

MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO DE ATIVOS DE LABORATÓRIOS APLICADO À INDÚSTRIA 4.0

Alberto Luiz dos Santos

Leandro Cardoso da Silva

Faculdade SENAI Roberto Simonsen Brás, Rua Monsenhor Andrade, 298 - Brás, São Paulo - SP, 03008-000
albertoluiz.santos@hotmail.com ; leandro.cardoso@sp.senai.br

Carlos Cesar Pestana

Faculdade SENAI Roberto Simonsen Brás, Rua Monsenhor Andrade, 298 - Brás, São Paulo - SP, 03008-000
Carlos.pestana@sp.senai.br

Resumo: A quarta revolução Industrial popularmente conhecida como Indústria 4.0 já é uma realidade em transformação e está sendo implementada a passos largos dentro das grandes companhias. Os setores de produção interconectados e sincronizados que geram informações e viabilizam a otimização dos processos de forma automática, a mitigação de desperdícios por paradas não programadas para manutenção e a avaliação da condição dos equipamentos sem a necessidade de parada do equipamento ou intervenção física, são características que a implementação da indústria 4.0 incorpora e recoloca a Indústria brasileira no hall de competitividade no mercado Mundial. A construção das tecnologias e aplicações da indústria 4.0 estão focadas majoritariamente nos setores de manufatura das multinacionais, com sua implementação bastante complexa e onerosa, neste contexto de grandes manufaturas o investimento inicial é factível e justificável devido ao alto volume de produção, sendo possível projetar o retorno do investimento a médio prazo de acordo com seus resultados. No entanto, ainda dentro desta perspectiva de avanço tecnológico e seus resultados para indústria, é possível observar que áreas suporte de grandes indústrias e pequenas e médias empresas possuem dificuldade de modernizar a sua gestão de manutenção, pois não há um estudo customizado e adequado economicamente para estes nichos de mercado, segregando essas empresas menores a não usufruir das vantagens competitivas que a indústria 4.0 tem a oferecer. Este Artigo Científico tem como objetivo customizar um plano de implementação da indústria 4.0 em setores de não manufatura, onde os conceitos aqui descritos possam se aplicar em pequenas e médias empresas que dispõem de baixo investimento inicial e tenham a necessidade de tornar-se competitiva frente ao mercado atual. O texto abordará em teoria uma reestruturação sistêmica da gestão de manutenção modelada para a aplicação em um Laboratório de Análise de materiais de Engenharia, de maneira customizada preparando sua base, para criar indicadores de tomada de decisão.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Gestão da Manutenção 4.0; Manutenção de Laboratórios; PCM 4.0

1. INTRODUÇÃO

Entender o passado e compreender o processo de evolução da indústria e seus impactos na sociedade é peça fundamental para entender como chegamos ao atual cenário da Indústria no Brasil e no mundo, fundamentado nesses fatos podemos construir o caminho para avançar rumo a Indústria 4.0 sem repetir os mesmos erros do passado.

Segundo Sakurai (2018), na primeira revolução Industrial iniciada na Inglaterra em 1765 a indústria evoluiu de uma produção artesanal para a manufatura através da produção com auxílio de máquinas e equipamentos movidos a vapor. Uma característica desta era é a manutenção puramente corretiva, sem qualquer processo de gestão da manutenção do ponto de vista preventivo.

No final do século 19 em meados de 1870 com o advento da descoberta da produção de energia elétrica e suas respectivas tecnologias, foi possível desenvolver novas máquinas e equipamentos elétricos, mais rápidos e eficientes do que os antigos movidos à vapor. Esta mudança caracterizou-se como uma grande evolução, acelerando o ritmo de produção sendo conhecida como segunda revolução industrial. Neste momento da história a indústria já sofria com os impactos de uma manutenção puramente corretiva e já eram observadas algumas técnicas rudimentares de manutenção como a lubrificação.

Ainda no século passado, com a alta demanda de produção durante os esforços de reconstrução da Europa e avanço econômico dos Estados Unidos da América devido a segunda guerra mundial (1939 a 1945), foram desenvolvidas as primeiras aplicações para uso civil dos circuitos eletrônicos em máquinas e equipamentos que culminou em meados de 1960 no desenvolvimento do primeiro CLP (Controle lógico programável). O desenvolvimento deste componente e sua versatilidade de aplicação foi um divisor de águas para a melhora dos controles dos equipamentos industriais, trazendo maior rapidez aos processos de setup e produção industrial, caracterizando assim a virada para a terceira revolução Industrial. Nesta terceira e duradoura etapa, foram desenvolvidos diversos níveis de automação, a criação dos robôs fabris, os estudos aprofundados de manutenção como o estudo de confiabilidade e a criação do TPM (Total Productive Maintenance).

O termo Indústria 4.0 surgiu em 2011 na Alemanha na feira de Hannover na Alemanha através de um projeto elaborado pelo governo Alemão com foco em novas tecnologias. Mas este projeto somente foi revelado em abril de 2013 também na feira de Hannover. “O Grupo de Trabalho na Indústria 4.0, presidido por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Henning Kagermann (German Academy of Science and Engineering) apresentaram um conjunto de recomendações para implementação da Indústria 4.0 ao Governo Federal Alemão. Em abril de 2013, novamente na Feira de Hannover, o relatório final do Grupo de Trabalho da Indústria 4.0 foi apresentado” (Automataweb acessado em 26/11/2022).

Objetivamente, a Indústria 4.0 é definida como: “Um conceito que representa a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais melhorando os processos e aumentando a produtividade” (Portal da Indústria acessado em 26/11/2022).

2. MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO DE ATIVOS DE LABORATÓRIOS APLICADO À INDÚSTRIA 4.0

O novo conceito de gerir a manutenção dentro desta nova realidade de mercado traz consigo uma mudança bastante desafiadora do ponto de vista da implementação física, eletrônica e cultural. Neste Artigo científico serão abordados os pilares de tecnologia, gestão da manutenção e cultura, contudo, este último um aspecto o cultural, é extremamente importante e merece ser aprofundado em um artigo à parte dado a sua importância no processo de reestruturação seja ele aplicado em qualquer segmento. Para auxiliar nesta caminhada um dos documentos que irá nortear o caminho a se seguir é a norma ABNT NBR ISO 55001 de 31 de janeiro de 2014 através do Guia para aplicação da norma ABNT NBR ISO 55001 criado pela International Cooper Association Brazil. As orientações contidas neste guia são compatíveis com o conceito de Indústria 4.0 e auxiliam na organização da estrutura de gestão da manutenção.

Um grande desafio para os profissionais da área de manutenção é implementar este pacote de tecnologias dentro de setores de não manufatura e pequenas e médias empresas. Algumas características bastante comuns entre estes mercados são os recursos limitados e as oscilações nos investimentos devido a fragilidade com as oscilações do mercado e a variação dos investimentos. É possível beneficiar-se das vantagens oferecidas através da implementação do conceito de indústria 4.0 gerando o aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos com qualidade e segurança. Para tornar esta possibilidade viável é necessário ser extremamente assertivo, pois nestes mercados o investimento financeiro é limitado. Normalmente a implementação da gestão da indústria 4.0 é realizada em empresas que já possuem sua operação em pleno funcionamento e seus gestores desejam maior eficiência e disponibilidade de seu maquinário, portanto já possui um sistema de operação e manutenção operando, porém habitualmente estes sistemas são incompatíveis para receber esta nova estrutura. É importante salientar que avançar com a implementação de uma tecnologia integrada como a da indústria 4.0 em um sistema físico, eletrônico e de gestão antigo e incompatível é uma receita para o fracasso, nestes casos poderá ser observado como resultado, o desperdício de recursos financeiros, resultados mínimos ou até mesmo negativos e um total descrédito dos gestores que o implementaram.

Este artigo científico não possui a pretensão de ser um manual de aplicação para a indústria 4.0, mas sim trazer a luz, uma visão geral da gestão da manutenção adequada para aplicação da indústria 4.0 em mercados específicos, e todos os benefícios através dos resultados que este novo conceito traz consigo.

2.1. Característica Gerais do Segmento

2.1.1. Categorização de Equipamentos

O Segmento de Laboratórios de análise de matérias de engenharia possui uma grande variedade de equipamentos, através desta característica podemos descrever e classificar estes equipamentos. Segundo Saide (1998), é necessário classificar os ativos para facilitar a quantificação de recursos. Os equipamentos podem ser organizados basicamente em quatro classes diferentes:

Equipamentos de Preparação de amostras: Equipamentos de preparação de amostra que cortam, usinam, embutem e realizam o lixamento e polimento de amostras. Neste grupo podemos citar equipamentos como: Furadeiras de coluna, serra de fita, prensa de corte, politrizes de amostra, serra policorte e embutidora de amostras.

Equipamentos de Envelhecimento Acelerado: Equipamentos que aplicam algum tipo de intempérie ou ataque químico a fim de deteriorar o corpo de prova simulando as condições climáticas e os efeitos do tempo, como: câmaras climáticas, simuladores de luz solar, simuladores de corrosão e ultrafreezers.

Equipamentos de Análise Química: Equipamentos que determinam qual o material e a quantidade de cada substância existentes em cada amostra ou corpo de prova através de análises laboratoriais, alguns equipamentos são os mesmos utilizados em laboratórios hospitalares para realizar análises químicas em amostras orgânicas.

Equipamentos de Análise Mecânica: Equipamentos que aplicam alguma grandeza física em um corpo de prova para avaliar os comportamentos físicos de cada amostra ou corpo de prova, podendo ser um componente manufaturado ou somente uma amostra de material que foi anteriormente preparado.

2.1.2. Operação dos equipamentos e o fator humano

A operação e manutenção atrelada aos equipamentos existentes nos laboratórios de engenharia de materiais possuem alta complexidade, habitualmente os colaboradores que realizam estas atividades possuem elevado grau de instrução e ou formação técnica. Um dos segmentos que mais se destacam é o de análises químicas, por possuir equipamentos e técnicas em sua maioria semelhantes aos dos laboratórios clínicos, as amostras são basicamente microscópicas, desconhecidas, os componentes do equipamento são extremamente sensíveis com pouca tolerância a erros de operação. Para mitigar as paradas ocasionadas por manutenções corretivas não programadas causadas por mau uso, é imprescindível o treinamento e padronização da operação para mitigar a inserção de falhas por erros de operação.

2.1.3. Ambiente, Meio Ambiente e segurança

As áreas de desenvolvimento e testes de materiais onde são realizados os testes químicos, físicos e de envelhecimento possuem caráter de validação, ou seja, devem ser controlados para se obter um padrão de temperatura, umidade, pressão dentro do equipamento e no local onde estão instalados. Estas condições podem ser estipuladas pelo fabricante dos equipamentos, por normas ou através de requisitos internos de qualidade com o intuito de estabelecer padrões em seus testes, permitindo assim serem reproduzidos em qualquer lugar do planeta e seus resultados sejam coerentes entre si. O controle de temperatura e umidade do ambiente é crucial para manter o funcionamento dos equipamentos mais sensíveis, e atender aos requisitos dos testes de validação, também auxiliando nos requisitos de qualidade através das calibrações recomendadas pelas normas técnicas e dos seus respectivos fabricantes. Como exemplo podemos citar o controle de temperatura e umidade de ambiente necessário para manter o equipamento FTIR (Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier) que circula entre 20°C e 26°C com umidade não condensada entre 20% e 50% (AGILENT GUIDE INSTALATION, 2015).

Toda a singularidade e complexidade inerente aos equipamentos de laboratório de materiais durante o seu comissionamento, uso, manutenção e calibração, também se aplica no momento do seu descomissionamento. A responsabilidade ambiental em torno destes equipamentos deve obrigatoriamente possuir controles rígidos, concisos e eficazes a prova de falhas, pois caso ocorram mudanças no time operacional ou local físico, estes eventos dificilmente trarão algum impacto negativo com perda de histórico ou na gestão destes ativos como um todo. Podemos facilmente exemplificar um possível problema de gestão de ativos através dos equipamentos que possuem a capacidade de emitir ondas de radiação ionizante, como raio x e equipamentos que simulam radiação solar, estes devem obrigatoriamente possuir controles rígidos de manutenção e de seu ciclo de vida como ativo até o seu descomissionamento e destinação final, evitando assim possíveis contaminações do meio ambiente interno, externo e acidentes com equipamentos de uso restrito. Vale a pena mencionar que equipamentos de laboratório que possam gerar resíduos ou que emitem radiação ionizante como exemplificado acima, possuem legislação e órgão regulamentador específico como os equipamentos de raio x que são regulados e fiscalizados pelo CNEM (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

2.1.4. Custos de Aquisição e Operação dos Equipamentos

A maioria dos fabricantes de equipamentos que atendem aos laboratórios de testes são importados, a cotação para aquisição dos equipamentos, insumos, componentes de reposição e alguns serviços terceirizados são dados através de moeda estrangeira, usualmente utilizado dólar ou Euro, o que acentua a flutuação dos custos de operação causando instabilidade de custos de acordo com a variação cambial. Devido ao baixo investimento em pesquisa no Brasil, o volume de equipamentos comercializados em solo nacional é muito pequeno, inviabilizando que os fabricantes destes equipamentos possuam uma filial no país para comercialização dos seus produtos e serviços, desta forma para atender os equipamentos presentes no Brasil, estes mesmos fabricantes possuem parcerias com representantes nacionais que realizam a comercialização e assistência técnica de seus produtos e serviços. Devido ao baixo volume de comercialização também é usual que estes representantes parceiros no Brasil atendam mais de um fabricante.

2.1.5. Utilização, Manutenção e vida útil

A frequência de utilização dos equipamentos para análise de matérias em laboratório é sazonal e pode variar de acordo com a demanda de projetos, análise de falhas e desenvolvimento de novos materiais, podendo assim oscilar mês a mês, ano a ano. Nestas condições de uso a estratégia de manutenção normalmente adotada é a manutenção periódica baseada em tempo, contada mês a mês, pois parte das recomendações das manutenções indicadas pelos fabricantes apontam a frequência em horas de funcionamento (hora máquina), estes parâmetros normalmente não são atingidos entre as manutenções por tempo. A vida útil destes equipamentos desde que obedecidas as especificações técnicas de instalação e manutenção e corretamente operados, é relativamente longa e seu estado no final da vida é geralmente bom, podendo ser realizadas reformas e atualizações para prolongar a sua vida útil ou melhorar a sua eficiência. De acordo com Kumar (2017), conforme citado por Teles (2022 p. 86, 86) os custos de aquisição representam 21% do custo total do ciclo de vida de um ativo, enquanto a operação e manutenção deste mesmo ativo representa 70% dos custos. Uma das maiores barreiras para prolongar a vida útil destes equipamentos são os softwares antigos que trabalham unicamente com sistema operacional Windows XP 32 bits e Windows 7 32 bits que já foram descontinuados e não possuem mais suporte da Microsoft. Segundo Pereira (2011), as reformas quando viáveis podem chegar a atingir de 30% a 40% do valor de um ativo equivalente e estas reformas normalmente esbarram na obsolescência do ativo.

2.1.6. Disponibilidade e Custos de Manutenção

A disponibilidade destes equipamentos está totalmente atrelada a uma gestão eficiente da manutenção, visto a sua complexidade na operação e manutenção onde naturalmente se reflete nos custos operacionais. Manter disponível mão de obra especializada própria e uma gama de peças sobressalentes dos equipamentos laboratoriais torna a estratégia totalmente inviável devido ao seu alto custo, a diversidade de equipamentos e possíveis mudanças no câmbio. No entanto, não é possível se abster de um estoque mínimo e estratégico no Brasil dos componentes mais utilizados, sob a pena de aumentar expressivamente o tempo de equipamento parado aguardando reparo visto que os componentes são em sua esmagadora maioria importados dos Estados Unidos e Europa.

2.1.7. Peculiaridades da Manutenção de Laboratórios

Com estas características a manutenção especializada é basicamente toda terceirizada através dos representantes nacionais ou envio do equipamento aos fabricantes localizados em outros países. Para se tornar economicamente viável, as operações dos representantes mantêm pouco ou nenhum estoque de peças de reposição em solo nacional e mão de obra bastante reduzida, impactando diretamente no tempo resposta para o atendimento e fornecimento de peças e insumos. Como podemos observar a manutenção de equipamentos de laboratórios industriais possui diversas particularidades do ponto de vista técnico, econômico e administrativo, estas peculiaridades impedem que a gestão industrial clássica aplicada a este nicho de mercado funcione com plenitude, desta forma se faz necessário customizar desde a base o gerenciamento destas atividades a fim de extrair todo o potencial econômico e técnico destes equipamentos dentro de sua vida útil.

2.2. Modernização da Gestão de Ativos de Laboratórios Aplicado a Indústria 4.0

A sugestão para reestruturação da gestão da manutenção 4.0 aplicada a laboratórios de engenharia de materiais e com possibilidade de customização para pequenas e médias empresas está baseada na ABNT NBR ISO 55001 através do “Guia para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 55001 que possui total compatibilidade com a Indústria 4.0.

Para utilização plena de todos os recursos que esse novo conceito da indústria 4.0 traz consigo, toda a base da gestão de ativos e manutenção deve estar bem estruturada e possuir dados confiáveis dos equipamentos e das manutenções realizadas, sistemas e subsistemas. Similaridades de documentos e processos não devem ser reaproveitados, por mais parecidos que possam parecer, desta forma é possível evitar a inserção de dados falsos nas informações que serão processadas. Vale salientar que as informações oriundas das atividades de manutenção que possuem seu preenchimento

manual através de ordens de serviço ou relatórios de falhas e que são realizadas por pessoas, são passíveis de falhas no preenchimento ou até mesmo ausência de informação. Manter a equipe treinada e engajada como parte desta nova cultura é crucial para o sucesso deste e de qualquer outro projeto. Para aplicação das tecnologias e recursos nos locais corretos temos que avaliar quais os pontos críticos da operação e como a tecnologia poderá auxiliar a prever possíveis falhas e aumentar a disponibilidade dos equipamentos. A base da estrutura utilizada é o PCM (Planejamento e controle de manutenção), esta estrutura deverá estar baseada em planos de manutenções que possam emitir relatórios gerando dados confiáveis que serão utilizados posteriormente para definir quais operações devem receber os investimentos. Neste artigo utilizaremos basicamente duas ferramentas administrativas, são elas:

PDCA: O ciclo PDCA também conhecido como ciclo de Deming é uma ferramenta administrativa bastante utilizada na engenharia que auxilia a organizar um fluxo de trabalho com o objetivo primário de criar um ciclo de melhoria contínua, onde os dados coletados do processo são continuamente checados e podem trazer benefícios através das informações capturadas nesta derradeira fase. A origem do seu nome vem da abreviação das palavras em inglês: “Plan, Do, Check, Action”, que respectivamente em português significam Planejar, Fazer, Checar, Agir.

5W2H: A metodologia 5W2H também é uma ferramenta administrativa que é aplicada conjunto com outras técnicas de gestão e seu nome vem da abreviação das palavras de língua inglesa “What, Why, Where, When, Who, How, How Much,” que respectivamente significam O que, Porque, Onde, Quando, Como e Quanto. A utilização deste questionário em combinação com outras ferramentas como o PDCA, organiza de forma simples os papéis, responsabilidades e os recursos necessários para seguir com a atividade ou projeto bem definido.

2.2.1. Panorama Geral

Neste artigo a ferramenta 5W2H será utilizada para auxiliar a implantação deste projeto de reestruturação ou estruturação da manutenção em suporte a metodologia PDCA, conforme figura abaixo:

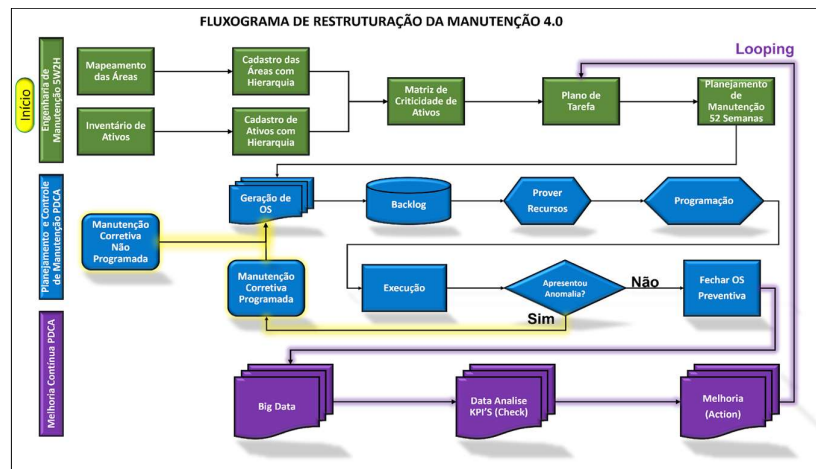


Figura 1. Fluxograma geral de reestruturação da gestão da manutenção na indústria 4.0
(Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

2.3. Engenharia de Manutenção (Plan)

Esta fase baseia-se na estruturação da gestão da manutenção e normalmente é realizada pelo time de Engenharia de manutenção. É necessário obter um sistema de gestão da manutenção eletrônico que possua recursos de avaliação de dados e a possibilidade de oferecer o cadastro dos equipamentos em no mínimo de cinco níveis, um banco de dados dos serviços realizados com detalhes de data, hora, quantidade de horas gastas na atividade e especialidades.

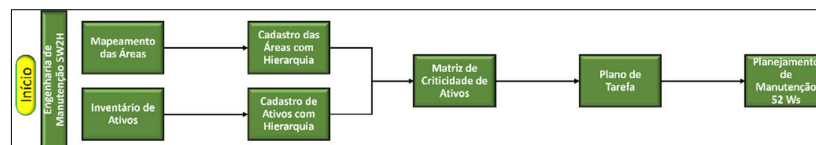


Figura 2. Fluxograma parcial da fase da engenharia de manutenção (Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

Na etapa de levantamentos, é necessário mapear as áreas e realizar o inventário de todos os equipamentos contidos naqueles locais, atrelando-os a sua localização.

Estes cadastros devem possuir, se necessário, cinco níveis de hierarquia, similar aos galhos de umas árvores ou ao endereço postal utilizado hoje, como: País, Estado, Cidade, rua, casa, apartamento.

Os inventários destes ativos, sejam eles equipamentos ou localização geográfica como prédios, galpões etc., devem estar distribuídos em níveis hierárquicos divididos por sistemas, sendo que o equipamento central é o proprietário de todos os sistemas e subsistemas.

2.3.1. Levantamento e Cadastramento de Ativos

Atualmente estão disponíveis no mercado de manutenção diversos softwares de gestão de ativos e manutenção que possuem diversas funcionalidades, no entanto algumas delas são imprescindíveis para atendimento desta nova tecnologia, o software ou plataforma escolhida deve oferecer interface amigável para os operadores, ter seu armazenamento fora do servidor da empresa, fornecer dados online através de dispositivos móveis como celulares e tablets e atender aos requisitos de segurança da informação e comunicação com softwares do tipo Microsoft Power BI e Excel. Os inventários dos ativos sejam eles equipamentos ou localização geográfica como prédios, galpões etc., devem estar distribuídos em níveis hierárquicos divididos por sistemas, sendo que o equipamento central é o proprietário de todos os sistemas e subsistema, exemplo:

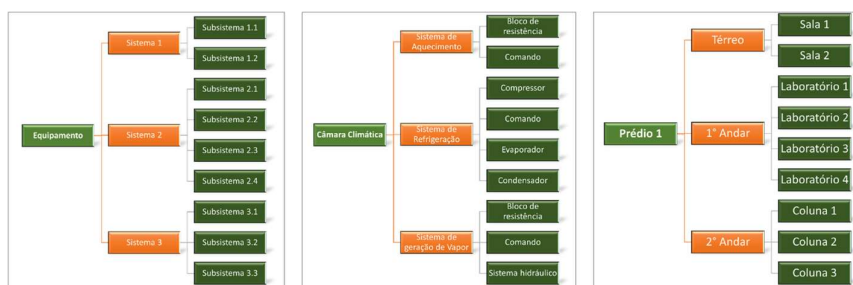


Figura 3. Hierarquia de cadastro de ativos, como padrão à esquerda, ao meio exemplo de equipamento e a direita (Viana Herbert,2020)

Este nível de detalhamento oferece maior qualidade de informação durante a análise de dados e uma maior precisão na localização do ativo durante a busca pelo time técnico operacional.

2.3.2. Matriz de Criticidade

A matriz de criticidade é uma ferramenta de avaliação de risco das operações e aponta através de um questionário quais os gargalos do processo, as dificuldades de reparo e aquisição de componentes, possíveis impactos ambientais e de segurança que estão atrelados a cada equipamento. No mercado existem diversos padrões de matriz de criticidade que podem atender parcialmente o parque de equipamentos de uma empresa, no entanto é importante revisar com uma equipe multifuncional quais são as particularidades adicionais que podem impactar negativamente caso algum evento ocorra, abaixo podemos observar uma matriz de criticidade customizada para equipamentos de laboratório:

Tabela 1. Exemplo de tabela de criticidade de equipamentos de laboratório
(Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

Item	Perguntas	Abreviação	A	B	C	D
1	(S) Segurança e Meio Ambiente?	S	Ocorrendo a falha, a falta de segurança e/ou poluição afetam completamente a área com riscos graves.	Ocorrendo a falha, a falta de segurança e/ou poluição afetam parcialmente a área com riscos médios.	Ocorrendo a falha, a falta de segurança e/ou poluição afetam pouco a área com riscos baixos.	Ocorrendo a falha, a falta de segurança e/ou poluição não afeta a área.
2	(Q) Qualidade das Atividades Executadas?	Q	Ocorrendo a falha, a qualidade é afetada e o teste é interrompido e não recuperável.	Ocorrendo a falha, a qualidade é afetada e o teste é interrompido e recuperável.	Ocorrendo a falha, a qualidade é parcialmente afetada e o teste é interrompido e recuperável.	Ocorrendo a falha, a qualidade não é afetada e o teste não é interrompido e recuperável.
3	(E) Execução do Teste?	E	Ocorrendo a falha, o teste é afetado inviabilizando a amostra / paralisando a atividade.	Ocorrendo a falha, o teste é afetado porém, sem danos a amostra.	Ocorrendo a falha, o teste é paralisado sem danos a amostra.	Ocorrendo a falha, o teste pode ser realizado por outro equipamento ou método sem danos a amostra.
4	(C) Custos de Manutenção e tempo para restabelecimento da função?	C	Ocorrendo a falha, os custos para correção podem sair do planejado > 5% anual/budget	Ocorrendo a falha, os custos para correção podem sair do planejado > 5 mil reais < 10 mil reais.	Ocorrendo a falha, os custos para correção podem sair do planejado < 5 mil reais.	Ocorrendo a falha, os custos para correção podem sair do planejado < 5 mil reais.
6	(M) Necessidade de Mão de Obra Especializada	M	Ocorrendo a falha, o reparo deverá ser realizado por mão de obra especializada não existente em equipe própria.	Ocorrendo a falha, o reparo poderá ser realizado por mão de obra especializada existente em equipe própria.	Ocorrendo a falha, o reparo será realizado por mão de obra especializada existente em equipe própria.	Ocorrendo a falha, o reparo poderá ser realizado por mão de obra em equipe própria.
6	(N) Nível de dificuldade na Manutenção Corretiva	N	Ocorrendo a falha, o tempo para reparo é maior que 8 horas.	Ocorrendo a falha, o tempo para reparo é em média de 6 horas.	Ocorrendo a falha, o tempo para reparo é < 6 horas.	Ocorrendo a falha, o tempo para reparo é < 3 horas.
7	(R) Regime de Trabalho	R	A = >16 hrs/dia ou Pronto para uso.	B = 8 A 16 hrs/dia.	C = < 8 hrs/dia.	D = Esporádico.
8	(P) Qual o nível de dificuldade na aquisição de peças?	P	Ocorrendo a falha, será necessário a aquisição de peças importadas havendo necessidade de importação.	Ocorrendo a falha, será necessário a aquisição de peças importadas ou nacionais.	Ocorrendo a falha, será necessário a aquisição de peças nacionais.	Ocorrendo a falha, será necessário apenas repor peças em estoque.

Em posse dos resultados de cada questão da tabela acima, o responsável pela implementação deverá utilizar o fluxograma de definição de criticidade do ativo abaixo.

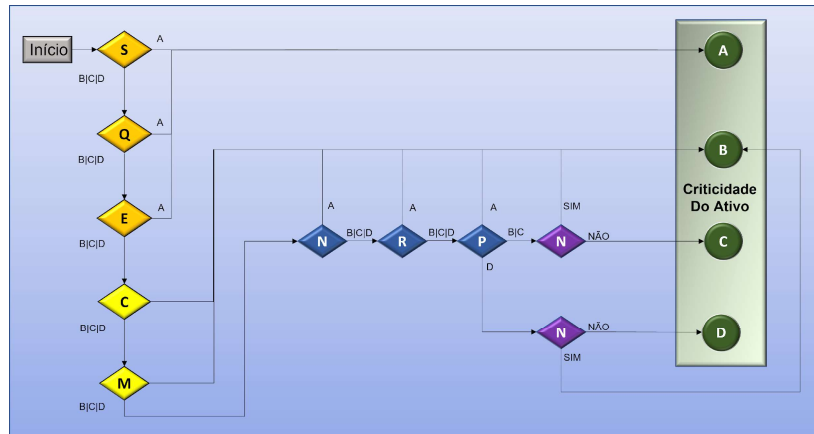


Figura 4. Fluxograma de definição da criticidade do ativo (Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

Com a aplicação Fluxograma de definição da criticidade do ativo é possível classificar cada ativo e posteriormente traçar a estratégia de manutenção que mais se adequa a cada classe, padronizando os programas de manutenção por grupos, melhorando o tempo de resposta na implantação ou reestruturação do PCM. Um dado importante que já pode ser extraído neste momento é verificar se o parque de máquinas possui mais do que 25% do total de equipamentos classificados como classe A, caso o valor encontrado seja superior a este padrão é um sinal de alerta que a operação é crítica e necessita de uma ação para diminuição dos riscos de parada.

2.3.3. Plano de Tarefa

O Plano de tarefa, também conhecido como “Programa de Manutenção” é a estratégia de manutenção que será adotada de acordo com a criticidade do ativo (Saide, 1998). Nesta fase a participação da equipe técnica é primordial para apontar quais as melhores práticas na definição de cada estratégia levando em consideração cada classe de criticidade e a periodicidade definida para cada equipamento. Abaixo podemos verificar uma sugestão de estratégia de plano de tarefa conforme o nível de criticidade do equipamento:

Tabela 2. Exemplo de estratégia de manutenção de acordo com a classificação de criticidade dos equipamentos.
(Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

Criticidade Do Ativo	Manutenção Detectiva	Manutenção Preditiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Autônoma	Inspeção	Manutenção Corretiva
A	X	X	X	X	X	X
B			X	X	X	X
C				X	X	X
D						X

2.3.4. Planos de Manutenção

Os planos de manutenção são definidos como o que realizar e em qual período. Os planos de manutenção podem ser preventivos, preditivos, detectivos entre outras estratégias de manutenção disponíveis. Ele irá descrever a atividade de acordo com o fabricante do equipamento e da estratégia do corpo técnico quais verificações e intervenções serão realizadas no equipamento. Durante a elaboração destes planos de manutenção é possível identificar qual mão de obra será utilizada, a própria ou a terceirizada, também é possível levantar os recursos necessários e a quantidade de tempo para realizar cada atividade, colaborando na construção mais robusta do planejamento de 52 semanas. É importante salientar que mesmo os serviços terceirizados necessitam de acompanhamento técnico próprio, seja ele de suporte ao terceiro dentro das dependências seja ele para atender requisitos internos de segurança.

2.3.5. Planejamento de 52 Semanas

O planejamento de 52 semanas refere-se as 52 duas semanas disponíveis no ano, este planejamento é baseado na estratégia de manutenção definida no plano de manutenção de acordo com a criticidade do equipamento, periodicidade dos planos de manutenção e os custos. Este arquivo conterá todos os serviços programados do ano e deve obrigatoriamente ser inserido no sistema de gestão da manutenção escolhido e ser gerido através deste sistema, as ordens de serviço serão emitidas automaticamente de acordo com o cronograma previamente programado. Nesta programação não estarão incluídas possíveis manutenções corretivas que surjam durante o ano de execução do planejamento.

2.4. Planejamento e Controle da Manutenção (Do)

O planejamento e controle de manutenção é um ciclo de controle de atividade de manutenção para execução e controle das manutenções programadas e não programadas, este ciclo é indispensável e vital para o sucesso de qualquer manutenção. O setor de manutenção responsável por este ciclo é diretamente responsável sobre a qualidade e veracidade das informações de reparo, relatórios de falhas, e principalmente, o preenchimento correto e completo das ordens de serviço. Na figura abaixo podemos ver no detalhe as etapas do PCM:

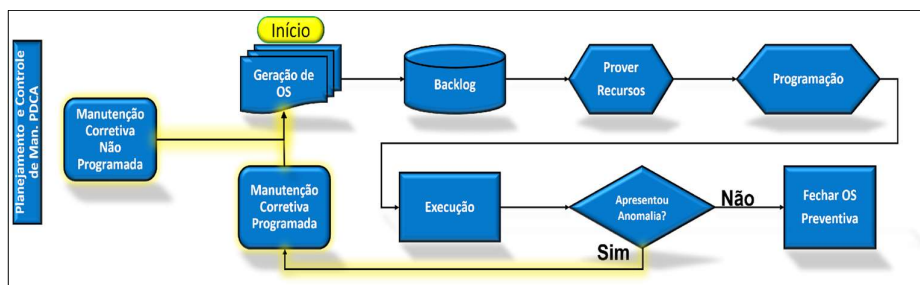


Figura 5. Fluxograma de planejamento e Controle da Manutenção (Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

Nesta etapa de planejamento e controle da manutenção (PCM), existe a necessidade de um sistema de gestão eletrônico como exemplo: SAP PM, IBM Maximo, Melvin, Tractian entre outros disponibilizados no mercado. A utilização de Planilhas do Microsoft Excel mesmo que dotadas de alta complexidade demandam manutenções rotineiras, risco da perda de dados e problemas causados por usuários não treinados. É altamente recomendável avaliar no momento da escolha do sistema de gestão da manutenção se o sistema ofertado atende todos ou a maioria dos requisitos de informação apontados no projeto, a capacidade de ser combinado com as tecnologias de IOT (internet of Things), a segurança da informação e demais tecnologias também ofertadas que possam ser incorporadas ao projeto. Em hipótese alguma podemos desconsiderar o impacto que os custos de aquisição e manutenção destas plataformas de gestão trazem junto consigo, no entanto é necessário adquirir um produto adequado que atenda aos requisitos descritos neste parágrafo e seja viável economicamente.

2.4.1. Qualidade da Informação e Melhoria contínua na fase PCM

Durante o ciclo do PCM é criado um histórico com as ocorrências de falhas e anomalias dos equipamentos através das informações inseridas através das ordens de serviço, sejam elas capturadas durante a execução das manutenções corretivas ou anomalias e desgastes encontrados durante as manutenções preventivas. É importante salientar que o registro e a qualidade destas informações são de responsabilidade de toda a equipe e será vital para o sucesso de qualquer análise como MTTR, MTBF, confiabilidade entre outros. Com posse deste banco de dados é possível analisar e extrair informações valiosas que auxiliam na correção das estratégias de manutenção, algumas correções mais simples das estratégias de manutenção podem ser modificadas ainda dentro do processo de PCM, auxiliando na mitigação de falhas em equipamentos que apresentam micro paradas, ou falhas com causa raiz realmente conhecida. Após devidamente registrado e comunicado o responsável do projeto é possível realizar pequenos ajustes como: Alteração dos planos de manutenção para atender algum item específico, mudança na periodicidade, treinamento da equipe para evitar erros de execução etc. Segundo Pereira (2011), a rotina implementada pelo PCM já pode trazer frutos positivos nesta fase, no entanto é prudente dizer que os resultados são perceptíveis em média após um ano do final desta fase, desde que seguidas corretamente as rotinas do Planejamento e Controle de Manutenção.

2.5. Melhoria Contínua 4.0 (Check)

“A Indústria 4.0 é um conceito que representa a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais, melhorando os processos e aumentando a produtividade.” Disponível em: (Portal da Indústria acessado em 26/11/2022). Neste momento da história a aplicação não estruturada de várias tecnologias não é o ponto central, mas sim uma nova forma de reestruturá-la. Adquirir hardwares e softwares que possuem tecnologia compatível entre si e com o protocolo de comunicação dos equipamentos já existentes, é imprescindível para tornar possível a interação entre os sistemas e os equipamentos.

A automação e a captura dos dados de vibração, temperatura, umidade de forma online já são uma realidade. No entanto, qual equipamento deverá receber estas tecnologias de monitoramento e o que fazer com estes dados preciosos, ainda é uma incógnita para muitos. Antes de definir qual das diversas tecnologias ofertadas no mercado será aplicada no projeto, é crucial definir de maneira científica quais os equipamentos, locais, sistemas e subsistemas trarão retorno financeiro ao receber estes investimentos em tecnologia. Basicamente equipamentos classificados com criticidade “A” e

“B” recebem este tipo de investimento por trazerem consigo maior impacto aos processos, os demais equipamentos classificados com criticidade “C” ou “D”, devem ser avaliados separadamente e as estratégias traçadas com base na melhoria da disponibilidade alterando os planos de manutenção e realizando estudos de substituição do ativo.

Nesta etapa trataremos de como devemos proceder para gerir os dados de manutenção a fim de obter parâmetros que possam auxiliar na tomada de decisão de quais processos devem ser monitorados ou automatizados.

Na figura abaixo podemos verificar a sequência da análise de dados de como a estrutura da indústria 4.0 construída até o momento neste artigo irá processar e extrair as informações necessárias para os estudos de tomada de decisão dos investimentos:

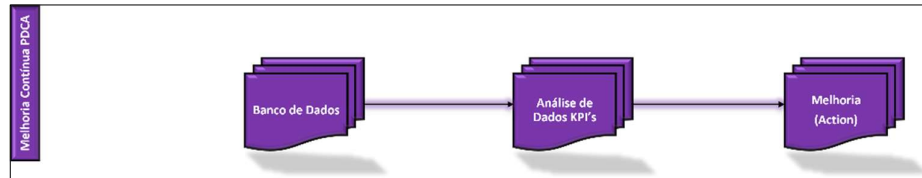


Figura 6. Fluxograma de Melhoria contínua (Elaborado pelo autor Alberto Santos, 2022)

2.5.1. Banco de Dados

O conjunto de informações obtidas através dos dados extraídos do sistema de gestão da manutenção que foram devidamente registrados serão utilizados para criar este banco de dados. Mesmo com todo engajamento, treinamento e cuidado com o correto preenchimento destas informações, durante o registro das atividades no sistema de gestão eletrônico é comum que o banco de dados possua informações irreais que podem trazer alguma inconsistência na análise dos dados, para eliminar estes dados irreais é necessário tratar os dados removendo estas informações inconsistentes.

2.5.2. Análise de Dados

Nesta etapa com os dados já tratados será necessário listar os eventos que apresentaram maior impacto negativo nas operações e avaliar os dados de falha a fim de obter quais os pontos, sistemas ou equipamentos apresentam falhas que impactam as operações do setor. Nesta avaliação também é possível observar se existe algum equipamento com criticidade classificada como "C" ou "D" que causou parada na operação, caso isso ocorra é necessário revisitar a avaliação de criticidade para reavaliação.

2.6. Melhoria Contínua (Action)

Nesta etapa os equipamentos ou processos que apresentam impacto negativo ao processo do setor já foram apontados e é possível definir se a mudança da estratégia de manutenção poderá eliminar ou mitigar de forma aceitável os problemas e falhas apresentadas. Caso a mudança da estratégia de manutenção não atenda o requisito de diminuição do risco de parada, será necessário o estudo de viabilidade do equipamento, sistema, subsistema de coleta de dados do equipamento para criar estratégias de manutenção a fim de prever alguma falha que não possa ser identificada de forma antecipada por outras estratégias de manutenção. Os exemplos mais comuns no mercado de aquisição de dados de equipamentos são por exemplo a análise de vibração, estes dados podem ser verificados em tempo real, também é possível criar alarmes para níveis de deterioração do componente a ser substituído, trazendo maior previsibilidade à falha.

O estudo de automação dos equipamentos ou processos definidos nesta fase devem passar pela avaliação de diversos critérios, entre estes critérios estão:

- Estado de conservação, vida útil e compatibilidade do equipamento que possa inviabilizar a automação;
- Alteração da estratégia de manutenção que poderá mitigar as falhas verificadas;
- As características e os horários das falhas identificadas;
- Os impactos financeiros na operação quando existe a falha;

Munido de todos dados e demais informações é possível capturar os custos gerados com a parada do equipamento e confrontar com os investimentos que serão necessários para automatizar o equipamento ou processo para obter melhor desempenho ou disponibilidade do equipamento.

2.6.1. Possibilidade de aplicação de Tecnologias da indústria 4.0

Uma das possibilidades de aplicação mais comuns nos setores laboratoriais é o monitoramento dos ambientes que possuem requisitos de controle de umidade e temperatura e os equipamentos que realizam testes de envelhecimento e possui como características o seu funcionamento por longos períodos de forma ininterrupta. Podemos citar aqui equipamentos do segmento de análises químicas que são sensíveis a temperatura e umidade como o Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), este possui lentes sensíveis a umidade e temperatura, como também equipamentos como Weather Ometer que simula condições ambientais (sol e chuva) acelerando o envelhecimento do material e possui alta sensibilidade a oscilações de energia e qualidade da água. Nestes dois casos a automação integrada com os dados na nuvem pode realizar o monitoramento da umidade, da tensão elétrica, da temperatura, da qualidade da água e corrigir automaticamente as condições do ambiente para evitar problemas aos equipamentos além dos alarmes em dias e horários que não existe operação física como finais de semana e horários noturnos. Uma tecnologia não tão difundida, mas já disponível quando se possui um Big Data é a inteligência artificial. A inteligência artificial pode ser utilizada neste segmento para analisar esta massa de dados gerada pelo monitoramento e expor através de gráficos de dispersão inúmeras combinações de informação que podem auxiliar na tomada de decisões e análise de defeitos críticos.

CONCLUSÕES

Neste artigo foi possível descrever de forma sucinta as diversas mudanças da indústria durante as décadas, suas revoluções e as características dos equipamentos de Laboratório de materiais e suas peculiaridades. As novas tecnologias oriundas deste novo conceito não substituem totalmente as técnicas e os conceitos anteriores, tão pouco tem poder de ser o principal pilar da manutenção, pois até os sistemas de aquisição de dados característicos da automação também necessitam de manutenção e calibração. Dentro do estudo necessário para confecção deste artigo foi possível observar que um dos maiores desafios desta nova era é encontrar o equilíbrio entre as técnicas e estratégias de manutenção já consolidadas no mercado e o investimento em novas tecnologias que tragam real retorno aos investidores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que até aqui me sustentou, a minha querida família e in memoriam ao meu querido pai, que mesmo hoje após anos da sua ausência ainda me ensina através das lembranças dos seus preciosos conselhos. Agradeço também aos estimados professores do Centro Universitário Senai Roberto Simonsen que tanto me incentivaram e apoiaram na criação e publicação deste artigo científico.

BIBLIOGRAFIA

AUTOMATA, R. Indústria 4.0 no Brasil | Automata do Brasil. Disponível em: <<https://www.automataweb.com.br/industria-4-0-no-brasil/#:~:text=Em%20Abril%20de%202013%2C%20novamente>>. Acesso em: 27 nov. 2022

CAMPOS, M. C. DE. [cnen.gov.br](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp). Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GOVERNO FEDERAL (Brasil). CNEM. Normas de Tratamento de Ativos e resíduos Nucleares: Destinação de Rejeitos Radioativos. In: Normas de Tratamento de Ativos e resíduos Nucleares: Destinação de Rejeitos Radioativos. Brasil: CNEM, 2000. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>. Acesso em: 20 nov. 2022.

Indústria 4.0. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. definição de indústria 4.0

Installation Guide. 02. ed. Mulgrave, Victoria, Australia: Agilent Technologies Australia [M] Pty Ltd, 2015. p. 12-13.

PEREIRA, M. ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO. 1. ed. [s.l: s.n.]. p. 107, 168

SAIDE JORGE CALIL (São Paulo). Bacharel Engenharia, Mestre Eletrônica: bacharel engenharia eletrônica, mestre cientista. In: CALIL, Saide Jorge; TEIXEIRA, Marilda Solon. Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares. São Paulo: Editora Fundação Petrópolis Ltda., 1998. Cap. 1. p. 13-14, 74-75.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0. Revista Interface Tecnológica, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 30 dez. 2018. Interface Tecnológica. <<http://dx.doi.org/10.31510/inf.v15i2.386>>.

TELES, J. Gestão Financeira da Manutenção. edição 2 ed. [s.l: s.n.]. v. único. P. 7, 85, 86

VIANA, Hebert. Manual de Gestão da Manutenção. 1. ed. Brasília: [s. n.], 2020. v. 1 p. 61

Zampolli, Marisa, et al. “GESTÃO de ATIVOS GUIA PARA a APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR ISO 55001.” 2018. P. 11, 14, 17, 25, 33, 37, 58

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores Alberto Luiz dos Santos, Leandro Cardoso da Silva e Carlos Cesar Pestana são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

MODERNIZATION OF LABORATORY ASSET MANAGEMENT APPLIED TO INDUSTRY 4.0

Alberto Luiz dos Santos

Leandro Cardoso da Silva

SENAI Roberto Simonsen Brás College, Monsenhor Andrade street, 298 - Brás, São Paulo - SP, 03008-000
albertoluiz.santos@hotmail.com ; leandro.cardoso@sp.senai.br

Carlos Cesar Pestana

SENAI Roberto Simonsen Brás College, Monsenhor Andrade street, 298 - Brás, São Paulo - SP, 03008-000
Carlos.pestana@sp.senai.br

Abstract: *The fourth Industrial Revolution popularly known as Industry 4.0 is already a changing reality and is being implemented in large steps within large companies. The interconnected and synchronized production sectors that generate information and enable the optimization of processes automatically, the mitigation of waste due to unscheduled stops for maintenance and the evaluation of the condition of the equipment without the need to stop the equipment or physical intervention, are characteristics that the implementation of Industry 4.0 incorporates and replaces the Brazilian Industry in the hall of competitiveness in the World market. The construction of technologies and applications of industry 4.0 are mainly focused on the manufacturing sectors of multinationals, with their implementation quite complex and costly, in this context of large manufactures the initial investment is feasible and justifiable due to the high volume of production, making it possible to design the return on investment in the medium term according to its results. However, even within this perspective of technological advancement and its results for the industry, it is possible to observe that support areas of large industries and small and medium-sized companies have difficulty in modernizing their management of maintenance, as there is no customized and economically adequate study for these market niches, segregating these smaller companies from enjoying the competitive advantages that industry 4.0 has to offer. This Scientific Article aims to customize an industry 4.0 implementation plan in non-manufacturing sectors, where the concepts described here can be applied in small and medium-sized companies that have low initial investment and need to become competitive in the face of the current market. The text will address in theory a systemic restructuring of maintenance management modeled for application in an Engineering Materials Analysis Laboratory, in a customized way preparing its base, to create decision-making indicators.*

Keywords: *Industry 4.0; Maintenance Management 4.0; Laboratory Maintenance; PCM 4.0*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors Alberto Luiz dos Santos, Leandro Cardoso da Silva and Carlos Cesar Pestana are the only responsible for the printed material included in this paper.