

**FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO PALMÉRIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

CARLOS EDUARDO NAVES FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE UTILIZANDO O MCC –
MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA ANÁLISE DE FALHAS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

CARLOS EDUARDO NAVES FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE UTILIZANDO O MCC –
MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA ANÁLISE DE FALHAS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Me. Jaqueline Vicente Matsuoka

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

Dedico a Deus, por ser meu guia nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo à Deus, que sempre esteve e sempre estará em primeiro lugar na minha vida, pois, além de ter me concedido o dom da vida, caminhou comigo me consagrando com a força e a oportunidade de chegar até aqui.

À minha família, minha base, por toda dedicação e paciência contribuindo diretamente para que pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos e por sempre acreditar e investir no meu potencial. Vocês sempre serão minha referência de cuidado e amor.

Agradeço à minha orientadora Prof.^a Me. Jaqueline Vicente Matsuoka, por todo auxílio na realização deste trabalho e principalmente por contribuir para que meu sonho se tornasse realidade.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar repassando conhecimentos e nos ensinando os grandes valores de ser um bom profissional. Também a minha instituição por ter me amparado com todas as ferramentas necessárias para finalizar mais este ciclo da minha vida.

RESUMO

Em função do elevado crescimento da competitividade de mercado na construção civil, é notável que as empresas desse setor buscam por melhorias em processos e serviços. Para isso a introdução de ferramentas de gestão da qualidade se torna indispensável à composição da gestão empresarial da construção civil. Nesse contexto, o presente trabalho baseou-se no estudo de ferramentas de gestão da qualidade voltadas a manutenção predial como a manutenção centrada na confiabilidade (MCC) e análises de falhas e seus efeitos (FMEA), de forma a contribuir com a introdução de um sistema global de gestão da qualidade empresarial. Assim, foram aplicadas metodologias de análise de falhas para as avarias comuns na construção civil como forma de estudos de caso. Foram identificados, como exemplo de aplicação da metodologia proposta, que as falhas representam riscos que podem ser quantificados de forma a tornar o tratamento e controle de falhas mais assertivo, contribuindo com a incorporação de técnicas eficientes de manutenção e gestão predial, capazes de aumentar a vida útil de uma edificação.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Qualidade; Manutenção Predial; MCC; FMEA; Construção Civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo PDCA	14
Figura 2 - Aumento da vida útil da edificação pela aplicação de manutenções.....	16
Figura 3 - Programa 5S.....	18
Figura 4 - Fluxograma proposto para análise de falhas em obras civis.....	21
Figura 5 - Exemplo de trincas em obras civis	24
Figura 6 - Exemplos de infiltrações em construções civis	25
Figura 7 - Gráfico comparativo entre os riscos das falhas apresentadas	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de ocorrência de falhas	22
Tabela 2 - Índice de gravidade de falhas	23
Tabela 3 - Índice de detecção de falhas	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIGLAS

FUCAMP	Fundação Carmelitana Mário Palmério
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Action</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

R	Índice de Risco
O	Índice de Ocorrência
G	Índice de Gravidade
D	Índice de Detecção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo geral.....	12
1.2 Objetivo específico.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Implantação de sistema de gestão da qualidade.....	13
2.2 Gestão da manutenção na construção civil.....	14
2.3 Estratégias de gestão da manutenção aplicada a construção civil.....	16
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Estudo de caso 1: Trincas.....	24
3.2 Estudo de caso 2: Infiltrações.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Simulação de uma análise do estudo de caso 1: Trincas.....	26
4.2 Simulação de uma análise do estudo de caso 2: Infiltrações.....	27
4.3 Análise geral das falhas.....	27
5 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A grande expansão da construção civil, notória nas últimas décadas, aliada ao aumento da concorrência e dos níveis de exigência dos clientes constituíram fatores decisivos na mudança de mentalidade das empresas que passaram a enxergar principalmente a busca pela máxima satisfação dos clientes e a melhoria contínua de seus processos produtivos como oportunidades de obter um diferencial de mercado e, conseqüentemente, sua permanência no mercado (CUPERTINO E BRANDSTETTER, 2015).

Desse modo, em função do aumento da competitividade de mercado e da necessidade de aumento da produtividade, as empresas têm modificado a forma de trabalho e buscado novas ferramentas de gestão que proporcionem maior eficiência no desenvolvimento de projetos e produtos. No caso da construção civil, apesar de existir barreiras na transferência de conhecimentos e na colaboração conjunta de empresas, os sistemas de gestão de qualidade despontam como ferramentas contribuintes para aumento de desempenho desse setor (OKAMOTO, SALERNO, MELADO, 2014).

Luz, Carvalho e Cavalcanti (2015) destacam que a falta de implementação de um sistema de qualidade na construção civil é um dos fatores que afeta financeiramente as empresas e, por essa razão, a implantação de sistemas ou ferramentas de qualidade contribuem com o desenvolvimento global de empresas do ramo da construção civil, uma vez que auxiliam na redução de perdas de material, trabalhos desnecessários ou mau conduzidos.

Para aplicação correta de um sistema de gestão de qualidade (SGQ), foi elaborada pela *International Organization for Standardization* a (ISO) 9001, cuja aplicação conduz a empresa uma melhor prestação de serviço, controle de materiais, redução na ocorrência e repetição de erros, proporcionando assim, maior lucro, enquanto o desperdício será minimizado (MARIN, 2012). Em sua última revisão, a ISO estabeleceu que para sua aplicação é necessária a padronização de processos afim de gerar melhores produtos que atendam às necessidades dos clientes.

Para o caso específico da construção civil podem ser destacados os procedimentos de verificação de falhas e avarias em obras civis, fundamentais para o bom desempenho da edificação. Tais procedimentos, quando padronizados e executados corretamente, podem contribuir significativamente com a implantação de um completo sistema de gestão de qualidade, além de garantir o bom desempenho da edificação. Nesse sentido, ferramentas baseadas na excelência de resultados podem ser incorporadas como procedimentos padrões

para garantia de entrega dos melhores resultados. Para tanto, é necessária a participação de todos os elementos de uma cadeia produtiva, desde o operador até os níveis mais altos de gestão (YAMAGUCHI, 2005).

Assim, em virtude das novas concepções de mercado e da necessidade de implantação de um sistema de gestão da qualidade em empresas de construção civil que funcione como um diferencial competitivo no atual cenário industrial, o presente trabalho será conduzido de forma a propor uma ferramenta de gestão destinada à verificação de falhas que comumente ocorrem em obras e edificações que comprometem a qualidade e o uso da edificação. Pretende-se, portanto, a formulação de um procedimento padrão para avaliação de avarias em obras baseadas em ferramentas de qualidade de modo a contribuir com a inserção de gestão de qualidade na construção civil e tornar o tratamento de falhas em obras padronizados e, conseqüentemente mais assertivo.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo consiste na aplicação e análise de uma ferramenta padronizada para avaliação de falhas em obras civis de modo a facilitar o seu tratamento e contribuir com a implantação de um sistema de gestão de qualidade, permitindo o aumento de produtividade de empresas da construção civil.

1.2 Objetivo específico

Além do objetivo geral proposto, o presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Avaliar a importância da implantação de uma ferramenta padronizada para avaliação de falhas em obras civis.
- Introduzir uma ferramenta padronizada e consolidada de avaliação de falhas baseadas em sistemas de gestão de qualidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A modernização do cenário empresarial aliado às novas exigências de mercado tem transformado a indústria da construção civil, que ainda se encontra deficiente no que diz respeito ao desperdício de materiais, geração de resíduos e ausência de mão-de-obra qualificada. As mudanças são conduzidas em direção a criação e implantação de técnicas de gestão de qualidade com o intuito de criação de um sistema de gestão de qualidade capaz de minimizar as deficiências e aumentar os lucros.

A integração de ferramentas de qualidade ao setor de construção civil é de fundamental importância para garantia da competitividade no atual mercado. Uma vez que tal setor é caracterizado por constantes instabilidades, com períodos variáveis de crescimento e recessão, a introdução de um sistema de gestão de qualidade torna-se imprescindível ao passo que é capaz de promover bons resultados em processos ou técnicas operatórias comuns, otimizando as atividades, diminuindo as perdas e ainda promovendo a satisfação de clientes (GOMES e BARBOSA, 2017).

2.1 Implantação de sistema de gestão da qualidade

A implantação de um sistema de gestão de qualidade, segundo Gomes e Barbosa (2017), ocorre baseado em normas internacionais utilizadas para certificação dos sistemas de gestão. Nesse cenário destaca-se a ISO 9001, a qual fundamenta que um sistema de qualidade deve, primordialmente, ser desenvolvido de modo adequado ao setor de aplicação. Sendo assim, para o caso da construção civil, é imprescindível que haja, dentre outros itens, qualidade no gerenciamento, na execução de obras, na operação e na assistência técnica pós-uso.

Nesse contexto, a entrega de um sistema de qualidade eficaz deve obrigatoriamente estar aliado com o processo de melhoria contínua definido por Pereira (2009) como um conjunto de procedimentos que objetivam aumentar a confiabilidade e promover a manutenção do desempenho de modo contínuo. Para Maia e Scheer (2016), a melhoria contínua é sistemática e interativa pelo fato de utilizar uma abordagem científica para resolução de problemas estruturada em etapas como a identificação das causas, escolha, planejamento e padronização da solução em um ciclo de resolução realizado indefinidamente

para buscar a melhor solução possível. Assim, o ciclo PDCA, é um método aplicável ao processo de melhoria contínua por permitir a junção de esforços sistemáticos e interativos.

Por definição, o ciclo PDCA, ilustrado na Figura 1, é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance de metas necessárias à sobrevivência de uma organização. O ciclo indica o caminho a ser seguido para o alcance das metas estipuladas iniciando com o P (*Plan*), planejamento de ações, seguido do D (*Do*) quando se coloca o plano em prático, depois C (*Check*) quando se verifica ou acompanha a evolução das metas e, por fim, o A (*Action*), quando se estabelece as ações necessárias para continuidade eficaz do ciclo. Para a construção civil, tal processo de melhoria continua está relacionado com a incorporação de procedimentos de manutenção capazes de reconhecer previamente as falhas e tratá-las de maneira proativa, assegurando o desempenho adequado de uma obra ou edificação.

Figura 1 - Ciclo PDCA



Fonte: LIMA et al (2015).

2.2 Gestão da manutenção na construção civil

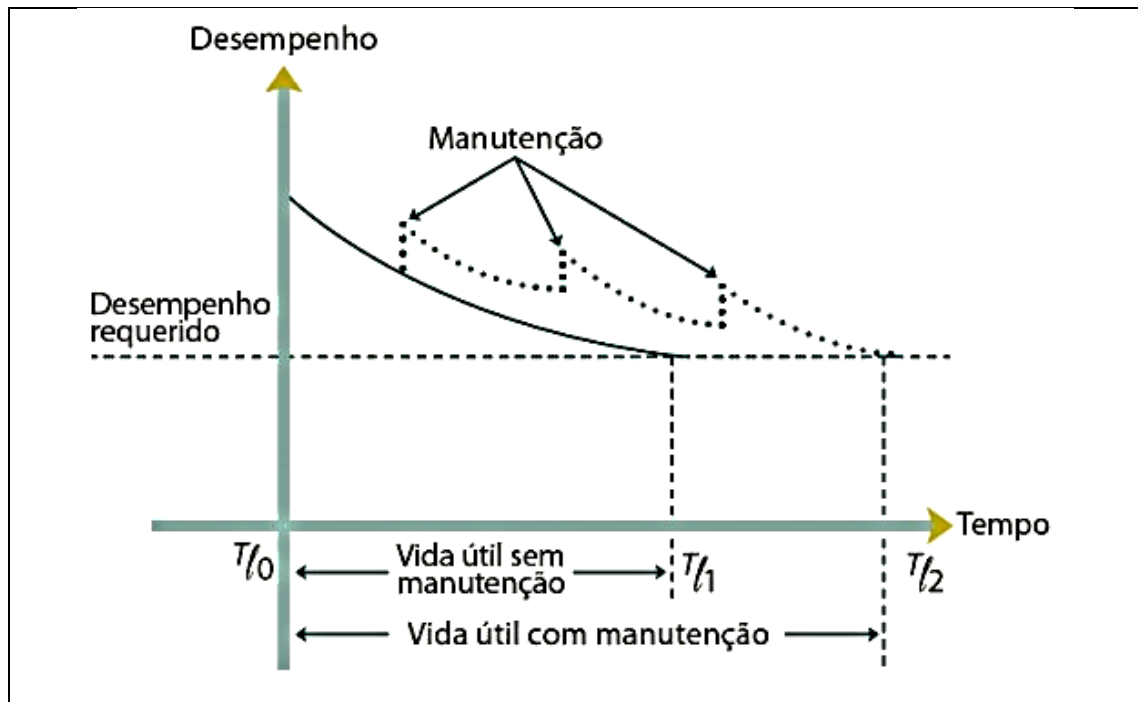
Quando se trata de manutenção em construção em civil, as normas ISO são comumente aplicadas no sentido de estabelecer conceitos aplicáveis para tal promoção. De modo geral, a manutenção aplicada a construção civil pode ser definida como o conjunto de

atividades e recursos que garanta o melhor desempenho da edificação afim de atender às necessidades dos usuários, com confiabilidade e disponibilidade, ao menor custo possível. Assim, a finalidade principal da manutenção predial consiste em reformar ou fazer modificações para o tratamento de avarias ou falhas, desde a fase de projeto até a utilização da obra (MAIA e SCHEER, 2016).

Almeida (2017) reforça que a manutenção de obras civil engloba todas as atividades técnicas e procedimentos administrativos necessários para o perfeito e contínuo funcionamento dos seus equipamentos e instalações, com segurança, higiene, conforto e baixo custo. No entanto, para que essas atividades sejam realizadas de modo satisfatório, é necessário o comprometimento de todos profissionais envolvidos, desde a participação direta da equipe gestora, incentivando e inspecionando a rotina de trabalho, até os funcionários de campo.

A premissa principal para aplicação da gestão da manutenção em obras civis está voltada para o aumento da vida útil da edificação. A vida útil pode ser definida, de acordo com Lima (2017), como o período de tempo em que um sistema presta a atividade a qual foi projetado ou construído. A vida útil de uma edificação é influenciada pelas manutenções periódicas, condições de exposição e pelo uso. Sabendo que os sistemas que fazem parte de uma edificação vão diminuindo o desempenho ao longo de sua existência, a execução de manutenções tem por finalidade prolongar a vida útil de uma edificação, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Aumento da vida útil da edificação pela aplicação de manutenções



Fonte: LIMA (2017).

2.3 Estratégias de gestão da manutenção aplicada a construção civil

As estratégias para manutenção predial podem ser divididas de modo mais abrangente, em manutenção corretiva, preventiva ou preditiva. A manutenção corretiva corresponde ao conjunto de técnicas e reparos feitos após a evolução de falhas e implicam na paralisação total ou parcial da obra ou edificação. A manutenção preventiva abrange procedimentos de verificação planejados e executados sem que necessariamente as falhas evoluam e comprometam a edificação, incorporando metodologias de acompanhamento e prevenção de defeitos. Lessa e Souza (2010) afirmam que, sempre que viável, este tipo de manutenção deve ser adotado. Por fim, a manutenção preditiva envolve atividades de inspeção e estudo do desempenho da edificação ou elementos da obra a fim de se preverem possíveis anomalias ou falhas (FERREIRA, 2010).

Vargas (2016) relata que a falta de adoção de uma estratégia de manutenção para uma edificação pode representar problemas relacionados a perda de material, além do comprometimento da segurança de trabalhadores e do meio ambiente. Sendo assim, a adoção de um programa eficiente de manutenção minimiza esses problemas e contribui com a gestão de qualidade empresarial. Atualmente destacam-se como ferramentas gerenciais de

manutenção, o Programa 5S, a Manutenção Produtiva Total – *Total Productive Maintenance* (TPM) e a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) em função da sua crescente utilização nas organizações (ABRAMAN, 2013).

De acordo com Braga (2016), o programa 5S ilustrado na Figura 3, é uma técnica japonesa, fundamentada como uma ferramenta de qualidade e representam 5 palavras japonesas: *seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*. Esse programa foi adaptado para construção civil com foco no treinamento, colocação de metas, avaliação de desempenho e premiações, conscientizações e estímulos que façam com que o trabalhador diretamente envolvido com a obra tenha o hábito de mantê-lo organizado e limpo. As 5 palavras são definidas do seguinte modo:

- *Seiri*: Senso de utilização. Consiste em deixar no ambiente de trabalho apenas os materiais úteis, descartando ou destinando os demais da maneira mais adequada;
- *Seiton*: Senso de Organização. Consiste em estabelecer um lugar para cada material, identificando-os e organizando-os conforme a frequência do uso. Se utilizado frequentemente o material deve ficar perto do trabalhador, caso contrário, deve ser armazenado em um local mais afastado, para que não prejudique as tarefas rotineiras;
- *Seisou*: Senso de limpeza. Consiste em manter os ambientes de trabalho limpos e em ótimas condições operacionais.
- *Seiketsu*: Senso de Saúde e Melhorias Contínuas. Este princípio pode ser interpretado de duas formas. Na aplicação de ações que visam a manutenção e melhoria de saúde do trabalhador e nas condições sanitárias e ambientais do trabalho.
- *Shitsuke*: Senso de Autodisciplina. A autodisciplina é um estágio avançado de comprometimento das pessoas, que seguem os princípios independente de supervisão. Para atingir este estágio é necessário ter atendido satisfatoriamente os quatro princípios anteriores.

Figura 3 - Programa 5S



Fonte: BRASILCOORPORATIVO (2018).

A necessidade de implantação do programa 5S, para Luiz e Vito (2011) está relacionada com a série de vantagens oriunda desse programa, as quais é possível destacar:

- A redução de desperdícios, sejam eles: materiais, recursos humanos, recursos naturais, tempo e custo
- Aumento na qualidade do produto ou serviço;
- Aumento da produtividade
- Fornecimento da base necessária para implementar outros programas de qualidade, como por exemplo a ISO 9001;
- Facilidade na detecção de erros, objetos fora do lugar e outros problemas que precisam de atenção;
- Prevenção de acidentes de trabalho;
- Melhoria no ambiente de trabalho, na qualidade de vida e no respeito entre colaboradores;
- Melhoria na comunicação entre colaboradores em diferentes níveis de contribuição;
- Redução de custos e da necessidade de retrabalho.

No que se refere a manutenção produtiva total, é possível afirmar que ela está inserida dentro da manutenção preventiva e pode ser entendida como os conjunto de ações destinadas

a manter o funcionamento do sistema de referência (no caso, uma obra civil ou edificação) em seu estado adequado. Refere-se, portanto, ao desenvolvimento e implementação de uma estrutura com o objetivo de integrar produção e manutenção predial em todos os níveis da organização desde a diretoria até o pessoal operacional, maximizando o rendimento de toda a empresa, com melhoria da qualidade (SILVA, 2015).

A manutenção centrada na confiabilidade, de acordo com Almeida (2017), está instaurada na preservação do desempenho da obra ou do pleno funcionamento da edificação como um todo, identificando previamente os modos de falhas na estrutura e as possíveis causas e efeitos que possam comprometer a segurança, a disponibilidade da edificação ou o custo. Por se tratar de uma metodologia baseada no tratamento de falhas, durante o desenvolvimento da MCC, normalmente é utilizada a técnica de análise de modos e efeitos de falhas *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), que funciona como uma ferramenta para definir, identificar e eliminar falhas potenciais de sistemas, projetos, processos e/ou serviços antes que estas atinjam o cliente de modo irreversível.

O FMEA é um método gerencial utilizado para a detecção de modos de falhas dos sistemas na busca pela melhoria contínua dos processos, cujo sucesso é pautado na qualidade e no planejamento estratégico. Segundo essa técnica, cada modo de falha de um sistema específico deve ser analisado, visando determinar as consequências ou os efeitos dessas falhas em outros sistemas, classificando assim cada modo de falha de acordo com sua severidade, ocorrência e detecção, e recomendando ações para eliminar ou minimizar seus efeitos (LAURENTI, 2010).

A análise FMEA é bastante difundida na indústria automobilística, aeroespacial e eletrônica, mas também pode ser utilizada na indústria da construção civil em diferentes fases e níveis da empresa, desde a fase de planejamento até a fase de concepção de projeto, execução e pós-obra, visando à otimização e melhoria dos processos, além de garantir a utilização da edificação por um maior período de tempo e conseqüentemente atender as necessidades de clientes. Desse modo, a técnica assume um papel preventivo na fase de projeto e um papel dinâmico na fase de execução das tarefas, sobretudo, naquelas relacionadas à manutenção predial (CUPERTINO e BRANDSTETTER, 2015).

Leal, Pinho e Almeida (2006), afirmam que o FMEA consiste basicamente de dois estágios. No primeiro estágio as falhas são identificadas, englobando atividades de inspeção detalhadas que exigem uma experiência prévia do funcionário da obra designado a tal função. No segundo estágio, engenheiros que trabalharam com o FMEA determinam o nível crítico

destas falhas e as ordenam, estabelecendo um ranking de criticidade, baseado em critérios previamente estabelecidos ou obtidos a partir de experiências com falhas de mesma natureza, registradas em relatórios de inspeções prediais.

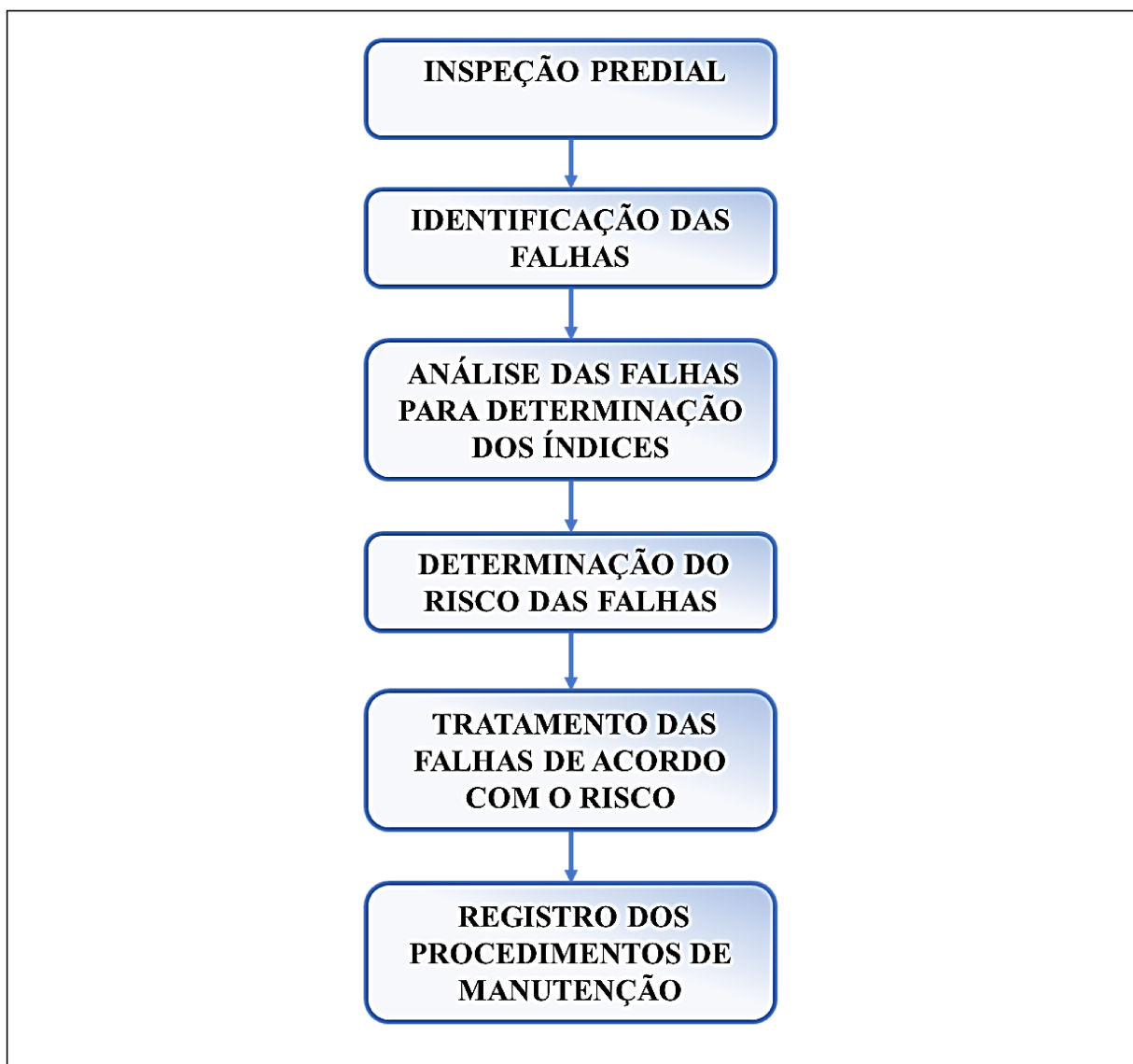
O ranking de criticidade funciona como um indicador e é determinado por fatores relativos à ocorrência, severidade e detecção das falhas. Segundo este índice, a falha mais crítica deve ser considerada prioritária para a aplicação de ações cabíveis. Desse modo, é necessário classificar as falhas em função do comprometimento das mesmas com a utilização de uma determinada edificação (LIMA, 2011). Assim, a incorporação de indicadores que facilitem o tratamento adequado de falhas em edificação deve fazer parte de um sistema de manutenção integrado a sistema de gestão de qualidade. Esses indicadores devem retratar aspectos importantes a respeito da falha, de modo que seja adequadamente interpretado por pessoas aptas a eleger ou executar as atividades de controle e recuperação.

No presente estudo, será proposta uma ferramenta de avaliação e tratamento de falhas capaz de ser integrada a um sistema de gestão empresarial, baseado na estratégia de gestão de manutenção centrada na confiabilidade e na análise de modos de falhas e seus efeitos (FMEA), aplicada a falhas comuns na construção civil. De acordo com Souza et al (2017), o gerenciamento adequado de falhas em todos os estágios de uma obra civil favorecem a execução de um projeto economicamente viável. Durante a utilização da edificação, tal gerenciamento é capaz de aumentar a vida útil da edificação, mantendo as condições das instalações conforme foram projetadas.

3 METODOLOGIA

Diante do objetivo proposto nesse estudo, o método corresponde ao fluxograma para avaliação de falhas na construção civil mostrado na Figura 4. Esse fluxograma representa de modo simples, as etapas a serem executadas durante a inspeção de uma obra ou durante a manutenção predial, por exemplo. Dessa forma, acredita-se que tal procedimento poderá ser integrado ao sistema de gestão da manutenção predial de uma empresa de construção civil.

Figura 4 - Fluxograma proposto para análise de falhas em obras civis



Fonte: AUTOR (2018).

Como já descrito, a proposta é introduzir uma metodologia criada pelo autor com base na bibliografia consultada para compor um sistema de gestão da qualidade baseada na manutenção centrada na confiabilidade (MCC) e análises de falhas e seus efeitos (FMEA), aplicada a falhas comuns em edificações. Para tanto foi estabelecido um procedimento simplificado para avaliação de falhas e um estudo do risco dessas falhas à edificação, de modo a acelerar ou tornar mais assertivo o seu processo de tratamento, reduzindo o tempo e, conseqüentemente, os custos globais com serviços de recuperação.

Segundo a técnica FMEA, o risco da falha pode ser calculado para a sua melhor avaliação. De acordo com a metodologia proposta por Silva (2015), o risco da falha pode ser quantificado através da Equação 1.

$$R = O.G.D \quad (1)$$

Onde,

- R indica o Índice de Risco;
- O corresponde ao Índice de Ocorrência;
- G representa o Índice de Gravidade;
- D corresponde ao Índice de Detecção.

O Índice de Ocorrência das falhas representa uma estimativa das probabilidades combinadas de ocorrência de uma causa de falha, e dela resultar o tipo de falha no produto ou processo. Tal índice, pode ser determinado conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Índice de ocorrência de falhas

Índice	Probabilidade de ocorrência	Ocorrência
1	Muito remota	Excepcional
2	Muito pequena	Muito poucas vezes
3	Pequena	Poucas vezes
4 – 5 – 6	Moderada	Ocasional, algumas vezes
7 – 8	Alta	Frequente
9 – 10	Muito alta	Inevitável, certamente ocorrerá a falha

Fonte: SILVA (2015).

O Índice de Gravidade é determinado conforme a Tabela 2 e reflete sobre a gravidade do efeito de falha sobre o cliente, assumindo que determinada falha ocorra. No caso de edificações, corresponde ao comprometimento do uso da edificação e suas instalações.

Tabela 2 - Índice de gravidade de falhas

Índice	Conceito
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falha de Menor Importância. ▪ Quase não são percebidos os efeitos.
2 – 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Provoca redução de performance da instalação. ▪ O cliente perceberá a falha, mas não ficará insatisfeito com ela.
4 – 5 – 6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A instalação sofrerá uma degradação progressiva. ▪ O cliente perceberá a falha e ficará insatisfeito.
7 – 8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais de 50 a 70% das vezes não se consegue manter o desempenho da edificação ou instalação. ▪ O cliente perceberá a falha e ficará muito insatisfeito com ela.
9 – 10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os problemas são catastróficos e podem gerar danos a bens ou pessoas. ▪ O cliente ficará muito insatisfeito.

Fonte: SILVA (2015).

A Tabela 3 fornece o Índice de Detecção, que avalia a probabilidade de a falha ser detectada antes que chegue ao cliente. No caso de uma obra civil, corresponde a capacidade do inspetor ou avaliador de identificar uma determinada patologia antes da sua ocorrência.

Tabela 3 - Índice de detecção de falhas

Índice	Conceito
1	Muito alta probabilidade de detecção.
2 – 3	Alta probabilidade de detecção.
4 – 5 – 6	Moderada probabilidade de detecção.
7 – 8	Pequena probabilidade de detecção.
9	Muito pequena probabilidade de detecção.
10	Muito remota probabilidade de detecção.

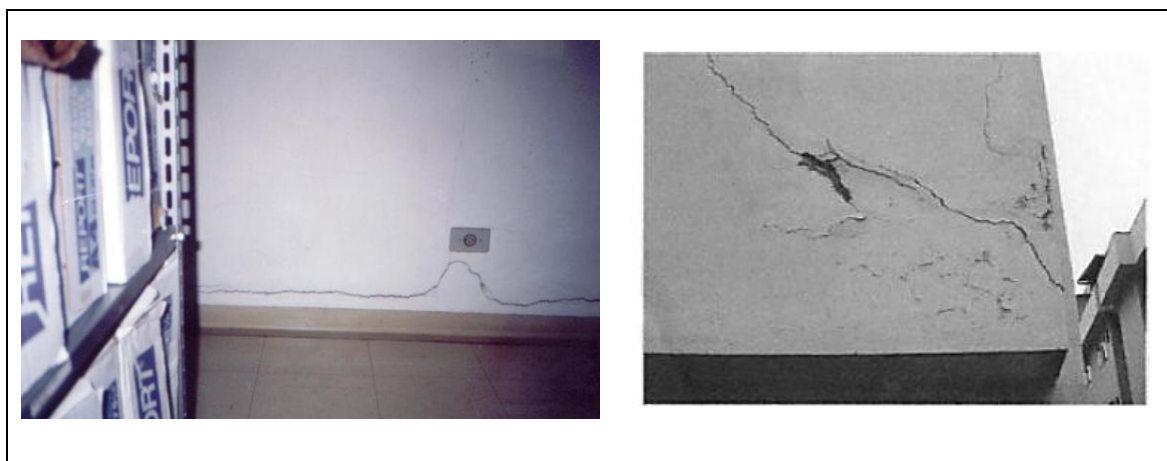
Fonte: SILVA (2015).

A metodologia proposta por Silva (2015), será aplicada em dois estudos de caso que funcionam como exemplos de patologias mais comuns em edificações. As patologias escolhidas para o estudo são as trincas e infiltrações, por serem problemas corriqueiros em obras civis e que merecem atenção quanto à utilização de ferramentas de gestão capazes de aumentar o desempenho do tratamento dessas avarias. Cabe ressaltar, que o foco desse estudo não está no tratamento das falhas, logo, não serão apresentadas medidas de recuperação ou controle. O foco do trabalho será apenas na ferramenta de gestão para a contribuição com a manutenção predial e a qualidade total de uma edificação ou obra civil.

3.1 Estudo de caso 1: Trincas

As trincas, mostradas na Figura 5, são originadas de diferentes fatores, como problemas em fundações, agentes mecânicos, sobrecargas em elementos estruturais, entre outros. Essa falha se apresenta de diferentes maneiras em uma edificação e pode comprometer desde a estética da edificação até o desempenho estrutural (PEREIRA, 2017).

Figura 5 - Exemplo de trincas em obras civis



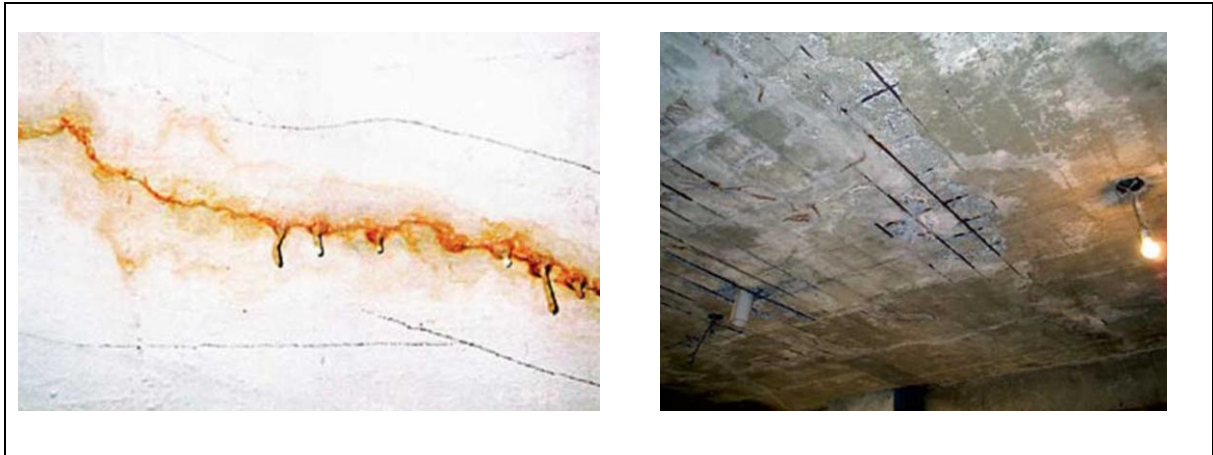
Fonte: SOUSA (2014).

3.2 Estudo de caso 2: Infiltrações

Segundo Sousa (2014), as infiltrações e danos causados pela umidade são os problemas mais comuns na engenharia civil e são decorrentes, principalmente, da má execução de projetos. As infiltrações, ilustradas na Figura 6, não só deixam o ambiente

desagradável, como também podem causar sérios danos à estrutura como, por exemplo, a corrosão do aço e danos visíveis a pintura do local.

Figura 6 - Exemplos de infiltrações em construções civis



Fonte: SOUSA (2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o fluxograma proposto e apresentado na Figura 4, a inspeção predial deve ser iniciada por profissionais capacitados e em seguida deve ser feita a identificação das falhas na obra civil. Essas falhas devem ser registradas adequadamente para serem posteriormente analisadas e terem seus índices de ocorrência, gravidade e detecção, determinados conforme a metodologia apresentada nesse trabalho. Em seguida, o tratamento da falha se tornará mais eficiente, a medida em que as falhas que apresentam maior risco serão tratadas primeiro que aquelas que oferecem menor risco, diminuindo assim os efeitos negativos de uma falha que oferece grande risco a estrutura ser tratada tardiamente. Por fim, os procedimentos adotados para as falhas deverão ser registrados para que possam servir de base para consulta e estudo de outras falhas de mesma natureza que possam surgir na obra civil. A padronização desses procedimentos atende os requisitos propostos pelo método de análise de falhas, FMEA, integrante da técnica de manutenção centrada na confiabilidade, capaz de compor um sistema eficiente de gestão da qualidade de uma empresa da construção civil.

Para exemplo de aplicação, dois estudos de caso foram propostos nesse trabalho. Suponha-se, então, que na inspeção predial foram identificadas as falhas propostas no estudo de caso de acordo com as duas primeiras etapas do fluxograma. Em cumprimento a terceira e quarta etapa do fluxograma, as falhas exemplificadas serão analisadas para determinação de seus respectivos índices e riscos, conforme a metodologia descrita.

4.1 Simulação de uma análise do estudo de caso 1: Trincas

A análise das falhas deve ser feita para determinação dos índices correspondentes para o cálculo do risco. As trincas, como já mencionado, possuem diversas origens e podem representar danos de diferentes gravidades. Como o objetivo do trabalho é demonstrar apenas um exemplo, o tratamento dessa patologia será feito em sua pior condição. Assim, para o primeiro índice referente a ocorrência (O), mostrado na Tabela 1, escolhe-se o índice 8, por se tratar de um problema frequente em edificações e com alta probabilidade de ocorrência.

Com relação ao índice de gravidade (G), pode-se eleger o índice 6 para essa falha, conforme a Tabela 2, uma vez que ela tende a progredir e, a partir dessa progressão, comprometer a estrutura. Para o índice de detecção (D), classifica-se essa falha como índice 1,

segundo a Tabela 3, pois em virtude de sua visibilidade, é possível considerar uma alta probabilidade para sua detecção. Logo, substituindo esses índices na Equação 1, aplicada a essa falha é possível determinar o risco (R) dessa falha em 48.

$$R = O.G.D$$

$$R = 8.6.1$$

$$R = 48$$

4.2 Simulação de uma análise do estudo de caso 2: Infiltrações

Para o caso das infiltrações, será considerada também seu grau mais alto de severidade à uma edificação ou obra civil, apenas por mais uma vez se tratar de um exemplo e aplicação e não de um caso específico. O índice de ocorrência (O) pode ser descrito, de acordo com a Tabela 1, como igual a 6, pois apesar de ser uma falha comum nas obras civis, depende de erros na execução de projetos, sendo possível considerar menos frequente que as trinca, tratadas anteriormente.

No caso do índice de gravidade (G), a Tabela 2 permite classificar essa falha como igual a 6, em virtude do caráter progressivo dessa falha e da insatisfação do cliente ao percebê-la. Quanto ao índice de detecção (D), é possível classificá-la como índice 3, segundo o que é mostrado na Tabela 3, pois apesar da visibilidade da falha em questão, considera-se que a probabilidade de detecção é menor que aquela identificada para as trincas. Assim, ao substituir os índices na Equação 1, obtém-se um valor de risco (R) igual a 108.

$$R = O . G . D$$

$$R = 6 . 6 . 3$$

$$R = 108$$

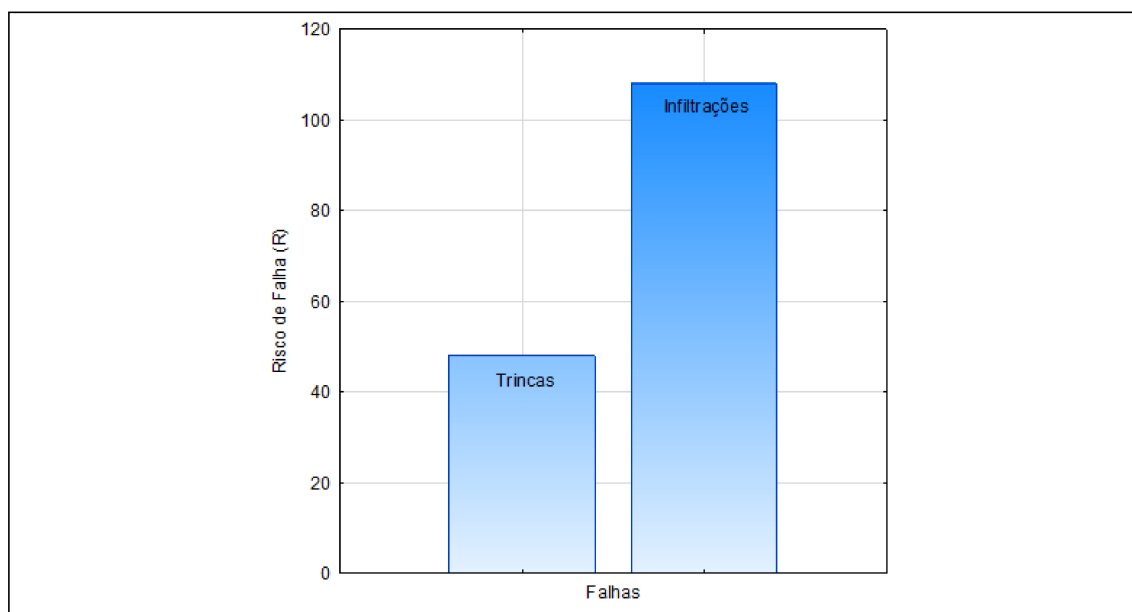
4.3 Análise geral das falhas

Assim, pelo que foi observado em cumprimento às etapas 3 e 4 do fluxograma, o risco calculado para a falha de infiltrações é superior ao calculado para as trincas, segundo os critérios observados. Ressalta-se que os estudos de caso são exemplos retirados da literatura para aplicação do presente estudo e que em casos reais de inspeção predial esses índices

podem ser alterados em função da análise a ser realizada pelo profissional capacitado para tal finalidade, obtendo-se valores de riscos diferentes dos observados nesse estudo.

Em correspondência aos valores encontrados e seguindo o fluxograma proposto, a falha referente a infiltrações deverá ser tratada primeiro por apresentar maior valor de risco e, em seguida, deverá proceder com o tratamento das trincas, falha que apresenta menor valor de risco, conforme pode ser observado no gráfico comparativo mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Gráfico comparativo entre os riscos das falhas apresentadas



Fonte: AUTOR (2018).

Quanto ao tratamento, este deverá acontecer em virtude dos estudos das causas e das melhores metodologias de controle para a falha em questão. Em seguida o registro, sugerido no fluxograma, deverá ocorrer para que seja construído um sistema de registros de manutenção predial que servirá como referência para o tratamento das falhas posteriores que sejam semelhantes àquelas já tratadas. Esse registro ainda poderá servir de base para estudos mais precisos acerca da ocorrência de falhas e assim permitir a adoção de medidas de prevenção.

Contudo, é possível verificar que as ferramentas propostas facilitam os procedimentos de manutenção predial e ainda são capazes de torná-los mais eficientes ao passo que faz com que o tratamento das falhas seja mais assertivo. Dessa forma, é possível incluir tais ferramentas em um sistema unificado de gestão da qualidade e contribuir não só com o

aumento da vida útil de uma edificação, como também com o desenvolvimento global de uma empresa do ramo da construção ou serviço, ao utilizar tais ferramentas propostas.

5 CONCLUSÃO

A introdução de ferramentas de manutenção predial é de fundamental importância na implantação de um sistema de gestão da qualidade de uma empresa e, para isso, é necessário o estudo das melhores técnicas a serem aplicadas em processos e serviços da construção civil. Assim, a metodologia aplicada neste estudo se mostrou adequada por ser aplicável ao tratamento de falhas comuns em edificações e por conduzirem a resultados capazes de facilitar o tratamento dessas patologias.

No que se refere aos estudos de caso propostos, a aplicação da metodologia de análise de risco de falhas mostrou que as infiltrações podem representar maior risco à edificação quando comparadas as trincas e, portanto, devem ser tratadas primeiramente. Ainda, o estudo pode ser aplicado a outras avarias existentes em obras de modo a tornar a manutenção predial mais eficaz. Assim, é possível afirmar que a realização desse estudo contribui com a implantação de um sistema de gestão da qualidade em uma obra ou em uma empresa do setor de construção civil, visto que a ferramenta de aplicação gerou resultados práticos que conduzem a uma nova concepção no que se refere às práticas de manutenção predial, além de contribuir de forma genérica com o aumento da vida útil de edificações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. M. **Gestão da qualidade aplicada ao processo de manutenção, reforma e Retrofit de edificações: Estudo de caso em uma empresa holding de educação básica.** 2017. 106 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **A situação da Manutenção no Brasil – Documento Nacional 2013.** Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/>> Acesso em: 05 abril 2018.
- BRAGA, C. S. Q. **Gestão da qualidade aplicada a canteiro de obras.** 2016. 124 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- BRASILCOORPORATIVO. **Metodologia dos 5S.** Disponível em: <[http://www.corporativabrasil.com.br />](http://www.corporativabrasil.com.br/) Acesso em: 02 maio 2018.
- CUPERTINO, D.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 243-265, 2015.
- FERREIRA, H. C. **A manutenção predial em face a Norma NBR 5674/1999: manutenção de edificações – procedimento.** 2010. 40 f. Monografia (Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- GOMES, M. E. M. F.; BARBOSA, A. F. B. Sistema de gestão integrada na construção civil. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 2, p. 1-6, 2017.
- LAURENTI, R. **Sistematização de Problemas e Práticas da Análise de Falhas Potenciais no Processo de Desenvolvimento de Produtos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- LEAL, F.; PINHO, A. F.; ALMEIDA, D. A. Análise de falha através da aplicação do FMEA e da Teoria de Grey. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 1, p. 78-88, 2006.
- LESSA, A. K. M. C; SOUZA, H. L. **Gestão da manutenção predial: uma aplicação prática.** Rio de Janeiro, Qualitymark, 2010.
- LIMA, B. P. et al. Análise para implementação de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de locação de equipamentos para construção civil. **Cadernos UniFOA Especial Eng. Produção**, n. 2, p. 15-39, 2015.
- LIMA, J. R. **Conceitos da metodologia RCM aplicados a uma unidade de britagem móvel de minério de ferro.** 2011. 40 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso MBA em Gestão da Manutenção, Produção e Negócios) – Instituto de Capacitação Profissional de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2011.

LIMA, M. V. T. **Análise de ordens de serviço em manutenção de um edifício residencial multifamiliar**. 2017. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

LUIZ, D. B.; VITO, M. **Implantação do programa 5s em um canteiro de obras-estudo de caso**. 2011. 14 f. Artigo Final de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2018.

LUZ, J. R. M.; CARVALHO, J. R. M.; CAVALCANTI, P. R. N. Aplicação da análise fatorial na identificação dos fatores de custos da qualidade das empresas do setor de construção civil de Campina Grande, PB. **Revista Capital Científico**, v. 13, n. 3, p. 1-16, 2015.

MAIA, B. L.; SCHEER, S. Análise do fluxo de informações no processo de manutenção predial apoiada em BIM: estudo de caso em coberturas. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 16, p. 73-95, 2016.

MARIN, P. L. Sistema de gestão da qualidade e certificação ISO 9001 na administração pública: uma análise crítica. 2012, Brasília. **Anais do Congresso CONSAD de Gestão Pública**. Brasília, 2012.

OKAMOTO, P. S.; SALERNO, M. S.; MELHADO, S. A coordenação de projetos subcontratados na construção civil. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 9, n. 1, p. 123-142, 2014.

PEREIRA, L. A. **Aspectos técnicos e legais em obras de reforma em edificações**. 2017. 109 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

PEREIRA, P. M. S. **Planos de manutenção preventiva: Manutenção de equipamentos variáveis na BA Vidro, S.A.** 2009. 75 f. Projeto de Dissertação em Empresa (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, 2009.

SILVA, A. B. **Ferramentas de gestão da qualidade FMEA e FTA na detecção e controle de patologias prediais**. 2015. 134 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

SOUSA, A. P. **Levantamento de patologias em obras residenciais de baixa renda devido à ausência de controle tecnológico de materiais**. 2014. 71 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, D. P. B. et al. A influência da gestão de projetos no gerenciamento e controle da qualidade de obras do programa social “minha casa minha vida”. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 3, n. 2, p. 18-25, 2017.

VARGAS, W. L. Manutenção predial: Identificação de oportunidades para o aperfeiçoamento da gestão dos serviços de manutenção em instalações elétricas de baixa tensão na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

YAMAGUCHI, C. T. TPM – Manutenção produtiva total. São João Del Rei: ICAP Del-Rei, 2005. 37 p