visao-estrategica-pensamento>>. Acesso em: 10 maio 2010.

MINTZBERG, Henry; AHLSTRAND, Bruce; LAMPEL, Joseph. **Safári de estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MUNIZ, Rui; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Mantenabilidade: das tarefas aos resultados organizacionais**. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2010.

NUNES, Enon Laércio; VALLADARES, Angelise. Gestão da manutenção e do conhecimento como estratégia na instalação de unidades geradoras de energia elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABEPRO, 2004. 1 CD-ROM

OLIVEIRA, Silas Santos de. Planejamento estratégico da manutenção um fator de competitividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 22., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Manutenção, 2007. 1 CD-ROM

PERES, Carlos Roberto Coelho; LIMA, Gilson Brito Alves. Análise do Capital Organizacional da Manutenção sob s Perspectiva do Aprendizado e Crescimento do Balanced Scorecard. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF, 2008. 1 CD-ROM

SALERMO, Lia Soares. **Aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta e da manutenção autônoma aos serviços de manutenção dos sistemas prediais de água**. Campinas: UNICAMP, 2005.

SELLITTO, Miguel Afonso. Análise estratégica da manutenção de uma linha de fabricação metalmeccânica baseada em cálculos de confiabilidade de equipamentos. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 2, v. 3, p. 97-108, maio/jun. 2007.

SILVA, Daniel Ribeiro dos Santos. Implantação da ISO/TS-16949 no departamento de manutenção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003. 1 CD-ROM

SILVA, Sérgio Eduardo Lessa e. Falha humana em operação e manutenção de subestações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 20., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Manutenção, 2005. 1 CD-ROM

VIEIRA, Sérgio José Rocha. **A adoção do conceito de manutenibilidade como estratégia para a inovação da gestão da manutenção civil da FIOCRUZ**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2007.

ARTIGO 3 - REQUISITOS DE MANTENABILIDADE

REQUISITOS DE MANTENABILIDADE

Resumo

A conformidade da manutenibilidade, em uma abordagem que considera as condições necessárias para que se tenha uma execução dos serviços de manutenção adequada, preocupa-se com aspectos humanos, organizacionais e técnicos. Identificar os requisitos para garantir essa adequada execução, portanto, é um impositivo para atender às expectativas das organizações. O estudo tem por objetivo identificar os principais requisitos da manutenibilidade nessa abordagem, bem como classificá-los quanto à área a que se relacionam nas organizações. Em sua conclusão, aponta para a necessidade de verificar o quanto as empresas os observam e, em caso negativo, como poderiam ajustar suas estruturas à adequada execução dos serviços de manutenção.

Palavras-chave: Confiabilidade. Ergonomia. Resultados. Segurança. Saúde.

Abstract

The conformity on maintainability, in an approach that concerns about the necessary conditions to an adequate performance of the maintenance services, focuses on human, organizational, and technical aspects. Identifying the requirements which assure this adequate performance, thereby, is mandatory to satisfy the organizations expectations. This study aims to identify the main maintainability requirements in this approach, as well as to classify them according to the area to which they relate inside the organizations. In the conclusion, it reveals the necessity of investigating how much these are attended by the companies, and if not attended, how they could adjust their structures to the adequate performance of maintenance services.

Keywords: Ergonomics. Results. Safety. Health.

INTRODUÇÃO

A constatação de que a sobrevivência de organizações de diferentes portes está associada à saúde de seus processos está consolidada, nos debates e postulações técnicas. Não é novidade que as organizações vivem uma conjuntura de competitividade, onde a sobrevivência dos negócios é pautada por resultados. Também é corrente a compreensão de que o limite da competitividade está colocado em um melhor desempenho, pela utilização de práticas e métodos melhores e por redução de perdas e desperdícios. Para os processos de manutenção, a compreensão é a mesma. Tavares, Calixto e Poyola (2005), indo mais além, defende a idéia de que manutenção deve se tornar uma fonte geradora de receita, a partir de investimentos em projetos que possam baixar os custos de capital, ou seja: que as intervenções sejam feitas em menor tempo e com menos gastos, destacando-se aqui a busca da melhoria de manutenibilidade, da facilidade de fazer a manutenção.

Isto, particularmente, no que diz respeito às pessoas, exige não só eficiência, mas atendimento a requisitos que dizem respeito à qualidade de vida e segurança no ambiente de trabalho. Assim, associar ganhos e resultados e atender a condicionantes sociais e humanos tende a ser o foco do momento. Esta consideração leva a refletir quando se trata de serviços e, em particular, em manutenção; por exemplo, em como nossos processos podem atender a exigências legais e morais. Melhorar os resultados organizacionais, nesta realidade, está associado às pessoas, responsáveis pela execução dos serviços de manutenção. Faz-se necessário, por conseguinte, entender os requisitos que representam e sustentam estas duas fontes de demandas.

Na manutenção, requisitos de manutenibilidade são requisitos de execução. Compreender estes representa entender os fatores determinantes para uma ampla visão do que atua no largo espectro dos resultados, da execução aos ganhos organizacionais. Reduzindo o foco ao momento da execução, a identificação, consideração e atuação a partir de requisitos de manutenibilidade levarão à obtenção de resultados que somente serão conquistados na ação. As decisões de gerenciamento, programação e execução se tornam momentos que necessitam de referência.

Considerando esta visão e as demandas próprias dos processos de manutenção, a identificação dos requisitos da manutenibilidade, que busque sua melhoria, se tornou um impositivo para as organizações. Este artigo visa identificar e caracterizar os requisitos a serem considerados na execução de serviços de manutenção. O objetivo é estabelecer uma referência em bases teóricas de requisitos necessários à melhoria da manutenibilidade, que orientem para a conformidade da execução dos serviços de manutenção e que auxiliem no gerenciamento da eliminação e redução dos intervalos de manutenção de equipamentos. A busca é pela conformidade dos processos de manutenção, tanto pela consideração da legislação vigente e das normas, que referenciam as funções de manutenção, bem como pela adoção das melhores práticas na execução da manutenção.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para construir uma relação dos principais requisitos de manutenibilidade a serem atendidos na execução dos serviços de manutenção, o estudo parte da pesquisa desenvolvida nos artigos *Mantenabilidade: da Tarefa aos Resultados Organizacionais* (MUNIZ; AMARAL, 2010a) e *Mantenabilidade e a Estratégia nas Organizações* (MUNIZ; AMARAL, 2010b).

O estudo, organizado em quatro partes, consolida o conceito adotado e os requisitos identificados por Muniz e Amaral (2010a, 2010b) em seus dois artigos e busca complementar as constatações feitas para estabelecer uma relação de requisitos de manutenibilidade. Abordando princípios e o alinhamento estratégicos necessários, desenvolve-se verificando os requisitos de manutenibilidade operados em processos de organizações, identifica erros associados à execução e repercute suas abordagens, dando ao cabo o objetivo de identificar os principais requisitos identificados pela abordagem. Para consolidar o conjunto de requisitos de manutenibilidade a serem observados na execução dos serviços de manutenção, o estudo identifica os requisitos inseridos nos artigos de Muniz e Amaral (2010a, 2010b), faz agrupamentos e compacta uma relação, identificando o requisito à fonte teórica de pesquisa.

A busca foi feita em bases como: *Scholar Google*, *Scielo Brasil*, *Emerald Group Publishing Limited*, Bibliotecas Digitais de Instituições de Ensino, organizações de manutenção e ergonomia, utilizando expressões como *maintainability*, *maintenance*, *norms maintenance*, *maintenance ergonomics a review* e *maintenance and ergonomics*. O período de busca de artigos ocorreu entre os meses de março de 2009 e maio de 2010. Na busca, foram identificados artigos em que manutenibilidade não estava relacionada à execução dos serviços de manutenção de sistemas e equipamentos, mas foram incluídos por tratarem e discutirem paralelamente à problemática, constituindo um total de quarenta e quatro artigos. Destes, foram identificados e revisados trinta e oito artigos, sete dissertações, sete normas e quatro livros, com abordagem focada na manutenibilidade relacionada à execução dos serviços de manutenção.

RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES DA MANTENABILIDADE

O estudo considera como referência inicial o artigo desenvolvido por (MUNIZ; AMARAL, 2010a; 2010b), quando trata dos requisitos de manutenibilidade relacionada à execução de serviços de manutenção e sua repercussão nos Resultados Organizacionais. Nele, segue as definições da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 5462/94 – Confiabilidade e Manutenibilidade, que define manutenibilidade como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos. A definição está sustentada em

capacidade de garantir funções de um item, desde que o serviço seja executado com condicionantes de adequação de ambiente e especificações quanto à prática e meios necessários, a partir do cumprimento de requisitos. Para garantir estes objetivos, prevê o controle da manutenibilidade e um conjunto documentado de atividades, recursos e eventos planejados segundo um cronograma, destinados a implementar a estrutura da organização. Define as responsabilidades, os procedimentos, as atividades, as capacidades e os recursos que, em conjunto, visam a garantir que um item atenderá aos requisitos de confiabilidade e manutenibilidade exigidos.

Neste sentido, Pinto e Xavier (2001) estabeleceu alguns princípios que devem ser considerados como fundamentais na busca da melhoria da manutenibilidade, sustentado em quatro pressupostos: sempre é possível melhorar a manutenibilidade; as melhorias podem surgir das dificuldades encontradas pelo pessoal da manutenção ou pela análise dos serviços pelo planejamento; o ganho que se obtém com melhorias de manutenibilidade durante paradas de manutenção é significativo; e o planejamento da manutenção e a engenharia de manutenção devem ter constante preocupação com a melhoria da manutenibilidade. Assim, a consideração da manutenibilidade orienta para o atendimento de referências que interferirão na qualidade da execução de serviços de manutenção, o que as torna centro estratégico.

Por sua vez, Oliveira (2007) afirma que é através da política da excelência operacional que a manutenção se posiciona no negócio da companhia e gera expectativas, que devem ser acompanhadas e continuamente avaliadas para que as melhorias ocorram. Na mesma orientação, referencia princípios balizadores para o desenvolvimento da Manutenção: a busca da excelência passa pela identificação e adequação das melhores práticas. Isso significa modificar a forma de atuar, devendo a manutenção ser gerenciada conforme os princípios gerais de atuação. A Figura 1 – Intentos Estratégicos e Princípios Gerais de Atuação (OLIVEIRA, 2007), resume estes Intentos Estratégicos e Princípios Gerais de Atuação.

		Expectativa
Intentos Estratégicos	Resultados	Aumento da disponibilidade e otimização do desempenho dos ativos
		Aumento da confiabilidade dos equipamentos e sistemas
		Garantia de integridade e extensão de vida útil dos equipamentos/postergação de substituição
		Minimização de paradas e extensão das campanhas das plantas industriais
		Redução de custos de mão de obra, materiais e serviços
Saúde e Segurança	Riscos	Atendimento aos requisitos legais e voluntários, quanto à segurança de processo, das pessoas, à saúde, à higiene ocupacional e ao ambiente
		Redução da exposição ocupacional das pessoas
		Redução na geração de resíduos e efluentes
Meio Ambiente		Redução na geração de resíduos e efluentes
Princípios Gerais de Atuação	Autonomia e Agilidade	Estrutura organizacional com autonomia e agilidade nas decisões e ações, claro endereçamento de responsabilidades e alinhamento com objetivos do negócio das Unidades
	Seletividade na Estratégia	Seletividade na estratégia de manutenção considerando impactos em continuidade operacional, especificação de produtos, atendimento ao cliente, SSMA (Segurança, Saúde e Meio Ambiente), custos e imagem
	Controle	Análise sistemática de perdas e falhas em equipamentos, buscando minimizar sua ocorrência e conseqüências
	Pró-Atividade	Utilização da manutenção autônoma e técnicas preditivas para identificação e tratamento precoce dos desgastes dos equipamentos, e comprometimento da operação
	Confiabilidade	Utilização de metodologias baseadas em confiabilidade e análise de risco, para estabelecer planos de manutenção em sistemas críticos
	Planejamento	Planejamento e programações de serviços com horizontes mais longos, focado na maior previsibilidade, produtividade e otimização no uso de recursos
	Gerenciamento de Paradas	Gerenciamento sistemático e disciplinado de paradas de manutenção, focado no aumento das campanhas operacionais e redução de prazos e custos de execução
	Mantenabilidade	Incorporação de requisitos de confiabilidade e mantenabilidade aos investimentos, interagindo-se com o projeto de novos equipamentos nas suas fases iniciais
	Parcerias Estratégicas	Criação de parcerias estratégicas em longo prazo e sinergias com prestadores de serviços, que aumentem a capacidade de ambos
	Benchmark	Vanguarda tecnológica em Manutenção e Confiabilidade, pelo domínio das melhores práticas, e apoiado por processo de benchmarking interno e externo

Figura 1 - Intentos Estratégicos e Princípios Gerais de Atuação

Fonte: Adaptado de Oliveira (2007).

A repercussão para os profissionais da manutenção da adoção desta excelência é que deverão seguir um conjunto de procedimentos e melhores práticas. Contudo, a atividade requer muita criatividade, já que a capacidade de buscar rapidamente a(s) causa(s) da anomalia está relacionada diretamente à capacidade técnica e cognitiva do profissional de interpretar o problema e prover a solução. Esta capacidade, que acontece em processos simultâneos, envolve a criatividade e a qualidade tecnológica do produto do trabalho do mantenedor e do Setor de Manutenção. Deve-se considerar, ainda, que o modo de trabalho do homem de manutenção difere no modo de organizar o trabalho de outras atividades, pela disponibilidade exigida e pela capacidade de, a partir de conhecimento, atender às diferentes demandas a ele colocadas (MUNIZ; AMARAL, 2004).

MANTENABILIDADE NOS PROCESSOS DAS ORGANIZAÇÕES

Partindo do princípio que manutenibilidade representa um atendimento simultâneo de requisitos, condições e atributos relacionados à execução dos serviços de manutenção, devem verificar-se os parâmetros a serem considerados no desenvolvimento das funções de manutenção. O estudo da manutenibilidade, por conseguinte, necessita considerar as visões e experiências construídas em diferentes tempos, que são o resultado das necessidades estratégicas das organizações.

Em seu estudo sobre confiabilidade na manutenção industrial, Dias (2009) buscou estabelecer fundamentos para integrar as variáveis relacionadas com a confiabilidade e a manutenção. Entre as variáveis, destaca que a manutenibilidade e a disponibilidade são variáveis de interesse fundamental à produção. No entanto, afirma que manutenibilidade é um parâmetro de projeto e a manutenção é uma consequência do projeto. Assim, manutenibilidade é uma característica inerente ao projeto de um sistema ou de um produto. Por consequência desta concepção, o autor afirma que atributos como precisão, segurança e economia relativa às ações de manutenção, devem estar contidos em cada item (componente, subsistema ou sistema) e em todas as fases do projeto. Ao analisar quantitativamente a confiabilidade e a manutenibilidade para uma grande quantidade de itens (Curva da taxa de falha ou curva da bacia), verifica que existe uma enorme dispersão do evento de falha no período de vida, que se refletirá na política de manutenção. Parte do entendimento de que alguns itens apresentam uma pequena vida e outros uma durabilidade de décadas. Esta constatação leva a confirmar que uma política de manutenção é necessária para as organizações, mas não única; deve ser desenvolvida para atender a uma estratégia que considere o perfil do ciclo de vida dos itens envolvidos.

Nesta mesma linha de consideração, Silva (2007) com base no estudo desenvolvido na usina nuclear de Angra II, aborda a manutenção preditiva e a engenharia de manutenção aplicadas como ferramentas para aumento da disponibilidade e manutenibilidade. Ao limitar manutenibilidade à função tempo de execução, reflete que a engenharia de manutenção foi criada em resposta à necessidade de garantir a confiabilidade do funcionamento de equipamentos e sistemas. Observa que para se conseguir efetuar reparos mais rápidos e aumentar a disponibilidade, são necessárias equipes mais eficientes, melhores métodos de trabalho em manutenção, quantidade adequada de sobressalentes, melhoria de locais de trabalho e logísticas para manutenção.

Seguindo esta visão, Duek (2005) analisou a confiabilidade no ciclo de vida visando economia e prevenção de acidentes. Com relação ao ciclo de vida, afirma que cada vez que um equipamento sofre uma intervenção antes do término da fase da maturidade, como revisão, ocorrerá o desperdício de vida útil impondo o retorno prematuro à fase de mortalidade infantil; se a intervenção é programada tardiamente, como na fase de desgaste, pode acarretar acidentes. Assim, há de se considerar que, nestas condições, as intervenções podem também introduzir uma redução de confiabilidade, pela possível não conformidade da execução do serviço. Em seu estudo dos fatores que interferem na confiabilidade, condições de execução são determinantes, como o uso de um aparelho em rede elétrica de tensão distinta da indicada. Por outro lado, considera que para manter funcionalidades de um dispositivo que não falhou, ou restaurar as propriedades de um dispositivo que apresentou alguma falha, é necessário lançar mão de certas atividades: as ações de manutenção, que podem incluir revisão, reparo, remoção, substituição, modificação, inspeção, entre outras, devem ser parametrizadas por manutenibilidade. Em sua análise, o autor constata que os itens possuem, em seus manuais técnicos, o tipo de manutenção necessária, mas que, no entanto não consideram as variações existentes nas unidades de operação. Tampouco, a variação de operação propriamente dita, ou fatores de planejamento de manutenção, como peças em estoque, quantidade e disponibilidade da frota, oportunidade de realização da intervenção são consideradas. O que se depreende desta condição é que as condições, o ambiente, os meios e o como fazer não estão atendidos pelos manuais técnicos. O autor propõe como minimização destas deficiências o acompanhamento qualitativo dos equipamentos para garantir maior disponibilidade. Em sua abordagem e análise, demonstrou que para cada situação há uma melhor metodologia a ser empregada, visto que componentes semelhantes, com a mesma finalidade e nas mesmas condições de uso, podem ter metodologias de manutenção distintas, ou até mesmo um componente pode ter metodologia alterada.

Nakagawa e Yasui (2005) estudou o número de unidades e tempo de substituição de sistemas paralelos, substituição modificada e políticas de manutenção preventiva, tempo de manutenção e minimização de custo e tempo e melhoria do desempenho de sistemas. O autor constatou que os sistemas podem ser melhorados por manutenções preventivas e corretivas; porém, eles podem ser insuficientes com o número de manutenções. Neste caso, considera que não é razoável, sob os pontos de vista da teoria de confiabilidade e confiabilidade humana, fazer manutenções com maior frequência. Conseqüentemente, entende como apropriado substituir um sistema por um novo a tempos satisfatórios. O estudo trata tempos

de execução e frequência de manutenção como elementos determinantes para alcançar os objetivos organizacionais de produção. Evidencia a falta de confiabilidade humana como fator determinante e relacionado com os parâmetros tempo e frequência. Como alternativa, propondo o revezamento, opta por não tratar da manutenibilidade como elemento de interferência nas confiabilidades que aborda. A abordagem da possibilidade técnica, atendida por um modelo de utilização de tipos de manutenção, ao desconsiderar manutenibilidade não vislumbra disposição organizacional ou não possui, no processo, possibilidade para esta consideração.

Esta discussão se referencia pela proposta de Cascone (1992), quando em seu desenvolvimento de metodologia para análise e otimização da confiabilidade, da manutenibilidade e da disponibilidade, constitui em três grupos os fatores que afetam a manutenibilidade por fase (Figura 2). O autor defende que a otimização deve começar no projeto inicial para conseguir uma ótima manutenibilidade, identificando então quinze elementos de projeto responsáveis por garantir a manutenibilidade da instalação. Em outra abordagem, o autor relaciona fatores associados à execução de serviços de manutenção, garantidores da manutenibilidade (grifados com “*”).

Fatores que afetam a Manutenibilidade por Fase	Projeto	Fatores / Elementos	
			Confiabilidade Complexidade Intercambiabilidade Substituibilidade * Compatibilidade * Visibilidade * Reparabilidade * Acesso e Configuração *
	Instalação	Experiência *	
		Treinamento *	
		Especialidade *	
		Supervisão de Manutenção	
		Tecnologia de Manutenção	
	Outros	Suporte Logístico	
		Ambiente *	
		Manuais *	
		Reforma de Equipamentos	
		Programação de Manutenção	
Elementos de Projeto por Impacto	Diversidade	Testes de Disponibilidade	
		Técnicas de Calibração	
	Execução	Projetar para um mínimo de especializações de manutenção	
		Projetar para o mínimo de ferramentas	
		Projetar para o mínimo de ajustes	
		Utilizar partes intercambiáveis	
	Facilidade	Planejar para módulos de reposição	
		Agrupar em subsistemas, de forma que eles podem ser facilmente localizados e visíveis	
		Providenciar para que as inspeções possam ser visuais	
	Operação	Providenciar dispositivos indicadores de problemas tais como painéis indicadores	
Utilizar indicadores de sobrecarga, alarme e fusíveis luminosos			
Identificação	Utilizar conexões tipo plug ao invés de conexões soldadas		
		Utilizar código de cores para fiações	

Figura 2 - Fatores e Elementos de Projeto que Afetam a Manutenibilidade

Fonte: Adaptado de Cascone (1992).

Com o entendimento de que o ganho pelo aumento do tempo disponível para produção das unidades fabris é um fator crítico de diferenciação pela a redução de seus custos de produção, Souza, Morellato e Soella (2006) em seu estudo de diagnose de disjuntores e contadores de média e baixa tensão, afirma que para maximizar o tempo produtivo, do ponto de vista de manutenção e controle de processo, há duas estratégias (Figura 3).

Estratégia	Compreensão
Redução de Tempos	Reduzir os tempos de paradas de manutenção por meio de aprimoramentos do planejamento e uso de novas técnicas e/ou tecnologias que acelerem as atividades de manutenção sem perda de qualidade e confiabilidade
Redução de Paradas	Reduzir, ou eliminar, as paradas de produção devido a falhas de equipamento (quebra de peças, queima de equipamentos elétricos, etc)

Figura 3 – Estratégias para Maximizar o Tempo Produtivo

Fonte: Adaptado de Souza, Morellato e Soella (2006).

No estudo de Souza, Morellato e Soella (2006) são relacionadas as estratégias a facilidades para a execução dos serviços de manutenção, principalmente pelo monitoramento por condição e testes de diagnóstico. Busca com isto obter informações que facilitam o

controle dos dispositivos de seccionamento e comutação, possibilitando o adequado planejamento de manutenções futuras. Permite, também, subsidiar estudos para as intervenções de reparo programado ou aquisição de sobressalentes, sem comprometer a estabilidade operacional das unidades produtivas. Como decorrência, influencia positivamente nos aspectos de custo, qualidade, volume de produção, prazo, segurança e meio ambiente.

Outro elemento a ser considerado por uma organização é o local sede da manutenção. Conforme Galvani, Dias e Zürn (2006), em seu estudo sobre metodologia para minimizar o impacto da indisponibilidade não programada sobre a receita do serviço de transmissão de energia elétrica na ELETROSUL, relaciona à qualidade requerida em termos de disponibilidade e confiabilidade à robustez da política de manutenção. Por consequência, constata que é determinante o tempo gasto com o deslocamento dos recursos de manutenção no atendimento às ocorrências ou indisponibilidades não programadas. Entre as conclusões que apresenta, destaca que a qualidade de vida do pessoal é um fator muito importante, e está relacionado ao local para instalação da equipe de manutenção. Na tomada de decisão para a implantação de uma estrutura de manutenção, afirma que isso geralmente traz como consequência poucas opções de local para a instalação de uma equipe de manutenção, mas deve ser considerada como um requisito da maior importância. Como justificativa, argumenta que a equipe passa grande parte do tempo em sua sede e terá mais motivação para o trabalho quando puder agregar qualidade de vida.

Gonçalves e Nagano (2005), ao estudar o desempenho e problemas em redes protegido compactas desenvolvido na COPEL (Companhia Paranaense de Eletricidade), traz à discussão questões relacionadas à inovação e à melhoria, elementos exigidos naturalmente na gestão dos processos. Em seu desenvolvimento, trata a questão como um problema que se estende desde a necessidade de alteração de procedimentos na manutenção, principalmente na metodologia de inspeção com utilização de equipamentos para a inspeção instrumental, até mudanças na operação. Além disto, pode provocar alteração nos projetos de materiais utilizados na construção, e identificados por equipes de manutenção como causadores de desligamentos acidentais. Considerando os resultados obtidos favoráveis, observa que novas tecnologias sempre necessitam de acompanhamento técnico para verificar a sua real efetividade. A conclusão aponta que se torna de suma importância a contribuição da área de manutenção para que seja atendida a proposta de melhoria de confiabilidade e continuidade. O retorno verificado e os subsídios da área de manutenção são primordiais para o desenvolvimento de novos procedimentos de manutenção e operação, principalmente para subsidiar o

desenvolvimento de novas tecnologias em materiais utilizados. Para a manutenibilidade, além do impacto dos novos requisitos e indicadores, há a repercussão de novos materiais, recursos e procedimentos envolvidos.

PROCEDIMENTOS NA EXECUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Para evitar a ocorrência de não conformidades na execução de serviços de manutenção, que podem levar a riscos aos mantenedores e aos processos, há diferentes visões e modelos de interpretação e intervenção. Com relação a eventos que colocam em risco a saúde e à vida pela falta de segurança e não conformidade em relação ao comportamento ambiental, alguns modelos identificam que o risco existe por não conformidade da execução, devido a modelos de atendimento às tarefas. Nesta abordagem, o estudo pode considerar fatores organizacionais com relação aos aspectos cognitivos e sociais, aos elementos históricos, culturais e éticos e às relações de trabalho, tendo uma maior percepção das necessidades humanas e impositivas legais, regulamentadoras e normativas.

Com esta percepção, Almeida (2006) caracterizou erro humano como não conformidades na execução que levam a um acidente, como um acidente organizacional. Desta forma caracteriza o acidente, antes de tudo, como o produto de uma organização sociotécnica. Não mais somente como resultado de uma combinação 'azarada' (conforme palavras textuais do autor) de falhas passivas e latentes com falhas ativas e diretas; não mais somente como resultado de uma combinação específica de erros humanos e de falhas materiais. Assim, trata o acidente como enraizado na história da organização: uma série de decisões, ou ausências de decisões; a evolução do contexto organizacional, institucional, cultural que interfere no futuro do sistema; a evolução (a degradação) progressiva de condições ou fatores internos à organização; alguns eventos particulares que têm um impacto notável sobre a vida e o funcionamento do sistema sociotécnico, criando uma situação desfavorável, favorável às condições para que o acidente (ou um incidente) se insira e se desenvolva... o acidente incuba. O período de incubação pode ser longo...

Sobre à execução de tarefas, Slavutzki (2010) estrutura as causas dos acidentes do trabalho como sendo causas gerenciadas pelos empregados, que caracteriza como causas comportamentais, e causas gerenciadas pela empresa, identificadas pelo autor como causas organizacionais. Nesta classificação, com relação a conformidades normativas relativas a causas comportamentais, referencia como causa os erros na aplicação de regras conhecidas;

com relação a conformidades normativas relativas a causas organizacionais, o autor referencia as falhas decorrentes do mau uso ou da má manutenção, falha decorrentes do uso normal, como falhas decorrentes do projeto e à divergência rotineira da atividade prescrita e real, Figura 4.

Causas dos Acidentes com Relação à Conformidade na Execução das Tarefas	
Comportamentais	Organizacionais
Aplicação de regras conhecidas	Falhas decorrentes do mau uso ou da má manutenção
	Falhas decorrentes do uso normal
	Falhas decorrentes do projeto
	Divergências rotineiras da atividade prescrita e real

Figura 4 – Causas Comportamentais e Organizacionais

Fonte: Autoria própria (2010).

Em uma abordagem sobre a estrutura de tomada de decisões, Reys (1995) com a intenção de caracterizar e diferenciar os riscos em manutenção, no estudo sobre a Determinação de Critérios para a escolha de Metodologias de Manutenção, busca a determinação da metodologia mais adequada de manutenção pela observação da esfera de decisão da atividade de manutenção. Nele, trata um dos elementos complexos do ambiente de manutenção que é a aprendizagem e a retenção de conhecimentos sobre o desempenho de sistemas. Parte do entendimento de que este elemento é parte fundamental do gerenciamento e que as consequências das falhas, com estas causas, podem atingir questões de segurança patrimonial e das pessoas. Sua reflexão se dá na diferença básica entre as acepções de risco sob o ponto de vista da engenharia e o da sociedade (risco oferecido por um equipamento ou sistema). Para isto, utiliza o exemplo de um avião cair, que para a engenharia se trata da identificação dos pontos de risco e estimação destes; para a sociedade, trata-se de uma questão vital. A questão que se coloca, neste cenário, não seria se a de que a visão da engenharia deveria ou não se restringir ao pragmatismo da função?

Nesta problemática e na busca de ações gerenciais em um encaminhamento pragmático para a conformidade da execução de tarefas e atividades, Mason (2000) avalia que os erros humanos comprometem a segurança e o desempenho de várias maneiras (Figura 5). Em sua visão, os erros são inerentes à execução dos serviços pelo mantenedor, devendo ser corrigidas a partir destes.

Modo	Causa	Ação Gerencial
Violação dos Procedimentos	Vantagens do executor em curto prazo	Controle de Tarefas
	Riscos de dano do equipamento se o trabalho não é terminado ou não feito da maneira especificada	Relatório de Serviço
	A probabilidade do mantenedor ser identificado	Relatório de Serviço
	O tempo alocado ao trabalho em relação ao tempo para apropriar completamente ao procedimento aprovado	Revisão da Instrução
Enganos	Se uma regra ou procedimento foi esquecido, ou nunca foi completamente compreendida, então o mantenedor poderia tomar uma decisão errada durante um procedimento com alguma novidade	Capacitação
Deslizes e Lapsos	Um mantenedor pode ser distraído ou ter falta de concentração e inadvertidamente ter uma ação não conforme	Métodos a Prova de Falhas

Figura 5 – Violação de Procedimentos

Fonte: Adaptado de Mason (2000).

Também com a intenção de buscar a conformidade da execução, Hobbs e Benier (2006) adota a lógica das barreiras de erro. O autor parte de um método rápido de juntar informação sobre incidentes cotidianos e atos inseguros em manutenção, para identificar erro e criar condições no lugar de trabalho e barreiras preventivas em relação a não conformidades na execução. As barreiras são especificações de um sistema, postas em um lugar específico, para administrar condições não desejadas. A proposta é de que as barreiras apontem um erro de manutenção como se fossem luzes de advertência, como coberturas em interruptores e engrenagens, seguindo a intenção dos métodos a prova de falhas. Para garantir a manutenibilidade, onde procedimentos são insuficientes ou de difícil implantação, as barreiras se constituem em métodos ou restrições que auxiliam a conformidade da manutenção. Com esta mesma preocupação, ao estudar a Influência da Confiabilidade Humana e dos Equipamentos na Aplicação do Sistema Toyota de Produção, Silva et al. (2005) propõe a criação de um ambiente com uma metodologia de Gestão Operacional tendo como alvos as falhas, responsabilidades, resultados, capacitação, confiabilidade, matéria prima, motivação, qualidade, padronização, deslocamentos, prevenção e cumprimento de prazos, conforme Figura 6. O método desenvolvido pelo autor sobre a investigação das falhas prevê diferentes fases (Figura 7), agrupadas em três macro-fases para forma a melhor representar o processo.

Característica	Alvo
Foco	Equipe com foco total na eliminação de falhas (utilizar conceito de segurança); Falhas: perda de material, tempo, movimento, retrabalho
Responsabilidade	Responsabilidades divididas entre todos os funcionários da fábrica, para maior atuação nos problemas ocorridos
Resultados	Resultados monetários obtidos, utilizados para alavancar novas mudanças, celebrar as conquistas
Lideranças	Lideranças treinadas e com responsabilidades definidas
Confiabilidade	Equipamentos de produção e medição confiáveis
Pontos de Falhas	Pontos geradores de falhas claramente identificados e com informações confiáveis
Matéria-Prima	Fornecimento de matéria-prima confiável em prazo e qualidade
Motivação	Equipes de operação preparadas e motivadas para assumir multifunção
Falhas	Eliminação do índice de geração de falhas (%)
Qualidade	Eliminação do índice de produtos com falhas (%)
Padronização	Atividades em operação padronizadas e balanceadas
Deslocamentos	Baixa movimentação de materiais dentro da fábrica
Prevenção	Sistemas eficientes com finalidade de detecção de problemas, implantados em todas as máquinas e departamentos
Atendimento	Atendimento aos prazos de entrega combinados e cumpridos em cem por cento dos pedidos

Figura 6 - Metodologia de Gestão Operacional

Fonte: A autoria própria (2010).

Macro-Fase	Fases
Levantamento e Análise de Informações	Coleta de dados e informações
	Entrevistas (pessoal de operação, manutenção, engenharia,...)
	Registros fotográficos ou similares
	Análise do histórico do equipamento
	Avaliação das políticas de manutenção praticadas
	Avaliação dos padrões operacionais praticados
	Avaliar o nível de treinamento de todo pessoal envolvido
	Consulta a banco de dados de casos parecidos ou similares
Verificação	Condução de testes em laboratórios
	Uso de simulações
Resultados	Análise das evidências
	Formulação das conclusões
	Relatório Final

Figura 7 – Fases do Método de Gestão Operacional

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2005).

REQUISITOS DE MANTENABILIDADE

Na busca da melhoria da disponibilidade e da confiabilidade pela conformidade dos processos de manutenção, verificou-se um amplo espectro de abrangência nos artigos *Mantenabilidade: da Tarefa aos Resultados Organizacionais* (MUNIZ; AMARAL, 2010a) e *Mantenabilidade e a Estratégia nas Organizações* (MUNIZ; AMARAL, 2010b) quanto à *mantenabilidade associada à execução dos serviços de manutenção*. Esta amplitude se deve à diversidade de visões, áreas de conhecimento, métodos e abordagens técnicas e filosóficas. Portanto, para identificar os requisitos de *mantenabilidade*, na busca por uma melhor execução dos serviços em uma organização, resulta em identificar e classificar estes requisitos.

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS REQUISITOS DE MANTENABILIDADE

No desenvolvimento da identificação dos requisitos de sustentabilidade estudados nos artigos de Muniz e Amaral (2010a; 2010b), considerou-se principalmente o aspecto de gerenciamento de projetos relativo ao controle no PMBOK (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2009), particularmente no sentido de garantir a não existência de distorções quanto às literaturas pesquisadas. Com relação à estrutura das organizações, com a finalidade de compreender os resultados obtidos, adotou-se a definição de estrutura organizacional de Oliveira (1990), onde uma organização é definida como a ordenação e agrupamento de atividades e recursos, visando ao alcance dos objetivos e resultados estabelecidos. O autor, para a adequada organização de uma empresa, considera os aspectos relativos à estrutura organizacional e a rotinas e procedimentos administrativos.

Para a identificação e agrupamento dos principais requisitos, utilizou-se método de fases e passos adotado por Muniz (2009), a partir da relação existente entre os requisitos de manutenção observados, conforme apresentado na Figura 8. As fases representam a intenção buscada, enquanto os passos representam as atividades desenvolvidas para identificação e classificação por área dos requisitos de sustentabilidade.

Fases	Passos	Procedimento
Identificação	1	Identificação dos requisitos das legislações e normas
	2	Identificação dos requisitos das organizações
Organização	3	Agrupamento dos requisitos de sustentabilidade
	4	Quantificação dos requisitos de sustentabilidade
Classificação	5	Agrupamento dos requisitos por área de abrangência
	6	Compactação dos requisitos por área de abrangência
	7	Relacionamento do Requisito à fonte de pesquisa
Definição	8	Definição dos Requisitos Gerais de Sustentabilidade

Figura 8 – Método para Identificação dos Requisitos

Fonte: Autoria própria (2010).

Na identificação dos requisitos verificados por Muniz e Amaral (2010b) em legislações, normas e organizações, no total foram 168 requisitos, sendo 60 relacionados a normas e legislação e 108 resultado de verificação em artigos e trabalhos técnicos referentes a organizações. A seguir, por abrangência, foi feita relação dos requisitos por sua função que cada um tinha em relação à legislação, normas e práticas; considerando os requisitos provenientes das demandas das organizações, por suas identidades, reduziu-se o número a 81 requisitos.

Na sequência, fez-se o agrupamento dos requisitos em seis áreas, que representam as abordagens formalmente encontradas em organizações com a finalidade de aproveitar as especializações, maximizar os recursos disponíveis, controlar, coordenar, descentralizar, integrar ambiente e organização e reduzir conflitos Amorim (2008). As áreas para classificação foram assim identificadas: Ambiente-A, Capacitação-C, Gestão-G, Infraestrutura-I, Segurança-S e Técnico-T. A área de ambiente insere aspectos relativos a local, meio ambiente, condições ambientais, e necessidades; a área de capacitação, representa aspectos relativos a capacitação, conhecimento, competências, relação de trabalho e ambiente organizacional; a área de gestão envolve aspectos relativos à gerência, método, planejamento, controle, avaliação, desempenho e registros; a área de infraestrutura compreende aspectos relativos a recursos e meio; a área de segurança trata de riscos e prevenção; e a área técnica repercute aspectos técnicos relativos a definições de projeto, de operação e de execução de serviços. Neste passo resultaram 74 requisitos.

Nesta configuração percebeu-se a relação entre as áreas e os diferentes requisitos, isto porque um requisito não se enquadra apenas em uma das classificações de áreas de abrangência propostas. Como exemplo, as restrições climáticas e ambientais, relativas a ambientes, refletirão nas áreas de capacitação, enquanto técnica, gestão, programação, infraestrutura, meios e recursos e segurança, com especificidades para cada condição de trabalho expressa em uma instrução dedicada.

Considerando que uma das orientações práticas é de que um número grande de indicadores torna o processo de gerenciamento sem foco e muito difícil de gerenciar, onde Tavares (1998) afirma que as características fundamentais que os indicadores de manutenção devem ter é serem poucos, mas suficientes para analisar, claros, para entender e calcular e úteis, para rapidamente saber como as coisas estão e porque, fez-se a compactação dos requisitos, de forma a garantir a repercussão da influência de cada um por suas definições, resultando em 49 requisitos de mantabilidade.

Fez, então, a relação entre os requisitos e suas fontes literárias, de forma a garantir suas identidades originais, para melhor condição de entendimento. Na Figura 9 são apresentados os requisitos necessários para atendimento das condições adequadas para execução de serviços de manutenção.

	Requisitos	Área	Fontes
1.	Acessos fáceis e seguros a todos os locais	A	NR17, NBR 5674, Pinto e Nascif 1998, Vieira 2007,
2.	Atendimento a necessidades Básicas	A	Cascone 1992, Duek 2005, Muniz 2005, NR17,NBR14280, Oliveira 2006, Oshsas18001, SA8000, Silva et al. 2005
3.	Consideração das restrições climáticas e ambientais	A	NBR5674, Nr17, Nunes e Valladares 2004,
4.	Durabilidade dos sistemas e equipamentos nas condições ambientais	A	Graziano 2006, Nbr14280
5.	Geração de resíduos e efluentes	A	Iso14000, Muniz 2005, Oliveira 2007,
6.	Capacidade de Atitude e Responsabilidade	C	ISO16949, Kardec e Zen 2002, Mason 2000, Muniz 2005, NBR15100, Reys 1995, Silva et al. 2005
7.	Política de Capacitação e Competência	C	BS3811, Dhillon e Liu 2006, Gonçalves e Nagano 2005, ISO16949, Kardec e Zen 2002, Mason 2000, Muniz 2005, Pinto e Nascif 1998, SA8000, Salermo 2005, Silva et al. 2005, Slavutzki 2010
8.	Pró-Atividade na execução	C	ISO16949, Kardec e Zen 2002, Muniz 2005, NBR15100, Nunes e Valladares 2004, Oliveira 2007, SA8000
9.	Quebra de tradições	C	Kardec e Zen 2002, Muniz 2005, Oliveira 2007, Pinto e Nascif 1998, Salermo 2005
10.	Benchmark nas práticas	G	ISO16949, Kardec e Zen 2002, Muniz 2005, NBR15100, Oliveira 2007
11.	Deslocamentos reduzidos	G	Oliveira 2007, Pinto e Nascif 1998
12.	Gerenciamento de Paradas	G	Oliveira 2007, Souza, Morellato e Soella 2006
13.	Impacto da ação corretiva	G	Galvani, Dias e Zürn 2006, Kardec e Zen 2002
14.	Informações claras, concisas e fácil compreensão entre todas as atividades	G	Muniz 2005, Nbr14280, Oshas18001, Pinto e Nascif 1998, Salermo 2005, SA8000, Silva et al. 2005, Silva 2007
15.	Organização Prévia do Trabalho	G	Almeida 2001, Dhillon e Liu 2006, Gonçalves, Odellius e Ferreira 2001 Gonçalves e Nagano 2005., ISO16949, Muniz 2005, NBR15100, Nr17, Oshas18001, Vieira 2007,
16.	Planejamento de peças e módulos de reposição	G	Cascone 1992, Galvani, Dias e Zürn 2006, Gonçalves e Nagano 2005, NBR 5674, Pinto e Nascif 1998
17.	Política de manutenção	G	ISO16949, Muniz 2005, NBR5674, NBR15100, Nr17, Pinto e Nascif 1998
18.	Programação e Controle de Manutenção com relação ao ciclo de vida	G	Crespo-Marquez 2008, Dhillon e Liu 2006, Fabel, Campos e Araújo 2006, ISO16949, Muniz 2005, NBR15100, NBR5674, Oliveira 2007, Oshas18001, Vieira 2007,
19.	Registros de experiência acumulada	G	NBR5674, Nbr14280, SA8000,
20.	Regras de criticidade para o planejamento	G	Muniz 2005, Oshas18001, SA8000,
21.	Relatório de Serviços e Inspeções	G	ISO16949, Mason 2000, NBR5674, NBR15100, Silva et al. 2005, Slavutzki 2010
22.	Supervisão de Manutenção	G	Budai 2006, Cascone 1992, Pinto e Nascif 1998, Vieira 2007
23.	Técnicas comuns, clássicas e de domínio geral	G	ISO16949, NBR15100, Pinto e Nascif 1998
24.	Desenhos e plantas disponíveis e atualizadas	I	Muniz 2005, NBR5674
25.	Dispositivos de sinalização e proteção dos usuários	I	NR17, Oshas18001
26.	Ferramentas adequadas e universais	I	Pinto e Nascif 1998, Salermo 2005, Silva et al. 2005, Vieira 2007

Continua...

... continuação.

27.	Logística	I	Galvani, Dias e Zürn 2006, Oliveira 2007, Silva 2007, Silva et al. 2005
28.	Qualidade técnica de materiais e utensílios	I	Galvani, Dias e Zürn 2006, NBR15100, ISO16949, Salerno 2005, Souza, Morellato e Soella 2006,
29.	Determinação de pontos de fragilidades	S	Hobbs e Benier 2006, Nbr14280, Sellitto 2007,
30.	Determinação dos Pontos de Falhas	S	Almeida 2001, Salerno 2005, Silva et al. 2005
31.	Métodos a Prova de Falhas	S	Hobbs e Benier 2006, Oliveira 2007
32.	Redução da Exposição ocupacional a riscos	S	Nr17, Oliveira 2007, Oshas18001, Reys 1995, Vieira 2007
33.	Restrição/isolamento da área	S	Nbr14280
34.	Adequação, intercambialidade e Compatibilidade entre dispositivos e equipamentos	T	Cascone 1992, Dekker, Schouteny e Wildeman 1996, Miyasawa2003, Pinto e Nascif 1998
35.	Ambiente de trabalho adequado tecnicamente	T	Dhillon e Liu 2006, Muniz 2005, NBR5674, Nbr14280, Nr17, Oliveira 2007, SA8000,
36.	Autonomia e agilidade para execução	T	,ISO16949, Muniz 2005, NBR15100, Oliveira 2007,
37.	Confiabilidade aplicada	T	Cascone 1992, Dias 2009, Galvani, Dias e Zürn 2006, Gonçalves e Nagano 2005, Graziano 2006, Mason 2000, Nakagawa e Yasui 2005, Nunes e Valladares 2004, Oshas18001, Sellitto 2007, Silva et al. 2005, Souza, Morellato e Soella 2006,
38.	Disponibilização de Matéria-Prima e sobressalentes	T	Almeida 2001, ISO16949, NBR15100
39.	Especificações dos materiais e execução	T	Galvani, Dias e Zürn 2006, ISO16949, Muniz 2005, NBR5674, NBR15100, Oshas18001, Pinto e Nascif 1998, Vieira 2007, SA8000, Silva et al. 2005,
40.	Facilidade de montagem e desmontagem	T	Budai 2006, NBR 5462, Pinto e Nascif 1998, SA8000,
41.	Facilidades para execução	T	Almeida 2001, BS3811, Budai 2006, Cascone 1992, Gurski2002, ISO16949, Muniz 2005, NBR5462, NBR15100, Pinto e Nascif 1998, Vieira 2007,
42.	Método de detecção da patologia perto da ocorrência	T	ISO16949, Kardec e Zen 2002, NBR5674, NBR15100, Salerno 2005
43.	Não dependência estocástica e estrutural entre componentes	T	Dekker, Schouteny e Wildeman 1996
44.	Padronização e revisão de procedimentos	T	Almeida 2001, Cascone 1992, Crespo-Marquez 2008, Dekker, Schouteny e Wildeman 1996, Duek 2005, ISO16949, Muniz 2005, NBR15100, SA8000, Silva et al. 2005, Slavutzki 2010, Vieira 2007
45.	Redução de Complexidade das tarefas	T	Budai 2006, Nr17
46.	Reforma de Equipamentos antigos	T	Cascone 1992
47.	Sistemas de indicação de condições anormais ou falhas	T	ISO16949, NBR15100, NR17, SA8000,
48.	Uso do mínimo de especializações de manutenção	T	Cascone 1992, ISO16949, NBR15100,
49.	Uso mínimo de ajustes	T	Cascone 1992

Figura 9 – Requisitos Gerais de Manutenibilidade

Fonte: Autoria própria (2010).

A importância da identificação dos requisitos com as áreas de abrangência também ocorre em função da relação destes com as principais estruturas das organizações, o que pode auxiliar na caracterização objetiva da necessidade de desenvolvimento de políticas específicas em ambientes determinados da empresa para requisitos específicos.

CONCLUSÃO

Pela consideração da manutenibilidade na execução de serviços de manutenção, constatou-se que mudanças organizacionais são necessárias. Estas mudanças se sustentam em requisitos de manutenibilidade que não têm foco somente na engenharia. De outra forma, mesmo ao considerar que as condições objetivas de cada serviço são próprias ao momento de execução em dado ambiente, em uma organização, não se verifica que a alternativa se sustenta em modelos onde para cada tipo de execução tem uma forma de intervenção. A constatação é de que há condicionantes de custo, capacitação, planejamento e controle da manutenção, entre outros elementos envolvidos, que limitam a adoção de indicadores que desconsiderem as estratégias organizacionais, em seu desdobramento até a manutenção. Uma alternativa que se coloca, visto que muitos dos fatores de variabilidade estão relacionados à manutenibilidade, é identificar os mais importantes requisitos para uma melhor manutenibilidade. Assim, posteriormente, poderá se constituir uma sistemática de gestão da manutenibilidade que possibilite, de forma geral, atender a diversidade de intervenções a partir de parâmetros necessários e admissíveis nos ambientes organizacionais.

De outra forma, abordar o tema da manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção e suas implicações favorece a discussão da confiabilidade de processos e seus componentes, sob enfoques que podem interferir em esferas e ambientes da organização que normalmente não sofrem questionamentos. Interferir em processos a partir de requisitos de infraestrutura, recursos, segurança, saúde e meio ambiente, que impactam em custos que não são tão facilmente justificados em relação aos resultados da organização, são de difícil decisão e podem impactar em alteração nos métodos de tomadas de decisão e nas estruturas de poder. Por exemplo, para submeter o setor de engenharia de manutenção, com seu modelo de intervenção, restringindo a execução de serviços a condições e procedimentos que considerem conformidade legal, normativa e de práticas sustentáveis, poderá inverter a criticidade das decisões, levando a priorizar a critérios como segurança e meio ambiente a serem mais importantes que o processo produtivo, e aos objetivos de lucro da empresa.

Portanto, identificar e reconhecer requisitos de manutenibilidade não abrange apenas uma questão de dimensão técnica. Requer também que a organização eleve sua percepção de relações internas a um patamar de consciência de sua função social e da repercussão quanto ao impacto de seus processos na sociedade, a partir da responsabilidade pelos trabalhadores que executam os serviços de manutenção e pelos impactos dos processos.

Identificar os requisitos de manutenibilidade capazes de garantir uma melhor performance da manutenção, em uma caracterização que considera legislação, normas e práticas, significa nomear não só deficiências organizacionais no momento da execução de serviços de manutenção. Isto possibilita subsidiar planos de melhorias para a efetividade da estratégia e dos objetivos organizacionais, seja pela submissão destes requisitos à política de manutenção quanto, também, pelo atendimento da função social das empresas.

Os requisitos gerais da manutenibilidade possuem a clareza e a objetividade necessárias para a conformidade na execução dos serviços de manutenção. O mérito é dado por identificarem os fatores que afetam à manutenção, com relação direta nos resultados da produção, e por orientar tomadas de decisões na direção de melhorias. Beneficiam-se com isto as organizações, pelos resultados, e os trabalhadores, pela melhoria do nível técnico, pelas condições e meios de execução de tarefas e por melhores condições de trabalho em um ambiente mais seguro e saudável.

Ao comparar os Requisitos Gerais de Manutenibilidade com os praticados em uma organização, por princípio de análise, poder-se-á avaliar o grau de observação e atendimento. Isto pode oferecer a possibilidade, portanto, de verificar as condições técnicas e sociais que a empresa está operando, com relação à manutenibilidade. Com isto, e considerando a conceituação de manutenibilidade admitida, oferece condições para construir uma sistemática que seja capaz não só de verificar a observação a estes requisitos, mas conceber ações de melhoria na manutenibilidade operada. Assim, tornar-se orientadora para as melhorias necessárias à conformidade dos processos de manutenção.

Uma política organizacional poderá partir de fases distintas para melhorar a manutenibilidade de uma organização, em seus desdobramentos estratégicos. A primeira fase, a partir das constatações deste estudo, verificará o estado de consideração dos requisitos de manutenibilidade; a segunda poderá realizar um diagnóstico do funcionamento da manutenção, da execução dos serviços, pela consideração de informações organizacionais considerando as estruturas, projetos, operação, instruções e funcionamento da manutenção; a terceira proporá as melhorias necessárias para consideração dos Requisitos Gerais de Manutenibilidade na programação da manutenção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ildeberto Muniz de. Abordagem sistêmica de acidentes e sistemas de gestão de saúde e segurança do trabalho. **InterfacEHC** - Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio-Ambiente, São Paulo, v. 1, n. 2, art. 1, p. 1-27, dez. 2006. Disponível em: <http://www.interfacehs.sp.senac.br/br/artigos.asp?ed=2&cod_artigo=32>. Acesso em: 07 dez. 2010.

AMORIM, Clezio Gontijo. **Estrutura organizacional**. 2008. Disponível em: <<http://www.filemeta.com/preview.php?url=687474703a2f2f7777772e7072682e75666d612e62722f61706f7374696c61732f6573747275746f7267616e697a6163696f6e616c2e707074&fname=455354525554555241204f5247414e495a4143494f4e414c&country=jp&filetype=ppt>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14000**: pastas celulósicas - determinação do teor de cinza insolúvel em ácido. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14280**: cadastro de acidentes do trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: manutenção de edificações – procedimento norma regulamentadora nº 10. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO16949**: sistemas de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

CASCONE, Nicésio Ronan. **Metodologia para análise e otimização da confiabilidade, da manutenibilidade e da disponibilidade de um processo contínuo**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

DHILLON, B. S.; LIU, Y. Human error in maintenance: a review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 2, p. 21-36, 2006.

DIAS, Acires. **Confiabilidade na manutenção industrial**. Disponível em: <http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/confiabilidade_na_manutencao_industrial.pdf>. Acesso em: 10 maio 2009.

DUEK, Carlos. **Análise de confiabilidade na manutenção de componente mecânico de avião**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GALVANI, Lúcio Volnei; DIAS, Acires; ZÜRN, Hans Helmut. Metodologia para minimizar o impacto da indisponibilidade não programada sobre a receita do serviço de transmissão de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 21., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Associação Brasileira de Manutenção, 2006. 1 CD-ROM

GONÇALVES, Rose Mary; ODELIUS, Catarina Cecília; FERREIRA, Mário César. Do trabalho prescrito ao trabalho real: a transformação da informação em notícia de rádio. **INTERCOM** - Revista Brasileira de Comunicação, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 47-71, 2001.

GONÇALVES, Vando Garcia; NAGANO, Gilberto Kazuyuki. Desempenho e problemas em redes protegidas compactas (Cabos XLPE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 20., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Manutenção, 2005. 1 CD-ROM

GRAZIANO, Nunziante. **Análise de confiabilidade e melhoria da taxa de falhas para cubículos classe 15 KV**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HOBBS, Alan; BENIER, Steve. ?You won?t even know we are working on it? Human factors in airways facilities maintenance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AUSTRALIAN AVIATION PSYCHOLOGY ASSOCIATION, 7., 2006, Australia. **Anais...** Australia: Australian Aviation Psychology Association, 2006. 1 CD-ROM

KARDEC, Allan; ZEN, Milton. **Gestão estratégica de fator humano**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MASON, Steve. Improving maintenance by reducing human error. In: ANNUAL HUMAN FACTORS IN AVIATION MAINTENANCE SYMPOSIUM, 14., 2000, Ottawa. **Anais...** Ottawa: [s.n.], 2000. Disponível em: <http://www.plant-aintenance.com/articles/maintenance_human_error.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2009.

MUNIZ, Rui Paulo Dias. Melhoria da performance pelo OEE. In: SEMINÁRIO GAÚCHO DE MANUTENÇÃO, 18., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Manutenção, 2009. 1 CD-ROM

MUNIZ, Rui Paulo Dias; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Capacitação e qualificação dos trabalhadores da atividade de manutenção e operação de sistemas e equipamentos eletro-eletrônicos na UFRGS**. Porto Alegre: Escola de Engenharia/UFRGS, 2004.

MUNIZ, Rui. Manutenção criativa. In: SEMINÁRIO GAÚCHO DE MANUTENÇÃO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO, 14., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRAMAN, 2005. 1 CD-ROM.

MUNIZ, Rui; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Mantenabilidade e a estratégia nas organizações**. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2010b.

MUNIZ, Rui; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Mantenabilidade**: das tarefas aos resultados organizacionais. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2010a.

NAKAGAWA, Toshio; YASUI, Kazumi. Note on optimal redundant policies for reliability models. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 11, n. 1, p. 104-117, 2005.

NUNES, Enon Laércio; VALLADARES, Angelise. Gestão da manutenção e do conhecimento como estratégia na instalação de unidades geradoras de energia elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABEPRO, 2004. 1 CD-ROM

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT. **OHSAS 18001**. Canadá, 1999.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas, organização & métodos**: uma abordagem gerencial. São Paulo: Atlas, 1990.

OLIVEIRA, Silas Santos de. Planejamento estratégico da manutenção um fator de competitividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 22., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Manutenção, 2007. 1 CD-ROM

PINTO, Alan K.; XAVIER, Júlio A. N. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymarck, 2001.

PINTO, Alan Kardec; NASCIJ, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**: guia PMBOK. 4. ed. Estados Unidos: Project Management Inst-Id, 2009.

REYS, Marcos Alves dos. **Determinação de critérios para a escolha de metodologias de manutenção**. 1995. (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

SALERMO, Lia Soares. **Aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta e da manutenção autônoma aos serviços de manutenção dos sistemas prediais de água**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SILVA, Ademir Dias da et al. A influência da confiabilidade humana e dos equipamentos na aplicação do sistema Toyota de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 20., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Manutenção, 2005. 1 CD-ROM

SILVA, Alisson Martins da. A manutenção preditiva e a engenharia de manutenção aplicadas como ferramentas para aumento da disponibilidade e manutenibilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 22., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Manutenção, 2007. 1 CD-ROM

SLAVUTZKI, Luis Carlos. **Metodologia para avaliação e classificação de causas de acidentes do trabalho**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL. **SA 8000**. New York, 2001.

SOUZA, Riberte Dias de; MORELLATO, Jeremias; SOELLA, Ivan. Diagnose de disjuntores e contadores de média e baixa tensão. In; CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 21., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Associação Brasileira de Manutenção, 2006. 1 CD-ROM

TAVARES, Lourival. Índices de mantenimiento. **Revista Manutencao y Qualidade**, n. 19, p. 20-23, 1998.

TAVARES, Lourival; CALIXTO, Marcos; POYDO, Paulo Roberto. **Manutenção centrada no negócio**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2005.

VIEIRA, Sérgio José Rocha. **A adoção do conceito de manutenibilidade como estratégia para a inovação da gestão da manutenção civil da FIOCRUZ**. 2007. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de C & T em Saúde) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.

**ARTIGO 4 - REQUISITOS DE MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS
SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO**

Requisitos de Mantabilidade na Execução dos Serviços de Manutenção

Resumo

Requisitos de mantabilidade, responsáveis pela conformidade da execução dos serviços de manutenção, garantem melhorias nos resultados organizacionais e as condições adequadas da execução quanto a ambiente, segurança e saúde. Estes são aspectos ergonômicos que preservam a integridade dos ativos e a vida plena dos trabalhadores. Para uma efetiva caracterização desses requisitos é necessário extrapolar a pesquisa na literatura e buscar a percepção de mantenedores experientes sobre a consideração e repercussão desses para a conformidade dos processos de manutenção. O estudo tem por objetivo verificar junto a especialistas de manutenção a importância e a aplicabilidade dos requisitos de mantabilidade já identificados, bem como qualificá-los em criticidade de forma a priorizar a implantação de melhorias e inovações nos processos de execução de serviços de manutenção, que repercutirão nos resultados organizacionais.

Palavras-Chave: Confiabilidade. Ergonomia. Resultados. Segurança. Saúde.

Abstract

Maintainability requirements, which are responsible for the conformity in the performance of maintenance services, ensure the improvement of the organizational results and the adequate conditions for the performance in the matter of environment, safety and health. These are ergonomic aspects which preserve the integrity of the assets and the well-being of the working crew. To an effective characterization of these requirements, it is necessary to go beyond the literature research and check the perception of experienced maintenance performers about their considerations and repercussions for the conformity of maintenance services. The study aims to investigate towards maintenance experts the importance and applicability of the identified maintainability requirements, as well as to qualify them by critique, so to establish a preference for the implementation of improvements and innovation in the processes of performance of maintenance services, which will present consequences on the organizational results.

Keywords: Reliability. Ergonomics. Results. Safety. Health.

INTRODUÇÃO

Serviço, em uma linguagem jurídica, que referencia direitos e responsabilidades, quer dizer o exercício de qualquer atividade intelectual ou material com finalidade lucrativa ou produtiva (DINIZ, 1998). Partindo dessa consideração, em uma conjuntura de rápidas mudanças econômicas e tecnológicas, os processos e as atividades estão em permanente mudança, exigindo capacidade de inovação e constantes melhorias.

Quanto à inovação em serviços, de acordo com Vargas e Zawislak (2006), é resultado da adoção de inovações tecnológicas desenvolvidas no setor de produção de bens de capital. Assim, a análise da inovação em serviços não é uma análise de um processo de inovação em si, mas a apreciação do processo de difusão de inovações tecnológicas da indústria no setor de

serviços. Assim, Vargas e Zawislak (2006) classifica os tipos de inovação em serviços em quatro grupos: produto, processo, gerencial e mercado. As inovações de produto estão relacionadas com o fornecimento de novo serviço; inovações de processo dizem respeito à modificação de procedimentos prescritos para a elaboração/produção de um serviço (*back office*) ou nos procedimentos de atendimento do usuário/cliente e de entrega do serviço (*front office*); as inovações organizacionais ou gerenciais são aquelas relacionadas com a introdução de novas ferramentas gerenciais ou novos modelos de gestão; e inovações de mercado estão relacionadas com a descoberta de novos mercados, com a identificação de nichos em um mesmo mercado ou, ainda, com a mudança de comportamento da organização no mercado em que ela se insere.

Com relação a melhorias, Andrade (2005) afirma que a qualidade no setor de serviços pode ser melhorada com medidas simples, como: atentar para novas ferramentas como o marketing de serviços; informar ao cliente a qualidade dos serviços prestados, a fim de criar uma expectativa adequada; definir padrões de serviço que possam ser avaliados; planejar os sistemas de atendimento ao cliente; e informar aos funcionários da empresa os padrões de qualidade a serem mantidos.

Enquanto serviço, a manutenção deve atentar para as inovações e melhorias particularmente com relação a procedimentos prescritos, estabelecimento de padrões e planejamento de atividades e tarefas. Isso significa a preocupação com a execução de serviços de manutenção, onde o resultado da atuação repercute na confiabilidade e na disponibilidade do sistema ou equipamento no qual se está exercendo atividade. A programação dos serviços demandados e os processos auxiliares de logística, recursos, infraestrutura, condições e meios, tangíveis às atividades de manutenção, estarão associados ao ambiente, às pessoas, à capacidade e aos resultados das políticas e investimentos organizacionais.

No que concerne à manutenibilidade, em se tratando das condições de conformidade na execução dos serviços de manutenção, essa é o elemento garantidor de confiabilidade sistêmica, associada a indicadores de eficiência, eficácia, de confiabilidade e disponibilidade. Além de abranger aspectos relativos à saúde, segurança, capacidade, competência e disposição, associados a fatores humanos, a manutenibilidade está relacionada também a facilidades, ambientes, recursos e logística, que são afetados pelas estruturas físicas.

Considerando essa visão e as demandas próprias dos processos de manutenção, a identificação dos requisitos da manutenibilidade, que busque sua melhoria, tratada por Muniz e Amaral (2010a; 2010b; 2010c), em seus artigos *Mantenabilidade: da Tarefa aos Resultados Organizacionais*, *Mantenabilidade e a Estratégia nas Organizações* e *Requisitos de Manutenibilidade*, orienta para a necessidade de se verificar a percepção e consideração de profissionais de manutenção com relação aos requisitos identificados na literatura.

A proposta do estudo é de constatar, na prática, se os requisitos de manutenibilidade identificados são capazes de garantir a conformidade da execução dos serviços de manutenção. Busca-se, assim, consolidar uma referência de indicadores necessários à melhoria da manutenibilidade, auxiliando no gerenciamento da eliminação e redução dos intervalos de manutenção de equipamentos. Para tanto, construiu-se pesquisa com profissionais da manutenção com experiência nas atividades de estudo, gerenciamento, chefia e execução de manutenção, que foram denominados no estudo Especialistas em Manutenção. Dessa forma, o estudo verificou com os especialistas em manutenção a importância e a aplicabilidade dos requisitos de manutenibilidade na execução de serviços de manutenção definidos por Muniz e Amaral (2010c). Mais que isso, discutiu a relação existente entre o observado na literatura e a avaliação dos especialistas em manutenção, estabelecendo uma priorização quanto aos requisitos a serem desenvolvidos em uma ação de melhoria ou implantação em uma organização. Com isso, espera-se garantir uma melhor conformidade dos processos de serviços de manutenção.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram considerados para o artigo os estudos desenvolvidos por Muniz e Amaral (2010a; 2010b) nos artigos *Mantenabilidade: da Tarefa aos Resultados Organizacionais* e *Mantenabilidade e a Estratégia nas Organizações*; da mesma forma, foram adotados para o estudo os 49 requisitos de manutenibilidade definidos no artigo *Requisitos de Manutenibilidade* (MUNIZ; AMARAL, 2010c).

Para o cumprimento do objetivo do estudo, foi construída a pesquisa *Requisitos de Manutenibilidade: Análise de Especialistas*, encaminhada por meio de internet a cento e trinta e dois profissionais de manutenção. Esses sujeitos são considerados como especialistas em manutenção, com experiência em atividades de estudo, gerenciamento, chefia e execução de manutenção. A identificação dos especialistas foi feita pela inserção, reconhecimento e

destaque técnico dos profissionais nos meios acadêmicos e de mercado, abrangendo diferentes setores da economia. A pesquisa, antes de sua aplicação, foi testada por meio de entrevistas, seguindo todos os preceitos estabelecidos para sua aplicação. No teste foram observados o método aplicado, entendimento do entrevistado, facilidades, tempo de preenchimento, conformidade dos objetivos e apresentação.

A pesquisa, dividida em quantitativa e qualitativa, buscou identificar a valorização que o especialista afere à importância e aplicabilidade de cada requisito e considerações dos especialistas sobre requisitos de manutenibilidade na execução de serviços de manutenção. A Figura 1 apresenta a relação dos requisitos estratificados por área, onde os especialistas em manutenção foram orientados a apropriar valores contínuos de 1,0 a 10,0 para menor a maior importância e aplicabilidade, respectivamente, em acordo com seu entendimento sobre a importância e a aplicabilidade dos requisitos de manutenibilidade apontados para a execução dos serviços de manutenção. Com relação à questão qualitativa, foi possibilitado aos especialistas em manutenção registrarem suas ponderações sobre o tema no campo Considerações do Especialista sobre Requisitos de Manutenibilidade na Execução de Serviços de Manutenção. Nesse campo não foi estabelecido qualquer regramento para preenchimento.

Área	Requisito	Importância	Aplicabilidade
Ambiente	Acessos fácil e seguro		
	Atendimento a necessidades Básicas		
	Consideração das restrições climáticas e ambientais		
	Durabilidade dos sistemas e equipamentos nas condições ambientais		
	Geração de resíduos e efluentes		
Capacitação	Capacidade de Atitude e Responsabilidade		
	Política de Capacitação e Competência		
	Pró-Atividade na execução		
	Quebra de tradições		
Gestão	Benchmark nas práticas		
	Deslocamentos reduzidos		
	Gerenciamento de Paradas		
	Impacto da ação corretiva		
	Informações claras, concisas e fácil compreensão entre todas as atividades		
	Organização Prévia do Trabalho		
	Planejamento de peças e módulos de reposição		
	Política de manutenção		
	PCM com relação ao ciclo de vida		
	registros de experiências		
	regras de criticidade para o planejamento		
	Relatório de Serviços e Inspeções		
	Supervisão de Manutenção		
Técnicas comuns, clássicas e de domínio geral			

Figura 1 – Planilha de Requisitos de Manutenibilidade

A contextualização do problema foi feita a partir da consideração de que não há a normalização necessária à manutenibilidade, que garanta o atendimento de facilidades na execução das funções de manutenção pela observação de requisitos. Essa condição foi referenciada pela definição de manutenibilidade da Norma NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade, onde é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos. Os requisitos foram identificados por área em Ambiente, Capacitação, Gestão, Infraestrutura, Segurança e Técnica.

A análise estatística adotada para verificar a existência de diferenças significativas frente à opinião dos entrevistados para cada requisito foi a Análise de Variância (ANOVA) com Blocação. Neste caso, para corrigir o efeito de dependência entre a avaliação de cada requisito por cada sujeito, considerou-se na análise o indivíduo entrevistado como bloco. Para verificar a suposição de homocedasticidade, isto é, igualdade de variâncias entre os grupos, procedeu-se o teste de Levene e, quando necessário, foi aplicada uma transformação aos dados. Quando a ANOVA apresentou resultados significativos entre os requisitos, o procedimento de Post Hoc LSD foi adotado para a execução das Comparações Múltiplas.

As análises decorrentes das informações geradas pela pesquisa são apresentadas na conclusão do artigo, onde é apresentado um modelo filosófico para consideração de grupos de requisitos de manutenibilidade a serem identificados prioritariamente em organizações.

RESULTADOS

Para análise dos resultados da importância e aplicabilidade dos requisitos de manutenibilidade constantes na pesquisa *Requisitos de Manutenibilidade: Análise de Especialistas*, contou-se com vinte e oito entrevistas respondidas, de mantenedores que atuam em diferentes segmentos econômicos (petroquímico, informação...) e tipos de processos (metal-mecânico, petróleo entre outros), bem como acadêmicos (Professores, Pós-graduados, etc.) e de representação de classe (Federações, Associações de Classe, etc.).

O perfil dos profissionais, considerados na pesquisa como especialistas em manutenção, é de cinquenta anos de idade na média, sendo que 52% desses possuem pós-graduação, 41% têm nível superior e 7% formação técnica. O tempo de chefia em manutenção de organizações, na média, é de dezoito anos, sendo que 47,8% têm mais de vinte anos de

chefia e, desses, 57% têm mais de trinta anos de chefia; o Gráfico 1 agrupa os especialistas por tempo de chefia na manutenção, percentualmente. Com relação ao tempo de atividade na manutenção, a média é de vinte e sete anos, sendo que 59% têm mais de trinta anos de atuação em manutenção, conforme visualizado no Gráfico 2 por agrupamento expresso em percentagem.

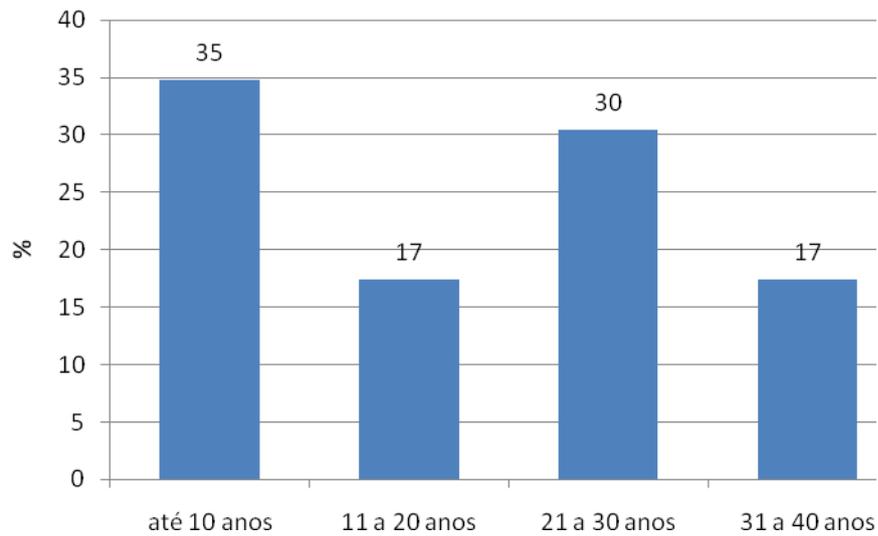


Gráfico 1 – Tempo de Chefia dos Especialistas em Manutenção

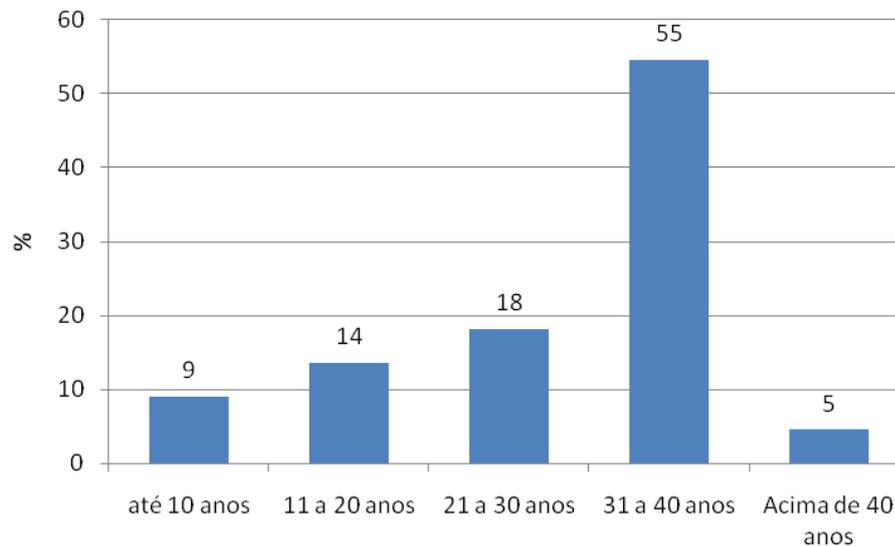


Gráfico 2 – Tempo de Atividade dos Especialistas em Manutenção

VALORES APONTADOS PELOS ESPECIALISTAS AOS REQUISITOS DE MANTENABILIDADE

Tanto para a variável Importância quanto para a variável Aplicabilidade, o teste de Levene apontou a existência de diferenças significativas entre as variâncias dos grupos. Para corrigir isso foi aplicada a transformação logaritmo natural nos dados.

IMPORTÂNCIA DO REQUISITO PARA A MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

A avaliação da existência de diferenças significativas entre os requisitos verificados foi apontada através de uma ANOVA *One-Way*, sendo os requisitos considerados como grupos e as repetições, as avaliações de cada entrevistado. A suposição de homocedasticidade foi verificada através do teste de Levene e apresentou resultados significativos ao nível de 1% de significância nas duas variáveis observadas. Esta violação ao modelo foi corrigida através da transformação logarítmica nos dois casos.

Considerando a variável Importância, o resultado da ANOVA apontou a existência de diferenças significativas entre os requisitos ao nível de 5% ($p < 0,001$). Foi adotado o *Post Hoc* LSD como complemento da Análise de Variância e os resultados são apresentados na Figura 2.

Requisitos	Médias	Resultados do teste*
Reforma de Equipamentos Antigos	6,78	A
Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes	7,14	AB
Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção	7,20	AB
Uso Mínimo de Ajustes	7,26	ABC
Quebra de Tradições	7,42	ABCD
Deslocamentos Reduzidos	7,69	BCDE
Consideração das Restrições Climáticas e Ambientais	7,72	BCDEF
Métodos à Prova de Falhas	7,87	CDEFG
PCM com Relação ao Ciclo de Vida	7,88	CDEFG
Método de Detecção da Patologia Perto da Ocorrência	7,98	DEFGH
Durabilidade dos Sistemas e Equipamentos nas Condições Ambientais	8,09	EFGHI
Geração de Resíduos e Efluentes	8,11	EFGHI
Impacto da Ação Corretiva	8,20	EFGHIJ
Adequação, Intercambiabilidade e Compatibilidade entre Dispositivos e Equipamentos	8,20	EFGHIJ
Registros de Experiências	8,21	EFGHIJ
Acessos Fáceis e Seguros	8,28	EFGHIJK
Técnicas Comuns, Clássicas e de Domínio Geral	8,33	EFGHIJK
Facilidade de Montagem e Desmontagem	8,35	FGHIJKL
Pró-Atividade na Execução	8,36	FGHIJKL
Logística	8,47	GHIJKLM
Redução de Complexidade das Tarefas	8,50	GHIJKLMN
Autonomia e Agilidade para Execução	8,55	HIJKLMN
Facilidades para Execução	8,55	HIJKLMN

Continua...

... continuação.

Qualidade Técnica de Materiais e Utensílios	8,55	HIJKLMN
<i>Benchmark</i> nas Práticas	8,59	HIJKLMNO
Regras de Criticidade para o Planejamento	8,59	HIJKLMNO
Sistemas de Indicação de Condições Anormais ou Falhas	8,65	IJKLMNQP
Informações Claras, Concisas e Fácil Compreensão entre Todas as Atividades	8,66	IJKLMNQP
Planejamento de Peças e Módulos de Reposição	8,67	IJKLMNQP
Atendimento a Necessidades Básicas	8,67	IJKLMNQP
Dispositivos de Sinalização e Proteção dos Usuários	8,71	IJKLMNQP
Ambiente de Trabalho Adequado Tecnicamente	8,80	JKLMNQPQ
Padronização e Revisão de Procedimentos	8,80	JKLMNQPQ
Determinação dos Pontos de Falhas	8,81	JKLMNQPQ
Relatório de Serviços e Inspeções	8,84	JKLMNQPQ
Determinação de Pontos de Fragilidades	8,84	JKLMNQPQ
Restrição/Isolamento da Área	8,85	JKLMNQPQ
Política de Capacitação e Competência	8,87	KLMNOPQR
Confiabilidade Aplicada	8,89	KLMNOPQR
Especificações dos Materiais e Execução	8,91	KLMNOPQR
Política de Manutenção	9,01	LMNOPQR
Supervisão de Manutenção	9,03	MNOPQR
Desenhos e Plantas Disponíveis e Atualizadas	9,07	MNOPQR
Disponibilização de Matéria-Prima e Sobressalentes	9,13	NOPQR
Ferramentas Adequadas e Universais	9,15	NOPQR
Redução da Exposição Ocupacional a Riscos	9,24	OPQR
Capacidade de Atitude e Responsabilidade	9,25	PQR
Organização Prévia do Trabalho	9,41	QR
Gerenciamento de Paradas	9,52	R

Figura 2 - Resultados do complemento da Anova¹ para a variável Importância (LSD)

* Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5%.

¹. Análise de Variância utilizando sujeitos como blocos. $FV=Requisitos$ ($F_{48,1233}=6,669$; $p<0,001$).

Os quesitos com maiores médias, que representam a maior importância segundo os entrevistados, foram: Política de Capacitação e Competência, Confiabilidade Aplicada, Supervisão de Manutenção, Desenhos e Plantas Disponíveis e Atualizadas, Disponibilização de Matéria-Prima e Sobressalentes, Ferramentas Adequadas e Universais, Redução da Exposição Ocupacional a Riscos, Capacidade de Atitude e Responsabilidade, Organização Prévia do Trabalho e Gerenciamento de Paradas (quesitos seguidos da letra R). Observa-se que não constam requisitos relacionados à área de ambiente, diretamente associados ao local de execução de serviços. Por outro lado, os requisitos: Quebra de Tradições, Uso Mínimo de Ajustes, Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção, Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes e Reforma de Equipamentos Antigos, foram os com menor média e, portanto, os considerados menos importantes pelos entrevistados. Essa condição aponta que esses requisitos são negligenciados, estando todos relacionados à área técnica, referência para a execução das tarefas de manutenção.

APLICABILIDADE DO REQUISITO PARA A MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

Considerando a variável Aplicabilidade, o resultado da ANOVA apontou a existência de diferenças significativas entre os requisitos ao nível de 5% ($p < 0,001$). Foi adotado o Post Hoc LSD como complemento da Análise de Variância e os resultados são apresentados na Figura 3.

Requisitos	Médias	Resultados do teste*
Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes	5,98	A
Reforma de Equipamentos Antigos	6,17	AB
Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção	6,19	AB
Uso Mínimo de Ajustes	6,22	ABC
Quebra de Tradições	6,40	ABCD
Método de Detecção da Patologia Perto da Ocorrência	6,67	ABCDE
Métodos à Prova de Falhas	6,77	BCDEF
Adequação, Intercambialidade e Compatibilidade entre Dispositivos e Equipamentos	6,94	CDEFG
Consideração das Restrições Climáticas e Ambientais	7,00	DEFGH
Deslocamentos Reduzidos	7,17	EFGHI
PCM com Relação ao Ciclo de Vida	7,24	EFGHI
Confiabilidade Aplicada	7,26	EFGHIJ
Geração de Resíduos e Efluentes	7,26	EFGHIJ
Sistemas de Indicação de Condições Anormais ou Falhas	7,36	EFGHIJK
Facilidade de Montagem e Desmontagem	7,48	FGHIJKL
Autonomia e Agilidade para Execução	7,48	FGHIJKL
Facilidades para Execução	7,52	GHIJKLM
Desenhos e Plantas Disponíveis e Atualizadas	7,54	GHIJKLM
Redução de Complexidade das Tarefas	7,54	GHIJKLM
Durabilidade dos Sistemas e Equipamentos nas Condições Ambientais	7,59	GHIJKLM
Logística	7,61	GHIJKLM
Determinação de Pontos de Fragilidade	7,66	GHIJKLM
Ambiente de Trabalho Adequado Tecnicamente	7,68	HIJKLM
Disponibilização de Matéria-Prima e Sobressalentes	7,73	IJKLMNOP
Registros de Experiências	7,76	IJKLMNOP
Regras de Criticidade para o Planejamento	7,77	IJKLMNOP
Redução da Exposição Ocupacional a Riscos	7,80	IJKLMNOP
Restrição/Isolamento da Área	7,81	IJKLMNOPQ
Determinação dos Pontos de Falhas	7,83	IJKLMNOPQ
Pró-Atividade na Execução	7,83	IJKLMNOPQ
Benchmark nas Práticas	7,83	IJKLMNOPQ
Padronização e Revisão de Procedimentos	7,85	IJKLMNOPQ
Planejamento de Peças e Módulos de Reposição	7,89	IJKLMNOPQ
Atendimento a Necessidades Básicas	7,98	JKLMNOPQ
Política de Manutenção	7,99	JKLMNOPQ
Qualidade Técnica de Materiais e Utensílios	8,00	KLMNOPQ
Impacto da Ação Corretiva	8,02	KLMNOPQR
Dispositivos de Sinalização e Proteção dos Usuários	8,02	KLMNOPQR
Acesso Fácil e Seguro	8,09	KLMNOPQRS
Informações Claras, Concisas e de Fácil Compreensão entre Todas as Atividades	8,09	KLMNOPQRS
Especificações dos Materiais e Execução	8,09	KLMNOPQRS
Técnicas Comuns, Clássicas e de Domínio Geral	8,13	LMNOPQRS
Política de Capacitação e Competência	8,22	MNOPQRS
Organização Prévia do Trabalho	8,43	NOPQRS
Ferramentas Adequadas e Universais	8,49	OPQRS
Relatório de Serviços e Inspeções	8,52	PQRS
Capacidade de Atitude e Responsabilidade	8,54	QRS

Continua...

... continuação.

Gerenciamento de Paradas	8,74	RS
Supervisão de Manutenção	8,78	S

Figura 3 - Resultados do complemento da Anova¹ para a variável Aplicabilidade (LSD)

* Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5%.

¹Análise de Variância utilizando sujeitos como blocos. FV=Requisitos ($F_{48,1235}=6,336$; $p<0,001$).

Os quesitos de maior aplicabilidade segundo os entrevistados, por eles considerados prioritariamente, foram: Acesso Fácil e Seguro; Informações Claras, Concisas e de Fácil Compreensão entre Todas as Atividades; Especificações dos Materiais e Execução; Técnicas Comuns, Clássicas e de Domínio Geral; Política de Capacitação e Competência; Organização Prévia do Trabalho; Ferramentas Adequadas e Universais; Relatório de Serviços e Inspeção; Capacidade de Atitude e Responsabilidade; Gerenciamento de Paradas; e Supervisão de Manutenção (quesitos seguidos de letra S). Entre esses requisitos, não há representação da área de segurança. Observa-se ainda que Política de Capacitação e Competência, Supervisão de Manutenção, Disponibilização de Matéria-Prima, Ferramentas Adequadas e Universais, Capacidade de Atitude e Responsabilidade, Organização Prévia dos Trabalhos e Gerenciamento de Paradas foram considerados também os mais importantes.

Por outro lado, os requisitos com menor aplicabilidade, segundo os entrevistados, foram: Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes; Reforma de Equipamentos Antigos; Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção; Quebra de Tradições; e Método de Detecção da Patologia Perto da Ocorrência. A grande maioria dos requisitos considerados de menor aplicabilidade para os entrevistados está relacionada à área técnica. Nesse caso, também há intersecção entre os quesitos apontados como tendo menor aplicabilidade e menor importância. Trata-se dos quesitos Quebra de Tradições, Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção, Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes e Reforma de Equipamentos Antigos.

Com relação à qualificação das áreas de classificação dos requisitos quanto à importância, as áreas ambiente e técnica foram as menos qualificadas, mesmo considerando que não há uma diferença marcante entre as áreas nesse quesito. As áreas melhor qualificadas pelos especialistas quanto à importância foram infraestrutura, gestão e segurança – Gráfico 3. Com relação à aplicabilidade, as áreas menos qualificadas pelos especialistas foram técnica, segurança e ambiente; as melhor qualificadas são gestão e infraestrutura – Gráfico 4.

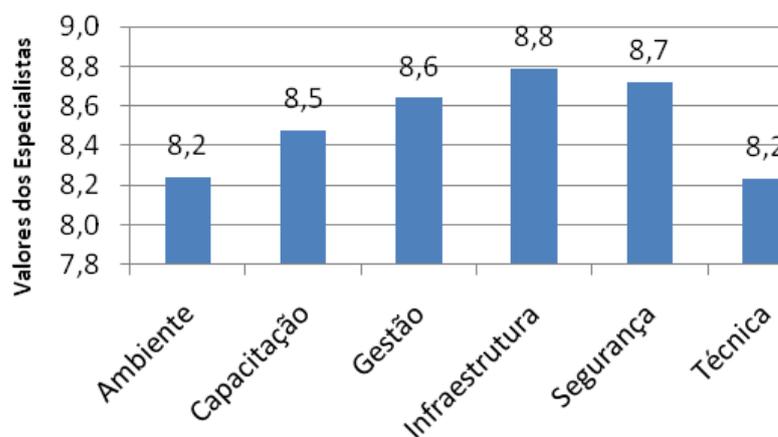


Gráfico 3 – Valores médios dos especialistas para a importância dos requisitos por área

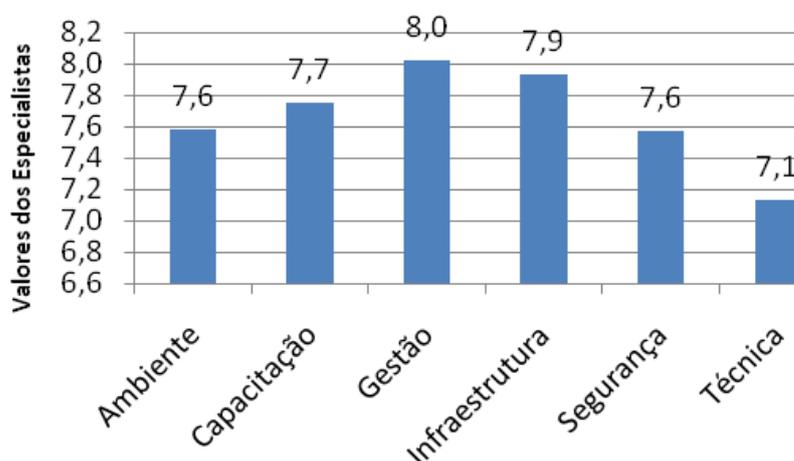


Gráfico 4 – Valores médios dos especialistas para a aplicabilidade dos requisitos por área

CONSIDERAÇÕES DO ESPECIALISTA SOBRE REQUISITOS DE MANTENABILIDADE NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

Quanto às considerações dos especialistas sobre requisitos de manutenibilidade, foram registradas considerações pontuais aos requisitos, bem como a discussão genérica sobre o tema e a questão do estabelecimento de requisitos de manutenibilidade para a execução dos serviços de manutenção em uma organização.

O que se evidenciou nas considerações é que, nos últimos anos, com a busca da preservação do meio ambiente e aumento da segurança nas empresas, a manutenibilidade tem sofrido uma perda que tem de ser compensada com o aumento de produtividade resultante de treinamento, padronização e utilização de materiais e equipamentos de maior confiabilidade e facilidades de manutenção. Essa condição levou à melhoria da manutenibilidade pelo

planejamento da manutenção, englobando necessidade de treinamento, uso de ferramentas, materiais e apoio necessário à execução dos serviços.

Constatou-se que há preocupação com o desenvolvimento de competências e o que foi identificado como governabilidade dos processos, conseguida através das capacitações e experiências que facilitem a identificação de problemas, riscos e processos; há preocupação com o que provoca uma melhor intervenção e tomada de decisão. A consideração do impacto das falhas nos processos e dos custos envolvidos na manutenção e equipamentos também é referenciada. Destaca-se a necessidade de verificar as relações técnicas existentes, tanto com fornecedores como com os clientes, internos e externos, com relação aos ambientes nos quais equipamentos e instalações operam ou são instalados. Identificou-se, nas considerações, a necessidade de existência de uma engenharia de ajustes, que teria por responsabilidade a constante busca na análise das condições, nos ajustes permitidos nas programações e intervenções. Outro fator de destaque é a utilização de registro de histórico e de lições aprendidas no processo de gestão da manutenção.

Como destaque pontual, a necessidade de explicitar com mais ênfase um dos mais importantes fatores para melhoria da mantabilidade, que é a participação dos especialistas de manutenção nas equipes de concepção/projeto original e também na construção/montagem dos novos empreendimentos, sistemas e componentes, evitando as muito comuns dificuldades e deficiências que prejudicariam a mantabilidade futura (*layouts* deficientes, ausência de facilidades para execução, erros de instalação de máquinas – fixação, alinhamento, etc.).

Averiguou-se que a maioria dos problemas mais difíceis de manutenibilidade tem como causa básica questões relacionadas a projeto, montagem e operação; assim, se resolvidas essas causas, muitos problemas de manutenibilidade seriam evitados. Quanto à operação, é importante a interação entre operação e manutenção, onde a equipe de operação deve realizar algumas tarefas de avaliação de equipamentos para garantia da integridade e continuidade operacional. A eliminação do agente causador pela análise de causa básica das falhas diminuiria o nível de intervenção na planta e a aplicação de engenharia de manutenção com o intuito de modernização, adequação e substituição de equipamentos, auxiliando a eficiência da planta.

Em uma verificação mais ampla, há a constatação de que os especialistas entendem que mantabilidade está diretamente ligada à pró-atividade e consciência de fazer bem. O profissional da área tem de usar de todas as técnicas de inspeção, sejam elas sensitivas e/ou preditivas, porque o conhecimento antecipado de qualquer anomalia terá como consequência

a disponibilidade de um tempo maior para a intervenção propriamente dita, e com certeza será essa uma intervenção de dimensões menores, onde o profissional poderá realizar com tempo suficiente uma manutenção correta.

De uma forma geral, os gestores reconhecem sua responsabilidade por disponibilizar todos os recursos necessários para que a equipe possa desenvolver suas atividades. No entanto, há a consideração de que recursos necessários são diferentes de recursos desejados. Recursos desejados são aqueles que o profissional entende necessitar para executar as atribuições e que, às vezes, são mais do que realmente precisa; recursos necessários são os que realmente são demandados para manter os equipamentos e processos disponíveis e confiáveis. Esse último, por responsabilidade do gestor, deve estar em acordo com as necessidades e recursos disponíveis na empresa.

DISCUSSÃO

Pelo objetivo proposto no estudo, a reflexão a ser feita está focada na compreensão do grau de importância e aplicabilidade aferidas pelos especialistas de manutenção aos requisitos de manutenibilidade relacionados. A identificação de um maior ou menor valor apontado representa o quanto o especialista, em sua sabedoria, admite mais ou menos a necessidade de observar o requisito e a possibilidade de implantá-lo em uma organização.

Com relação às médias apropriadas pelos especialistas aos requisitos, quanto à importância e aplicabilidade, oscilaram entre 6,8 e 9,5 e entre 6,0 e 8,8, respectivamente. Essa dispersão de notas com relação aos 49 requisitos sugere a necessidade de um entendimento muito sensível às percepções e peculiaridades decorrentes das diferentes funções e segmentos em que os especialistas desenvolvem suas atividades, graças à pequena diferença entre os valores apropriados. A avaliação a partir de um espectro grande de especialidades envolvidas enriquece as análises e favorece uma avaliação mais genérica sobre o entendimento dos especialistas.

Para a análise dos resultados, entendeu-se que os requisitos que obtiveram menor avaliação são aqueles que os especialistas menos consideram como adequados, em confronto com a identificação desses na literatura, que não classifica em importância ou capacidade de implantação, mas como necessários para se obter uma melhor manutenibilidade. Desta forma, os requisitos com menor avaliação seriam aqueles que devem ser desenvolvidos nas

organizações, sem desconsiderar aqueles cujo grau de importância e capacidade de utilização são reconhecidos e aplicados.

Ao se observar as informações estatísticas quanto à importância e aplicabilidade dos requisitos de manutenibilidade, resultantes da pesquisa desenvolvida, constata-se que há agrupamentos de requisitos sem diferença significativa entre seus valores. Esses, em relação aos demais agrupamentos, podem ser identificados como sendo aqueles requisitos menos ou mais valorizados pelos especialistas. Portanto, são os que devem prioritariamente ser verificados quanto à observação na execução dos serviços de manutenção.

Ao avaliar a distribuição dos valores apropriados pelos especialistas com relação à importância e aplicabilidade dos requisitos na pesquisa, constata-se, em uma classificação de maiores e menores valores apontados, que há ocorrências de concentrações de maiores e/ou menores valores em determinadas áreas (Figura 4).

Valorizações Extremas por Área	Aplicabilidade – mais valorizados	Aplicabilidade – menos valorizados	Importância – mais valorizados	Importância – menos valorizados	Aplicabilidade e Importância – mais valorizados simultaneamente	Aplicabilidade e Importância – menos valorizados simultaneamente
43%	22%	8%	20%	10%	12%	8%
Ambiente = 20% Capacitação = 75% Gestão = 43% Infraestrutura = 40% Segurança = 20% Técnica = 50%	Gestão > 50%	Técnica = 75%	Infraestrutura e Gestão = 50%	Técnica = 80%	Gestão = 50%	Técnica = 75%

Figura 4 – Valorizações Extremas por Áreas

Constata-se que há valorizações extremas próximas à metade dos requisitos, sendo que as áreas onde acontece uma maior concentração são as de capacitação e técnica. Destaca-se que os requisitos menos valorizados em Importância e Aplicabilidade localizam-se majoritariamente na área técnica, responsável por orientar a conformidade de especificações, execução e controle.

Quanto à importância, o agrupamento que expressa a condição dos requisitos que devem ser desenvolvidos sem diferença estatística significativa, pelo método adotado, estão identificados pela ordem na Figura 5. A primeira constatação é de que a maioria pertence à área técnica, o que atinge de imediato a concepção da execução dos serviços de manutenção. De outra forma, quanto à importância ainda, os requisitos mais fortemente considerados pelos especialistas se identificam nas áreas técnica e gestão, em ordenamento decrescente na Figura 5.

No que diz respeito à aplicabilidade, a Figura 5 apresenta o grupo de requisitos de manutenibilidade com menor avaliação e que devem ser desenvolvidos. Observa-se que é quase na plenitude o mesmo grupo de requisitos identificados como menos importantes e que pertencem majoritariamente à área técnica. Nos requisitos com maior avaliação de aplicabilidade apontados pelos especialistas, em sua maioria são das áreas técnica e de gestão, muito similares ao agrupamento dos mais fortemente considerados quanto à importância, identificados em ordem decrescente.

Requisitos que devem ser desenvolvidos		Requisitos fortemente considerados	
Importância	Aplicabilidade	Importância	Aplicabilidade
Reforma de Equipamentos antigos	Não dependência estocástica e estrutural entre componentes	Gerenciamento de Paradas	Supervisão de Manutenção
Não dependência estocástica e estrutural entre componentes	Reforma de Equipamentos antigos	Organização Prévia do Trabalho	Gerenciamento de Paradas
Uso do mínimo de especializações de manutenção	Uso do mínimo de especializações de manutenção	Capacidade de Atitude e Responsabilidade	Capacidade de Atitude e Responsabilidade
Uso mínimo de ajustes	Uso mínimo de ajustes	Redução da Exposição ocupacional a riscos	Relatório de Serviços e Inspeções
Quebra de tradições	Quebra de tradições	Ferramentas adequadas e universais	Ferramentas adequadas e universais
	Método de detecção da patologia perto da ocorrência	Disponibilização de Matéria-prima e Sobressalentes	Organização Prévia do Trabalho
		Desenhos e plantas disponíveis	Política de Capacitação e Competências
		Supervisão de Manutenção	Técnicas comuns, clássicas e de domínio geral
		Política de manutenção	Especificações dos materiais e execução
		Especificações dos materiais e execução	Informações claras, concisas e de fácil compreensão entre todas as atividades
		Confiabilidade aplicada	Acesso fácil e seguro
		Política de Capacitação e Competências	

Figura 5 - Identificação dos requisitos a serem desenvolvidos

Estas similaridades reforçam as considerações feitas pelos especialistas, de que a melhoria da manutenibilidade está relacionada ao planejamento da manutenção, à capacitação e ao uso de ferramentas, materiais e apoio necessário à execução dos serviços.

Há, por consequência da análise e das similaridades, grupos intermediários entre os mais e os menos valorizados pelos especialistas que representam 65% do total dos requisitos. Estes indicadores podem ser identificados como de média importância e adoção pela manutenção, mesmo apresentando significativa diferença estatística. Esta região se pode classificar como sendo de importância e aplicabilidade intermediária. O Gráfico 5 expressa, por meio de uma lógica de criticidade, o posicionamento dos requisitos com menor avaliação

que devem ser desenvolvidos em uma condição denominada de crítica, que representam 11,2% do total de requisitos de manutenibilidade relacionados.

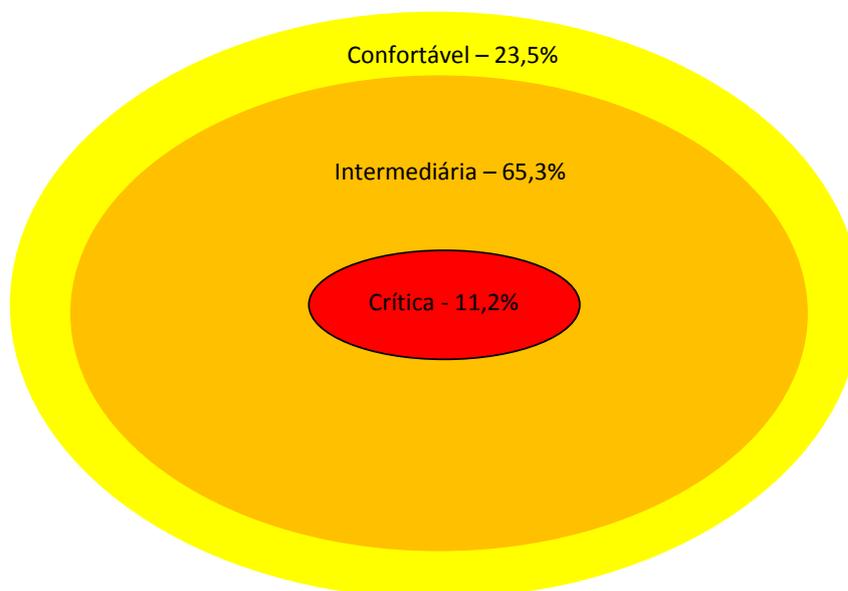


Gráfico 5 – Regiões de Criticidade dos Requisitos

O posicionamento dos requisitos quanto à criticidade sugere que há a necessidade de um tratamento especial para aqueles que se encontram na condição crítica, que envolve 11,2% do total de requisitos de manutenibilidade associados à execução dos serviços de manutenção. Para esses, pela menor consideração por parte dos especialistas quanto à importância e aplicabilidade, dever-se-ia ter tratamento especial – Figura 6.

Requisito	Importância	Aplicabilidade
Método de Detecção da Patologia perto da Ocorrência	-	X
Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes	X	X
Quebra de Tradições	X	X
Reforma de Equipamentos Antigos	X	X
Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção	X	X
Uso mínimo de ajustes	X	X

Figura 6 – Requisitos Críticos

Destaca-se, no confronto das avaliações apontadas pelos especialistas quanto à importância e aplicabilidade, Figura 4 e 5, que na média as avaliações aferidas para aplicabilidade são 10% menores que as de importância. Pode-se inferir que essa diferença reflete as dificuldades relatadas pelos especialistas com relação à disponibilidade de recursos pelas organizações, pela não interação da manutenção com a operação e pelos impositivos organizacionais quanto à efetividade de seus processos.

Nos grupos intermediários dos valores médios apropriados pelos especialistas para importância e aplicabilidade, os requisitos comuns às duas avaliações não são aqueles com maior ou menor frequência de ocorrência na literatura (Figura 7).

Ambiente de Trabalho Adequado	Facilidades para Execução
Atendimento a Necessidades Básicas	Gestão de Resíduos
Autonomia e Agilidade	Informações Claras e Concisas
Benchmark nas Práticas	Logística
Confiabilidade Aplicada	Padronização e Revisão de Processos
Determinação de Pontos de Falha	Planejamento de Peças e Módulos
Determinação de Pontos Frágeis	Registros de Experiências
Determinação dos Pontos de Falhas	Regras de Criticidade
Durabilidade	Restrição/Isolamento da Área
Especificações dos Materiais	Sistema de Indicação de Condições

Figura 7 – Requisitos Comuns nos agrupamentos intermediários dos valores apropriados à Importância e Aplicabilidade

Importante se torna, também, contrastar os requisitos de manutenibilidade pela ocorrência na literatura pesquisada e a avaliação dos pesquisadores. O que se verifica é que dos seis requisitos considerados como críticos, 50% coincidem quanto à menor ocorrência de referências na literatura (Figura 8). Os demais requisitos críticos estão agrupados entre a metade dos requisitos com menor ocorrência de referências na literatura. No entanto, os requisitos mais bem qualificados pelos especialistas em manutenção, comuns à avaliação em desempenho e aplicabilidade, não coincidem com a maior ocorrência de referências na literatura.

Menor Frequência de Ocorrência		Maior Frequência de Ocorrência	
Requisitos comuns à Aplicabilidade e Desempenho na Pesquisa	Literatura	Requisitos comuns à Aplicabilidade e Desempenho na Pesquisa	Literatura
Reforma de Equipamentos Antigos	Reforma de Equipamentos Antigos	Ferramentas Adequadas e Universais	Política de Capacitação e Competência
Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção	Não Dependência Estocástica e Estrutural entre Componentes	Capacidade de Atitude e Responsabilidade	Confiabilidade Aplicada
Uso Mínimo de Ajustes	Uso Mínimo de Ajustes	Organização Prévia do Trabalho	Padronização e Revisão de Procedimentos
	Restrição/Isolamento da Área	Gerenciamento de Paradas	Facilidades para Execução

Figura 8 – Ocorrência de Requisitos na Literatura

No que concerne aos requisitos de menor frequência com relação aos autores, observa-se que estes também não indicam tais requisitos como itens recorrentes, por exemplo Cascone (1992) para Reforma de Equipamentos Antigos e Uso Mínimo de Ajustes e ISO16949, NBR15100 e Cascone (1992) para Uso do Mínimo de Especializações de Manutenção.

Com relação às Considerações dos Especialistas sobre Requisitos de Manutenibilidade na Execução de Serviços de Manutenção, analisando a partir das médias dos valores apropriados pelos especialistas aos requisitos, verificam-se algumas peculiaridades:

- a) mesmo considerando importantes as buscas da preservação do meio ambiente e o aumento de segurança nas empresas, os especialistas não auferiram as melhores valorizações para requisitos ambientais e de segurança para importância, e quanto à aplicabilidade apontaram apenas a redução da exposição ocupacional como questão de segurança. Com relação à literatura, esta também não referencia requisitos de ambiente e segurança como os mais frequentemente abordados, ficando em 8,8% os requisitos referenciados com relação à ambiente, destacados por CASONE (1992), DUEK (2005), GRAZIANO (2006), ISO14000, MUNIZ (2005), NBR14280, NBR5674, NR17, NUNES (2004), OLIVEIRA (2007), OSHAS18001, PINTO E NASCIF (2006), SA8000, SILVA (2007), VIEIRA (2007); com relação à segurança, com um percentual de 5,9% referenciados por ALMEIDA (2001), HOBBS (2006), NBR14280, NR17, OLIVEIRA (2007), OLIVEIRA (2007), OSHAS18001, REYS (1995), SALERMO (2005), SELLITTO (2007), SILVA (2005), VIEIRA (2007);
- b) capacitação e pro atividade são citadas pelos especialistas como importantes para a manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção, o que está refletido nos 75% apresentados na coluna de Valorizações Extremas por Área da Tabela 3, não se enquadrando significativamente nos menos valorizados e críticos. Com relação à literatura, a frequência de abordagem na área de capacitação soma 13,5% do total dos requisitos referenciados, posicionando-se como os requisitos de maior ocorrência, sendo destacados por BS3811, Dhillon e Liu 2006, Gonçalves 2005, ISO16949, Kardec 2002, Mason 2000, Muniz 2005, NBR15100, Nunes 2004, Oliveira 2007, Pinto e Nascif, 2006, Reys 1995, SA8000, Salermo 2005, Silva 2005, Slavutzki 2010;
- c) registro de histórico e lições aprendidas no processo de gestão da manutenção são registrados como importantes. No entanto, o requisito Registros de Experiência Acumulada não consta entre os mais importantes ou aplicáveis pelos especialistas, ou aparece nas abordagens mais desenvolvidas na literatura, representando 1,3% de ocorrência entre os requisitos identificados, constando das normas NBR5674, NBR14280, SA8000.

Com isto, reflexões e hipóteses podem ser levantadas neste cenário onde se destacam particularmente as seguintes questões:

1. Os especialistas perceberam, porque são óbvios na prática, os requisitos com maior ocorrência na literatura e por isto não há relação entre as maiores avaliações e a frequência de ocorrência de requisitos na literatura?
2. Por que a literatura não aborda com proporcional relação o que tem mais e menos importância ou os que são necessários desenvolver junto aos especialistas em manutenção?
3. Por que não há consenso ou similaridade quanto aos requisitos adotados como mais ou menos importantes pelos especialistas em relação à literatura?
4. Por que os requisitos mais valorizados pelos especialistas não são tão abordados na literatura?

Fica evidenciado na discussão um aparente distanciamento entre o referenciado na literatura e a percepção dos especialistas em manutenção. Este possível desalinhamento pode ser consequência da pouca discussão teórica acadêmica sobre a manutenção em organizações. O número reduzido de periódicos, conforme verificado no sistema Qualis/CNPQ, e a não existência de linhas de pesquisa dedicadas à manutenção, verificada nas Instituições de Ensino Superior, podem ser o sintoma que alerta para a necessidade de maior número de pesquisas e elaboração sobre o tema.

CONCLUSÃO

O objetivo do estudo, de identificar um conjunto de requisitos de mantabilidade para a execução de serviços de manutenção, foi observado. Constatou-se que os requisitos classificados são importantes direcionadores na busca por melhorias e implantação de requisitos de mantabilidade na programação e controle da manutenção. Assim, com relação à pesquisa realizada, confirmou-se como uma forma capaz de aprender, entender e detectar o nascimento de inovações na cultura vigente, capaz de ser sensível a visões e conceitos de grupos, como uma ferramenta para o desenvolvimento da organização, inovação e garantia da qualidade.

A disponibilização de recursos e a definição de políticas para a manutenção são indispensáveis para a observação dos requisitos de manutenibilidade. A discussão sobre a necessidade de condições de conformidade para os processos de execução de serviços de manutenção deve avançar, porque sem isso a relação entre elaboração e teoria não se aproximará das práticas operadas pelas organizações.

Logo, os intentos de alinhar a manutenção aos resultados organizacionais dependem do investimento na execução dos serviços. Esses dependem também das condições do ambiente de trabalho, da observação de normas e legislações, de condições de segurança e conforto para os trabalhadores e, principalmente, de uma política organizacional que esteja voltada ao desenvolvimento da função estratégica de manutenção.

Os resultados obtidos pela observação de requisitos de manutenibilidade estão relacionados com todos os processos de gestão da organização: pessoas, segurança, saúde, materiais, recursos, meios, sistemas, equipamentos, entre outros, sugerindo a função estratégica que exerce a manutenção, ou seja, de garantir a continuidade dos processos de produção com disponibilidade operacional e confiabilidade sistêmica, sustentando os resultados que garantem o negócio.

No entanto, identificar os requisitos de manutenibilidade para a execução dos serviços de manutenção não encerra a questão. Há de se estabelecer uma sistemática que seja capaz de avaliar o nível de observação aos requisitos de manutenibilidade relacionados à execução dos serviços de manutenção em uma organização. Mais do que isso, uma sistemática que possa implantar melhorias na manutenibilidade, a partir de uma concepção de padronização de práticas e permanente avaliação dos processos de serviços de manutenção. Por fim, uma sistemática que garanta os objetivos estratégicos da organização, planeje e controle a manutenção considerando a saúde, a segurança e as condições de conformidade ergonômica legal e normativa na execução dos serviços de manutenção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carlos de Souza. **Gestão da manutenção predial**. Rio de Janeiro: Gestalent, 2001.

ANDRADE, Rui Otávio Bernardes de. Qualidade no setor de serviços. **Revista Fenacon em Serviços**, Ano X, n. 112, p. 7, nov./dez. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14000**: pastas celulósicas - determinação do teor de cinza insolúvel em ácido. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14280**: cadastro de acidentes do trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15100**: sistemas da qualidade – aeroespacial – modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: manutenção de edificações – procedimento norma regulamentadora nº 10. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO16949**: sistemas de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. NR 17 – Ergonomia, de 08 de junho de 1978. Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 06 jun. 1978, Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

CASCONE, Nicésio Ronan. **Metodologia para análise e otimização da confiabilidade, da mantabilidade e da disponibilidade de um processo contínuo**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

DHILLON, B. S.; LIU, Y. Human error in maintenance: a review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 2, p. 21-36, 2006.

DINIZ, Maria Helena. **Dicionário jurídico**. São Paulo: Saraiva, 1998.

DUEK, Carlos. **Análise de confiabilidade na manutenção de componente mecânico de avião**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GONÇALVES, Vando Garcia; NAGANO, Gilberto Kazuyuki. Desempenho e problemas em redes protegidas compactas (Cabos XLPE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 20., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Manutenção, 2005. 1 CD-ROM

GRAZIANO, Nunziante. **Análise de confiabilidade e melhoria da taxa de falhas para cubículos classe 15 KV**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HOBBS, Alan; BENIER, Steve. ?You won?t even know we are working on it? Human factors in airways facilities maintenance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AUSTRALIAN AVIATION PSYCHOLOGY ASSOCIATION, 7., 2006, Australia. **Anais...** Australia: Australian Aviation Psychology Association, 2006. 1 CD-ROM

KARDEC, Allan; ZEN, Milton. **Gestão estratégica de fatores humanos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MASON, Steve. Improving maintenance by reducing human error. In: ANNUAL HUMAN FACTORS IN AVIATION MAINTENANCE SYMPOSIUM, 14., 2000, Ottawa. **Anais...** Ottawa: [s.n.], 2000. Disponível em: <http://www.plant-maintenance.com/articles/maintenance_human_error.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2009.

MUNIZ, Rui. Manutenção criativa. In: SEMINÁRIO GAÚCHO DE MANUTENÇÃO, 14., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRAMAN, 2005. 1 CD-ROM.

MUNIZ, Rui; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Mantenabilidade e a estratégia nas organizações**. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2010b.

MUNIZ, Rui; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Mantenabilidade**: das tarefas aos resultados organizacionais. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2010a.

MUNIZ, Rui; AMARAL, Fernando Gonçalves. **Requisitos de manutenibilidade**. Porto Alegre: PGEP/UFRGS, 2010c.

NUNES, Enon Laércio; VALLADARES, Angelise. Gestão da manutenção e do conhecimento como estratégia na instalação de unidades geradoras de energia elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABEPRO, 2004. 1 CD-ROM

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT. **OHSAS 18001**. Canadá, 1999.

OLIVEIRA, Silas Santos de. Planejamento estratégico da manutenção um fator de competitividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 22., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Manutenção, 2007. 1 CD-ROM

PINTO, Alan Kardec; NASCIJ, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

REYS, Marcos Alves dos. **Determinação de critérios para a escolha de metodologias de manutenção**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

SALERMO, Lia Soares. **Aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta e da manutenção autônoma aos serviços de manutenção dos sistemas prediais de água**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SELLITTO, Miguel Afonso. Análise estratégica da manutenção de uma linha de fabricação metalmeccânica baseada em cálculos de confiabilidade de equipamentos. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 2, v. 3, p. 97-108, maio/jun. 2007.

SILVA, Ademir Dias da et al. A influência da confiabilidade humana e dos equipamentos na aplicação do sistema Toyota de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 20., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Manutenção, 2005. 1 CD-ROM

SILVA, Alisson Martins da. A manutenção preditiva e a engenharia de manutenção aplicadas como ferramentas para aumento da disponibilidade e manutenibilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 22., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Manutenção, 2007. 1 CD-ROM

SLAVUTZKI, Luis Carlos. **Metodologia para avaliação e classificação de causas de acidentes do trabalho**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL. **SA 8000**. New York, 2001.

VARGAS, Eduardo Raupp de. ZAWISLAK, Paulo Antônio. Inovação em serviços no paradigma da economia do aprendizado: a pertinência de uma dimensão espacial na abordagem dos sistemas de inovação. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 10, n. 1, p. 139-159, 2006.

VIEIRA, Sérgio José Rocha. **A adoção do conceito de manutenibilidade como estratégia para a inovação da gestão da manutenção civil da FIOCRUZ**. 2007. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de C & T em Saúde) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.

3 CONCLUSÃO

A pesquisa identificou os principais requisitos de manutenibilidade para garantir a conformidade da execução dos serviços de manutenção, atendendo à plenitude do conceito de manutenibilidade adotado na norma NBR 5462/NOV 1994 – Confiabilidade e manutenibilidade (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Demonstrou que há a necessidade de observar os impositivos legais e normativos da mesma forma, com a constatação de que a definição adotada pelas organizações é insuficiente para atender às exigências ambientais na execução das tarefas e atividades de manutenção. Corroborou também a idéia que a compreensão de que manutenibilidade está relacionada a projeto ou indicadores de desempenho é necessária, mas não garante as condições suficientes para as adequadas condições ergonômicas, de segurança e ambientais, tampouco atende às relativas aos recursos e meios, complementares àquela compreensão na execução dos serviços de manutenção.

Ficou evidenciado que ‘o como fazer’, a partir das condições objetivas do ambiente de trabalho, é determinante para as condições do desempenho de serviços de manutenção, sua qualidade associada à confiabilidade buscada e à efetividade do serviço. O ambiente de execução de serviços de manutenção, ao considerar requisitos de manutenibilidade, implica diretamente em saúde, segurança e resultados do negócio. A confiabilidade buscada com a disponibilidade necessária é dependente da conformidade da execução dos serviços de manutenção.

O estudo, ao pesquisar a legislação, normas e práticas, identificou na literatura os requisitos necessários para que a execução dos serviços de manutenção aconteça em condição de conformidade, bem como alinhada à estratégia das organizações. Em sua condição estratégica, constatou-se que o adequado atendimento a requisitos de manutenibilidade possibilita que as organizações satisfaçam dimensões importantes para o negócio e estes são os resultados favoráveis e esperados. Além disto, questões de ordem técnica e ética, consequência do atendimento a estes requisitos, reforçam o posicionamento da organização na sociedade e sua importância no mercado.

No entanto, a adoção de requisitos de manutenibilidade pode gerar problemas por consequência da mudança de paradigmas para a gestão da manutenção. Considere a seguinte situação. Uma organização adota um modelo para as decisões na gestão dos serviços de manutenção que opera segundo a sequência de decisões do Modelo de Classificação e Priorização de Serviços da Figura 1. Ao inverter o ordenamento de classificação e inserir

requisitos ao modelo existente, gerando o Modelo de Classificação e Priorização de Serviços por Manutenibilidade, da Figura 2, onde se priorizará requisitos de segurança, impacto ambiental e manutenibilidade, as decisões tornarão a classificação e priorização bem diferentes. A criticidade será determinada por segmentos diferentes da organização. Isto não só poderá impactar favoravelmente nos resultados da organização, como certamente induzirá uma mudança na estrutura das decisões, que poderá demandar a mudança da estrutura da organização. Os poderes de decisão estarão localizados em setores diferentes e a lógica de programação e controle da manutenção terá de se submeter a impositivos de execução não mais determinados pelos setores de manutenção, engenharia e de gestão da organização.



Figura 1 - Modelo de Classificação e Priorização de Serviços

Fonte: Autoria própria (2010).



Figura 2 - Modelo de Classificação e Priorização de Serviços por Manutenibilidade

Fonte: Autoria própria (2010).

Além disto, constatou-se que a conformidade da manutenibilidade possibilita a observação a normas e legislação, influenciando a competitividade necessária ao cumprimento dos objetivos dos negócios e à garantia de saúde, segurança. Da mesma forma, respeita o meio ambiente, pela preservação e prevenção. Quanto aos aspectos ergonômicos, a manutenibilidade estratégica, além de conforto, proporciona satisfação, compromisso e respeito com os trabalhadores, conforme representação do modelo mental da Figura 3.

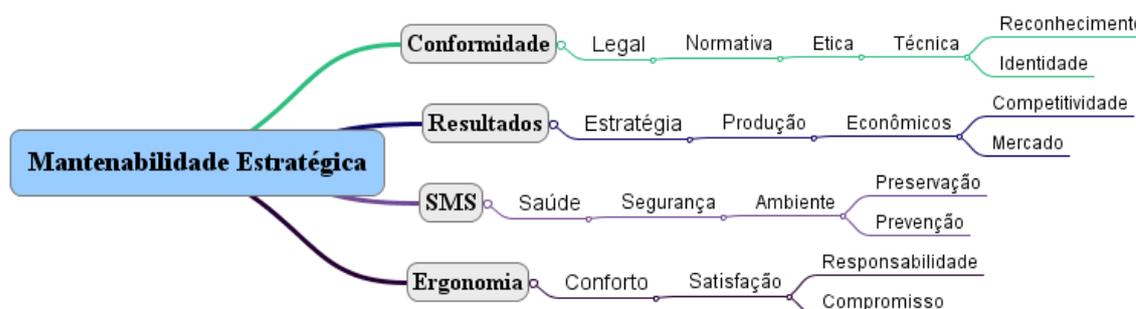


Figura 3 – Modelo Mental da Manutenibilidade Estratégica

Fonte: Adaptado de Muniz e Amaral (2010).

O modelo, em sua representação, possibilita compreender a relação entre a condição de causa, atendimento a requisitos de manutenibilidade, com as dimensões diretamente ligadas a sua observação ou não. Quando admitida como elemento estratégico da organização, requisitos de manutenibilidade se tornam garantidores de dimensões de concepção estratégica capazes de sustentar as conformidades legal, normativa, ética e técnica. Esta conformidade tem por consequência o estabelecimento de uma identidade forte no mercado e o reconhecimento da sociedade pelo cumprimento de exigências de consumo. Quanto aos resultados da organização, a observação de requisitos de manutenibilidade favorece o alinhamento estratégico e seus objetivos quanto à produção e aos objetivos financeiros, que repercutirão na competitividade e na permanência e disputa de mercado.

Pelo modelo proposto, quanto à saúde e ao meio ambiente, o respeito a regramentos universais e humanos resguardados por requisitos de manutenibilidade, que tem por função resguardar a vida, resulta por influenciar os relacionamentos e elementos intangíveis da qualidade. Além disto, cumprem também a função de garantir que os processos de execução de serviços de manutenção atendam a exigências de segurança dos trabalhadores e dos ativos, bem como de respeito ao ambiente. Com relação à ergonomia, em seus objetivos macro e micro de abordagem, buscará garantir conforto e satisfação dos trabalhadores no ambiente de trabalho, repercutindo no compromisso e nas responsabilidades individuais e coletivas dos trabalhadores. A execução de serviços de manutenção, assim, atende a expectativas que implicarão nos resultados a partir da exigência da habilidade de desempenhar o serviço, da capacidade de autonomia, do conhecimento e capacidade dos trabalhadores, da credibilidade e da responsabilidade.

De outra forma, ao apontar e classificar os principais requisitos de manutenibilidade, o estudo favorece à construção de diagnósticos e de construção de políticas não só para a manutenção, mas para a organização. Oferece, assim, condições para avaliar a concordância de organizações e processos sobre seu posicionamento em relação às condições de operação e manutenção. O estudo se torna, portanto, orientador para que se obtenham condições apropriadas para a execução de serviços.

A pesquisa com especialistas em manutenção, profissionais de reconhecido saber nas funções de manutenção, acrescentou ao estudo a percepção das práticas e possibilitou identificar os requisitos críticos de manutenibilidade, quanto à importância e a aplicabilidade. Por este estudo, pode-se melhor compreender os principais requisitos a serem considerados na execução dos serviços de manutenção, seja pelos resultados que garantem, como também pelo

quanto são aplicados. A caracterização das regiões de criticidade dos requisitos, agrupados por similaridade de importância para a conformidade de execução e de capacidade de ser implantado em uma organização, possibilita a compreensão da maturidade em que a organização se encontra quanto à manutenção.

Pode-se afirmar, pelo estudo realizado, que é possível e necessário para uma organização gerenciar manutenção, particularmente a manutenibilidade, a partir da adoção de uma visão que admita o objetivo organizacional convivendo com qualidade de vida para os trabalhadores. Mais que isto, que é possível que a gestão da manutenção compartilhe requisitos de manutenibilidade com resultados organizacionais. Para tanto, a melhor concepção é tratar manutenibilidade como função estratégica para uma organização, por garantir a conformidade da execução dos processos de manutenção com resultados organizacionais almejados.

Ao cumprir seus objetivos, o estudo aponta para a necessidade de desenvolver métodos e ferramentas para sua utilização em diferentes setores e segmentos de produção. Constata-se que a indicação e devida adoção dos requisitos em uma organização, nos sistemas e equipamentos estratégicos, deve ser subsidiada por processos de avaliação, diagnóstico e ações a serem orientadas por processos testados e validados por estudos científicos a serem desenvolvidos.

Entende-se que devam ser desenvolvidos estudos em duas complementares abordagens: pedagógica e gerencial. A abordagem pedagógica deve orientar para a compreensão do funcionamento das organizações de forma a conceber um modelo de intervenção e construção para uma nova configuração estrutural e de decisão, possibilitando na prática que sejam considerados os requisitos de manutenibilidade na execução dos serviços de manutenção. Esta abordagem deverá estar referenciada pela conformidade da execução dos serviços de manutenção, pelo alinhamento aos resultados esperados e comprometida com aspectos ligados à ergonomia, meio ambiente, saúde e segurança. A figura 4 apresenta um modelo de representação mental da abordagem pedagógica a ser desenvolvida.

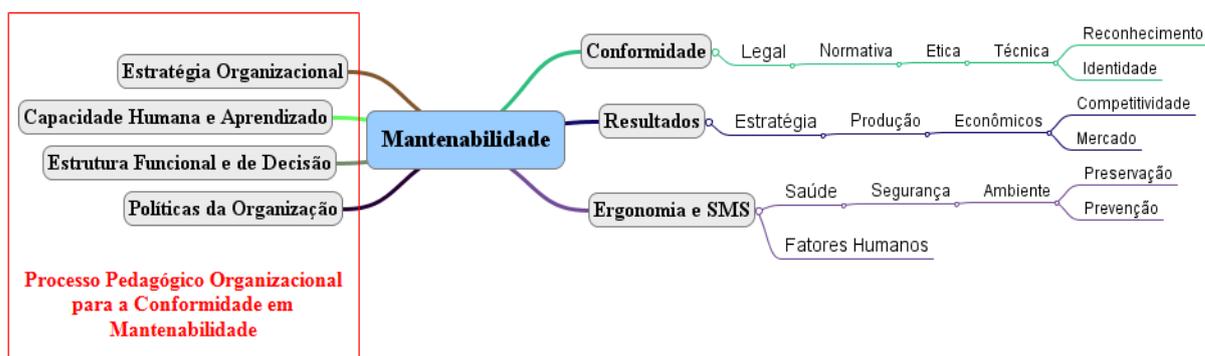


Figura 4 – Modelo Mental Manutenibilidade em Abordagem Pedagógica

Fonte: Adaptado de Muniz e Amaral (2010).

A abordagem gerencial, a partir do modelo de intervenção concebido na abordagem pedagógica, deve ter por objetivo construir ferramentas de gestão para a manutenção em projetos novos, para melhorias em ambientes já existentes, para a execução de serviços e para controle da manutenção, de forma a garantir o gerenciamento da manutenção na execução dos serviços de manutenção. A figura 5 apresenta modelo de representação mental da abordagem gerencial.



Figura 5 – Modelo Mental Manutenibilidade em Abordagem gERENCIAL

Fonte: Adaptado de Muniz e Amaral (2010).

A perspectiva que se coloca, portanto, é de desenvolver uma sistemática capaz de garantir o atendimento nas organizações de requisitos de manutenção na execução de serviços de manutenção, na busca do que podemos identificar por manutenção estratégica. Desta forma, suportará os resultados organizacionais buscados e o atendimento a fatores humanos a partir da compreensão dos processos de tomadas de decisão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

GLEISER, Marcelo. **A Nova Ciência e Manutenção da Vida**. 2008. Disponível em: <<http://www.cpflcultura.com.br/video/integra-nova-ciencia-e-manutencao-da-vida>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

MALARD, Maria Lúcia. **Os objetos do cotidiano e a ambiência**. Disponível em: <<http://www.arq.ufmg.br/eva/art014.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.saude.sp.gov.br/content/ambiencia.mmp>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

SILVA, A. Lopes. **A manutenção industrial e a contabilidade**: gestão estratégica da manutenção. 2007. Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/social-sciences/1700004-manuten%C3%A7%C3%A3o-industrial-contabilidade-gest%C3%A3o-estrat%C3%A9gica/>>. Acesso em: 07 dez. 2010.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT**: manutenção produtiva total. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.