

Aplicação da Metodologia FMEA a Processos de Construção

GABRIEL MACEDO BARBOSA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Construção no âmbito da dupla diplomação com o Centro Universitário UNICHRISTUS

BRAGANÇA – Junho de 2024

Aplicação da Metodologia FMEA a Processos de Construção

GABRIEL MACEDO BARBOSA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Construção no âmbito da dupla diplomação com o Centro Universitário UNICHRISTUS

**Orientadora: Prof. Especialista Sílvia Maria
Afonso Fernandes**

Co Orientadora: Prof. Rafaela Fujita

BRAGANÇA – Junho de 2024

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Principais causas de anomalias na construção no contexto do ano de 2007

Ilustração 2 – Isolamento policial devido a destacamento cerâmico

Ilustração 3 – Destacamento cerâmico em fachadas

Ilustração 4 – Falhas de fissuras e manifestações de umidade

Ilustração 5 – Falha na impermeabilização da cobertura da estação de Bragança

Ilustração 6 – Modelo de um Sistema de Gestão da Qualidade baseado em Processo

Ilustração 7 – Representação esquemática dos elementos de um processo simples

Ilustração 8 – Fluxograma de análise do FMEA

Ilustração 9 – Exemplo de escala de consequências

Ilustração 10 – Exemplo de escala de frequência

Ilustração 11 – Exemplo de matriz de risco

Ilustração 12 – Exemplo de uma matriz FMEA.

Ilustração 13 – Modelo FMEA

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Benefícios resultantes da Aplicação de Revestimento Cerâmico em Fachadas

Quadro 2 – Possíveis Patologias Associadas a Problemas de Impermeabilização de Lajes e Coberturas

Quadro 3 – Gestão da Qualidade e seus Princípios

Quadro 4 – Principais métodos FMEA para Construção Civil

Quadro 5 – Cuidados e Precauções na Utilização da FMEA na Construção Civil

Quadro 6 – Principais Resultados Alcançados com a Utilização da FMEA na Engenharia da Construção

Quadro 7 – Fontes de Pesquisadas Seleccionadas e Citadas nesta Dissertação

Quadro 8 – Opinião das Empresas Sobre a Utilização do Sistema FMEA

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 – Referência de Índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D)

Gráfico 1 – Dimensão da Empresa

Gráfico 2 – Tempo de Atuação no Mercado

Gráfico 3 – Empresa com Certificação ISO 9001?

Gráfico 4 – Empresa Utiliza Instruções Técnicas (TIs)?

Gráfico 5 – Empresa Realiza Planejamento de Inspeções durante os Serviços?

Gráfico 6 – Sua Empresa aplica algum Método de Gestão de Risco?

Gráfico 7 – Método de Gestão Utilizado

Gráfico 8 – Motivos da não aplicação de MG

Gráfico 9 – Áreas em que o Método de Gestão é Aplicado

Gráfico 10 – Você conhece o método FMEA?

Gráfico 11 – O sistema FMEA é útil para a sua empresa?

RESUMO

A construção civil em Portugal enfrenta grandes desafios em relação à resistência e qualidade das estruturas, principalmente em relação à deterioração progressiva. Para identificar e priorizar os erros e falhas que afetam os edifícios na cidade de Bragança, Portugal, este estudo analisa o emprego da metodologia *Failure Mode and Effective Analysis* (FMEA). Para este estudo, foi usada uma metodologia que consistia em uma revisão completa da literatura sobre as principais anomalias encontradas em edifícios portugueses, como o deslocamento de revestimentos cerâmicos e a falta de impermeabilização em coberturas e lajes, que são consequências de erros ocorridos durante as etapas de concepção e execução. Além disso, foi realizada uma investigação aprofundada sobre sistemas de gestão da qualidade e patologias da construção civil. Com base nessas informações, foi desenvolvida uma pesquisa sobre o uso da metodologia FMEA para identificar e corrigir falhas nessas patologias. A pesquisa incluiu uma análise prática da aplicação de métodos de gestão de riscos a patologias na região de Bragança, que foi respondida por dez empresas locais. O objetivo principal deste estudo foi demonstrar a eficácia da análise de risco FMEA, identificando e quantificando as prioridades de erros e falhas para dois processos de construção que estão na origem de duas das patologias mais presentes nos edifícios em Portugal, e também particularmente na cidade de Bragança. Os resultados mostraram que a metodologia FMEA funciona bem para priorizar e lidar com as anomalias encontradas, melhorando significativamente a qualidade das construções. A análise das respostas das empresas locais mostrou que a FMEA é aplicável no caso de Bragança, fornecendo *insights* importantes para a prevenção de falhas. Concluiu-se que a pesquisa atingiu plenamente seus objetivos, mostrando a importância da FMEA na construção civil, evidenciando o potencial que ela tem em ajudar a aumentar os padrões de qualidade e durabilidade das construções da região de Bragança em Portugal.

Palavras-chave: Construção civil; Patologias; Análise de risco; Qualidade das construções; Durabilidade.

ABSTRACT

The construction industry in Portugal faces significant challenges regarding the strength and quality of structures, particularly concerning progressive deterioration. To identify and prioritize the errors and failures affecting buildings in the city of Bragança, Portugal, this study examines the use of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methodology. For this study, a comprehensive literature review was conducted on the primary anomalies found in Portuguese buildings, such as the detachment of ceramic coatings and the lack of waterproofing on roofs and slabs, which result from errors occurring during the design and execution phases. Furthermore, an in-depth investigation into quality management systems and construction pathologies was carried out. Based on this information, research was conducted on the application of the FMEA methodology to identify and rectify failures in these pathologies. The research included a practical analysis of the application of risk management methods pathologies in the Bragança region, with responses from ten local companies. The primary objective of this study was to demonstrate the effectiveness of the FMEA risk analysis by identifying and quantifying the priority of errors and failures in two construction processes that are the root causes of two of the most common pathologies in buildings in Portugal, particularly in the city of Bragança. The results indicated that the FMEA methodology works well for prioritizing and addressing the anomalies found, significantly improving construction quality. The analysis of responses from local companies showed that FMEA is applicable in the case of Bragança, providing important insights for failure prevention. It was concluded that the research fully achieved its objectives, demonstrating the importance of FMEA in the construction industry, highlighting its potential to help increase the quality and durability standards of constructions in the Bragança region of Portugal.

Keywords: Construction industry; Pathologies; Risk analysis; Construction quality; Durability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa do Tema	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Estrutura da Dissertação	12
2 PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.1 Conceitos	14
2.2 Patologias associadas a Problemas resultantes do Processo de aplicação de revestimento cerâmico em fachadas	21
2.3 Patologias associadas a Problemas resultantes do Processo de Impermeabilização de coberturas e lajes	26
3 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	30
3.1 Conceitos	30
3.2 Aplicações	33
3.3 Planejamento de Gestão de Riscos	35
4 METODOLOGIA <i>FAILURE MODE AND EFFECTIVE ANALYSIS (FMEA)</i>	45
5 METODOLOGIA	55
5.1 Procedimentos Metodológicos	55
5.2 Estado do Conhecimento	56
5.3 Análise Comentada dos Resultados do Estudo de Caso	69
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83
ANEXOS	9

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa do Tema

Diante da crescente inquietação da indústria da construção civil em relação à eficácia e longevidade das estruturas, tem-se observado um aumento significativo no empenho das construtoras em buscar modelos aprimorados e aperfeiçoamentos na qualidade dos processos, com o objetivo de mitigar os riscos de patologias e disfunções resultantes da construção, ao mesmo tempo em que buscam minimizar os custos envolvidos. Uma das formas de melhorar os processos consiste na aplicação do FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), uma metodologia destinada a identificar, avaliar e erradicar potenciais falhas ou equívocos por meio de uma análise minuciosa das questões reais ou sistemáticas (STAMATIS, 2003).

De acordo com Kececioglu (2002), a FMEA é um modelo lógico que oferece informações para mitigar riscos, ao passo que conduz a uma análise progressiva das potenciais falhas, priorizando aquelas que apresentam maior importância ou que teriam impacto mais significativo. Dessa forma, essa abordagem evidencia de maneira concisa quais são os problemas primordiais a serem abordados e como podem ser resolvidos.

Ao longo da história da civilização, as patologias na construção têm sido uma preocupação persistente, remontando desde a era da Babilônia em 2000 A.C, quando a legislação impunha punições severas no caso de falhas e problemas na construção. Naquela época, as patologias eram de responsabilidade exclusiva do construtor, que era obrigado a resolver tais questões, seguindo os padrões estabelecidos; caso contrário, a estrutura deveria ser reforçada ou reconstruída (MEDEIROS, 2010).

De acordo com Peixoto (2016), na década de 1990, observou-se um aumento significativo nas anomalias presentes nas construções. Verificou-se que as edificações estavam crescendo exponencialmente, concomitantemente com a redução dos prazos de entrega. O autor também ressalta que, apesar dos investimentos substanciais e das pesquisas realizadas para aprimorar a qualidade dos processos construtivos, as obras em Portugal continuavam a exibir diversas anomalias evidentes.

Segundo Rodrigues e Silva (2007), edifícios com até 25 anos podem ser considerados recentes que devem manter um padrão de desempenho e qualidade desejável. Na região de Bragança, houve um crescimento acelerado das construções em um curto período, frequentemente sem atender às diversas exigências de qualidade. Isso resultou em um aumento evidente de patologias em edifícios recentes, exigindo manutenções mais frequentes e em intervalos de tempo mais reduzidos.

Alves (2008) salienta que, mesmo em novas construções, onde são utilizadas tecnologias avançadas, continuam surgindo problemas e anomalias no início da sua utilização. Adicionalmente, o autor aponta que a maioria significativa dos problemas que impactam o país se manifesta durante a fase de projeto, podendo ser mitigada diretamente mediante a adoção de modelos analíticos de riscos.

Diante do que foi explanado, esta pesquisa justifica-se por desenvolver um estudo sobre a aplicação da metodologia FMEA em múltiplas atividades da construção civil, especialmente aquelas voltadas para a recuperação de patologias e de controle de qualidade nas construções.

1.2 Objetivos

Este estudo tem como objetivo geral demonstrar a aplicação da análise de risco da Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), identificando e quantificando as prioridades de erros e falhas relacionados às principais patologias que impactam na cidade de Bragança, em Portugal. A metodologia concentra-se na análise dos processos construtivos por meio desse método, permitindo antecipar e mitigar potenciais problemas e falhas durante as fases de projeto e concepção da edificação, visando assim controlá-los e evitá-los, o que resulta em uma significativa redução dos custos de manutenção e no aumento da durabilidade das construções.

Logo, esta Dissertação tem como objetivos específicos:

- Analisar os conceitos chave relacionados às patologias na construção, com foco particular na identificação e compreensão dos problemas específicos associados aos processos de aplicação de revestimento cerâmico em fachadas e de impermeabilização de coberturas e lajes. Esta análise visa destacar as causas subjacentes dessas patologias e suas implicações para a integridade estrutural e durabilidade das construções;

- Discorrer e analisar os conceitos fundamentais de qualidade e gestão de riscos, demonstrando suas aplicações práticas no setor da construção civil, e delineando estratégias eficazes para o planejamento e implementação de gestão de riscos. Este capítulo visa fornecer uma compreensão abrangente das metodologias e ferramentas utilizadas para assegurar a excelência na execução dos projetos e a mitigação de potenciais riscos, promovendo a durabilidade e a segurança das edificações.;
- Detalhar a aplicação da metodologia FMEA na identificação, análise e priorização de falhas potenciais nos processos de construção civil. Este capítulo visa explicar os princípios teóricos da FMEA, demonstrando sua relevância e eficácia na melhoria da qualidade e na mitigação de riscos, com o intuito de aumentar a confiabilidade e a durabilidade das estruturas.
- Coletar dados sobre as organizações de construção civil na região de Bragança para analisar a perspectiva do mercado em relação aos sistemas de gestão de riscos, identificando as vantagens e desvantagens no âmbito profissional.
- Demonstrar às empresas de construção civil da região de Bragança a importância e eficácia da aplicação do método FMEA para a gestão de riscos, identificação e prevenção de falhas, destacando a sua implementação como um processo sem grandes dificuldades ou custos elevados.

1.3 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho de mestrado está organizado em seis capítulos, sendo os mesmos:

O primeiro capítulo foi reservado para a Introdução, onde foram expostos os objetivos desta pesquisa e a justificativa da escolha do tema.

O segundo capítulo, As Patologias na Construção Civil, onde foi desenvolvido um breve estudo sobre as principais patologias observadas na construção civil procurando destacar as principais falhas que ocorrem nas construções e afetam de forma direta a sua durabilidade.

No terceiro capítulo discorreu-se sobre Sistema de Gestão da Qualidade ressaltando suas aplicações, seus benefícios e as estratégias de uso deste sistema em relação à aplicação da FMEA.

No quarto capítulo, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica sobre o

emprego do sistema de gestão de riscos associado à metodologia FMEA no sentido de demonstrar suas potencialidades de aplicação na construção civil procurando identificar e evitar patologias antes delas acontecerem.

O quinto capítulo informa os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa, indicando abordagens empregadas e procedimentos de pesquisa.

O sexto capítulo foi reservado para a elaboração das considerações finais.

2 PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 Conceitos

No dicionário Aurélio (2020), a palavra “patologia” refere-se ao ramo da medicina que estuda as doenças, bem como suas causas e possíveis mudanças. Na construção civil, essa mudança pode configurar vários problemas que podem surgir em uma construção ao longo do tempo. Esses problemas são estudados por profissionais qualificados, que são capazes de identificar e resolver essas anomalias.

Caporrino (2018) afirmou que a patologia das edificações pode ser definida como qualquer estudo que busca descobrir como os contratempos afetam as edificações e como eles surgem, bem como fornecer soluções para tais problemas para que a construção continue funcionando de acordo com o que foi projetada.

Desde o início da sua utilização, as construções são afetadas por diversos agentes que provocam a sua deterioração, sendo alguns deles a presença de sais solúveis, água, poluição, variações de temperatura, entre outros (FERREIRA, 2010).

De acordo com Oliveira e Oliveira (2021) estes são os principais fatores naturais que podem provocar patologias nas edificações:

- ❖ Sais solúveis: A eflorescência, a mancha e a degradação dos materiais podem ser causadas por sais solúveis presentes no solo ou em materiais de construção. Quando esses sais são dissolvidos pela água, eles podem migrar para a superfície dos materiais e cristalizar, o que resulta em pressão interna e danos.

- ❖ A água: Uma das principais fontes de deterioração de construções é a água. Pode causar infiltrações, umidade ascendente, corrosão de armaduras e danos aos materiais. Ciclos de descongelamento e congelamento podem causar fissuras e danos estruturais em materiais porosos.

- ❖ A contaminação: O dióxido de enxofre, o dióxido de nitrogênio e as partículas em suspensão são poluentes atmosféricos que podem reagir com materiais de construção, acelerando sua degradação. A poluição pode causar crostas negras, corrosão de metais e desgaste de concreto e pedras.

❖ **Diferenças na Temperatura:** Os materiais podem se expandir e se contrair como resultado de mudanças de temperatura, o que pode resultar em fissuras e falhas estruturais. A resistência e a durabilidade de materiais como concreto e aço podem ser afetadas pela exposição prolongada a altas temperaturas.

Com relação aos erros humanos que podem resultar em patologias na construção civil, Davies e Kochhar (2002) apontam os seguintes:

❖ **Projeto e Planejamento Inadequados:** Erros na fase de projeto como especificações incorretas de materiais ou soluções construtivas inadequadas, podem comprometer a durabilidade da construção. Falhas no planejamento do cronograma de obras e na logística de materiais também podem afetar negativamente a execução e a qualidade final da construção.

❖ **Execução de Obra Deficiente:** Técnicas inadequadas de construção, como mistura incorreta de concreto, assentamento inadequado de tijolos e blocos, e falhas na impermeabilização, podem comprometer a estrutura. A falta de qualificação e treinamento dos trabalhadores pode resultar em erros durante a execução.

❖ **Uso de Materiais de Baixa Qualidade:** Materiais de construção de qualidade inferior podem apresentar menor durabilidade e resistência, levando a falhas prematuras. O uso de materiais inadequados para determinadas condições ambientais pode acelerar o processo de deterioração.

❖ **Manutenção Insuficiente:** A falta de manutenção preventiva e corretiva pode agravar pequenos problemas e levar a falhas maiores. Inspeções regulares e intervenções oportunas são essenciais para garantir a durabilidade e a segurança das construções.

Com relação à mitigação destes problemas Aires (2020) aponta algumas sugestões:

❖ **Usar Materiais Adequados:** Escolher materiais que sejam adequados para o ambiente específico e que tenham longa duração.

❖ **Boa Prática de Projeto:** Durante o planejamento, fazer um projeto abrangente e considerar todos os aspectos ambientais e de uso.

❖ **Execução de Qualidade:** Garantir que a execução seja realizada por profissionais qualificados e seguindo boas práticas de construção.

❖ **Manutenção Regular:** Fazer um plano de manutenção regular para

descobrir e corrigir problemas antes que se tornem graves.

Ao levar em consideração esses elementos e implementar práticas adequadas, é possível aumentar significativamente a durabilidade e a resistência das estruturas, ao mesmo tempo em que é possível reduzir o impacto negativo dos fatores ambientais e do erro humano.

Bota (2020) ao discutir os principais tipos de patologias, define patologia como o conjunto de anomalias que aparecem em um edifício específico ao longo de sua vida útil e prejudicam seu desempenho. É como investigar e diagnosticar uma doença que pode reduzir significativamente a vida útil de um edifício se não for monitorado e tratado. Assim, existem, essencialmente, quatro tipos de patologias que são classificadas a seguir.

Congênitas: As patologias congênitas são aquelas originárias da fase de projeto, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos projetistas, que resultam em falhas no detalhe e concepção inadequada dos revestimentos. São responsáveis por grande parte das avarias registradas em edificações.

Construtivas: As patologias são consideradas construtivas quando a sua origem está relacionada com a fase de execução da obra, resultante do emprego de mão de obra desqualificada, produtos não certificados, ausência de metodologia para colocação dos materiais, o que, segundo pesquisas mundiais, também são responsáveis por grande parte das anomalias em edificações.

Adquiridas: As patologias adquiridas ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico.

Acidentais: Caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação invulgar, como a ação da chuva e ventos de intensidade superior ao normal e até mesmo incêndio. A sua ação provoca esforços de natureza imprevisível especialmente na camada de base e sobre as juntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que desencadearão processos patológicos em cadeia. (BOTA, 2020, p. 14)

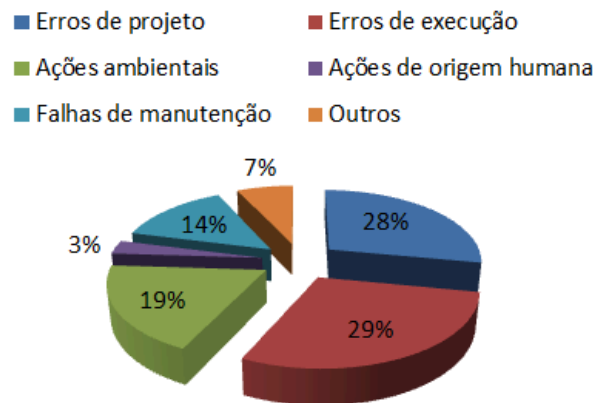
Ao longo da execução ou ciclo de vida de qualquer construção, é comum observar fenômenos anômalos que podem influenciar o desempenho funcional e estético dos materiais empregados. Esses eventos têm potencial impacto na funcionalidade do edifício, inclusive na segurança estrutural (RIBEIRO; CÓIAS, 2003).

As principais falhas das construções ocorridas devido à concepção do projeto

estão relacionadas à falta de conhecimento dos projetistas e erros de comunicação que contribuem para uma degradação acelerada com custos elevados de manutenção. A busca por eficiência e agilidade na elaboração de projetos, o surgimento de novos materiais, o emprego de soluções arquitetônicas inovadoras, a avaliação inadequada da resistência do solo, o uso incorreto de softwares de cálculo automático e a falta de consideração pelas possíveis deformações das estruturas construídas podem resultar em distorções no edifício e em tensões adicionais na alvenaria (GONÇALVES; BRITO; BRANCO, 2008).

Ilustração 1 – Principais causas de anomalias na construção no contexto do ano de 2007

Principais causas de anomalias



Fonte: Gonçalves, Brito e Branco (2007)

Conforme mostram Gonçalves, Brito e Branco (2007), na ilustração 1, uma grande parte das anomalias é originada devido à etapa de projetos. A identificação das falhas permite que a patologia da construção seja compreendida como o ramo da engenharia civil que investiga os sintomas, formas de manifestação, origens e causas das anomalias ou defeitos nas edificações, alterando o impacto estrutural e visual. O estudo preventivo das patologias mostra que é possível descobrir métodos de reparação e maneiras de evitar que problemas patológicos apareçam em edifícios (PINTO, 2018).

Descolamentos de revestimento cerâmico são outra condição comum em fachadas de elevadas alturas. A perda de aderência entre a peça cerâmica e a base também foi objeto de vários estudos (PEREIRA; BRITO; SILVESTRE, 2018). Portanto, as interfaces de cerâmica e argamassa colante ou substrato e argamassa colante geralmente apresentam problemas de ruptura.

Caporrino (2018) enfatiza a importância de uma cuidadosa impermeabilização e controle de umidade quando se trata de anomalias encontradas em alvenarias, alertando para o surgimento de fungos (manchas de umidade esverdeadas ou escuras) e desagregação do revestimento. A umidade também faz com que os componentes de revestimento se expandam, o que resulta em bolhas e danos às paredes ou às áreas em análise.

Segundo Souza Filho, Oliveira e Gomes (2022), a construção civil teve um significativo avanço nos números de obras desde os anos 90. Contudo, também foi observado um aumento de falhas nas construções que ocasionam diversas patologias. Os autores ainda afirmam que as principais causas dos problemas estudados na construção são ocasionadas na fase de projetos, como por exemplo, a falta de especificações de materiais, não contratar mão de obra especializada, falhas nos projetos e outros erros, que vão se acumulando e ocasionam diversas patologias.

Pinto (2018, p. 12) comenta sobre a importância de profissionais qualificados para trabalharem a reabilitação de um edifício ou de parte dele:

Apesar de ser uma prática que tem vindo a crescer e a ganhar mais importância em relação à construção nova, ainda temos um longo caminho a percorrer por ser uma atividade que requer mão de obra qualificada, ou seja, profissionais que tenham conhecimento sobre reabilitação de edifícios e que possam fazer a devida intervenção frente ao processo patológico encontrado e, também, saber fazer uma análise preliminar dos custos de forma a perceber se é viável uma reabilitação ou, face aos custos uma demolição.

Bota (2020, p. 22) aponta alguns exemplos dos métodos básicos e tecnológicos de análise e diagnóstico de anomalias utilizados a nível internacional e nacional:

- Defect Action Sheet; Good Repairs Guides - BRE;
- Fichas de Reparação de Anomalias – LNEC;
- Cases of Failure Information Sheet – CIB;
- Programa ConstruDoctor's;
- Fiches Pathologie Du Bâtiment – AQC;
- Fichas de Patologia – PATORREB;
- Método Simplificado de Diagnóstico de Anomalias;
- Metodologia de Quantificação Causa-Efeito;
- Metodologia de Diagnóstico de Patologias em Edifícios;
- Sistema Pericial de Apoio ao Diagnóstico de Patologias em Edifícios;
- Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias;
- Fichas de Anomalias e de Intervenção – Pré-Patologia.

A restauração de estruturas deve seguir as **normas técnicas e regulamentações locais**. Para garantir intervenções seguras e sustentáveis, os

profissionais devem estar atualizados com as legislações vigentes sobre segurança, acessibilidade e eficiência energética (AMARAL, 2013; CORREIA, 2014; BARBOSA, 2015; PAVÃO, 2016; CASSIANO, 2017; PINTO, 2018).

A reabilitação de edifícios demanda uma abordagem **interdisciplinar**, envolvendo arquitetos, engenheiros, historiadores, conservadores e outros especialistas. A colaboração entre diferentes áreas do conhecimento é fundamental para desenvolver soluções integradas e eficazes para os problemas encontrados (AMARAL, 2013; CORREIA, 2014; BARBOSA, 2015; PAVÃO, 2016; CASSIANO, 2017; PINTO, 2018).

Como já é possível perceber, a reabilitação de edifícios é uma prática complexa e multifacetada que requer profissionais com alto nível de experiência. O desenvolvimento dessa prática pode ser acelerado com investimentos na formação desses profissionais e na adoção de tecnologias avançadas, tornando-a uma alternativa viável e sustentável à construção nova (AMARAL, 2013; CORREIA, 2014; BARBOSA, 2015; PAVÃO, 2016; CASSIANO, 2017; PINTO, 2018).

De acordo com Rodrigues e Silva (2007), algumas das principais causas de patologia, em novos edifícios, da cidade de Bragança, incluem manifestações de umidade e destacamento de revestimento cerâmico. Juntas, essas causas representam mais de 46% das situações estudadas.

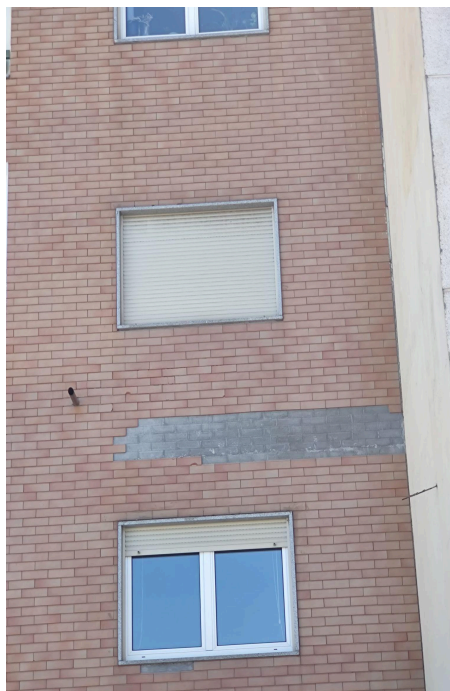
Os autores também mostram que cerca de 80% dessas situações são atribuídas à fase de projeto ou de construção, indicando insuficiências no domínio da especificação e realização de soluções construtivas eficazes em relação à contenção de umidade e aplicação de revestimentos cerâmicos. Ainda afirmam que, recrutar atores especializados e integrá-los em estruturas profissionais pode ser crucial para assegurar a eficiência do desempenho dos edifícios e evitar problemas patológicos prematuros.

Ao observar a cidade de Bragança pode-se perceber que diversas fachadas de edifícios possuem revestimentos cerâmicos com anomalias de destacamento. As figuras 2, 3, 4 e 5, nas páginas seguintes, mostram alguns exemplos das situações encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ilustração 2 – Isolamento policial devido a destacamento cerâmico

Fonte: Dados do pesquisador

Como é possível perceber pela imagem acima, foi necessário isolar a área de passeio por meio de intervenção policial devido ao destacamento do revestimento cerâmico, a fim de manter a segurança dos pedestres que passam pelo local.

Ilustração 3 – Destacamento cerâmico em fachadas

Fonte: Dados do pesquisador

Percebe-se, na ilustração 3, que o revestimento cerâmico está se destacando. É possível visualizar manchas de umidade na área afetada, indicando problemas mais graves de impermeabilização e destacamento.

Ainda é possível analisar situações em que a falta de impermeabilização de lajes e coberturas afeta as construções da cidade de Bragança. Esse descuido resulta em manchas de umidade, cria manifestações biológicas, afeta a estrutura, entre outras falhas que podem ser observadas.

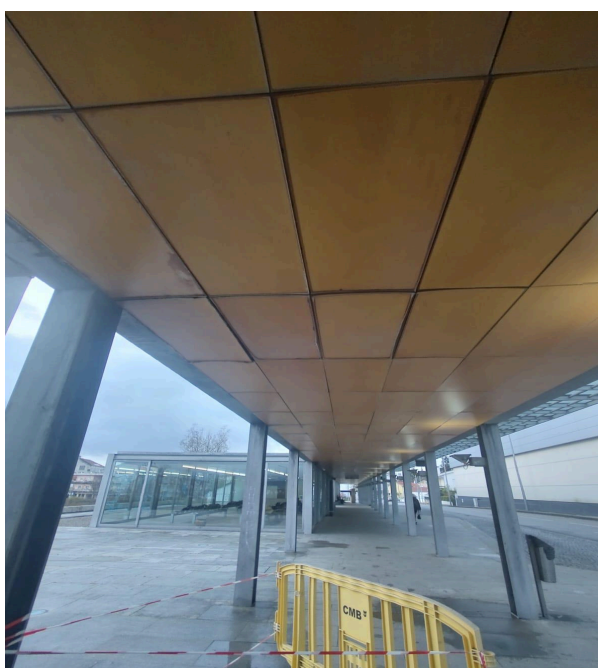
Ilustração 4 – Falhas de fissuras e manifestações de umidade



Fonte: Dados do pesquisador

Na ilustração 4 é possível perceber as diversas falhas de fissuras, manchas de umidade, manifestações biológicas e desgaste do revestimento provocados pela falta de impermeabilização adequada para a laje acima.

Ilustração 5 – Falha na impermeabilização da cobertura da estação de Bragança



Fonte: Dados do pesquisador

Ao analisar esta situação da estação rodoviária de Bragança onde o revestimento do teto encontra-se destacado e com goteiras devido a uma possível falha da impermeabilização.

Nos tópicos a seguir apresentam-se detalhadamente patologias relacionadas com a aplicação de revestimento cerâmico em fachadas e a impermeabilização de coberturas e lajes.

2.2 Patologias Associadas a Problemas Resultantes do Processo de Aplicação de Revestimento Cerâmico em Fachadas

Devido à sua durabilidade, resistência superficial, custo-benefício e ampla gama de designs, o revestimento cerâmico é amplamente utilizado na construção civil. Além disso, desempenha um papel importante no acabamento final de um empreendimento e afeta tanto a aparência quanto o conjunto como um todo. No entanto, as peças cerâmicas estão sujeitas a fatores ambientais e de uso, o que pode causar patologias, tais como deslocamentos, trincas, gretamento, eflorescências e deterioração das juntas, que podem ocorrer tanto em ambientes internos quanto externos.

Nos primeiros anos após a conclusão da obra, esses problemas podem surgir como resultado de falhas e vícios na construção, projetos inadequados e erros de planejamento. Contar com mão de obra qualificada e seguir um planejamento adequado são essenciais para prevenir essas patologias. A manutenção regular dos revestimentos também é essencial para prolongar sua vida útil (ESTEVES; CALIXTO; MEURER, 2020). A aplicação de revestimento cerâmico em fachadas oferece uma variedade de vantagens, que aumentam significativamente a funcionalidade, a aparência e a durabilidade das edificações. No quadro 1 estão algumas das principais vantagens de acordo com Lima (2023);

Quadro 1 – Benefícios resultantes da Aplicação de Revestimento Cerâmico em Fachadas

BENEFÍCIOS	COMENTÁRIOS
Durabilidade e Resistência	Resistência a Intempéries: O revestimento cerâmico reduz o desgaste da fachada com o tempo protegendo-a da chuva, vento, radiação solar e mudanças de temperatura. Longevidade: O revestimento cerâmico permanece funcional e bonito por muitos anos devido à sua composição.

BENEFÍCIOS	COMENTÁRIOS
Estética e Variedade de Designs	Aparência Atraente: O revestimento cerâmico, que está disponível em uma ampla gama de padrões, cores e texturas, permite uma personalização estética ilimitada das fachadas, valorizando o visual do edifício. Versatilidade: imita materiais como mármore, pedra e madeira, oferecendo opções mais baratas e de fácil manutenção.
Facilidade de Manutenção	Limpeza Simples: Superfícies cerâmicas são fáceis de limpar e mantêm sua aparência com pouca manutenção; apenas lavagem periódica é necessária para mantê-las limpas. Resistência a Manchas e Fungos: Em comparação com outros materiais de fachada, os revestimentos cerâmicos são menos propensos a manchas, mofos e fungos.
Isolamento Térmico e Acústico	Conforto Térmico: O revestimento cerâmico ajuda a manter a temperatura interna mais estável, melhorando o isolamento térmico da edificação. Isolamento Acústico: Reduz o ruído externo e torna o local mais silencioso.
Proteção Estrutural	Impermeabilidade: Serve como uma barreira contra a umidade, impedindo infiltrações que podem danificar a estrutura do edifício. Prevenção de trincas e fissuras: ajuda a preservar a integridade estrutural evitando que a alvenaria subjacente se fissure e trinque.
Eficiência Energética	Reflexão da Luz Solar: Cores e acabamentos brilhantes podem refletir a luz solar, reduzindo o aquecimento do ambiente e a quantidade de energia usada para a climatização.
Valorização do Imóvel	Aumento do Valor de Mercado: Uma fachada bem revestida e mantida aumenta o valor de mercado do imóvel e torna-o mais atraente para compradores e investidores.
Sustentabilidade	Materiais Ecológicos: Muitas cerâmicas são feitas com práticas sustentáveis e materiais reciclados, o que permite construções voltadas para a sustentabilidade ambiental. Baixa Emissão de Poluentes: Alguns materiais de revestimento, como a cerâmica, podem ser produzidos com um processo menos poluente.

BENEFÍCIOS	COMENTÁRIOS
Segurança e Saúde	Resistência ao Fogo: Como um material não combustível, a cerâmica fornece mais proteção contra incêndios. Redução de poluentes: Eles podem ajudar a tornar o ambiente mais saudável, pois não emitem substâncias tóxicas.
Estabilidade Química	Resistentes a muitos produtos químicos, tornando-os adequados para uso em ambientes corrosivos e na fabricação de catalisadores.

Fonte: Lima (2023)

O revestimento cerâmico é uma opção popular e eficaz para fachadas de edifícios devido à combinação desses elementos (NUNES et al, 2015). As cerâmicas tradicionais, como argila e porcelana, são particularmente valiosas para revestir as fachadas da construção civil devido à sua durabilidade, resistência às intempéries, facilidade de manutenção e grande variedade de estilos.

Três tipos de argamassas colantes são as mais comuns, de acordo com Machado (2018), utilizadas em obras para colocar revestimentos cerâmicos. A ACI (O termo “AC” representa “Argamassa Colante” e o número “I” representa a classificação de desempenho do produto) é a primeira a ser empregada no processo de revestimento, especificamente, para a instalação de pisos, paredes e pedras naturais em ambientes internos. As argamassas colantes são feitas para fornecer uma duração duradoura e resistente entre o revestimento e a superfície de aplicação. A classificação ACI geralmente indica que a argamassa funciona bem em locais internos que não estão muito expostos à umidade e não têm requisitos específicos de erros.

A argamassa colante ACII tem uma classificação de desempenho superior em relação à ACI. Ela foi desenvolvida para uso em locais tanto internos quanto externos com alta exposição à umidade, como banheiros, cozinhas e áreas de serviço. Essa argamassa tem maior capacidade de deformação e é mais adequada para situações como dilatação térmica, vibração ou assentamento diferencial. Para obter o melhor resultado possível ao usar a argamassa colante ACII, é fundamental seguir as instruções do fabricante (MACHADO, 2018).

Para atingir esse objetivo, é necessário preparar adequadamente a superfície,

aplicar a argamassa na proporção recomendada e seguir os tempos de cura e secagem indicados. Finalmente, a argamassa colante ACIII é um outro tipo que tem uma classificação de desempenho ainda mais alta do que a argamassa colante ACII. Para aplicações em ambientes internos e externos com alta exposição à umidade, movimentação e deformação, como piscinas, fachadas e pisos com aquecimento radiante, ela foi desenvolvida especificamente para isso. Essa argamassa tem uma capacidade de aderência e de deformação, em comparação com a ACII, mais desenvolvida, podendo suportar cargas e movimentações mais desafiadoras e garantir uma fixação duradoura dos revestimentos (LIMA, 2023).

Por fim, serão abordados os métodos de execução do revestimento cerâmico considerando os posicionamentos de Douglas (2017) e Machado (2018). Um assentamento adequado do revestimento cerâmico requer a utilização de ferramentas adequadas e mão de obra qualificada para o serviço. As ferramentas necessárias para o serviço são as seguintes: nível de mangueira, prumo, colher de pedreiro, nível de bolha, ponteiro, linha de náilon, régua de alumínio, trena, metro articulado, esquadro, prego, broxa e lápis de carpinteiro, marreta, talhadeira e escovas de aço ou *nylon*. Os espaçadores, que ajudam a manter a espessura das juntas, e as esponjas macias, que ajudam a limpar o local, são outros itens que podem ser essenciais (MACHADO, 2018).

Para evitar o deslocamento em revestimentos cerâmicos, é fundamental seguir as instruções do fabricante sobre as características dos substratos e da argamassa a serem utilizados, bem como as instruções de assentamento e acabamento da cerâmica, como especifica a NBR 13754. A base onde será assentada a cerâmica deve ser firme, nivelada e livre de umidade (DOUGLAS et al., 2017).

A aplicação pode corrigir algumas áreas de descolamento da argamassa, colante e rejunte, mas grandes áreas podem precisar de revestimento novo para cobrir o danificado. (DOUGLAS et al., 2017).

Destaque-se que os deslocamentos identificados devem passar por um procedimento de substituição. Para tanto será necessário realizar um nivelamento completo da base e a aplicação da argamassa deve ser conduzida empregando técnicas apropriadas de modo a assegurar uma aderência eficaz entre a argamassa e o novo revestimento. Vale salientar que esta intervenção não apenas vai garantir a

integridade estrutural da unidade onde se percebeu a patologia, mas, também, restaurará a estética dos ambientes envolvidos (LIMA, 2023).

2.3 Patologias Associadas a Problemas Resultantes do Processo de Impermeabilização de Coberturas e Lajes

Para garantir a integridade e durabilidade das estruturas, a impermeabilização de coberturas e lajes é um componente crucial da construção civil. De acordo com a definição da NBR 9575/2010, a impermeabilização inclui operações e técnicas destinadas a proteger as construções contra a ação de fluidos, vapores e umidade. A impermeabilização de coberturas e lajes é fundamental para evitar infiltrações, que podem prejudicar a estrutura e o conforto ambiental.

A cobertura de uma edificação é a sua superfície mais exposta às intempéries, como chuva, sol e vento, como já foi dito aqui neste estudo. Portanto, para evitar infiltrações, a impermeabilização adequada é essencial. No processo de impermeabilização, as lajes, sejam de piso ou de cobertura, devem ser tratadas com cuidado.

Rodrigues e Pinheiro (2021, p. 02) afirmam que:

O sistema de impermeabilização é fundamental para recuperação das estruturas sem danos adicionais e segurança da edificação, para seu emprego é importante classificar a origem, o tipo e as causas vistas na estrutura, essa disposição é feita por especialista, na sua maioria engenheiros de perícia. É por meio da aplicação desse produto específico que forma a proteção no concreto armado contra as ações de intempéries.

Vale destacar que em relação à proteção contra agentes hostis causada pela percolação da água, o concreto não pode impedir a infiltração da água, exigindo a criação e instalação de um sistema impermeável para prolongar a vida útil da estrutura (ALEXANDRE et al., 2016).

Para Silva, Silva Júnior e Holanda (2019) os principais métodos de impermeabilização para coberturas e lajes incluem: 1. Membranas Asfálticas: São materiais à base de asfalto aplicados a quente ou a frio. Elas são muito utilizadas devido à sua durabilidade e resistência. 2. Mantas Líquidas: Aplicadas em forma líquida, formando uma membrana contínua após a secagem. São flexíveis e adaptáveis a diversas superfícies. 3. Poliuretano: Um material que oferece alta resistência e elasticidade, sendo aplicado como um líquido que se transforma em

uma membrana contínua. 4. PVC: Mantas de PVC são aplicadas sobre a superfície a ser impermeabilizada, oferecendo boa resistência mecânica e durabilidade. 5. Argamassas Poliméricas: Misturas de cimento com polímeros que, quando aplicadas, formam uma camada impermeabilizante.

Quadro 2 – Possíveis Patologias Associadas a Problemas de Impermeabilização de Lajes e Coberturas

Infiltrações e Vazamentos	A água pode penetrar através de fissuras ou falhas na camada impermeabilizante, causando infiltrações visíveis no interior da edificação. Isso pode resultar em manchas, eflorescências (depósitos de sais) e mofo nas paredes e tetos.
Corrosão das Armaduras	Em estruturas de concreto armado, a infiltração de água pode atingir as armaduras de aço, iniciando processos de corrosão que comprometem a integridade estrutural do concreto. Isso pode levar a rachaduras, perda de seção de aço e, eventualmente, falhas estruturais.
Descolamento de Revestimentos	A umidade pode causar a delaminação de revestimentos cerâmicos, argamassas e pinturas. Isso ocorre devido à expansão e contração dos materiais em contato com a água.
Formação de Fungos e Bactérias	A umidade constante cria um ambiente propício para o crescimento de fungos e bactérias, que podem causar problemas de saúde aos ocupantes da edificação e danos aos materiais de construção.
Redução do Conforto Térmico	A umidade excessiva pode afetar o isolamento térmico da edificação, resultando em ambientes mais frios e desconfortáveis no inverno e mais quentes no verão.
Degradação de Materiais	Materiais como madeira, gesso e outros componentes de construção podem sofrer degradação acelerada quando expostos à umidade, resultando em perda de resistência e necessidade de reparos frequentes.

Fonte: Macedo et al. (2017)

Como já é possível constatar, pelas informações contidas no quadro 2, a impermeabilização de coberturas e lajes é um procedimento vital para a proteção das edificações contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade. Uma impermeabilização bem feita aumenta a vida útil das estruturas, prevenindo patologias associadas a infiltrações, como a corrosão das armaduras, o descolamento de revestimentos, e a formação de fungos e bactérias. Portanto, investir em materiais de qualidade e técnicas corretas de impermeabilização é essencial para garantir a durabilidade e a segurança das construções.

Rodrigues e Pinheiro (2021) asseguram que a impermeabilização é

fundamental para qualquer construção (especialmente para lajes e coberturas). Falhas na impermeabilização podem causar problemas menores como mancha e bolor, que são sintomas mais simples de patologias, mas também podem colocar em risco o desempenho da laje devido à sua exposição direta à umidade (como as lajes de estacionamento devido à sua maior superfície exposta à umidade).

Nascimento, Mota e Barbosa (2023, p. 02) consideram que:

A falta da impermeabilização ou sua execução inadequada pode gerar aumento de custo total de implantação deste sistema, sendo cabível o seguimento da norma para evitar prejuízos. Além disso, estes custos devem ser analisados ao longo de todo o processo de escolha do produto e método de aplicação, pois frequentemente os problemas na etapa de impermeabilização geram a necessidade de ações para “reimpermeabilização” em algumas áreas, e isto acarreta problemas e custos não previstos no empreendimento.

Para garantir um bom desempenho do sistema, o processo de elaboração e controle são essenciais. Como resultado, a fiscalização deve ser feita por todos os participantes da implantação. O custo de implantação da impermeabilização é menor quando o projeto de impermeabilização é bem detalhado, pois o projetista determinará as melhores opções de design técnico e econômico, portanto, reduzindo os custos imprevistos associados à implementação do sistema, evitando a soluções construtivas baseadas apenas nos conhecimentos do aplicador. (ALEXANDRE et al., 2016; NASCIMENTO; MOTA; BARBOSA, 2023)

No próximo capítulo serão discutidos os princípios fundamentais da gestão da qualidade e do controle de riscos, destacando como a implementação eficaz desses processos pode prevenir falhas, otimizar recursos e garantir a sustentabilidade e segurança das edificações.

3 A QUALIDADE E GESTÃO DE RISCOS NOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

Aborda-se neste capítulo a garantia de qualidade e gestão de riscos nos processos de construção. Em uma indústria onde a complexidade e o tamanho dos projetos estão em constante aumento, o sucesso de um projeto depende de uma gestão de qualidade sólida e de técnicas eficazes de mitigação de riscos.

Serão discutidos métodos de gestão da qualidade, incluindo as normas ISO aplicadas ao setor da construção civil e como eles podem ajudar a melhorar continuamente os processos de construção. Além disso, serão examinados os métodos para identificar, avaliar e controlar os riscos, com foco na Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA).

Além disso, o capítulo discutirá a integração de sistemas de gestão da qualidade e de riscos, mostrando como a combinação desses métodos pode aumentar a eficiência, reduzir os erros e garantir a conformidade com as especificações regulamentares e técnicas, demonstrando as vantagens concretas de construir com durabilidade, segurança e desempenho.

3.1 Conceitos

Os princípios do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) que são citados na norma NP EN ISO 9000:2015 estão focados em buscar a capacidade de enfrentar os desafios ambientais para os problemas atuais, suprir as necessidades do cliente e manter uma boa reputação para a organização. O Sistema de Qualidade e Gestão (SQG) permite uma gestão eficiente de recursos, processos e etapas, aprimorando a capacidade de alcançar os objetivos planejados. Através da identificação de ações e suas consequências, o SQG busca continuamente aperfeiçoar procedimentos para obter os melhores resultados.

A má qualidade não é a única consequência de aumento dos custos. Ao prestar serviços ou vender produtos ou marcas, esses são componentes diretos do processo de transformação, por isso devem ser considerados. Como resultado, e de acordo com a ISO 9001, existem sete princípios de gestão da qualidade (Quadro 3 na página seguinte) que podem ajudar a equipe e a organização a melhorar o desempenho.

Quadro 3 – Gestão da Qualidade e seus Princípios

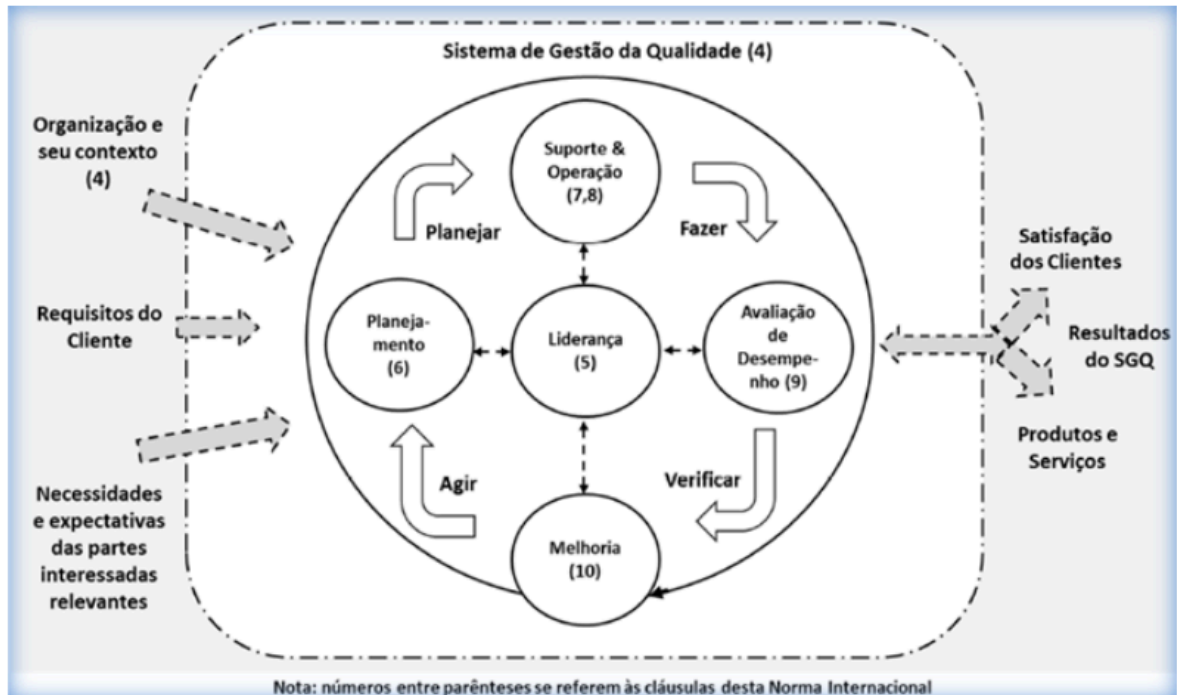
Princípio	Descrição
Foco no Cliente	O foco principal da gestão da qualidade é a satisfação dos requisitos dos clientes e o esforço em exceder as suas expectativas.
Liderança	Os líderes estabelecem, a todos os níveis, unidades no propósito e direção e criam as condições para que as pessoas se comprometam em atingir os objetivos da Organização.
Comprometimento das Pessoas	Os resultados obtidos por parte das Organizações, são os resultados alcançados pelas pessoas de todos os níveis e funções na Organização. Para atingir os resultados desejados é preciso determinar as competências e conhecimentos necessários, assegurando que as pessoas os têm e que sabem exatamente aquilo que devem fazer para haja sucesso na organização. Os resultados obtidos devem ser comunicados e sempre que possível reconhecidos, potenciando a sua manutenção e melhoria.
Abordagem por Processos	Resultados consistentes e previsíveis são atingidos de modo mais eficiente quando as atividades são compreendidas e geridas como processos inter-relacionados que funcionam como um sistema lógico.
Melhoria	Uma melhoria permanente por parte da Organização deve ser um objetivo para atingir o sucesso, ou seja, resulta em fazer mais e melhor aumentando assim os resultados, melhorando o desempenho e a eficácia.
Tomada de Decisão Baseada em Evidências	As tomadas de decisão são parte de um processo contínuo do dia-a-dia das Organizações a vários níveis. É um processo que pode vir a ser complexo, isto porque, existem diversas fontes e tipos de informação, com diferentes qualidades e validade nas quais devem ser interpretadas podendo atingir diferentes graus de subjetividade. A decisão acaba por ser a mais objetiva e logo merecedora de maior confiança quando é tomada a partir de factos, evidências e análise de dados o que permite produzir os resultados desejados.
Gestão de Relações	Uma Organização para obter um sucesso sustentado, deve gerir as suas relações com as partes interessadas (fornecedores), determinando os objetivos comuns que permitam assegurar a resposta aos riscos e oportunidades existentes e potenciar o sucesso de ambas as partes. A partilha de recursos e de competências bem como a gestão de riscos relacionado com a qualidade entre as partes interessadas aumenta a criação de valor para todos.

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2015).

Esses princípios incluem foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas, abordagem de processo, melhoria, tomada de decisão baseada em evidência e gestão de relacionamento. Como resultado disso, há benefícios como, por exemplo, o aumento da fidelidade do cliente e melhoria na coordenação dos procedimentos de organização e, também, da satisfação dos colaboradores.

A ilustração 6 apresenta um modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processo de acordo com a ISO 9001:2015, vejamos a seguir:

Ilustração 6 – Modelo de um Sistema de Gestão da Qualidade baseado em Processo



Fonte: ABNT NBR ISO 9001:2015

Visando a melhoria contínua dos processos, o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) conforme a norma ISO 9000:2015 estabelece ações que podem ser adotadas por uma organização. Entre essas ações estão a definição de objetivos em diferentes níveis, a profissionalização e capacitação da equipe, o desenvolvimento de projetos de melhoria e o reconhecimento e adaptação de processos passíveis de aprimoramento. Um SGQ é um sistema dinâmico, em constante evolução, que busca sempre alcançar melhorias.

Toledo et al. (2017) afirmam que as empresas nem sempre têm a habilidade de melhorar continuamente. Para obter uma prática de melhoria contínua e duradoura no longo prazo, os autores afirmam que é necessário desenvolver e gerenciar certas habilidades, comportamentos e ações. Esses elementos incluem:

- 1 Capacitação: Investir na capacitação dos colaboradores para que possam identificar e implementar melhorias.
- 2 Cultura Organizacional: Promover uma cultura organizacional que valorize e recompense a melhoria contínua, incentivando todos os níveis da empresa a contribuir com ideias e soluções.
- 3 Liderança e Comprometimento: Líderes devem estar comprometidos com a melhoria contínua, demonstrando esse compromisso por meio de suas ações e

decisões.

4 Ferramentas e Metodologias: Utilizar ferramentas e metodologias apropriadas para identificar áreas de melhoria e monitorar o progresso das iniciativas (SHAMSUDDIN; MASJUKI, 2003; YANG et al., 2006).

5 Feedback e Comunicação: Estabelecer canais eficazes de comunicação e feedback para garantir que as ideias de melhoria sejam ouvidas e implementadas de forma eficiente.

6 Avaliação e Ajuste: Avaliar regularmente os processos e resultados, fazendo ajustes conforme necessário para garantir que a melhoria contínua se mantenha eficaz ao longo do tempo. Desenvolver e gerenciar essas áreas é essencial para que as empresas possam sustentar práticas de melhoria contínua, adaptando-se às mudanças e mantendo-se competitivas no mercado.

Por outro lado, para avaliar o desempenho que precisa ser melhorado, é necessário medir, compreender e avaliar. O desempenho é definido como o grau em que a produção atende aos fatores de competitividade em qualquer momento, de modo a satisfazer seus clientes e as estratégias da empresa (TOLEDO et al., 2017).

Para efetuar essa avaliação, as empresas devem considerar os seguintes passos:

1 Medir: Coletar dados quantitativos e qualitativos relevantes sobre os processos e resultados atuais. Isso inclui métricas de produtividade, qualidade, tempo de ciclo, custos, entre outros.

2 Compreender: Analisar os dados coletados para identificar tendências, padrões e desvios. Esse entendimento é crucial para determinar as áreas específicas que precisam de melhorias.

3 Avaliar: Comparar os dados analisados com *benchmarks* internos e externos, objetivos de desempenho e metas estratégicas da empresa.

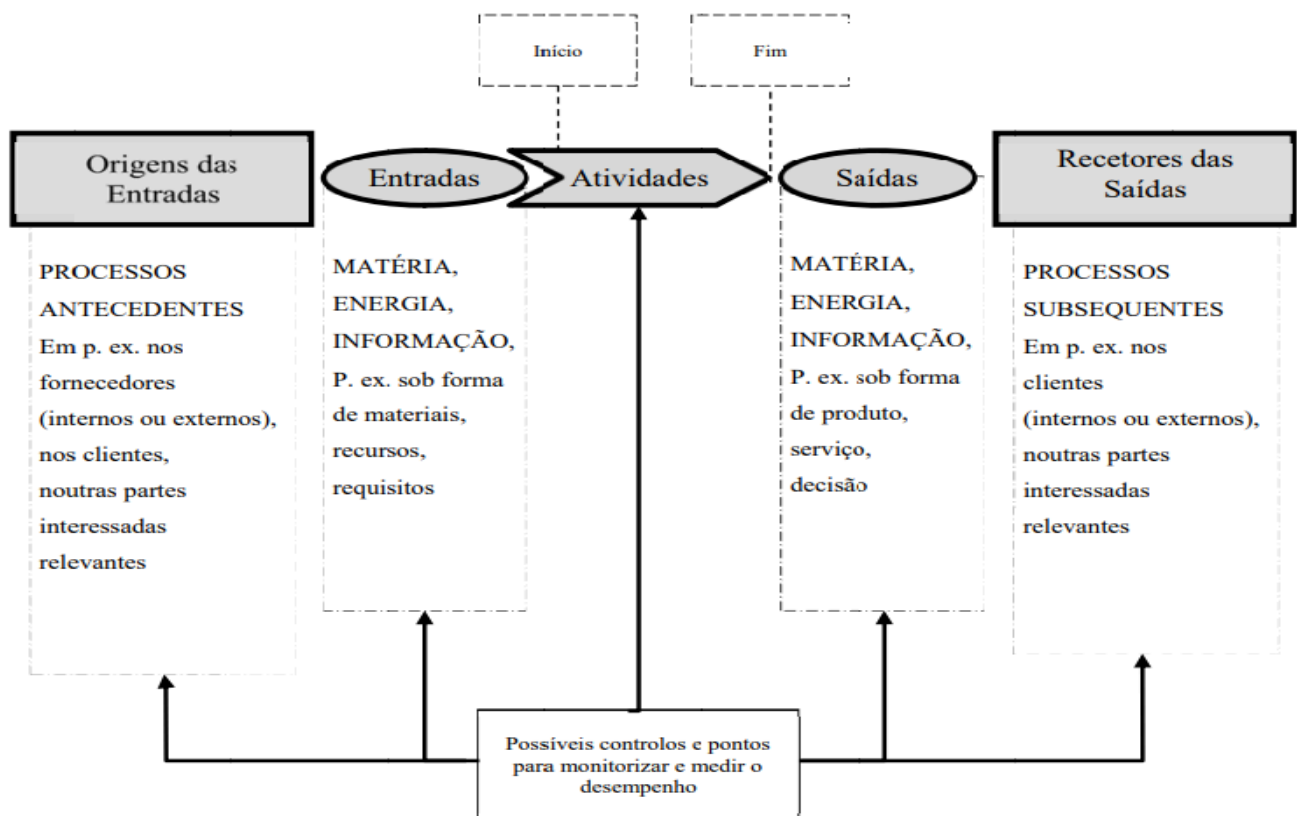
Para Toledo et al. (2017) a avaliação deve considerar tanto a satisfação dos clientes quanto a eficiência operacional e a competitividade da empresa. Esses cuidados ajudam a criar uma base sólida para implementar ações de melhoria contínua que estejam alinhadas com as expectativas dos clientes e as estratégias organizacionais, garantindo assim um desempenho superior e sustentável ao longo do tempo.

Apesar de muitas referências afirmarem que a qualidade é atender às expectativas do cliente, é importante prestar atenção aos processos que envolvem os resultados da qualidade, pois esses processos estão ligados diretamente aos esforços empresariais e aos setores que compõem o negócio (SPASOJEVIC et al., 2013).

3.2 Aplicações

A Norma NP EN ISO 9001:2015 mostra os requisitos e funcionamento de um sistema de Gestão da Qualidade com o objetivo de desenvolver, programar e melhorar a eficácia do mesmo, para aumentar a satisfação do cliente e suprir as necessidades abordadas pela organização. Na ilustração 7, logo abaixo, apresenta-se um exemplo de uma SGQ:

Ilustração 7 – Representação esquemática dos elementos de um processo simples



Fonte: NP EN 9001:2015

Se as empresas implementarem os requisitos da norma ISO 9001, podem obter a certificação dos seus sistemas de gestão da qualidade. São muitas as vantagens que as empresas podem adquirir com a certificação, e isso as motivam a

buscar a certificar-se, visto que, além das melhorias que esse processo pode proporcionar, a organização pode elevar-se ao um nível maior de competitividade (BORBA et al., 2016).

Anacleto (2017) afirma que um modelo de gestão da qualidade adequado serve como um ponto de partida e permite que as empresas se mantenham dentro dos padrões do mercado econômico. Para tanto são muito importantes as ações planejadas que permitem administrar uma empresa com o objetivo de satisfação dos agentes intervenientes, o que inclui, principalmente, atender aos anseios do cliente de forma plena.

Para que as empresas possam ter uma gestão total da qualidade é importante que conheçam plenamente as atividades dos processos produtivos, desde da matéria-prima até o produto acabado, e, também, elas devem dar importância às certificações da ISO 9001:2015, considerando que as certificações e o pleno domínio dos processos produtivos podem ser grandes aliados para aumentar a capacidade competitiva de uma empresa no mercado (CERQUEIRA et al., 2020).

As certificações são uma maneira de garantir que os produtos e serviços tenham qualidade e confiança para os consumidores, o que permite que as empresas avancem no futuro, onde Organizações devem buscar métodos de certificação rápidos que atendam às demandas do mercado (DUARTE et al., 2020).

A norma enfatiza que um gerenciamento de riscos atua de forma eficaz e dinâmica dentro de um SQG através de prever possíveis falhas em cada etapa do desenvolvimento do processo. Desta forma, podendo ser evitadas as inconsistências previamente abordadas pelo planejamento de gestão de riscos.

Segundo a norma NP EN ISO 9001:2015, são quatro os benefícios potenciais da adoção de um SGQ:

- A aptidão para fornecer de forma consistente produtos e serviços que satisfaçam tanto os requisitos dos clientes como as exigências estatutárias e regulamentares aplicáveis;
- Facilitar oportunidades para aumentar a satisfação do cliente;
- Tratar riscos e oportunidades associados ao seu contexto e objetivos;
- A aptidão para demonstrar a conformidade com requisitos especificados do sistema de gestão da qualidade (ABNT, 2015, p. 10).

Para Mendes (2019, p.14):

A crescente globalização do mercado, conjugada com a competitividade existente em qualquer setor, levam a que as

empresas ponderem a implementação de sistemas de gestão da qualidade com o objetivo de fornecerem aos seus clientes produtos e serviços (P&S) controlados e analisados, com o mínimo risco quanto possível de os seus clientes não obterem a satisfação pretendida.

A criação e aplicação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) oferece à organização empresarial uma metodologia estruturada para todas as atividades envolvidas na entrega do produto final. Isso possibilita a identificação de ações que não agregam valor, a otimização dos processos, a melhoria contínua da organização e a redução de ineficiências e custos. Frequentemente é considerado como o objetivo principal dessa implementação, manter e elevar a satisfação tanto dos clientes quanto dos colaboradores da empresa, promovendo, de maneira eficaz e eficiente, um aumento na competitividade (BORBA et al., 2016; KALTEH et al., 2020).

3.3 Planejamento de Gestão de Riscos

A organização de uma empresa deve ser baseada na gestão da qualidade, que se relaciona principalmente com um planejamento cuidadoso e minucioso e apoio às atividades que visam melhorias contínuas dos mais variados processos. Além disso, para garantir a participação de todo o empreendimento, os processos devem ser acompanhados com o empenho da alta direção.

De acordo com a Norma ISO 9001:2015, é de extrema importância uma organização adotar um planejamento de riscos, para lidar com possíveis falhas e incertezas durante as etapas de desenvolvimento de um serviço. Identificando erros ou inconsistências que possam interferir na qualidade geral, enquanto ainda está na fase de planejamento.

Carneiro (2020) afirma como os funcionários passam a maior parte do dia trabalhando na produção, eles devem ter participação ativa nos processos que visam a melhoria contínua em qualquer estágio. Portanto, a qualidade da operação significa "quando qualidade significa criar e entregar constantemente produtos e serviços conforme especificação, não apenas levar à satisfação do cliente externo, mas tornar a vida mais fácil dentro da operação" (SLACK et al., 2013, p. 49).

Os mesmos autores enfatizam que, em relação ao objetivo do sistema de

gestão da qualidade:

O atendimento consistente às expectativas dos clientes, ou “fazer as coisas corretas”, é o que vai definir a qualidade. Quando a qualidade é definida como a fabricação e entrega contínua de produtos e serviços de acordo com as especificações, ela não apenas garante a satisfação dos clientes externos, mas também facilita a operação. (SLACK et al., 2013, p.49)

Uma empresa que tem como base o objetivo de melhorar continuamente sua gestão de qualidade pode ganhar tanto em eficiência quanto em dinheiro. Na produção,

Para alcançar o máximo rendimento de todos os recursos que constituem a organização – pessoas, máquinas e equipamentos – é preciso uma série de competências que possam reuni-los, de modo que esta atuação conjunta vai procurar atingir os objetivos da empresa. (SILVA et al., 2016, p. 23)

A qualidade reduz os custos, pois “quanto menores os erros cometidos em cada processo da operação, menos tempo será necessário para corrigir os erros e menos confusão e irritação serão espalhadas”, conforme afirmado por Slack et al. (2013, p. 49).

Além disso, estes autores enfatizam que a “qualidade aumenta a confiabilidade”. (SLACK et al., 2013, p. 49).

Para Wilson e Campbell (2018, p.02):

A norma ISO 9001:2015, lançada em setembro de 2015, continha, pela primeira vez, uma especificação para ‘conhecimento organizacional’ como recurso o que era, e ainda é, muito importante para os procedimentos de organização das empresas, por isso mais de 1,1 milhão de organizações (somente nos três primeiros anos após a publicação da norma) buscaram a recertificação.

De acordo com a norma ISO 9001:2015, que incorpora o pensamento baseado em riscos como um componente fundamental da gestão da qualidade, a abordagem de gestão de riscos também deve ser considerada na gestão da qualidade. O pensamento/planejamento baseado em riscos envolve a identificação, análise e mitigação de riscos que podem afetar a conformidade dos produtos e serviços e a capacidade de atender às necessidades dos clientes.

A variabilidade dos processos, a falta de materiais, os problemas de conformidade com as leis ou a falta de comunicação interna são algumas das

várias fontes de risco na gestão da qualidade. O uso de uma abordagem de gestão de riscos permite que a organização preveja possíveis problemas e crie planos de ação para minimizar o efeito desses riscos nas operações e no produto final.

De qualquer maneira, é preciso ter sempre em mente que a gestão de riscos de qualidade “não apenas protege a organização contra possíveis falhas, mas também promove uma cultura de proatividade e resiliência, essencial para a melhoria contínua”, diz Oliveira (2021, p. 21). Por isso vale muito enfrentar todos os possíveis obstáculos de modo a suplantá-los e conseguir implantar a norma ISO 9001/2015.

Assim, a combinação da gestão da qualidade com a gestão de riscos evita perdas e desperdícios e aumenta a confiança dos clientes e demais partes interessadas na capacidade da empresa de fornecer regularmente produtos e serviços de alta qualidade.

As empresas podem melhorar os sistemas de gestão da qualidade e criar um ambiente mais seguro, eficiente e alinhado com as expectativas do mercado ao implementar uma abordagem sistemática para a identificação e gestão de riscos.

Como resultado, a gestão de riscos complementa os sete princípios da gestão da qualidade, enfatizando a necessidade de uma liderança comprometida, decisões baseadas em dados e um foco contínuo na melhoria de processos e no envolvimento das pessoas. Para alcançar e manter a excelência operacional e fornecer produtos e serviços que superam as expectativas dos clientes, a gestão da qualidade baseada em riscos é um componente essencial.

A gestão da qualidade entra diretamente neste componente essencial e é estudada com o intuito de gerir e otimizar processos, com foco na satisfação do cliente e da empresa. A produtividade dos empreendimentos relaciona-se com a alta competitividade do mercado, pela vasta diversidade de produtos e metodologias de produção, a qualidade é considerada um critério para que a empresa continue no mercado, tendo a gestão da qualidade como um método de gestão, ou seja, além da satisfação do cliente, os benefícios se estendem aos membros que compõem o quadro organizacional e à sociedade (YANG et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2018).

A gestão da qualidade também envolve a consideração dos riscos inerentes aos processos produtivos e organizacionais. A abordagem de riscos é fundamental para a manutenção da qualidade e da continuidade dos negócios (YANG et al., 2006; SPASOJEVIC et al., 2013).

De acordo com a norma ISO 9001:2015, o pensamento baseado em riscos é uma estratégia crucial que visa identificar, avaliar e mitigar riscos que podem impactar a conformidade dos produtos e serviços, bem como a satisfação do cliente. Integrar a gestão de riscos na gestão da qualidade não apenas melhora a resiliência da organização, mas também promove uma cultura de prevenção e proatividade.

Conforme Silva (2019, p.21), “a antecipação e o tratamento dos riscos permitem que as empresas não só evitem falhas, mas também se posicionem de maneira mais competitiva no mercado”.

Alguns dos principais riscos que devem ser gerenciados no contexto da gestão da qualidade incluem:

1. Variabilidade dos Processos: Desvios nos processos de produção podem levar a produtos não conformes. A implementação de controle estatístico e monitoramento contínuo ajuda a reduzir essa variabilidade.
2. Falhas no Fornecimento de Materiais: Problemas com fornecedores podem impactar a qualidade dos produtos finais. Estabelecer parcerias sólidas e realizar auditorias regulares nos fornecedores são práticas recomendadas. Este controle inclui a gestão da qualidade, que é estudada com o objetivo de administrar e otimizar processos com foco na satisfação do cliente e da empresa.
3. Conformidade Regulamentar: Manter-se atualizado com as regulamentações aplicáveis é essencial para evitar punições e garantir a qualidade dos produtos e serviços.
4. Comunicação Interna Deficiente: Falta de comunicação entre departamentos pode causar confusões e falhas de produção. Para reduzir este risco, são necessários sistemas de comunicação fortes e treinamentos frequentes.
5. Mudanças Tecnológicas: Rápidas mudanças tecnológicas podem tornar equipamentos e métodos obsoletos. Para manter a competitividade, é necessário investir em inovação contínua e atualização tecnológica.

Não se pode esquecer que a alta competitividade do mercado afeta a produtividade dos negócios. Como resultado, a qualidade é vista como um requisito para que as empresas permaneçam no mercado, usando a gestão da qualidade. Isso significa que, além da satisfação do cliente, os benefícios se estendem aos membros da organização e à sociedade (OLIVEIRA et al., 2018).

De acordo com a ISO 9001:2015, o pensamento baseado em riscos é uma estratégia importante que visa encontrar, avaliar e reduzir os riscos que podem afetar a conformidade dos produtos e serviços, bem como a satisfação do cliente.

Quando a gestão de riscos é incorporada à gestão da qualidade, ela não apenas aumenta a resistência da organização, mas também cria uma cultura de prevenção e iniciativa. "A antecipação e o tratamento dos riscos permitem que as empresas não só evitem falhas, mas também se posicionem de maneira mais competitiva no mercado", afirma Silva (2019, p. 23).

A adoção de uma abordagem de gestão da qualidade que inclui a gestão de riscos traz vários benefícios, incluindo a melhoria da confiabilidade e a redução de custos (A identificação precoce e a mitigação de riscos evitam custos associados a retrabalhos, desperdícios e *recalls*).

A ISO 9001:2015 determina que as organizações devem, de acordo com Mendes (2019):

1. Determinar Riscos e Oportunidades: Encontre elementos que possam causar desvios nos processos e afetar a qualidade dos produtos e serviços.
2. Planejar Ações para Abordar Riscos e Oportunidades: Crie e execute planos para reduzir riscos e buscar melhorias.
3. Integrar Ações nos Processos do SGQ: Garantir que as ações de gestão de riscos e oportunidades sejam incorporadas aos procedimentos do sistema de gestão da qualidade.
4. Avaliar a Eficácia das Ações: Observar e revisar a eficácia das ações tomadas para lidar com riscos e oportunidades, alterando-as quando necessário.

De acordo com a ISO 9001:2015, a implementação do pensamento baseado em riscos envolve várias etapas:

- Identificação de Riscos e Oportunidades: Mapear todos os processos e identificar possíveis riscos e oportunidades associados (MANÇÚ; GOUVEIA; CORDEIRO, 2020).
- Análise de Riscos: Avaliar a probabilidade e o impacto de cada risco identificado (MANÇÚ; GOUVEIA; CORDEIRO, 2020).
- Planejamento de Ações: Definir ações específicas para mitigar riscos e aproveitar oportunidades, estabelecendo responsáveis e prazos (MANÇÚ; GOUVEIA; CORDEIRO, 2020).
- Integração de Processos: Incorporar as ações planejadas nos processos diários da organização. (MANÇÚ; GOUVEIA; CORDEIRO, 2020).

A adoção da ISO 9001:2015 e seu foco no pensamento baseado em riscos permite que as organizações garantam a conformidade e a qualidade dos produtos e serviços, bem como um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. Isso também permite que as organizações promovam uma cultura de melhoria contínua e resiliência dentro da empresa.

Wicher (2017, p. 05) explica que:

Os desafios enfrentados atualmente por empresas e negócios são bem diferentes dos de algumas décadas atrás, pensando nisso, a ISO 9001 foi atualizada para levar em consideração este novo cenário. O incremento da globalização, por exemplo, mudou a forma como fazemos negócios, e hoje as empresas operam cadeias de abastecimento cada vez mais complexas do que faziam no passado. [...] com mais acesso à informação - a sociedade em geral tem hoje uma voz mais forte do que nunca.

Sobre os casos de detecção de não conformidade Bittencourt e Nepomuceno (2022, p. 10) recomendam:

Quando da ocorrência de uma não conformidade, a organização deve reagir à não conformidade e, conforme aplicável, tomar ação para controlá-la e corrigi-la, lidar com as consequências, avaliar a necessidade de ação para eliminar a(s) causa(s) da não conformidade a fim de que ela não se repita ou ocorra em outro lugar, analisar criticamente a não conformidade, determinar as causas da não conformidade, determinar se não conformidades similares existem ou se poderiam potencialmente ocorrer, implementar qualquer ação necessária, analisar criticamente a eficácia de qualquer ação corretiva tomada e realizar mudanças no sistema de gestão, caso necessário.

Em tais situações, são organizadas reuniões entre o responsável pelo Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) da obra, os responsáveis pela

execução da obra e a alta administração da empresa. Nessas reuniões, são apresentados os problemas identificados e as justificativas dos responsáveis pela situação. (MELLO; CARVALHO, 2017)

Durante o mesmo encontro, são definidos prazos e medidas corretivas. Se não for possível determinar essas medidas imediatamente, a obra com avaliação insatisfatória (apresentando não conformidades) receberá apoio de profissionais da sede da empresa, como o gerente do SGQ e o superintendente de obras. Juntos, eles elaborarão com os responsáveis pela obra um plano de ação para corrigir as não conformidades, visando melhorar sua avaliação. (MELLO; CARVALHO, 2017)

Além disso, é crucial que os agentes superiores considerem o custo envolvido na correção de todas as não conformidades encontradas, garantindo que a obra atenda aos padrões exigidos pela Construtora e pelo Cliente. Um aspecto adicional relevante é a necessidade de monitoramento contínuo e avaliação das ações corretivas implementadas, assegurando a eficácia das medidas adotadas e prevenindo a recorrência dos problemas. Esse acompanhamento constante não só melhora a qualidade da obra, mas também fortalece a confiança do cliente e a reputação da empresa no mercado. (MELLO; CARVALHO, 2017)

O Guia PMBOK (2021) apresenta a gestão de riscos como um elemento essencial da gestão de projetos, enfatizando a importância de identificar, avaliar, responder e monitorar os riscos ao longo do ciclo de vida do projeto. Alguns pontos-chave destacados são:

1. Definição de Riscos: Riscos são eventos ou circunstâncias incertas que, se ocorrerem, podem ter impactos positivos ou negativos nos objetivos do projeto. Eles são categorizados em ameaças (negativas) e oportunidades (positivas).

2. Identificação de Riscos: É fundamental que a equipe do projeto identifique proativamente os riscos, tanto as ameaças quanto as oportunidades, visando evitar ou minimizar impactos negativos e maximizar oportunidades positivas.

3. Avaliação de Riscos: Após a identificação, os riscos são avaliados quanto à sua probabilidade de ocorrência e potencial impacto. Isso auxilia na priorização dos riscos e na definição das estratégias de resposta mais

adequadas.

4. Resposta aos Riscos: Estratégias de resposta são elaboradas e implementadas para lidar com os riscos identificados. Isso pode envolver medidas para mitigação, transferência, aceitação ou exploração dos riscos.

5. Monitoramento e Controle dos Riscos: É crucial monitorar constantemente os riscos ao longo do projeto para garantir que as estratégias de resposta sejam eficazes e ajustadas conforme necessário.

No que diz respeito às ferramentas usadas para realizar a gestão de riscos, o documento ainda destaca a importância de empregar sistemas para identificar, avaliar, responder, monitorar e controlar os riscos. Adicionalmente, é sugerido o uso de instrumentos como análise qualitativa e quantitativa de riscos, matriz de probabilidade e impacto, análise SWOT, FMEA, análise de cenários e outras para ajudar no processo de gestão de riscos.

Na próxima seção será abordado o FMEA levando em consideração a sua potencial utilização nos projetos na construção civil, especialmente no sentido de prevenção de custos e de riscos.

4 METODOLOGIA *FAILURE MODE AND EFFECTIVE ANALYSIS (FMEA)*

O setor da construção civil está em constante expansão, por isso é necessário implementar medidas gerenciais que garantam a qualidade e reduzam as falhas. Durante a execução de uma obra, o método FMEA pode prever imprevistos, reduzir custos, eliminar desperdícios e garantir a segurança dos funcionários. (SANTOS et al., 2020)

A Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) é uma ferramenta amplamente utilizada na engenharia, como é possível observar nos exemplos a seguir. Na engenharia automotiva, a FMEA é fundamental para identificar possíveis falhas em elementos e sistemas dos carros, como motores, sistemas de freios e eletrônicos embarcados. A FMEA é usada na engenharia eletrônica para avaliar circuitos e componentes eletrônicos para identificar possíveis falhas em resistores, capacitores, microcontroladores e outros componentes. A FMEA é utilizada na engenharia de processos industriais para analisar e melhorar os processos de fabricação, identificando possíveis falhas em equipamentos, procedimentos operacionais e fluxos de trabalho. Na engenharia química, a FMEA é empregada para analisar procedimentos de produção de substâncias químicas, identificando riscos em reações químicas, sistemas de controle e equipamentos de produção. Por fim, na engenharia da construção, o modelo FMEA ainda não é muito conhecido, porém já existem algumas organizações, estudos e pesquisas que utilizam essa ferramenta para encontrar e mitigar possíveis falhas em processos, produtos e sistemas.

A estrutura da abordagem FMEA consiste na identificação de possíveis falhas nas etapas de um empreendimento de construção civil, investigando suas causas, consequências e efeitos que podem ser analisados para encontrar uma solução para o problema. Além disso, são identificados os níveis (indicadores) de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção de cada falha, e com o produto desses três indicadores pode-se calcular o fator de risco, que é proporcional, à gravidade dos erros cometidos na obra. (SANTOS et al., 2020)

Como afirmado por Liu et al. (2018), a FMEA é um método de análise das causas de falhas. O objetivo é encontrar e organizar criticidades, destacar os riscos potenciais e seus efeitos, e, finalmente, ajudar na criação de um plano de ação. Para estes autores os quatro tipos principais de FMEA são sistema, produto, processo e serviço. Além disso os autores informam as etapas de execução que são as

seguintes: primeiro, descrever o processo e suas funções; segundo determinar os modos, causas e efeitos de cada falha; terceiro, estimar a severidade (S), a ocorrência (O) e a detecção (D) do modo de falha para determinar o Número de Priorização de Risco (NPR); e quarto, determinar as prioridades para a criação do plano de ação. Após a descoberta do produto NPR, o próximo passo é preencher sua coluna e as "Ações Recomendadas" com base nas motivações principais da NPR. (LIU et al., 2018)

No quadro 4 (a seguir) são apresentados os principais métodos FMEA para construção civil com algumas recomendações básicas.

Quadro 4 - Principais métodos FMEA para Construção Civil

Métodos	Recomendações
1 Identificação de Componentes Críticos	Encontre os componentes essenciais que podem causar falhas em um processo de construção ou estrutura.
2 Análise de Modos de Falha	Identificar todos os modos de falha potenciais para cada componente crítico. Por exemplo, os modos de falha em estruturas de concreto podem incluir trincas, fissuras ou deslocamentos.
3 A avaliação dos efeitos das falhas consiste em examinar os efeitos possíveis de cada tipo de falha identificado	Isso inclui entender os efeitos de cada falha na segurança, durabilidade e desempenho da estrutura.
4 A atribuição de índices de severidade, ocorrência e detecção	Atribuir índices para avaliar a gravidade dos efeitos das falhas, a frequência esperada de ocorrência das falhas e a capacidade de detectá-las rapidamente.
5 Desenvolvimento de Ações Corretivas	Proposta e execução de ações corretivas para reduzir ou eliminar as possíveis falhas identificadas, dando prioridade às falhas de acordo com os índices atribuídos.

Fonte: Liu et al. (2018)

O método permite implementar um plano de ação para prevenir ocorrências dos erros juntamente com uma lista de medidas para promover a correção destes erros com foco nos fatores de risco, diminuindo significativamente os níveis de RPN e, portanto, aumentando as chances de sucesso da obra.

Quando se trata de construção civil, existe uma grande variedade de equipes, projetos e sistemas construtivos que variam de uma obra para outra, portanto, o uso da FMEA vai permitir que as empresas implementem este sistema adaptando-o ao seu específico ambiente, sempre examinando as medidas preventivas para as deficiências (KALTEH et al., 2020).

No quadro 5 estão disponibilizados os cuidados e as precauções decorrentes

da utilização da metodologia FMEA na construção civil.

Quadro 5 – Cuidados e Precauções na Utilização da FMEA na Construção Civil

Cuidados	Precauções
Expertise Técnica	Para garantir uma análise precisa e abrangente, os profissionais responsáveis pela aplicação da FMEA devem ter conhecimento técnico e experiência na área da construção civil.
Abordagem Multidisciplinar	Quando se trata de aplicar a FMEA na construção civil, deve-se usar uma abordagem multidisciplinar que inclua engenheiros civis, arquitetos, gestores de projetos e especialistas em segurança do trabalho.
Atualização Regular	Ao longo do ciclo de vida de uma estrutura, é crucial atualizar regularmente a análise FMEA devido às mudanças nos métodos de construção e nos materiais.

Fonte: Santos et al. (2020)

A implementação da FMEA permitirá que as equipes se sintam mais seguras, desenvolvendo um trabalho mais confiável durante o processo construtivo, ao mesmo tempo em que os riscos serão reduzidos ou, até mesmo, eliminados. O resultado final da implementação da FMEA é uma melhoria em todas as etapas da obra, com o uso da ferramenta, prevenindo, localizando e corrigindo todas as possíveis falhas e segundo determinar suas raízes (SHAMSUDDIN; MASJUKI, 2003; SANTOS et al., 2020). No próximo quadro 6, são apresentados os principais resultados alcançados com a utilização da FMEA na engenharia da construção ressaltando três fatores importantes.

Quadro 6 – Principais Resultados Alcançados com a Utilização da FMEA na Engenharia da Construção

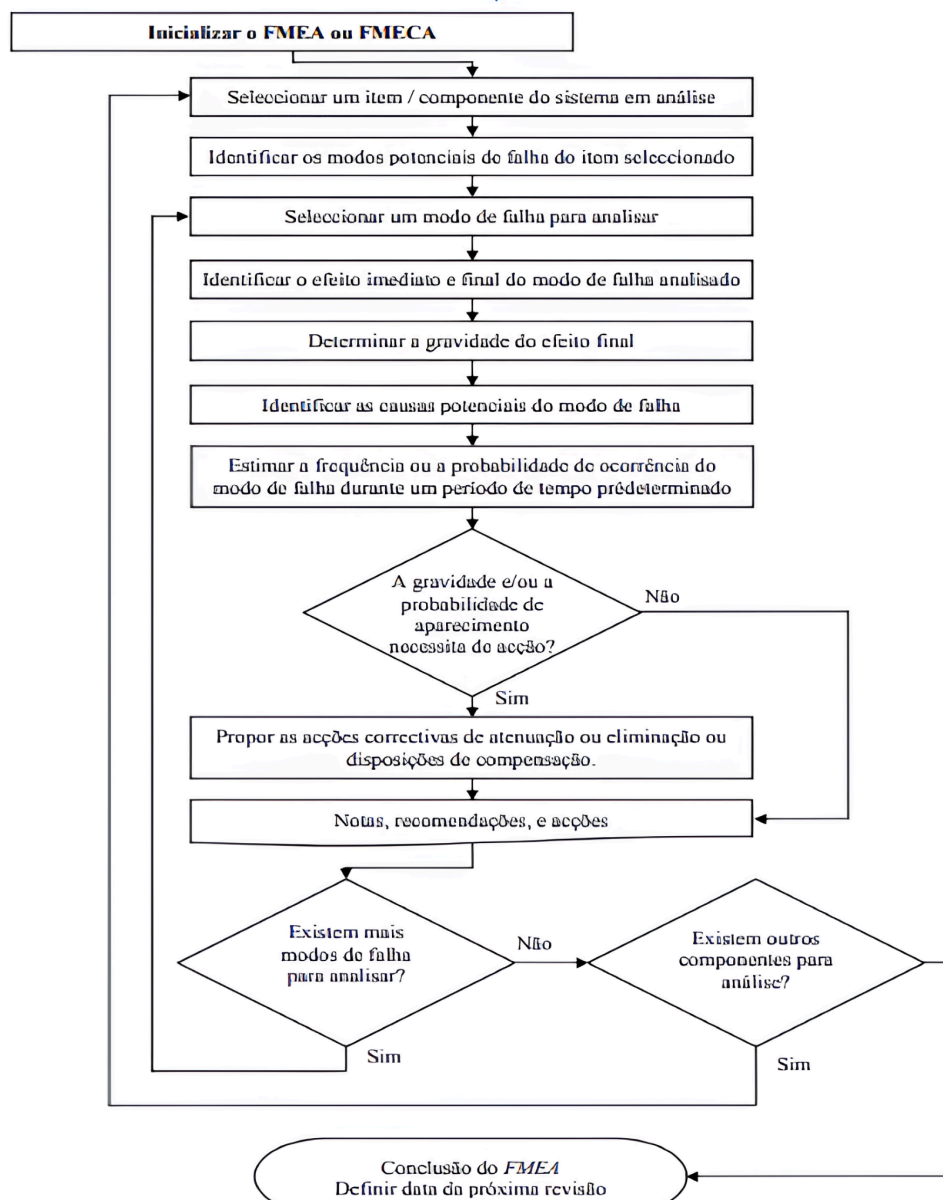
Fatores	Resultados
Redução de Riscos e Custos:	A identificação precoce de possíveis riscos de acidentes. Isso pode economizar dinheiro ao longo do ciclo de vida da estrutura.
Melhoria da Qualidade:	A FMEA pode tornar as estruturas mais seguras, duradouras e de alta qualidade ao identificar e corrigir possíveis falhas antes da construção.
Aumento da Segurança:	A implementação da FMEA pode tornar os ambientes de trabalho mais seguros e reduzir o risco para os funcionários e usuários das estruturas.

Fonte: Santos et al. (2020)

Como é possível constatar, a FMEA é uma ferramenta valiosa na engenharia da construção, pois ajuda a identificar e mitigar riscos, garantindo a segurança, qualidade e durabilidade das estruturas construídas. No entanto, sempre é bom destacar, a sua aplicação requer expertise técnica, abordagem multidisciplinar e atualização constante para garantir resultados eficazes. A metodologia FMEA está normalizada pela IEC 60812 (2018), onde explica que o propósito desta ferramenta é de fornecer um suporte a decisões que reduzem as constantes falhas e seus

efeitos nos processos, contribuindo como uma ação preventiva para combater possíveis erros, e com o desenvolvimento da ferramenta e do processo, ir se adaptando e melhorando conforme as necessidades. Ainda de acordo com esta norma, a FMEA é caracterizada como uma metodologia sistemática de identificar riscos e falhas juntamente de suas causas ainda na etapa de planejamento, ranqueando os efeitos ocasionados, através de critérios que foram previamente estabelecidos. Assim como dita a norma NP ISO 31000 (2018), o gerenciamento de risco deve ser dimensionado, supervisionado e adaptado constantemente em busca de uma melhoria contínua, para evitar possíveis falhas e incertezas. É apresentado na ilustração 8, o fluxograma da análise FMEA, constante na norma EN IEC 60812.

Ilustração 8 – Fluxograma de análise do FMEA



A norma ISO 31010 (2021) aborda o FMEA como uma técnica que divide um processo ou projeto em várias etapas suscetíveis a falhas ou erros, identificando suas causas e efeitos. Deve ser aplicado durante o desenvolvimento de um projeto para observar e melhorar continuamente, analisando os objetivos do processo e estudando as consequências das possíveis falhas.

Com as informações necessárias e a aplicação correta do FMEA, é possível desenvolver uma planilha contendo: - Falhas com suas consequências e causas - Uma escala de criticidade de cada falha e suas consequências, incluindo a metodologia usada para definir - Recomendações de ações e mudanças para melhorar o processo.

Ainda de acordo com esta norma, o sistema FMEA (vide ilustração 9) pode utilizar de uma escala quantitativa de frequência/consequência das falhas abordadas, onde a escala da consequência deve ser abordada de acordo com os princípios da organização e ser ranqueado do maior ao menor efeito que uma falha possa ocasionar aos objetivos da empresa.

Ilustração 9 – Exemplo de escala de consequências

Rating	FINANCEIRO	SAÚDE E SEGURANÇA	COMUNIDADE E AMBIENTE	Etc.
a	MAIOR PERDA DE CAPITAL (\$)	MÚLTIPLAS FATALIDADES	DANO AMBIENTAL OU COMUNITÁRIO IRREVERSIVEL	
b	⋮	⋮	⋮	⋮
c	⋮	⋮	⋮	⋮
d	⋮	⋮	⋮	⋮
e	MÍNIMA PERDA(\$)	APENAS PRIMEIROS SOCORROS	DANO TEMPORARIO MÍNIMO	

IEC

Fonte: ISO 31010 adaptado

Adicionando essa informação a uma escala de frequência que deve ser determinada através da possibilidade de ocorrer à falha estudada, como mostra o

exemplo disponibilizado na ilustração 10:

Ilustração 10 – Exemplo de escala de frequência

Rating	DESCRIÇÃO	SIGNIFICADO
5	FREQUENTE	OCORRE DIVERSAS VEZES NA MESMA SEMANA
4	↓	↓
3		
2		
1	POUCO FREQUENTE	PODE ACONTECER, MAS É BEM IMPROVAVEL

Fonte: ISO 31010 adaptado

Por fim, juntando estas duas informações são determinadas uma matriz de consequência/frequência de acordo com as escalas fornecidas e são criadas células definidas de acordo com a magnitude do risco e sua ocorrência em uma escala de numeração romana que vai de I a V, de acordo com a prioridade da falha comparada aos dois eixos determinados. Conforme indica a ilustração 11:

Ilustração 11 – Exemplo de matriz de risco

ESCALA DAS CONSEQUÊNCIAS	a	III	III	II	I	I
	b	IV	III	III	II	I
	c	V	IV	III	II	I
	d	V	V	IV	III	II
	e	V	V	IV	III	II
		1	2	3	4	5
ESCALA DA FREQUÊNCIA						

IEC

Fonte: ISO 31010 adaptado

Para a norma EN IEC 60812(2018) existe além do método de matriz de risco,

a estratégia de *Risk Priority Number* (Número da Prioridade de Risco), onde consiste em um produto de três parâmetros que estabelecem a severidade(S), ocorrência (O) e detecção(D) da falha observada:

Equação 1 – Risk Priority Number

$$RPN = S \times O \times D$$

Fonte: IEC 60812

O número RPN, pode variar de 1 a 1000, porém, alguns sistemas *FMEA* ocultam o parâmetro de detecção, ocasionando que o número da prioridade de risco vá ao alcance de 1 a 100.

conforme a IEC 60812 os números de “S”, “D” e “O” são determinados utilizando uma tabela de níveis que ranqueia cada parâmetro, associando com uma descrição que auxilia ao profissional que realizará a análise do FMEA, com um objetivo de manter uma consistência e objetividade. A norma ainda aborda um exemplo de turbinas eólicas para a determinação dessas métricas, conforme ilustração 9:

Com isso a norma EN IEC 60812(2018), finaliza explicando (vide ilustração 102) com um modelo de aplicação do sistema FMEA para controles remotos de um sistema *Hi-Fi*:

Ilustração 12 – Exemplo de uma matriz FMEA.

Component	Function	Failure mode	Local consequence	Global consequence	Severity	Probability	Detectability	RPN	Treatment action
Keyboard	To enable control action selection when applying between 20 and 50 of force by finger	Keys below front plate preventing any force from being applied by thumb	Keys cannot be pressed	Remote control cannot control hi-fi	4	3	2	24	PCB fastened to top plate to reduce tolerance problems
PCB	To interpret commands from keyboard and communicate control action to LED within 100 ms	Solder joints and contact failures due to mechanical resonance	Some signals cannot be communicated to LED	Remote control cannot control some hi-fi functions	4	2	5	40	Supports to increase resonance frequencies
Display	To visually display the selected control action within 100 ms of selection	Display dislodges from remote control front plate due to weak fastening technique	Display loose	Repair needed	3	2	3	18	Larger area for glue

Fonte: IEC 60812

De acordo com Sampaio et al. (2017) a FMEA é uma abordagem de gestão da qualidade que visa identificar e resolver problemas potenciais de forma sistemática e abrangente. A análise de modo e efeitos de falha (FMEA traduzido

para o português) determinará como o desempenho no decorrer da construção foi ou poderá ser impactado. Toda e qualquer falha, identificada poderá comprometer o desempenho daquilo que está sendo construído, alterando, inclusive, a função esperada da construção (como um todo, ou de modo específico). Esta é uma ideia essencial para as análises de confiabilidade e qualidade.

Para Wang, Feng e Yang (2019), a utilização do sistema FMEA, na construção civil, se mostra eficiente em duas etapas, onde a primeira consiste em identificar falhas e erros, através de inspeções detalhadas e processos de uma equipe previamente treinada e capacitada a realizar essa atividade. E a segunda etapa a determinação da criticidade de tal falha.

O sistema FMEA possui uma grande semelhança com a gestão de riscos de projetos, principalmente com as características de controle de avanço e controle de retroalimentação, que torna o gerenciamento de projetos mais eficaz. Portanto, uma boa utilização e administração de sistemas FMEA reduzirão as falhas apresentadas e minimizará as perdas. Os autores ainda exemplificam com um modelo de matriz FMEA que foca no desenvolvimento e observações de falhas apresentadas. (WANG; FENG; YANG, 2019)

Ilustração 13 – Modelo FMEA

number	Failure mode		S	O	D	RPN	explanation
	Factor	Sub-factor					
1	U ₁	U ₁₁					
2		U ₁₂					
3	U ₂	U ₂₁					
4		U ₂₂					
5	U ₃	U ₃₁					

Fonte: Wang, Feng e Yang (2019).

Com todos esses parâmetros sobre o funcionamento de uma tabela FMEA e seus índices, conforme as normas e exemplos da engenharia industrial, podemos aplicá-los na engenharia de construção, conforme mostrado nos anexos 5 e 6. É possível também associar os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detectabilidade (D) aos processos abordados nessa pesquisa e modos de falhas da construção civil, conforme ilustrado nos anexos 7 a 16.

No próximo capítulo serão explicados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta Dissertação, levando em consideração os aspectos científicos normatizados.

5 METODOLOGIA

5.1 Procedimentos Metodológicos

Para a elaboração da investigação sobre a temática da aplicação da metodologia FMEA a processos de construção, foi utilizado um processo sistemático e científico chamado método, que de acordo com Ciribelli (2003) pode ser definido como um agrupamento de etapas e instrumentos o qual o pesquisador se utiliza, para guiar a elaboração de seu projeto embasado em critérios científicos, a fim de validar um ponto de vista sobre determinada problemática.

A pesquisa realizada é caracterizada por uma abordagem qualitativa, que para Minayo (2014, p. 14) trata-se: “De um trabalho com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”.

Também desenvolveu-se uma pesquisa com caráter quantitativo envolvendo a aplicação de um questionário (com quatorze questões) junto aos gestores de dez empresas da cidade de Bragança (Portugal) que atuam no ramo da construção civil e que atenderam ao nosso convite voluntariamente. Desta maneira após a coleta das respostas estas foram organizadas em gráficos e onze delas foram devidamente comentadas, inclusive com menções de autores que fundamentaram cada comentário.

Flick (2004) salienta que a convergência dos métodos quantitativos e qualitativos proporcionam mais credibilidade e legitimidade aos resultados encontrados, evitando o reducionismo à apenas uma opção. Compreende-se que dentro da seara metodológica, não há contradição, e que nenhuma destas metodologias pode ser considerada mais científica que a outra, apenas apresentam naturezas diferentes.

Vale salientar que cada empresa foi identificada com uma letra do alfabeto (A – J) e para cada uma delas foi feita e compartilhada uma análise FMEA e, também, foram oferecidas duas Instruções Técnicas (ITs), uma sobre Aplicação de Revestimento Cerâmico em Fachadas e outra sobre Impermeabilização de coberturas e lajes. Também foi compartilhado com as empresas envolvidas nesta

pesquisa dois Plano de Inspeção e Ensaio cada um sobre a mesma temática das ITs. Todos estes documentos estão disponibilizados nos anexos desta Dissertação.

Já sobre os tipos de procedimentos de pesquisa utilizados para produção da fundamentação do referencial bibliográfico, podem ser destacados os seguintes: a pesquisa bibliográfica, que seria um processo em que realiza-se consultas em diversos meios de informações, como livros, monografias, artigos, teses, dissertações, periódicos entre outros. Além disso, foram utilizados dois outros procedimentos de investigação que foi a pesquisa documental e a pesquisa do estado do conhecimento (SILVA; MENEZES, 2000).

Na pesquisa bibliográfica foram analisadas várias contribuições culturais e científicas relacionadas com o assunto em questão, através de livros, publicações em periódicos, normas, dissertações e artigos científicos. A coleta dos dados da pesquisa documental foi desenvolvida por meio de estudos dos documentos oficiais em busca de normas nacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT), busca de normas internacionais (IEC - *INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION*) e em dois catálogos desenvolvidos por meio de Dissertações (CORREIA, 2014; PAVÃO, 2016) ambos incluídos nas referências.

Para Lüdke e André (2015, p. 15):

A pesquisa documental, como procedimento metodológico que se utiliza de técnicas e instrumentos para apreensão, compreensão e análise de documentos, é de grande valia para as investigações em políticas educacionais. Sua importância e sua qualidade vão depender da maneira como for conduzido o processo de pesquisa.

Acrescentando valor à pesquisa documental Fávero e Centenaro (2019, p. 2) argumentam que:

O crescente número de documentos oficiais [...] nas últimas décadas têm indicado a importância da pesquisa documental como instrumento imprescindível para conhecer, descrever, caracterizar, analisar e produzir sínteses de objetos de pesquisa específicos nas mais variadas áreas do conhecimento.

5.2 Estado do Conhecimento

Com a finalidade de se observar o que vem sendo produzido no mundo acadêmico relacionado à aplicação da metodologia FMEA a processos de construção, elaborou-se um estudo, de natureza qualitativa e de caráter exploratório e bibliográfico, sobre o estado do conhecimento, levando em consideração o

universo constituído por obras científicas, desenvolvidas com os idiomas português (preferencialmente) e inglês e que tratam da temática aqui investigada.

Considera-se que este estudo é essencial para fundamentar as análises desenvolvidas nesta Dissertação contribuindo na percepção de diferentes realidades de modo a ampliar, não só o aporte teórico, mas, também, a compreensão da importância da aplicação da metodologia FMEA a processos de construção.

De acordo com Morosini e Fernandes (2014, p. 102) o estado do conhecimento se refere a “identificação, registro, categorização que levem à reflexão e síntese sobre a produção científica de uma determinada área, em um campo característico desta área e em um determinado espaço de tempo”.

Kohls-Santos e Morosini (2021, p. 03) compreendem que

O estado do conhecimento é um tipo de pesquisa bibliográfica, baseada, principalmente, em teses, dissertações e artigos científicos, pois neste rol de pesquisas é possível conhecer o que está sendo pesquisado em nível de pós-graduação *stricto sensu* de determinada área, sobre um setor específico de determinado tema.

A seguir explica-se como ficou definida toda estratégia desta pesquisa no que se refere, especificamente, ao estudo do estado do conhecimento em questão. A pesquisa foi desenvolvida nos meses de maio e junho do ano de 2024. Ficou estabelecido o período de seleção dentro do intervalo entre os anos de 2002 e 2022, como o período de investigação para as obras que são citadas como apoio teórico excluindo as obras que apoiam a metodologia da pesquisa. Ressalte-se que este período foi escolhido porque nele encontramos, com facilidade, muitas das informações necessárias para a nossa análise.

Estes são os critérios de inclusão definidos: seleção de obras científicas dentro do período de investigação estabelecido, que estejam disponíveis eletronicamente, com acesso gratuito, em português (preferencialmente) e em inglês e que apresentem discussões relacionadas aos descritores selecionados (Patologias; Construções; Metodologia FMEA; Qualidade).

Foram excluídas as produções com publicações repetidas, simples relatos de experiências, artigos de opinião sem referências, aquelas que não adotaram a metodologia científica e aquelas obras que estavam fora do intervalo de tempo desta investigação.

Vale salientar que obras classificadas como relatos de experiências, artigos publicados em periódicos, monografias, trabalhos de conclusão de cursos de graduação (TCC), ou qualquer outro tipo de obra que, também, utilizaram a metodologia do estado do conhecimento, foram excluídos deste estudo, porque, desde o começo da nossa pesquisa, almejamos elaborar a nossa própria pesquisa do estado do conhecimento referente ao tema em tela.

Além disso, qualquer obra que discutisse a metodologia FMEA aplicada à outra modalidade de aplicação, também, foi excluída, ou seja, só foram aceitas obras que abordassem a aplicação da metodologia FMEA a processos de construção. Entretanto também foram incluídas obras que fundamentassem teoricamente o uso desta metodologia e após criteriosa avaliação foram aproveitados pequenos textos como exemplo da aplicação do FMEA em outras áreas da engenharia.

A base de dados escolhida para o desenvolvimento desta investigação foi a plataforma Google Acadêmico. Os procedimentos de seleção foram divididos em duas etapas. A primeira etapa se constituiu na busca na plataforma que, por sinal, tem seus próprios mecanismos de busca, portanto, bastou preencher os mecanismos de busca com os descritores selecionados.

Na segunda etapa foi realizada uma busca dos descritores no interior do corpo de cada obra científica pesquisada. Usou-se, para tanto, o sistema de busca do *Adobe Acrobat Reader*, que é um sistema similar ao Word no qual inserimos cada descritor na “lupa” e ela se encarrega de encontrar, ou não, pelo menos um descritor, daqueles que foram selecionados por nós, assim, toda vez que o sistema encontrou algum descritor informado, ficou confirmada a sua ocorrência na obra em investigação.

Merece especial destaque os artigos científicos que foram selecionados para fundamentar a nossa pesquisa, pois, para além da seleção mediante o uso dos descritores, também averiguamos a qualificação QUALIS¹ PERIÓDICOS de cada um deles. Este foi o resultado: Dos vinte artigos que contribuíram com aportes teóricos

¹ O Qualis Periódicos é uma das ferramentas utilizadas para a avaliação dos programas de pós-graduação no Brasil. Tem como função auxiliar os comitês de avaliação no processo de análise e de qualificação da produção bibliográfica dos docentes e discentes dos programas de pós-graduação credenciados pela CAPES. Ao lado do sistema de classificação de capítulos e livros, o Qualis Periódicos é um dos instrumentos fundamentais para a avaliação do quesito produção intelectual, agregando o aspecto quantitativo ao qualitativo. (IFSC, 2023)

para esta investigação sete (35%) são qualificados com QUALIS A1 (mais alta qualificação), Três (15%) alcançaram a qualificação QUALIS A2, um alcançou a qualificação QUALIS A4, dois têm a qualificação QUALIS B1 (10%), dois atingiram a qualificação QUALIS B2 (10%) e cinco (25%) estão na categoria QUALIS C. A verificação dos conceitos QUALIS ocorreu por meio de consulta à Plataforma Sucupira no seguinte site:

<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>.

5.2.1 Análise e discussão dos resultados

Da pesquisa realizada na plataforma do Google Acadêmico foram, inicialmente, selecionadas 90 (noventa) fontes de pesquisas, que atendiam, pelo menos, um dos descritores. Das pesquisas previamente selecionadas, foram excluídas 20 (vinte e nove), pois nenhuma delas atendiam, totalmente, aos critérios de inclusão pré-determinados.

A ordem da pesquisa foi baseada na cronologia, sendo os primeiros estudos analisados os de Davies e Kochhar (2002) e Kececioglu (2002). A pré-análise foi realizada por meio da leitura do resumo e da metodologia de cada fonte. A pesquisa fundamentou-se na literatura científica das obras selecionadas, sem alterações no texto original.

Para desenvolver os modelos propostos de FMEA, apresentados nos Anexos 5 e 6, foram elaboradas Instruções Técnicas e Planos de Inspeção das anomalias estudadas, conforme detalhado nos Anexos 1 a 4. Esses documentos foram disponibilizados para as empresas participantes da pesquisa, com o intuito de facilitar a compreensão dos processos de serviço.

Foi aplicado um questionário às empresas de construção civil de Bragança, com o objetivo de identificar e analisar a gestão de riscos implementada nas operações executadas, bem como seu impacto na qualidade dos processos.

Adicionalmente, foi solicitado às empresas que preenchessem os parâmetros de severidade, ocorrência e detectabilidade nas matrizes de modelos de FMEA, contidas nos Anexos 7 a 13. O objetivo dessa solicitação foi criar uma base sólida com base na experiência dos profissionais da área, demonstrando a eficácia e a

facilidade de uso da ferramenta.

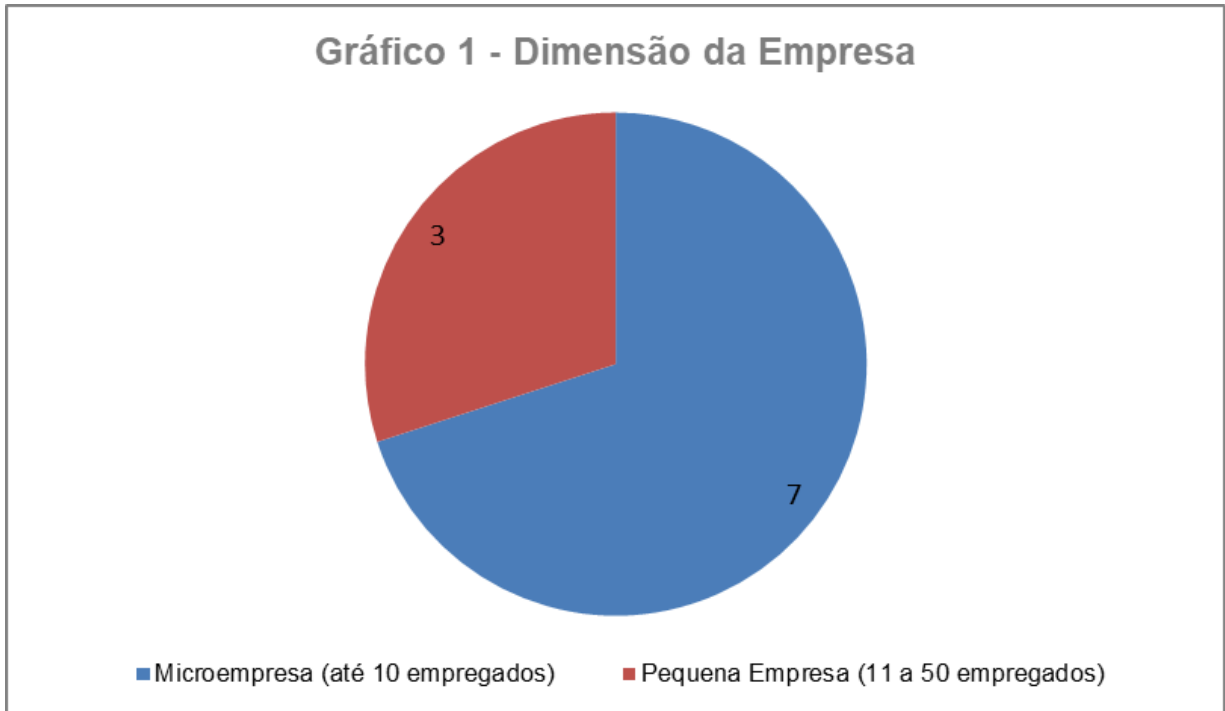
5.3 Análise Comentada dos Resultados do Estudo de Caso

Participaram do estudo de caso 10 empresas: 6 escritórios de engenharia, 3 escritórios de arquitetura e 1 canteiro de obras. Elas atenderam o nosso pedido de participação por livre e espontânea vontade e responderam a um questionário estruturado relativo à temática em estudo com 12 perguntas. Destas perguntas 11 serão aqui analisadas por meio de gráficos, 1 através de um quadro em seguida serão comentadas e, quando possível, comparadas com resultados de pesquisas antecedentes.

5.3.1 Qual é a dimensão da sua empresa?

Na primeira pergunta (analisada no gráfico 1 na página seguinte) a maioria das empresas respondentes são microempresas (70%). Isso indica que o setor de construção pode ser caracterizado por um grande número de empresas de pequeno porte, o que é comum em muitos setores econômicos, especialmente na construção civil, onde projetos menores e operações localizadas são frequentes.

Apenas 30% das empresas se enquadram como pequenas empresas. Esta distribuição pode refletir uma fragmentação no setor, com muitas empresas operando em escalas menores, o que pode ter implicações na capacidade de competir por projetos maiores, na eficiência operativa e nas margens de lucro.

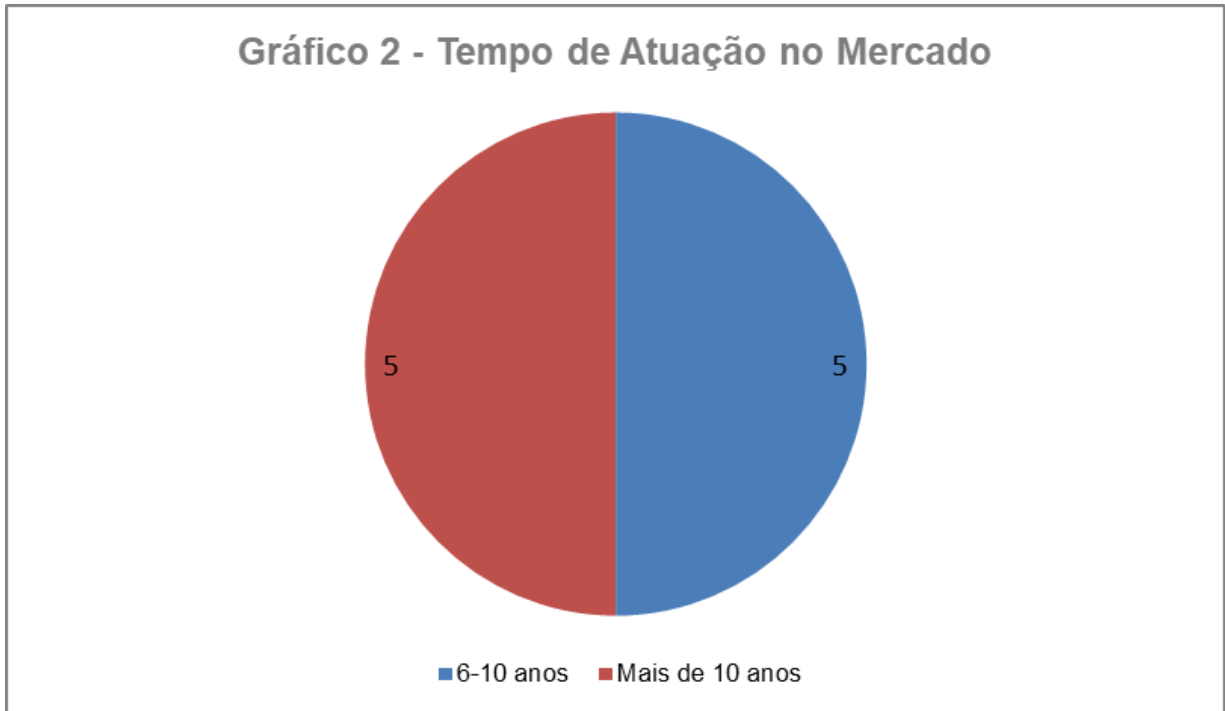


Fonte: Dados do pesquisador

Machado e Brandstetter (2024) estudaram a fragmentação do setor de construção e concluíram que a alta proporção de microempresas contribui para uma eficiência operativa menor, devido às limitações em escala e recursos humanos.

5.3.2 Há quanto tempo sua empresa atua no mercado?

As respostas coletadas para a segunda pergunta apontam que a maioria das empresas (70%) está atuando no mercado há 6-10 anos. Este período sugere que estas empresas têm uma certa estabilidade e experiência no setor de construção, mas ainda estão em uma fase relativamente jovem, especialmente no contexto de projetos de construção que podem ter ciclos de vida longos.



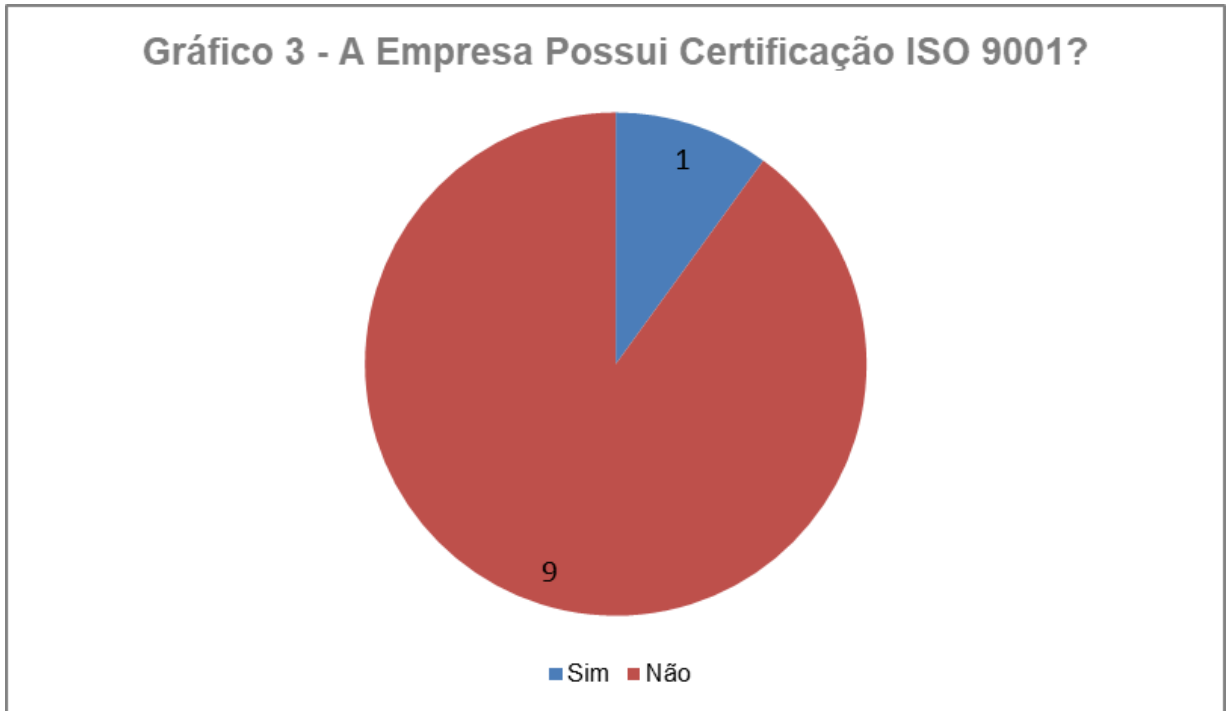
Fonte: Dados do pesquisador

As 3 empresas que atuam há mais de 10 anos representam 30% do total. Estas empresas provavelmente possuem uma experiência mais consolidada e podem ter um histórico mais robusto de enfrentamento de crises econômicas, variações de mercado e mudanças regulatórias. A longevidade das empresas no setor de construção está muitas vezes associada à capacidade de adaptação a mudanças econômicas e tecnológicas.

Estes dados estão alinhados com a literatura recente que sugere que a experiência e estabilidade vêm com o tempo, e que as empresas de construção precisam equilibrar a inovação com a consolidação de suas operações para garantir a longevidade.

5.3.3 Sua empresa é certificada pela ISO 9001?

De acordo com Silva e Callado (2018) empresas com mais de 10 anos tendem a ter estratégias mais maduras e redes de relacionamento mais estabelecidas, o que as ajuda a sobreviver em um setor altamente competitivo.



Fonte: Dados do pesquisador

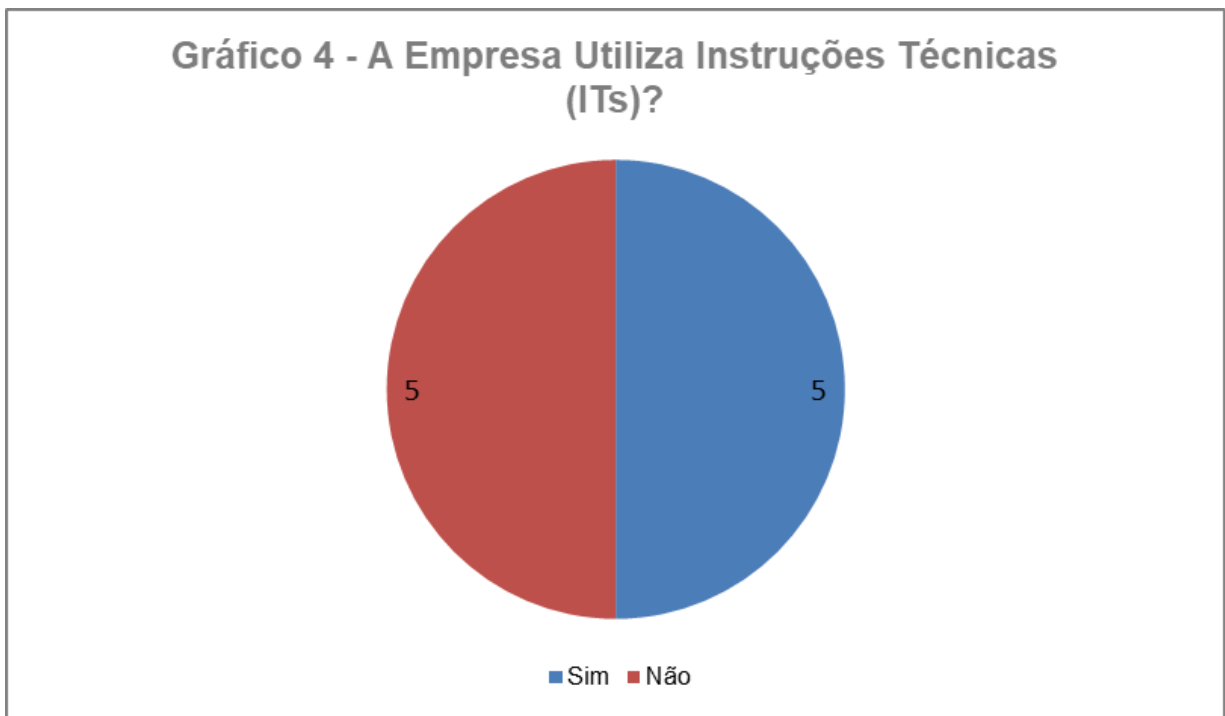
Apenas 10% das empresas responderam, na terceira pergunta, que possuem a certificação ISO 9001. Isso sugere que a maioria das empresas de construção entrevistadas não adotou formalmente os padrões de gestão de qualidade estabelecidos pela ISO 9001.

A falta de certificação pode indicar que essas empresas podem não priorizar processos de gestão da qualidade formalizados. A certificação ISO 9001 é muitas vezes associada a melhorias na eficiência operativa, na satisfação do cliente e na competitividade no mercado.

Lopes, Passos e Pereira (2024) estudaram e discutiram os benefícios da certificação ISO 9001, incluindo melhorias na gestão de processos, satisfação do cliente e oportunidades de mercado. No entanto, eles também mencionam que os custos iniciais e o esforço necessário para implementar os padrões podem ser desafiadores para empresas menores.

5.3.4 A empresa utiliza Instruções Técnicas (ITs)?

As respostas para a quarta pergunta em análise, estão divididas igualmente, com metade das empresas utilizando Instruções Técnicas (ITs) e a outra metade não utilizando. Essa divisão sugere uma variação significativa nas práticas operacionais e nos níveis de formalização dos processos técnicos entre as empresas.



Fonte: Dados do pesquisador

As empresas que utilizam ITs provavelmente aderem a práticas mais padronizadas e formalizadas, o que pode contribuir para a consistência na qualidade dos trabalhos de revestimento cerâmico e impermeabilização. Por outro lado, as empresas que não utilizam ITs podem depender mais da experiência prática e do conhecimento tácito dos trabalhadores.

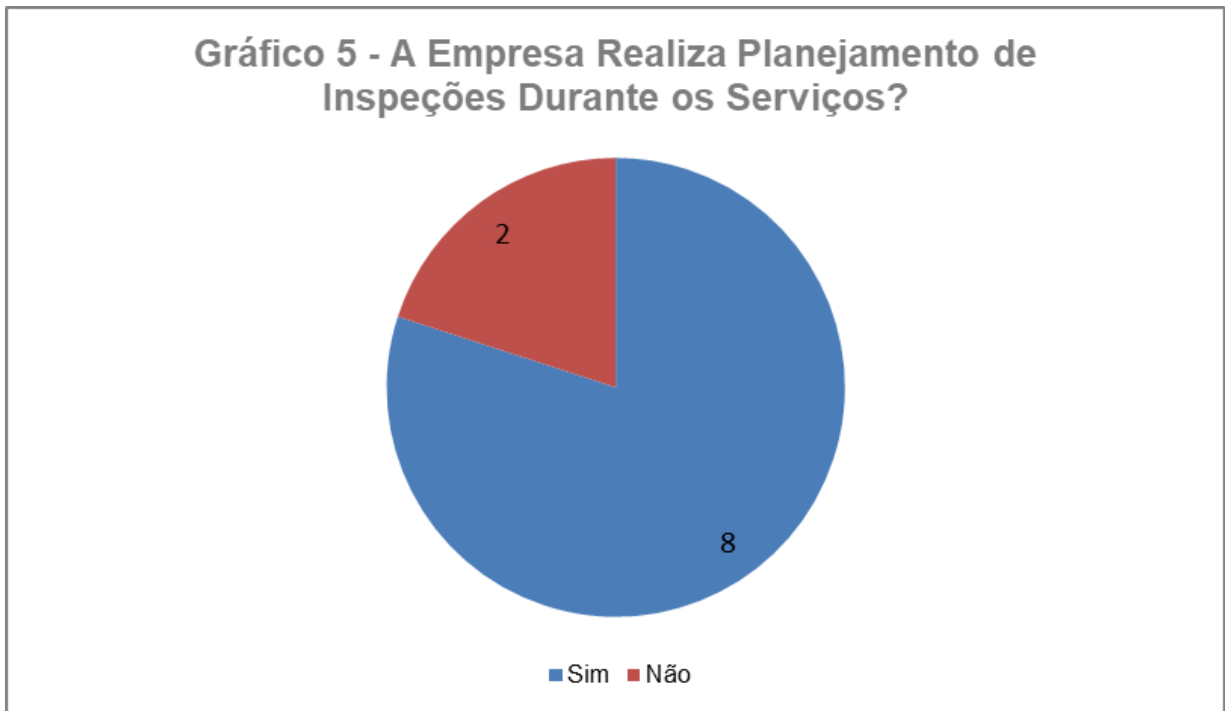
Para Iwassa (2018) a adoção de ITs pode melhorar a qualidade e a durabilidade dos projetos, reduzindo retrabalhos e garantindo conformidade com normas técnicas. A ausência de ITs pode levar a variações na qualidade dos serviços prestados e possivelmente a problemas de desempenho a longo prazo.

5.3.5 A empresa realiza planejamento de inspeções durante os serviços?

Os resultados para a quinta pergunta apontam que a maioria das empresas (80%) realiza planejamento de inspeções durante os serviços. Isso sugere uma preocupação significativa com a qualidade e o controle dos processos, o que é

essencial para garantir a conformidade com as especificações técnicas e a satisfação do cliente.

O planejamento de inspeções é uma prática que pode ajudar a identificar problemas precocemente, reduzir retrabalhos e melhorar a qualidade final dos projetos. Empresas que adotam essa prática provavelmente têm processos mais robustos de garantia de qualidade.



Fonte: Dados do pesquisador

As duas empresas que não realizam planejamento de inspeções podem estar expostas a maiores riscos de falhas e não conformidades, o que pode resultar em custos adicionais e menor satisfação do cliente.

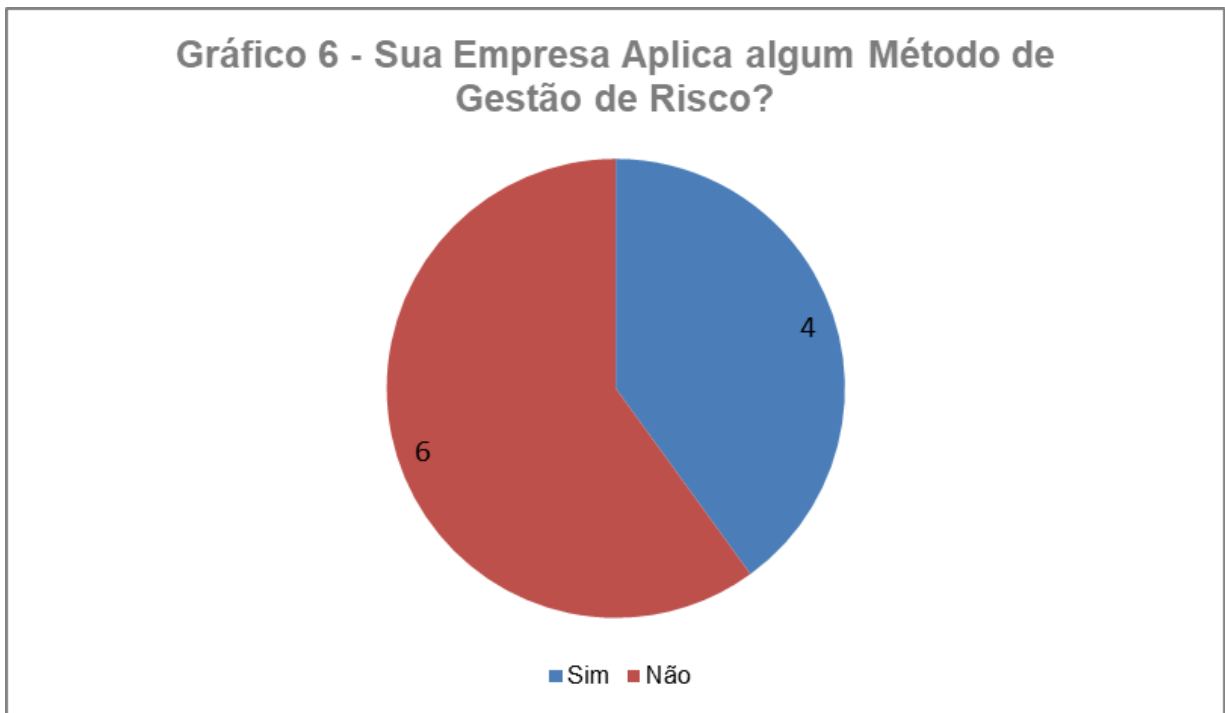
Conforme Lima e Trindade (2021) a ausência dessa prática pode estar relacionada à falta de recursos, conhecimento ou uma cultura organizacional menos focada em processos formais de controle de qualidade. Estes autores argumentam que a implementação de um sistema de inspeções planejadas está associada a uma maior eficiência operativa e melhores resultados finais. Este estudo aponta que a maioria das empresas que adota essa prática percebe melhorias na satisfação do cliente e na conformidade com normas e especificações.

5.3.6 Sua empresa aplica algum método de gestão de riscos?

Constata-se nos resultados colhidos para a sexta pergunta que apenas 40% das empresas entrevistadas aplicam algum método de gestão de riscos, enquanto 60% não o fazem. Isso sugere que a gestão de riscos ainda não é uma prática amplamente adotada entre as empresas de construção pesquisadas.

As empresas que não aplicam métodos de gestão de riscos podem estar mais vulneráveis a imprevistos e problemas que podem afetar a qualidade, os prazos e os custos dos projetos. A gestão de riscos é fundamental para identificar, analisar e mitigar potenciais problemas antes que eles impactem negativamente o projeto.

As empresas que aplicam métodos de gestão de riscos provavelmente têm processos mais estruturados para lidar com incertezas e problemas que possam surgir. Isso pode resultar em maior resiliência e capacidade de resposta a situações adversas.

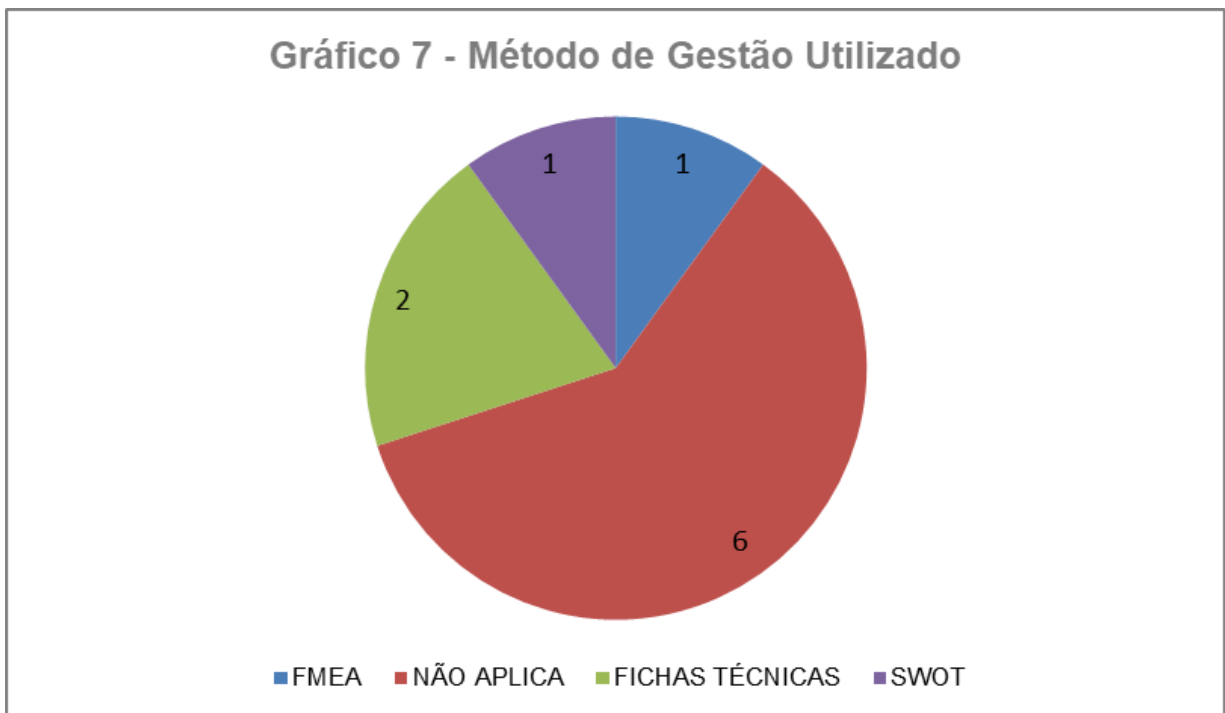


Fonte: Dados do pesquisador

Regis e Cardoso (2021) afirmam que a gestão de riscos é essencial no setor de construção devido à natureza complexa e imprevisível dos projetos. Empresas que implementam práticas de gestão de riscos conseguem identificar potenciais problemas antecipadamente e desenvolver estratégias para mitigá-los, o que melhora a probabilidade de sucesso dos projetos.

5.3.7 Se sim, qual método é aplicado?

É possível perceber que entre as empresas que aplicam métodos de gestão de riscos, há uma diversidade nos tipos de métodos utilizados. Apenas uma empresa utiliza FMEA, uma SWOT e duas utilizam Fichas Técnicas, esta última que não se trata apropriadamente de um método de gerenciamento de riscos, mas auxilia na melhora da qualidade da construção e na prevenção a falhas. Isso sugere que não há um método de gestão de riscos predominante no setor de construção entre as empresas pesquisadas. Essa falta de adoção pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo falta de conhecimento, recursos limitados ou a percepção de que os métodos formais não são necessários.



Fonte: Dados do pesquisador

Segundo Gonçalves (2023), o uso de FMEA no setor de construção é menos comum, mas pode ser extremamente eficaz na identificação e mitigação de falhas potenciais em processos complexos. Empresas que adotam o FMEA geralmente possuem uma abordagem mais estruturada e proativa em relação à gestão de riscos.

5.3.8 Se não aplicam explique os motivos

Somente seis empresas responderam esta questão. A seguir apresenta-se o comentário analítico das respostas oferecidas pelas empresas que responderam à

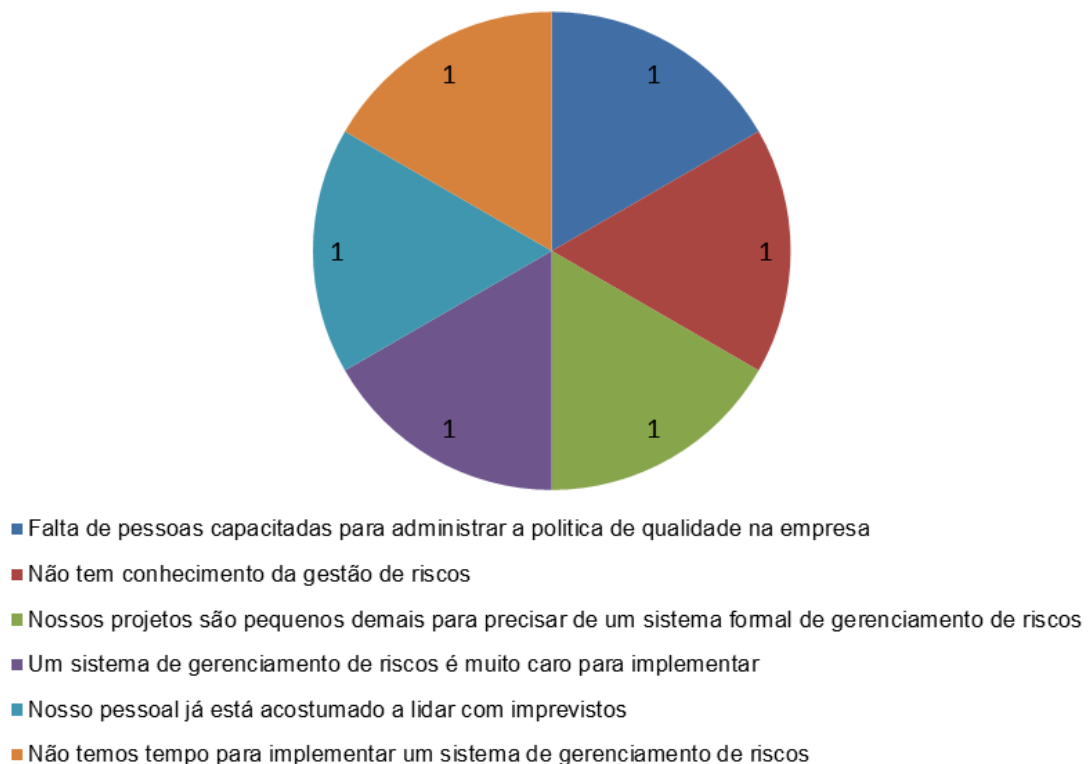
questão.

A **falta de pessoal capacitado** é uma barreira significativa. Empresas podem enfrentar dificuldades em encontrar ou treinar funcionários adequados para implementar e manter sistemas de gestão de riscos. Investir em programas de capacitação e treinamento para os funcionários pode ajudar a superar esta barreira. Parcerias com instituições educacionais ou programas de mentoria podem ser benéficos.

Já a **ausência de conhecimento sobre gestão de riscos** indica uma lacuna educacional que precisa ser preenchida. Programas de conscientização e *workshops* sobre os benefícios e métodos de gestão de riscos poderiam ajudar a disseminar esse conhecimento entre as empresas.

A crença de que **projetos pequenos** não necessitam de gestão de riscos formal pode levar a uma subestimação dos riscos envolvidos. Demonstrar como a gestão de riscos pode ser escalável e adaptável a projetos de qualquer tamanho pode ajudar a mudar essa percepção. Estudos de caso de pequenas empresas que implementaram gestão de riscos com sucesso podem ser úteis.

Gráfico 8 - Por quais motivos não aplicam um Metodo de Gestão de Riscos



Fonte: Dados do pesquisador

O **custo percebido como alto** para implementar um sistema de gerenciamento de riscos é uma barreira comum. Mostrar soluções de gestão de riscos que sejam econômicas e adaptáveis à realidade financeira das pequenas empresas pode ser eficaz. Utilizar ferramentas gratuitas ou de baixo custo, bem como consultorias externas acessíveis, pode mitigar este problema.

A **dependência da experiência prática dos funcionários** para lidar com imprevistos pode ser arriscada e inconsistente. Enfatizar os benefícios da formalização de processos e a padronização das respostas aos riscos pode ajudar. Integrar a experiência prática com sistemas formais pode proporcionar uma abordagem mais robusta.

A falta de tempo para implementar um sistema de gerenciamento de riscos é uma barreira prática. Propor a implementação gradual de métodos de gestão de riscos pode tornar o processo mais manejável. Automatizar partes do sistema e usar soluções de *software* pode economizar tempo.

Regis e Cardoso (2021) consideram que muitas pequenas empresas percebem a gestão de riscos como um custo desnecessário, especialmente quando os projetos são menores. No entanto, o estudo mostra que até mesmo pequenos projetos podem se beneficiar de uma abordagem estruturada para a gestão de riscos.

5.3.9 Em que áreas o método de gestão de riscos é aplicado? (Pode selecionar mais de uma opção)

Os resultados para a próxima pergunta indicam que as empresas que aplicam métodos de gestão de riscos estão, em sua maioria, focadas na fase de projeto, com uma extensão significativa para a fase de construção e, em menor grau, para a manutenção.



Fonte: Dados do pesquisador

Esta prática está alinhada com as melhores práticas discutidas na literatura recente, que destacam a importância da gestão de riscos em todas as fases de um projeto de construção para garantir a qualidade e a sustentabilidade dos projetos. Para as empresas que ainda não aplicam métodos de gestão de riscos, considerar a implementação gradual começando pela fase de projeto pode ser um ponto de partida eficaz. A extensão para a construção e manutenção pode seguir conforme a empresa desenvolve mais experiência e capacidade nessa área.

Para Régis e Cardoso (2021) a fase de projeto é crítica para a identificação e mitigação de riscos, pois é quando muitas das decisões estratégicas e de *design* são feitas. Aplicar métodos de gestão de riscos nessa fase pode prever e prevenir problemas que podem ocorrer posteriormente.

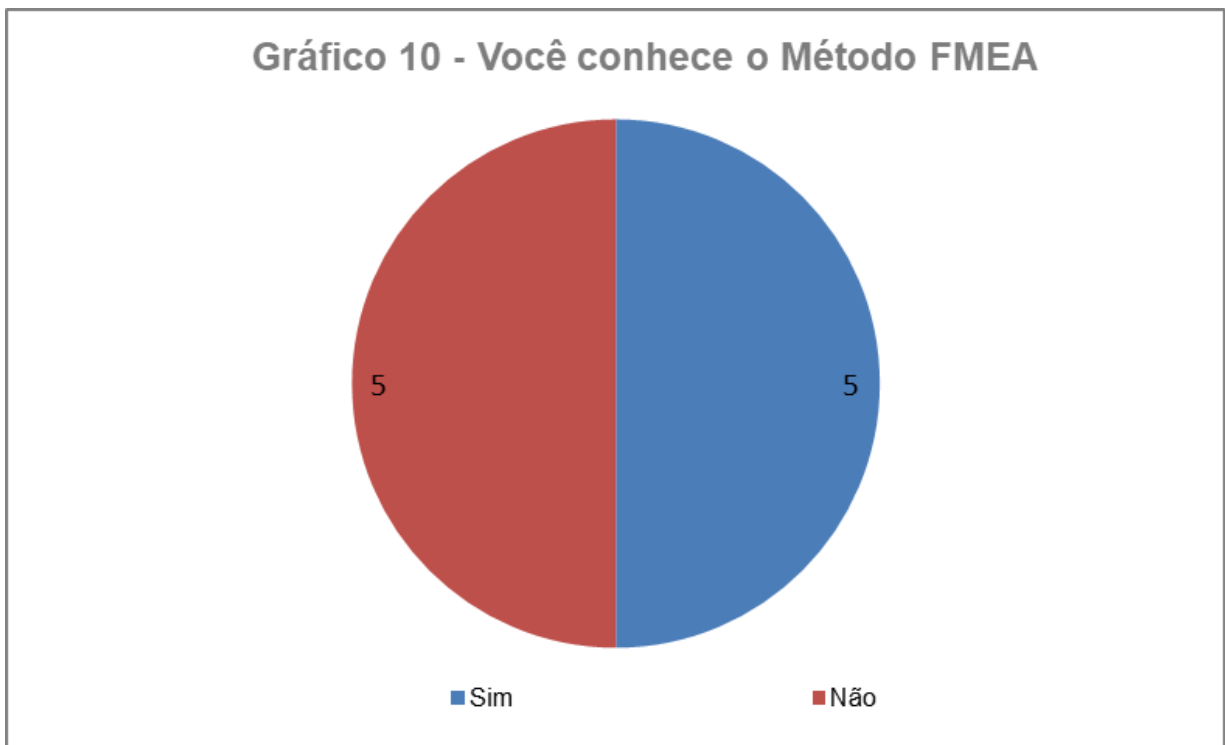
Os autores indicam que a gestão de riscos durante a fase de construção é fundamental para gerenciar incertezas e imprevistos que podem surgir no local da obra. A pesquisa mostra que a aplicação de métodos de gestão de riscos durante a construção pode reduzir significativamente os atrasos e os custos adicionais. (REGIS; CARDOSO, 2021)

Regis e Cardoso (2021) discutiram no seu estudo a importância de estender a gestão de riscos para a fase de manutenção. Riscos relacionados à deterioração e

falhas de componentes podem ser mitigados através de uma abordagem proativa na manutenção, garantindo a sustentabilidade e o desempenho contínuo dos projetos.

5.3.10 Você conhece o método FMEA?

As respostas analisadas no gráfico 10, logo abaixo, apontam uma distribuição equilibrada de conhecimento sobre o método FMEA entre as empresas e sugere que há uma oportunidade para ambas: empresas já familiarizadas com o método podem continuar aprimorando suas práticas de gestão de riscos, enquanto aquelas que não conhecem o FMEA têm a chance de se educar e implementá-lo em suas operações.



Fonte: Dados do pesquisador

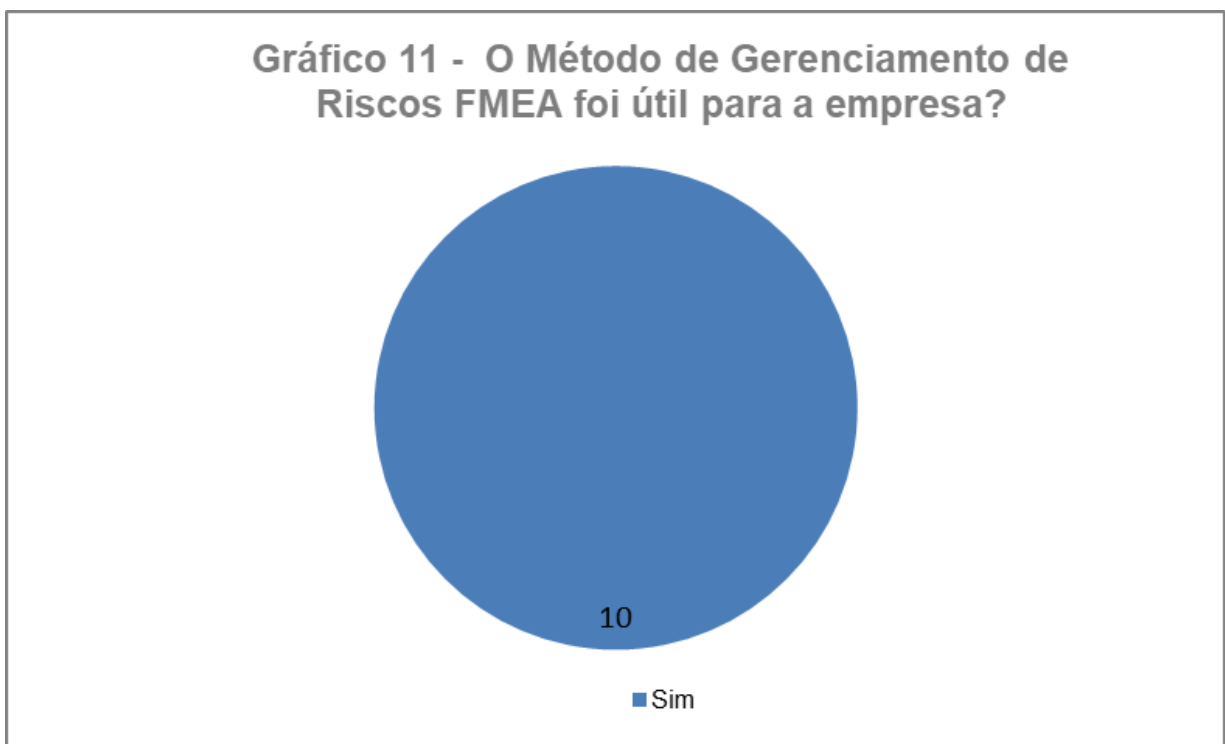
Para as empresas que não estão familiarizadas com o método FMEA, investir em educação e treinamento pode ser uma estratégia eficaz para melhorar suas habilidades de gestão de riscos e aumentar a qualidade e eficiência de seus projetos.

Santos et al. (2020) afirmam que o método FMEA tem sido cada vez mais utilizado no setor de construção para identificar e mitigar riscos em projetos complexos. Estudos mostram que empresas que implementam o FMEA geralmente experimentam reduções significativas em falhas e retrabalhos.

5.3.11 Na sua visão, após o uso dos exemplos mostrados, o sistema FMEA é útil para a empresa?

Vale destacar que antes de apresentar esta questão este pesquisador desenvolveu através de instruções técnicas e planejamentos de inspeções, que constam nos anexos 1 a 4, exemplos relativos à aplicação do FMEA para os serviços de Aplicação do Revestimento Cerâmico em Fachadas, apresentado no anexo 5, e Impermeabilização de Lajes e Coberturas, presente no anexo 6, especialmente para aquelas empresas que não conheciam o método. O fato de todas as empresas entrevistadas considerarem o sistema FMEA útil indica que esta ferramenta é amplamente reconhecida como eficaz e valiosa para a gestão de riscos no setor de construção. Esta percepção positiva está alinhada com a literatura recente, que destaca os benefícios tangíveis e intangíveis do FMEA na prevenção e mitigação de riscos em projetos de construção.

Para as empresas que ainda não utilizam o FMEA, considerar a implementação desta ferramenta pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade, eficiência e competitividade de seus projetos, com base no reconhecimento generalizado de sua utilidade por parte daqueles que já o adotam.



Fonte: Dados do pesquisador

Santos et al. (2020), em seu estudo, comentam que o FMEA tem se mostrado

altamente eficaz na identificação e mitigação de riscos em projetos de construção. Os autores discutiram que a percepção de utilidade do FMEA é um indicador importante de sua eficácia na gestão de riscos. Empresas que reconhecem o valor do FMEA geralmente o integram de forma mais holística em suas operações, obtendo benefícios significativos em termos de desempenho e competitividade.

5.3.12 Elabore um pequeno texto sobre sua opinião relativa ao sistema FMEA

Na última pergunta foi solicitado às empresas participantes que expressassem uma opinião relativa ao sistema FMEA. A seguir apresentamos os nossos comentários:

Quadro 8 – Opinião das Empresas Sobre a Utilização do Sistema FMEA

Organização	Opinião sobre FMEA
Empresa A	O FMEA tem como importância a prevenção de problemas durante a realização dos serviços.
Empresa B	É essencial a utilização de métodos como o FMEA para a identificação de falhas e manter um controle das etapas durante a execução de serviços, melhorando a qualidade e segurança dos processos.
Empresa C	O FMEA identifica potenciais falhas de processos, implementando a segurança e confiabilidade dos projetos de construção.
Empresa D	Um sistema de gestão de riscos torna-se essencial para auxiliar o desenvolvimento de projetos e minimização de falhas.
Empresa F	Destaca-se que o FMEA consegue aumentar significativamente a prevenção de falhas, melhorando a produtividade e segurança do trabalho.
Empresa H	O FMEA não só identifica e previne falhas, mas também garante segurança e qualidade na construção, destacando sua importância para os resultados finais do projeto.
Empresa I	Reconhece múltiplos benefícios da FMEA, incluindo prevenção de falhas, redução de custos, otimização de processos e garantia de qualidade, indicando uma compreensão abrangente de seus impactos
Empresa J	A capacidade da FMEA em identificar possíveis falhas em processos e sistemas de construção, permitindo ações preventivas e contribuindo para a melhoria geral da segurança, eficiência e qualidade.

Fonte: Dados do pesquisador

Todas as empresas que opinaram reconhecem os benefícios da FMEA, incluindo a identificação e prevenção de falhas, melhoria da segurança, eficiência e qualidade geral dos projetos de construção. As opiniões destacam consistentemente a importância da FMEA na prevenção de falhas e na melhoria dos processos, evidenciando uma compreensão clara de sua utilidade para mitigar riscos e garantir resultados positivos nos projetos. As empresas demonstram uma compreensão abrangente dos impactos da FMEA, reconhecendo não apenas sua importância na identificação de falhas, mas também seus efeitos positivos na segurança, eficiência, qualidade e custos dos projetos.

5.3.13 Análise das respostas das tabelas FMEA'S

Baseado nas respostas das empresas sobre os indicadores de severidade, ocorrência e detectabilidade, é possível realizar uma análise comparativa entre as organizações da cidade de Bragança. Observou-se que, mesmo empresas de diferentes áreas de atuação, apresentaram resultados semelhantes.

Além disso, com base nas tabelas de FMEA dos anexos, identificou-se que as empresas consideram as anomalias ocasionadas por falhas no subprocesso de preparação da superfície de impermeabilização de lajes e coberturas como bastante severas. A maioria dos índices superou o índice RPN de 32, indicando um valor de risco alto. Isso demonstra que as falhas mais graves e frequentes ocorrem nas primeiras etapas desses serviços.

Ao analisar as tabelas de FMEA da aplicação de revestimentos cerâmicos, percebe-se que os subprocessos de aplicação do ladrilho e de rejuntamento são os que mais contribuem para as falhas em termos de severidade, ocorrência e detectabilidade durante a execução, com um RPN médio superior a 30.

Por fim, os índices das tabelas foram preenchidos com facilidade e em um tempo médio de 7 minutos, após uma breve análise dos Anexos de Instruções de Trabalho e Planos de Inspeções. É importante destacar que, como observado em perguntas anteriores, mais de 80% das organizações utilizam planos de inspeções durante os serviços e 50% aplicam as Instruções de Trabalho. Portanto, essas empresas estão aptas a utilizar a ferramenta FMEA sem grandes dificuldades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desta Dissertação foi demonstrar a utilidade da análise de risco de Modo de Falha e Análise Efetiva (FMEA) para identificar e quantificar as prioridades dos erros e falhas para algumas das patologias que afetam os edifícios da cidade de Bragança, Portugal. Os estudos e fundamentações desenvolvidos no decorrer da elaboração desta Dissertação, relativos à metodologia FMEA, permitiram atingir tanto o objetivo geral quanto todos os objetivos específicos.

Primeiramente foi revisada toda a literatura sobre as principais patologias encontradas nos edifícios da cidade mencionada, tanto nas fases de concepção quanto de execução. Essa revisão forneceu uma base teórica sólida e atualizada sobre as deficiências típicas da construção civil portuguesa. Em seguida, um estudo detalhado sobre as patologias identificadas, concentrando-se nas causas, consequências e tratamentos.

Além disso, foi realizada uma pesquisa sobre os sistemas de gestão da qualidade na construção civil, o que permitiu uma melhor compreensão dos métodos existentes para gerenciar e prevenir falhas. Com base nisso, foi desenvolvida uma pesquisa sobre o uso da metodologia FMEA para identificar essas falhas e abordá-las com o objetivo de aumentar a durabilidade das construções. A implementação da FMEA na prática demonstrou ser um método eficaz para priorizar e lidar com os problemas encontrados. A pesquisa evidenciou que esta implementação aumenta significativamente a qualidade da construção.

Foi aplicado o método a dois processos de construção, e foi feito um questionário aplicado a dez empresas do setor da construção para conseguir realizar um estudo, entre as organizações participantes, sobre como o mercado de construção civil da região de Bragança está lidando com gerenciamento de riscos e melhoria da qualidade nas edificações. O método FMEA aplicado conseguiu atingir o objetivo de exemplificar que a maioria das empresas já estão aptas a utilizar desta ferramenta para controle de falhas e também atingiu o objetivo de ter uma ideia do grau de Severidade, Ocorrência e Detecção com a visão dos profissionais que atuam no mercado atualmente .

A participação de dez empresas locais que responderam ao questionário proposto enriqueceu a análise de como o mercado da construção de Bragança atua no gerenciamento de riscos das principais patologias que afetam as edificações na

região. A análise dos resultados do questionário indicado destacou a importância da metodologia FMEA e sua aplicabilidade no caso de Bragança. A participação das empresas trouxe informações úteis e permitiu uma compreensão mais profunda dos problemas que ocorrem no mundo real.

A realização de um estudo sobre o estado do conhecimento sobre a temática abordada foi crucial, pois permitiu identificar lacunas na literatura e direcionar a pesquisa para áreas que ainda não foram exploradas. De forma semelhante, a análise comentada dos resultados do estudo de caso foi essencial para confirmar a eficácia da metodologia FMEA e mostrar como ela funciona em situações reais.

Portanto, conclui-se que todos os objetivos propostos foram atingidos em sua totalidade. A pesquisa mostrou que a metodologia FMEA é útil para identificar e corrigir falhas de construção civil e para melhorar as construções na cidade de Bragança. Almeja-se que os resultados alcançados possam servir de base para pesquisas e aplicações práticas futuras.

Dentre estas pesquisas e aplicações futuras é possível destacar uma área promissora para futuras pesquisas que é o uso de drones para a inspeção e monitoramento de construções. Estudos adicionais poderiam explorar como drones equipados com câmeras e sensores avançados podem coletar dados precisos e em tempo real sobre as condições das edificações, facilitando a identificação de falhas e a aplicação da metodologia FMEA.

Futuras pesquisas também poderiam examinar a eficácia da FMEA em diferentes etapas do ciclo de vida de um edifício, desde a concepção até a manutenção, e avaliar os efeitos econômicos de sua implementação. A formação de profissionais para a aplicação sistemática da FMEA na construção civil e a criação de diretrizes específicas são áreas promissoras de desenvolvimento que visam a melhoria contínua da qualidade e durabilidade das construções.

Essas inovações têm o potencial de melhorar significativamente a qualidade e a durabilidade das construções, além de reduzir custos e aumentar a segurança nas inspeções e manutenções.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001:2015. **Sistemas de gestão da qualidade: requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9000:2015 **Sistemas de gestão da qualidade: Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AIRES, W. M. et al. Principais patologias nos revestimentos de edificações: Conceitos, origens e métodos de tratamento. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 05, Vol. 08, pp. 46-60. Maio de 2020. ISSN: 2448-0959.

ALEXANDRE, A.; BARBOSA, F.; MOTA, J.; SILVA, A.; SILVA, G.; SANTOS, T. **Avaliação da absorção de água em corpos de prova de concreto de cimento Portland com o uso de diferentes tipos de impermeabilizantes**. IBRACON, 2016.

ALVES, S. **WWW.PATORREB.COM. Um Contributo Para a Sistematização do Conhecimento da Patologia da Construção**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2008.

AMARAL, S. F. M. **Inspeção e diagnóstico de edifícios recentes. Estudo de um caso real**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil na Área de Especialização em Edificações). Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa: ISEL, 2013.

ANACLETO, C. A. **A ênfase ao consumidor na avaliação da qualidade nos sistemas produto-serviço: aplicação ao setor de telecomunicações**. Tese. (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2017.

AURÉLIO. **Dicionário Online de Português, 2009 – 2020**. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/patologia/>. Acesso em: 21 de mai. 2024.

BARBOSA, F. A. da C. **Reabilitação de um edifício em Matosinhos: Estudo de caso**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: Universidade do Porto, 2015.

BITTENCOURT, R. P.; NEPOMUCENO, N. S. Análise dos Requisitos Comuns às Normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e15811427160 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27160>.

BORBA, M. et al. Implementação de um sistema de gestão da qualidade segundo a norma ISO 9001:2008: benefícios e dificuldades. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Abepro, 2016.

BOTA, T. A. G. **Reabilitação não Estrutural de Fachadas de Edifícios – Caso de Estudo**. Dissertação. (Mestrado Engenharia Civil e do Ambiente). Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Viana do Castelo: IPVC, 2020.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. p. 1-95.

CASSIANO, M. I. dos S. **Inspeção e propostas de reabilitação de edifícios do Bairro Amarelo, em Almada**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil – Perfil de Construção). Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2017.

CAVAIGNAC, A. L. de O.; FORTE, L. L. N. Utilização do FMEA para priorização de risco ocupacional: uma nova abordagem direcionada a construção civil. **Brazilian Journal of Production Engineering**, 4(3): 132-149. 2018. ISSN: 2447-5580.

CERQUEIRA, R. J.; PAES, V., TURRIONI, J. B. ISO 9001 e a certificação diante impactos econômicos: Uma revisão sistemática. **Journal of Open Research**, v. 1 n. 1. 2020. ISSN: 2675-293X.

CIRIBELLI, M. C. **Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2003.

CORREIA, S. **Catálogo de técnicas de diagnóstico em elementos estruturais de edifícios correntes em Betão Armado**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico. Lisboa: IST, 2014.

DAVIES, A. J.; KOCHHAR, A. K. Manufacturing best practice and performance studies: a critique. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n.3, 2002. p. 289-305. ISSN: 0144-3577.

DOUGLAS, T. **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimento Cerâmico em Fachada em Edifícios Residenciais**. 2017. 18 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2017.

DUARTE, P. B. M.; et al. Gestão da qualidade na construção civil: uma análise do programa Brasileiro de qualidade e produtividade no habitat (PBQP-H) E DA ISO 9001. ISSN 2525-8761, **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 14817-14827, mar. 2020.

ESTEVEES, B. N.; CALIXTO, R. D.; MEURER, C. E. **Patologias em Revestimento Cerâmico na Construção Civil**. 2020. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Rede de Ensino Doctum Juiz de Fora, Niterói, 2020.

FÁVERO A. A.; CENTENARO, J. B. Documentary Research in Studies on Educational Policy: Possibilities and Limits. **Revista Contrapontos**. Eletrônica. Vol. 19. Nº 1. Itajaí. JAN-DEZ 2019. ISSN: 1984-7114. <http://dx.doi.org/10.14210/contrapontos.v19n1.p170-184>.

FERREIRA, J. A. **Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2010.

FLICK, U. **Introducción a la Investigación Cualitativa**. Madrid: Ediciones Morata S. L., 2004.

GONÇALVES, P. M. E. **Aplicação da Metodologia FMEA para Avaliação do Risco de Incumprimento de Prazo de Empreitadas de Construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil. Porto: Universidade do Porto, 2023.

GONÇALVES, A.; BRITO, J. de; BRANCO, F. **Reabilitação de Paredes de Alvenaria**. Dissertação (Mestrado em Construção). Instituto Superior Técnico. Lisboa: IST, 2007.

GONÇALVES, A.; BRITO, J. de; BRANCO, F. Causas de anomalias em paredes de alvenarias de edifícios recentes. **Engenharia Civil UM**. Número 31. 2008. ISSN: 0873-1152.

IEC - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **IEC 60812:2018 - Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)**. Geneva: IEC, 2018.

IEC - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NP EN ISO 31000:2018 Gestão de riscos - Princípios e diretrizes**. Lisboa: IPQ, 2018.

IEC - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 31010:2021 Risk management - Risk assessment techniques**. Geneva: ISO, 2021.

IFSC. **O que é o Qualis Capes?** Florianópolis: IFSC, 2023.

IWASSA, T. J. **Adoção de Práticas Sustentáveis no Setor da Construção Civil: Um Estudo de Caso em uma Instituição Financeira em Dourados/MS**. Trabalho de Graduação. (Bacharel em Administração). Faculdade de Administração, Ciências

Contábeis e Economia da Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

KALTEH, H. O.; SALESI, M.; COUSINS, R.; MOKARAMI, H. Assessing safety culture in a gas refinery complex: Development of a tool using a sociotechnical work systems and macroergonomics approach. **Safety Science**, 132, 104969. 2020. ISSN: 0925-7535. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104969>.

KECECIOGLU. D. **Reliability engineering handbook**. Lancaster, Pa.: Destech Publications, 2002.

KOHL-SANTOS, P.; MOROSINI, M. C. O Revisitar da Metodologia do Estado do Conhecimento para além de uma Revisão Bibliográfica. **Revista Panorâmica**. v. 33. maio/ago. 2021. ISSN 2238-9210.

LIMA, E. P. **Manifestação Patológica em Revestimento Cerâmico Interno, Estudo de Caso**. Monografia. (Bacharelado em Engenharia Civil). Trindade: IFGo, 2023.

LIMA, L. R. R.; TRINDADE, E. L. G. da. Análise das Barreiras para a implementação da Sustentabilidade no Setor de Materiais de Construção: Um estudo de Caso no Estado de Pernambuco. In: XLI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis**. Foz de Iguaçu, 2021.

LIU, H.; WANG, L.; LI, Z.; HU, Y. Improving risk evaluation in FMEA with cloud model and hierarchical TOPSIS method. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v.27, n. 1, p.84-95. 2018. ISSN: 1063-6706. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2018.2861719>.

LOPES, N.; PASSOS, C.; PEREIRA, P. Adoção da Norma ISO 9001:2015: um estudo tri-setorial em Portugal. **Gestão e Desenvolvimento**, n. 32, p. 41-67, 19 abr. 2024. ISSN: 2446-6875.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. 2ª ed. São Paulo: EPU, 2015.

MACEDO, J. V; BATISTA, P; LOPES, P; SOUZA, R; MONTEIRO, E. Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso. In. Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas - CONPAR. **Anais**, v. 1, n 1. (2017): CONPAR POLI/UPE, Recife, 2017.

MACHADO, P. I. de L. **Patologias em revestimentos cerâmicos**. 2018. 76 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2018.

MACHADO, H. B.; BRANDSTETTER, M. C. G. de O. A fragmentação na indústria da construção civil: a importância das habilidades e competências, uma revisão sistemática da literatura. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 6, p. e4311, 2024. ISSN: 1983-0882. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n6-052>.

MANÇÚ, R. J. S.; GOUVEIA, L. B.; CORDEIRO, S. S. B. Modelo de matriz de diagnóstico e avaliação de desempenho de sistemas de gestão integrados (SGI) da qualidade, meio ambiente, segurança e saúde no trabalho. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 2, p. 1090-1114. 2020. ISSN: 2596-1934.

MEDEIROS, R. **Reparação de Anomalias**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2010.

MELLO, J. A. V. B.; CARVALHO, N. G. de S. Reduction of Non-Conformity as a Planning for Improving Performance in a Factory in The State of Rio de Janeiro. **Journal of Globalization, Competitiveness, and Governance**. Vol. 11 No. 3. 2017. ISSN: 1988-7116. <https://doi.org/10.3232/gcg.2017.v11.n3.02>

MENDES, Á. J. M. F. **Contributo para a Implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade, segundo a Norma NP EN ISO 9001: 2015 na empresa SUCCESS WORK – Empresa de Trabalho Temporário, Ltda**. Dissertação (Mestrado em Controlo de Gestão). Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra. Coimbra: IPC, 2019.

MINAYO, M. C. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14ª ed. Editora: HUCITEC, São Paulo; 2014.

MOROSINI, M. C.; FERNANDES, C. Estado do Conhecimento: conceitos, finalidades e interlocuções. **Educação Por Escrito**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 154-164, jul.-dez. 2014. ISSN: 2179-8435.

NASCIMENTO, D. F. do; MOTA, J. M. de F.; BARBOSA, F. R. **Principais Falhas no Processo de Impermeabilização em Lajes de Coberta na Região Metropolitana do Recife**. Artigo Científico. (Curso de Engenharia Civil) Recife: Instituto Federal de Pernambuco, 2023.

NUNES, M. P. S.; UZEDA, U. S. B; IGOR, M. F.; SANTOS, G. S. Revestimentos cerâmicos e suas aplicabilidades. Maceió. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maio 2015, p. 87-97. ISSN: 1679-0375.

OLIVEIRA, S. I.; MIRANDA, I. A.; SOUSA, D. A.; RAQUEL, A. M. A. A Importância de um Sistema de Gestão da Qualidade para as empresas e seus impactos na cultura organizacional. **XXV Simpep - Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, SP, Brasil. 2018.

OLIVEIRA, K. A. de; OLIVEIRA, R. F. de. Análise das Patologias em Imóveis Residenciais. **GETEC**, v.10, n.26, p.90-89. 2021.

PAVÃO, R. C. **Catálogo de técnicas de diagnóstico em edifícios antigos**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico. Lisboa: IST, 2016.

PEIXOTO, R. **Casos de Anomalias e Acidentes em Construções - Uma Análise Crítica**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2010.

PEREIRA, C.; BRITO, J.; SILVESTRE, J. D. Contribution of humidity to the degradation of façade claddings in current buildings. **Engineering Failure Analysis**, [s.l.], v. 90, p.103-115, ago. 2018. ISSN: 1350-6307.

REGIS, M. R. da S.; CARDOSO, F. F. Barreiras para a gestão de riscos em empresas projetistas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió, Alagoas. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/408>. Acesso em: 08 jun. 2024.

RIBEIRO, T.; CÓIAS, V. "Construdoctor": Um Serviço de Pré-Diagnóstico via internet. **3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios**. Lisboa, 2003.

RODRIGUES, L. da C.; PINHEIRO, É. C. N. M. Manifestações patológicas causadas pela falha de impermeabilização em uma laje de concreto armado: Estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.12, p.110915-110929 dec. 2021. ISSN: 2525-8761.

Rodrigues, Rui Calejo; Silva, Flora (2007). **Análise estatística da patologia em edifícios recentes**. In 3º Congresso Nacional da Construção. Coimbra.

SAMPAIO, N. A. S. et al. Análise de viabilidade de aplicação da metodologia FMEA para manutenção industrial. **Revista Sodebras** [on line], v. 12, n. 143, out. 2017. ISSN: 1809-3957.

SANTOS, J. T. P. dos et al. Aplicação do Método FMEA nas Etapas de uma Obra da Construção Civil. In: Anais do XII Simpósio de Pesquisa e Iniciação Científica do UNICURITIBA. **Anais...Curitiba** (PR) UNICURITIBA, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/spic2020/295990-APLICACAO-DO-METODO-FMEA-NAS-ETAPAS-DE-UMA-OBRA-DA-CONSTRUCAO-CIVIL>. Acesso em: 21/05/2024

SHAMSUDDIN, A.; MASJUKI, H. Survey and case investigations on the application of quality management tools and techniques in SMLs. **International Journal of**

Quality and Reliability Management. v. 20, n.7, p.795–826. 2003. ISSN: 0265-671X.

SILVA, A. R. da; CALLADO, A. L. C. Relações entre fatores contingenciais de empresas do setor da construção civil e a importância atribuída a indicadores de desempenho. **Capital Científico.** V. 16. N. 1. 2018. ISSN: 2177-4153.

SILVA, C. M. da; SILVA JUNIOR, T. L. e; HOLANDA, E. P. T. Sistemas de Impermeabilização na Construção Civil: Caracterização, Importância e Métodos de Execução. **Cadernos de Graduação. Ciências exatas e tecnológicas.** Alagoas. v. 5. n.2. p. 315-328. 2019. ISSN: 2316-3135.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Florianópolis: LED/UFSC, 2000

SOUZA FILHO, E. B. de; OLIVEIRA, H. O. M.; GOMES, J. A. de S. **Patologias da Construção Civil.** TCC. Engenharia Civil. Senhor do Bonfim: Faculdade Ages, 2022.

SPASOJEVIC, B. V. K.; DJURDJEVIC; T.; DONDUR, N.; KLARIN, M. M.; TOMIC, B. Um exame empírico do impacto da aplicação de ferramentas de qualidade no desempenho dos negócios: Provas da Sérvia. **Total Quality Management & Business Excellence.** v. 24, n.5-6, p.607-618. 2013. ISSN: 1478-3363.

STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis:** FMEA from theory to execution. Milwaukee, Wisc.: Asq Quality Press, 2003.

TOLEDO, J.C.; BORRÁS, M.A.A.; MERGULHÃO, R.C.; MENDES, G.H.S. **Qualidade - Gestão e Métodos.** Rio de Janeiro: LTC, 2017. ISBN: 9788521621188.

WANG, R.; FENG, Y.; YANG, H. Construction project risk evaluation based on FMEA. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.** 2019.

WICHER, E. W. Avaliação da Norma ISO 9001 Versão 2015: Um survey com profissionais de gestão da qualidade. **Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2017 -** ISSN: 2318-9258.

WILSON. J.P.; CAMPBELL.L. ISO 9001:2015: the evolution and convergence of quality management and knowledge management for competitive advantage. **Total Quality Management & Business Excellence.** Hong Kong, 2018. ISSN: 1478-3363. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1445965>.

YANG, C. et al. A study on applying FMEA to improving ERP introduction an example of semiconductor related industries in Taiwan. **International Journal of Quality and Reliability Management,** s/l, vol. 23, n. 3, 2006. ISSN: 0265-671X.

ANEXOS

ANEXO 1 – IT 001 – Aplicação de Revestimento Cerâmico em Fachadas

Produzido por: Gabriel Macedo Barbosa - Revisão: 00 - Elaborado em 21/05/2024

A instalação de revestimento cerâmico em fachadas de edifícios em Portugal deve seguir as normas europeias, principalmente a norma EN 14411, que define os requisitos para ladrilhos cerâmicos, e as orientações específicas do CTE (Código Técnico da Edificação).

Neste documento encontra-se o guia para a aplicação conforme indica as necessidades das normas e orientações anteriores:

Passo 1: Planejamento e Preparação

1. Análise do Projeto:

- Verifique o projeto arquitetônico e as especificações técnicas.
- Confirme que o tipo de revestimento cerâmico escolhido é adequado para uso em fachadas.

2. Inspeção da Fachada:

- Verifique o estado da estrutura da fachada, incluindo possíveis irregularidades e a necessidade de reparos.
- Certifique-se de que a superfície está limpa, seca e livre de qualquer substância que possa comprometer a aderência.



3. Materiais e Ferramentas:

- Prepare todos os materiais necessários: ladrilhos cerâmicos, argamassa colante

(aderente), argamassa de rejuntamento, primer (se necessário), espaçadores, niveladores, entre outros.

- Assegure-se de que os materiais cumprem as normas EN 12004 (argamassas colantes) e EN 13888 (argamassas de rejuntamento).

Passo 2: Preparação da Superfície

1. Nivelamento e Limpeza:

- Corrija quaisquer imperfeições e irregularidades na superfície da fachada com argamassa de regularização.

- Limpe a superfície para remover poeira, sujeira ou óleos.

2. Aplicação do Primer (se necessário):

- Aplique um primer para melhorar a aderência da argamassa colante, conforme recomendado pelo fabricante.

Passo 3: Aplicação da Argamassa Colante

1. Mistura da Argamassa:

- Misture a argamassa colante de acordo com as instruções do fabricante.

- Deixe a argamassa descansar pelo tempo recomendado antes da aplicação.

2. Aplicação:

- Aplique a argamassa na superfície da fachada com uma talocha dentada, criando sulcos uniformes.

- Em áreas de grande exigência, utilize o método de dupla colagem (aplicação na superfície e no verso do ladrilho).



Passo 4: Assentamento dos Ladrilhos

1. Posicionamento:

- Coloque os ladrilhos cerâmicos sobre a argamassa colante, pressionando firmemente e ajustando conforme necessário.
- Utilize espaçadores para manter a uniformidade das juntas.



- É necessário fazer também o planejamento de juntas de dilatação, para os diferentes tipos de movimentos que existem entre a estrutura e a alvenaria com a fachada.



2. Nivelamento:

- Verifique o nivelamento dos ladrilhos regularmente, com nível de bolha.
- Ajuste os ladrilhos enquanto a argamassa ainda estiver maleável.

Passo 5: Rejuntamento

1. Preparação do Rejunte:

- Após a cura da argamassa colante (geralmente 24-48 horas), prepare a argamassa de rejuntamento conforme as instruções do fabricante.

2. Aplicação do Rejunte:

- Aplique o rejunte nas juntas entre os ladrilhos usando uma espátula ou talocha de borracha.
- Remova o excesso de rejunte e alise as juntas.

Passo 6: Limpeza Final e Acabamentos

1. Limpeza:

- Limpe os ladrilhos com uma esponja úmida para remover resíduos de rejunte.
- Polir a superfície dos ladrilhos após a secagem do rejunte.

2. Verificação:

- Faça uma inspeção final para garantir que não há defeitos ou áreas mal acabadas.
- Corrija quaisquer falhas detectadas.

Prevenção e Correção de Falhas

- Planejamento: Certifique-se de ter um plano detalhado e seguir as especificações do fabricante.
- Treinamento: Garanta que os trabalhadores sejam treinados adequadamente para cada etapa do processo.
- Inspeção: Realize inspeções periódicas durante cada etapa para garantir a

qualidade da aplicação.

- Manutenção: Estabeleça um plano de manutenção regular para detectar e corrigir problemas rapidamente.

Seguir essas práticas pode ajudar a prevenir falhas e garantir a eficácia do sistema de fachada com revestimento cerâmico.

ANEXO 2 - IT 002 - Impermeabilização de coberturas e lajes

Produzido por: Gabriel Macedo Barbosa - Revisão: 00 - Elaborado em 21/05/2024

A instalação de impermeabilizantes em coberturas e lajes é um processo crítico para garantir a durabilidade e a funcionalidade das construções. Vou descrever um passo a passo com base nas normas europeias, especificamente as aplicáveis em Portugal, como a Norma Portuguesa (NP EN) e as recomendações da *European Technical Approval Guidelines* (ETAG). É importante seguir essas diretrizes para garantir a conformidade e a eficácia da impermeabilização.

Neste documento encontra-se o guia para a aplicação conforme indica as necessidades das normas e orientações:

1. Preparação da Superfície

- Limpeza: A superfície deve estar limpa, seca e livre de poeira, óleos, graxas e outros contaminantes. Utilize jatos de água ou ar comprimido, se necessário.

- Reparos: Repare fissuras, buracos e imperfeições com argamassa apropriada. Espere a cura completa antes de prosseguir.

- Nivelamento: Certifique-se de que a superfície esteja nivelada e sem saliências. Em alguns casos, pode ser necessário aplicar uma camada de regularização.



Fonte: Depositphotos

2. Escolha do Sistema de Impermeabilização:

- Materiais: Os materiais impermeabilizantes podem ser membranas líquidas, mantas asfálticas, membranas de PVC, EPDM ou TPO, entre outros.

- Compatibilidade: Verifique a compatibilidade do impermeabilizante com a superfície e com outras camadas de materiais que possam ser aplicados posteriormente.

3. Aplicação do Primer (se necessário):

- Alguns sistemas requerem a aplicação de um primer para melhorar a adesão do

impermeabilizante à superfície. Siga as instruções do fabricante para a aplicação correta do primer.



Fonte: Loja do Impermeabilizante

4. Instalação do Impermeabilizante:

- Membranas Líquidas: Aplique com rolo, pincel ou pulverizador conforme especificado pelo fabricante. Normalmente são necessárias várias camadas, com intervalos para secagem entre cada uma.



Fonte: Kimiplan

- Mantas Asfálticas: Aquecer a manta com um maçarico (em caso de mantas auto adesivas, este passo pode não ser necessário) e colá-la à superfície pressionando firmemente. As sobreposições devem ter pelo menos 10 cm.



Fonte: Fibersals

- Membranas Sintéticas (PVC, EPDM, TPO): Esticar a membrana sobre a superfície e fixá-la mecanicamente ou colá-la com adesivo apropriado. As juntas devem ser soldadas com ar quente ou outro método especificado pelo fabricante.



Fonte: Internet

5. Tratamento das Juntas e Detalhes:

- Cantos e arestas: Utilize fitas ou reforços específicos para garantir a impermeabilidade em cantos e arestas.

- Ralos e drenos: Aplique reforços adicionais ao redor de ralos e drenos para evitar infiltrações.

- Tubulações e penetrações: Utilize mangueiras flexíveis e colares de impermeabilização para selar em torno de tubulações e outras penetrações.



Fonte: Supertec

6. Teste de Impermeabilidade:

- Realize testes de estanqueidade, como a inundação controlada, para verificar se o sistema está completamente impermeável antes de proceder com outras camadas de acabamento ou proteção.



Fonte: VR Impermeabilização

7. Proteção do Sistema Impermeabilizante:

- Camada de Proteção: Em muitos casos, é necessário aplicar uma camada de proteção sobre o impermeabilizante, como argamassa, pavimento flutuante ou cobertura vegetal, dependendo do tipo de uso da laje ou cobertura.
- Manutenção: Estabeleça um plano de manutenção periódica para inspecionar e reparar possíveis danos no sistema impermeabilizante.

Normas e Recomendações:

- Norma Portuguesa NP EN 1928: Ensaios para determinar a resistência à água dos materiais de impermeabilização.
- ETAG 005: Diretrizes técnicas para a avaliação de kits de impermeabilização líquida para coberturas.
- ETAG 006: Diretrizes para sistemas de impermeabilização com mantas sintéticas.

Prevenção e Correção de Falhas

- Planejamento: Certifique-se de ter um plano detalhado e seguir as especificações do fabricante.
- Treinamento: Garanta que os trabalhadores sejam treinados adequadamente para cada etapa do processo.
- Inspeção: Realize inspeções periódicas durante cada etapa para garantir a qualidade da aplicação.
- Manutenção: Estabeleça um plano de manutenção regular para detectar e corrigir problemas rapidamente.

Seguir essas práticas pode ajudar a prevenir falhas e garantir a eficácia do sistema de impermeabilização.

ANEXO 3 - Plano de Inspeção e Ensaios para o processo de REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS

Produzido por: Gabriel Macedo Barbosa - Revisão: 00 - Elaborado em 31/05/2024

Plano de Inspeção e Ensaios (PIE) para Instalação de Revestimento Cerâmico em Fachadas

1. Introdução

Este plano de inspeção e ensaios (PIE) visa assegurar a qualidade na instalação de revestimento cerâmico em fachadas, seguindo as normas ISO 9001. O objetivo é garantir que todas as etapas do processo sejam executadas conforme as especificações, resultando em um trabalho durável e esteticamente agradável.

2. Responsabilidades

- Gerente de Projeto:
 - Supervisão geral do processo e conformidade com o plano.
- Inspetor de Qualidade:
 - Realização das inspeções e ensaios conforme descritos.
- Equipe de Instalação:
 - Execução dos trabalhos conforme instruções e normas.

3. Documentos de Referência

- Norma EN 14411: Ladrilhos cerâmicos
- Norma EN 12004: Argamassas colantes
- Norma EN 13888: Argamassas de rejuntamento
- ISO 9001: Sistema de gestão da qualidade

4. Etapas de Inspeção e Ensaios

4.1. Planejamento e Preparação

- Inspeção de Projeto:
 - Verificar: Conformidade com o projeto arquitetônico e especificações técnicas.
 - Método: Revisão documental.
 - Frequência: Antes do início dos trabalhos.
 - Responsável: Gerente de Projeto.
- Verificação de Materiais:
 - Verificar: Certificação e conformidade dos materiais com as normas.
 - Método: Revisão de certificados e inspeção visual.

- Frequência: No recebimento dos materiais.
- Responsável: Inspetor de Qualidade.

4.2. Preparação da Superfície

- Inspeção de Superfície:
 - Verificar: Limpeza, nivelamento e ausência de defeitos.
 - Método: Inspeção visual e medição.
 - Frequência: Antes da aplicação do primer.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.

4.3. Aplicação da Argamassa Colante

- Verificação da Mistura:
 - Verificar: Proporções e homogeneidade da mistura.
 - Método: Inspeção visual e verificação das instruções do fabricante.
 - Frequência: Em cada lote preparado.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.
- Inspeção da Aplicação:
 - Verificar: Distribuição uniforme e presença de sulcos.
 - Método: Inspeção visual.
 - Frequência: Durante a aplicação.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.

4.4. Assentamento dos Ladrilhos

- Verificação do Posicionamento:
 - Verificar: Alinhamento e espaçamento dos ladrilhos.
 - Método: Inspeção visual e uso de nível.
 - Frequência: Durante o assentamento.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.
- Verificação do Nível:
 - Verificar: Nivelamento dos ladrilhos.
 - Método: Uso de nível de bolha.
 - Frequência: Durante o assentamento.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.

4.5. Rejuntamento

- Verificação da Mistura de Rejunte:
 - Verificar: Proporções e homogeneidade da mistura.
 - Método: Inspeção visual e verificação das instruções do fabricante.

- Frequência: Em cada lote preparado.
- Responsável: Inspetor de Qualidade.

- Inspeção da Aplicação do Rejunte:
 - Verificar: Aplicação uniforme e preenchimento adequado das juntas.
 - Método: Inspeção visual.
 - Frequência: Durante a aplicação.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.

4.6. Limpeza Final e Acabamentos

- Inspeção da Limpeza:
 - Verificar: Remoção de resíduos e aparência final.
 - Método: Inspeção visual.
 - Frequência: Após a cura do rejunte.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.

- Inspeção Final:
 - Verificar: Conformidade com as especificações e qualidade geral.
 - Método: Inspeção visual e checklist de verificação.
 - Frequência: Após a conclusão dos trabalhos.
 - Responsável: Gerente de Projeto e Inspetor de Qualidade.

4.7. Manutenção

- Verificação Periódica:
 - Verificar: Integridade do revestimento e necessidade de manutenção.
 - Método: Inspeção visual.
 - Frequência: Anual.
 - Responsável: Inspetor de Qualidade.

5. Registro e Relatório

- Todos os resultados de inspeção e ensaios devem ser registrados em formulários específicos.
- Os registros devem ser mantidos de acordo com os procedimentos da empresa para auditoria e rastreabilidade.

6. Ações Corretivas

- Identificação de Não Conformidades:
 - Não conformidades devem ser registradas e comunicadas imediatamente.
- Ação Corretiva:
 - Desenvolver um plano de ação para corrigir as não conformidades.

- Implementar e verificar a eficácia das ações corretivas.

Conclusão

Seguir este Plano de Inspeção e Ensaio ajuda a assegurar que a aplicação de revestimento cerâmicos em fachadas seja realizada de forma eficaz e em conformidade com as normas de qualidade ISO 9001. Esse PIE deve ser ajustado conforme as especificidades de cada projeto e as recomendações dos fabricantes dos materiais utilizados.

ANEXO 4 - Plano de Inspeção e Ensaios para o processo de IMPERMEABILIZAÇÃO DA COBERTURA

Produzido por: Gabriel Macedo Barbosa - Revisão: 00 - Elaborado em 31/05/2024

Um Plano de Inspeção e Ensaios (PIE) para a instalação de impermeabilizantes em coberturas e lajes de acordo com a ISO 9001 envolve a definição de processos detalhados para garantir a qualidade em todas as etapas do projeto. Vou detalhar um exemplo de PIE que cobre a preparação, execução e verificação do serviço de impermeabilização.

Plano de Inspeção e Ensaios (PIE) para Instalação de Impermeabilizantes

1. Objetivo

Garantir que a instalação de impermeabilizantes em coberturas e lajes seja realizada de acordo com as especificações técnicas, normas vigentes e padrões de qualidade ISO 9001.

2. Referências Normativas

- ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestão da Qualidade
- NP EN 1928 – Ensaios para determinar a resistência à água dos materiais de impermeabilização
- ETAG 005 e ETAG 006 – Diretrizes técnicas para sistemas de impermeabilização

3. Escopo

Este plano cobre a preparação da superfície, escolha e aplicação do impermeabilizante, tratamento de juntas e detalhes, testes de impermeabilidade e aplicação da camada de proteção.

4. Responsabilidades

- Gerente de Projeto: Assegurar a implementação do PIE.
- Supervisor de Obras: Realizar inspeções e garantir conformidade com o PIE.
- Equipe de Qualidade: Realizar ensaios e verificar os registros de inspeção.

5. Procedimentos de Inspeção e Ensaios

5.1 Preparação da Superfície

- Inspeção Visual:
 - Frequência: Diária
 - Critérios de Aceitação: Superfície limpa, seca e livre de contaminações.
 - Método: Inspeção visual e uso de testes de adesão, se necessário.
 - Documentação: Registro de inspeção diária.

5.2 Escolha do Sistema de Impermeabilização

- Verificação de Documentos:
 - Frequência: Antes do início da aplicação.
 - Critérios de Aceitação: Compatibilidade do material escolhido com as especificações do projeto.
 - Método: Revisão de fichas técnicas e certificações dos materiais.
 - Documentação: Aprovação de materiais.

5.3 Aplicação do Primer (se necessário)

- Inspeção Visual:
 - Frequência: Antes da aplicação do impermeabilizante.
 - Critérios de Aceitação: Aplicação uniforme e cobertura total da superfície.
 - Método: Inspeção visual.
 - Documentação: Registro de aplicação de primer.

5.4 Instalação do Impermeabilizante

- Inspeção Visual e Medição:
 - Frequência: Durante e após a aplicação.
 - Critérios de Aceitação: Aplicação conforme especificações do fabricante, sobreposições adequadas (mínimo 10 cm), sem bolhas ou falhas.
 - Método: Inspeção visual e uso de medidores de espessura (para membranas líquidas).
 - Documentação: Registro de aplicação do impermeabilizante.

5.5 Tratamento das Juntas e Detalhes

- Inspeção Visual:
 - Frequência: Durante a aplicação.
 - Critérios de Aceitação: Aplicação correta de fitas de reforço e vedação adequada em torno de penetrações.
 - Método: Inspeção visual.
 - Documentação: Registro de tratamento de juntas e detalhes.

5.6 Teste de Impermeabilidade

- Teste de Estanqueidade:
 - Frequência: Após a cura do impermeabilizante.
 - Critérios de Aceitação: Ausência de infiltrações durante o período de teste (normalmente 24-48 horas).
 - Método: Inundação controlada e verificação visual.
 - Documentação: Relatório de teste de estanqueidade.

5.7 Proteção do Sistema Impermeabilizante

- Inspeção Visual:
 - Frequência: Durante e após a aplicação da camada de proteção.

- Critérios de Aceitação: Aplicação correta e uniforme da camada de proteção.
- Método: Inspeção visual.
- Documentação: Registro de aplicação da camada de proteção.

6. Controle de Documentos

- Relatórios de Inspeção: Devem ser armazenados e arquivados conforme os procedimentos de controle de documentos da empresa.
- Registros de Ensaios: Devem ser mantidos por um período mínimo conforme especificado na política de qualidade da empresa.

7. Ações Corretivas

- Identificação de Não-Conformidades: Qualquer desvio dos critérios de aceitação deve ser registrado e uma ação corretiva deve ser iniciada.
- Implementação de Ações Corretivas: As ações corretivas devem ser documentadas e verificadas para garantir a eficácia.

8. Auditoria Interna

- Realizar auditorias internas periódicas para garantir a conformidade com o PIE e a eficácia do sistema de gestão da qualidade.

Conclusão

Seguir este Plano de Inspeção e Ensaios ajuda a assegurar que a instalação de impermeabilizantes em coberturas e lajes seja realizada de forma eficaz e em conformidade com as normas de qualidade ISO 9001. Esse PIE deve ser ajustado conforme as especificidades de cada projeto e as recomendações dos fabricantes dos materiais utilizados.

ANEXO 5 – MODELO PROPOSTO DE FMEA PARA O PROCESSO: APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	Ações Recomendadas
Planejamento e Preparação do Processo	Projeto inadequado	Instalação incorreta, falhas futuras	Erros de projeto, especificações erradas	Revisão detalhada do projeto antes do início
	Materiais não conformes	Falhas na instalação, baixa durabilidade	Falta de verificação dos materiais para a situação necessária e ou falta de especificação de projeto	Inspeção rigorosa de materiais recebidos e projetos com materiais bem especificados
	Falta de planejamento logístico	Atrasos e desorganização	Coordenação de estoque ineficaz, falha na programação	Planejamento logístico detalhado e coordenação eficiente
Preparação da Superfície	Superfície irregular	Aderência inadequada, desníveis de ladrilhos	Má preparação da superfície, falta de nivelamento	Nivelamento e limpeza cuidadosa da superfície
	Superfície suja	Aderência reduzida, desprendimento dos ladrilhos	Presença de poeira, sujeira ou óleos na superfície	Limpeza completa antes da aplicação
	Incompatibilidade com primer	Perca da adesão da superfície com a argamassa aplicada, ocasionando fragilidade.	Uso de primer inadequado ou ausência de primer	Seleção e aplicação correta do primer
Aplicação da Argamassa Colante	Mistura inadequada	Ocasiona fissuras, que fragilizam a aderência das peças cerâmicas	Proporções incorretas, mistura insuficiente	Seguir rigorosamente as instruções do fabricante
	Aplicação desigual	Argamassa não aderente, bolhas de ar	Aplicação incorreta, uso inadequado da talocha	Treinamento adequado da equipe
	Tempo de secagem inadequado	Aderência fraca, falhas na aplicação	Não cumprimento do tempo de secagem recomendado	Respeitar os tempos de secagem recomendados pelo fabricante

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	Ações Recomendadas
Assentamento dos Ladrilhos	Posicionamento incorreto	Uma aparência desagradável desigual e com desníveis	Falta de precisão, não uso de espaçadores	Uso de espaçadores e niveladores durante a instalação
	Nivelamento inadequado	Superfície desnivelada, falhas estéticas	Não uso de nível, ajuste inadequado	Verificação constante do nivelamento
	Excesso de pressão	Quebra ou trincas nos ladrilhos	Aplicação de força excessiva durante o assentamento	Aplicação controlada de pressão e uso de ferramentas adequadas
Rejuntamento	Rejunte fraco	Um rejunte fraco ocasiona o surgimento anormal de porosidades que aumentará a fragilidade a água	Proporções erradas, aplicação inadequada	Seguir instruções do fabricante e aplicar corretamente
	Aplicação desigual	Aparência inconsistente, falhas nas juntas	Aplicação apressada, falta de uniformidade	Treinamento adequado e inspeção durante o trabalho
	Tempo de cura inadequado	Perda de propriedades, infiltração de água	Não cumprimento do tempo de cura recomendado	Respeitar os tempos de cura recomendados pelo fabricante
Limpeza Final e Acabamentos	Resíduos de rejunte	Manchas e aparência ruim	Limpeza inadequada, uso de materiais inadequados	Limpeza imediata e uso de esponjas adequadas
	Acabamento ruim	Aparência final comprometida	Falta de atenção aos detalhes, ferramentas inadequadas	Inspeção final detalhada e correção de defeitos
	Não remoção de proteção dos ladrilhos	Manchas ou danos na superfície dos ladrilhos	Esquecimento ou remoção tardia da proteção	Remoção imediata da proteção após instalação

ANEXO 6 – MODELO PROPOSTO DE FMEA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE E COBERTURA

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Ações Recomendadas
Preparação da Superfície	Superfície suja	Aderência inadequada do impermeabilizante	Falta de limpeza adequada, com presença de óleos, graxas ou superfície úmida	Limpar a superfície adequadamente antes da aplicação
	Fissuras não reparadas	Infiltrações	Não realizar reparos prévios necessários na superfície	Reparar todas as fissuras antes de aplicar o primer
	Superfície desnivelada	Formação de poças e falhas de impermeabilização	Falta de nivelamento adequado para a superfície	Nivelar a superfície adequadamente
Escolha do Sistema de Impermeabilização	Material incompatível	Degradação precoce e falhas no sistema	Seleção inadequada de materiais por falta da especificação técnica	Especificar corretamente os materiais adequados para a realização do serviço
	Material não adequado para condições climáticas	Desempenho inadequado	Não considerar as condições climáticas	Selecionar materiais adequados às condições climáticas
Aplicação do Primer	Aplicação insuficiente	O impermeabilizante pode descolar da superfície, resultando em falhas de impermeabilização e infiltrações subsequentes.	Aplicação incorreta ou incompleta	Aplicar o primer de acordo com as especificações e realizar um treinamento necessário da equipe
	Primer não compatível	Descolamento do impermeabilizante	Uso de primer incompatível com a superfície	Verificar a compatibilidade do primer com o substrato
	Aplicação em condições inadequadas	Formação de bolhas ou falhas de adesão	Alta umidade ou temperatura inadequada	Garantir condições adequadas de aplicação e realizar o treinamento da equipe para a execução do processo.
Instalação do Impermeabilizante	Cobertura insuficiente	Infiltrações	Aplicação desigual ou quantidade insuficiente	Aplicar a quantidade correta de material
	Bolhas no impermeabilizante	Comprometimento da impermeabilização	Aplicação em superfície inadequada	Preparar adequadamente a superfície
	Falhas nas sobreposições	Infiltrações	Sobreposições insuficientes ou mal seladas	Garantir sobreposições adequadas e bem seladas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Ações Recomendadas
Tratamento das Juntas e Detalhes	Reforços inadequados	Infiltrações nos cantos e penetrações	Falta de aplicação correta dos reforços	Aplicar reforços conforme especificações
	Vedação inadequada em torno de penetrações	Infiltrações	Uso de materiais de vedação inadequados	Utilizar materiais de vedação apropriados
	Falhas nas áreas de transição	Infiltrações e danos estruturais	Incompatibilidade entre materiais	Garantir compatibilidade entre materiais
Teste de Impermeabilidade	Infiltrações não detectadas	Danos contínuos à estrutura	Testes de estanqueidade insuficientes	Realizar testes de estanqueidade completos
	Teste realizado de forma inadequada	Falhas no sistema após a conclusão	Não seguir os procedimentos adequados de teste	Seguir procedimentos adequados para os testes
	Pressão de teste inadequada	Infiltrações não detectadas	Uso de pressão de teste insuficiente	Aplicar pressão adequada durante os testes
Proteção do Sistema Impermeabilizante	Danos durante a aplicação da camada de proteção	Infiltrações	Uso de ferramentas inadequadas	Utilizar ferramentas apropriadas
	Aplicação inadequada da camada de proteção	Exposição do impermeabilizante a danos mecânicos	Falta de cuidados durante a aplicação	Aplicar a camada de proteção conforme especificações
	Material de proteção inadequado	Desempenho reduzido e degradação do sistema	Seleção inadequada de materiais de proteção	Selecionar materiais de proteção apropriados

ANEXO 7 – FMEA DE APLICAÇÃO REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS EMPRESA A

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Planejamento e Preparação do Processo	Projeto inadequado	Instalação incorreta, falhas futuras	Erros de projeto, especificações erradas	4	2	1	8	Revisão detalhada do projeto antes do início
	Materiais não conformes	Falhas na instalação, baixa durabilidade	Falta de verificação dos materiais para a situação necessária e ou falta de especificação de projeto	3	2	2	12	Inspeção rigorosa de materiais recebidos e projetos com materiais bem especificados
	Falta de planejamento logístico	Atrasos e desorganização	Coordenação de estoque ineficaz, falha na programação	2	4	3	24	Planejamento logístico detalhado e coordenação eficiente
Preparação da Superfície	Superfície irregular	Aderência inadequada, desníveis de ladrilhos	Má preparação da superfície, falta de nivelamento	2	3	1	6	Nivelamento e limpeza cuidadosa da superfície
	Superfície suja	Aderência reduzida, desprendimento dos ladrilhos	Presença de poeira, sujeira ou óleos na superfície	2	2	2	8	Limpeza completa antes da aplicação
	Incompatibilidade com primer	Perca da adesão da superfície com a argamassa aplicada, ocasionando fragilidade.	Uso de primer inadequado ou ausência de primer	4	3	1	12	Seleção e aplicação correta do primer
Aplicação da Argamassa Colante	Mistura inadequada	Ocasiona fissuras, que fragilizam a aderência das peças cerâmicas	Proporções incorretas, mistura insuficiente	3	3	2	18	Seguir rigorosamente instruções do fabricante
	Aplicação desigual	Argamassa não aderente, bolhas de ar	Aplicação incorreta, uso inadequado da talocha	4	2	3	24	Treinamento adequado da equipe
	Tempo de secagem inadequado	Aderência fraca, falhas na aplicação	Não cumprimento do tempo de secagem recomendado	3	3	4	36	Respeitar os tempos de secagem recomendados pelo fabricante

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Assentamento dos Ladrilhos	Posicionamento incorreto	Uma aparência desagradável desigual e com desníveis	Falta de precisão, não uso de espaçadores	2	3	1	6	Uso de espaçadores e niveladores durante a instalação
	Nivelamento inadequado	Superfície desnivelada, falhas estéticas	Não uso de nível, ajuste inadequado	3	3	2	18	Verificação constante do nivelamento
	Excesso de pressão	Quebra ou trincas nos ladrilhos	Aplicação de força excessiva durante o assentamento	3	2	3	18	Aplicação controlada de pressão e uso de ferramentas adequadas
Rejuntamento	Rejunte fraco	Um rejunte fraco ocasiona o surgimento anormal de porosidades que aumentará a fragilidade a água	Proporções erradas, aplicação inadequada	2	1	1	2	Seguir instruções do fabricante e aplicar corretamente
	Aplicação desigual	Aparência inconsistente, falhas nas juntas	Aplicação apressada, falta de uniformidade	2	2	3	12	Treinamento adequado e inspeção durante o trabalho
	Tempo de cura inadequado	Perda de propriedades, infiltração de água	Não cumprimento do tempo de cura recomendado	4	3	3	36	Respeitar os tempos de cura recomendados pelo fabricante
Limpeza Final e Acabamentos	Resíduos de rejunte	Manchas e aparência ruim	Limpeza inadequada, uso de materiais inadequados	1	2	3	6	Limpeza imediata e uso de esponjas adequadas
	Acabamento ruim	Aparência final comprometida	Falta de atenção aos detalhes, ferramentas inadequadas	2	2	1	4	Inspeção final detalhada e correção de defeitos
	Não remoção de proteção dos ladrilhos	Manchas ou danos na superfície dos ladrilhos	Esquecimento ou remoção tardia da proteção	2	1	3	6	Remoção imediata da proteção após instalação

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 8 – FMEA IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE E COBERTURA EMPRESA B

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Preparação da Superfície	Superfície suja	Aderência inadequada do impermeabilizante	Falta de limpeza adequada, com presença de óleos, graxas ou superfície úmida	3	2	4	24	Limpar a superfície adequadamente antes da aplicação
	Fissuras não reparadas	Infiltrações	Não realizar reparos prévios necessários na superfície	4	4	4	64	Reparar todas as fissuras antes de aplicar o primer
	Superfície desnivelada	Formação de poças e falhas de impermeabilização	Falta de nivelamento adequado para a superfície	4	3	3	36	Nivelar a superfície adequadamente
Escolha do Sistema de Impermeabilização	Material incompatível	Degradação precoce e falhas no sistema	Seleção inadequada de materiais por falta da especificação técnica	4	2	3	24	Especificar corretamente os materiais adequados para a realização do serviço
	Material não adequado para condições climáticas	Desempenho inadequado	Não considerar as condições climáticas	4	3	3	36	Selecionar materiais adequados às condições climáticas
Aplicação do Primer	Aplicação insuficiente	O impermeabilizante pode descolar da superfície, resultando em falhas de impermeabilização e infiltrações subsequentes.	Aplicação incorreta ou incompleta	3	3	4	36	Aplicar o primer de acordo com as especificações e realizar um treinamento necessário da equipe
	Primer não compatível	Descolamento do impermeabilizante	Uso de primer incompatível com a superfície	4	3	2	24	Verificar a compatibilidade do primer com o substrato
	Aplicação em condições inadequadas	Formação de bolhas ou falhas de adesão	Alta umidade ou temperatura inadequada	3	3	4	36	Garantir condições adequadas de aplicação e realizar o treinamento da equipe para a execução do processo.
Instalação do Impermeabilizante	Cobertura insuficiente	Infiltrações	Aplicação desigual ou quantidade insuficiente	4	2	3	24	Aplicar a quantidade correta de material
	Bolhas no impermeabilizante	Comprometimento da impermeabilização	Aplicação em superfície inadequada	3	2	3	18	Preparar adequadamente a superfície
	Falhas nas sobreposições	Infiltrações	Sobreposições insuficientes ou mal seladas	3	3	4	36	Garantir sobreposições adequadas e bem seladas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Tratamento das Juntas e Detalhes	Reforços inadequados	Infiltrações nos cantos e penetrações	Falta de aplicação correta dos reforços	4	3	4	48	Aplicar reforços conforme especificações
	Vedação inadequada em torno de penetrações	Infiltrações	Uso de materiais de vedação inadequados	4	3	4	48	Utilizar materiais de vedação apropriados
	Falhas nas áreas de transição	Infiltrações e danos estruturais	Incompatibilidade entre materiais	4	2	4	32	Garantir compatibilidade entre materiais
Teste de Impermeabilidade	Infiltrações não detectadas	Danos contínuos à estrutura	Testes de estanqueidade insuficientes	3	2	2	12	Realizar testes de estanqueidade completos
	Teste realizado de forma inadequada	Falhas no sistema após a conclusão	Não seguir os procedimentos adequados de teste	3	3	3	27	Seguir procedimentos adequados para os testes
	Pressão de teste inadequada	Infiltrações não detectadas	Uso de pressão de teste insuficiente	3	1	2	6	Aplicar pressão adequada durante os testes
Proteção do Sistema Impermeabilizante	Danos durante a aplicação da camada de proteção	Infiltrações	Uso de ferramentas inadequadas	4	2	3	24	Utilizar ferramentas apropriadas
	Aplicação inadequada da camada de proteção	Exposição do impermeabilizante a danos mecânicos	Falta de cuidados durante a aplicação	3	2	3	18	Aplicar a camada de proteção conforme especificações
	Material de proteção inadequado	Desempenho reduzido e degradação do sistema	Seleção inadequada de materiais de proteção	3	3	3	27	Selecionar materiais de proteção apropriados

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 9 – FMEA APLICAÇÃO REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS EMPRESA C

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Planejamento e Preparação do Processo	Projeto inadequado	Instalação incorreta, falhas futuras	Erros de projeto, especificações erradas	3	2	1	6	Revisão detalhada do projeto antes do início
	Materiais não conformes	Falhas na instalação, baixa durabilidade	Falta de verificação dos materiais para a situação necessária e ou falta de especificação de projeto	4	3	3	36	Inspeção rigorosa de materiais recebidos e projetos com materiais bem especificados
	Falta de planejamento logístico	Atrasos e desorganização	Coordenação de estoque ineficaz, falha na programação	4	3	2	24	Planejamento logístico detalhado e coordenação eficiente
Preparação da Superfície	Superfície irregular	Aderência inadequada, desníveis de ladrilhos	Má preparação da superfície, falta de nivelamento	4	2	2	16	Nivelamento e limpeza cuidadosa da superfície
	Superfície suja	Aderência reduzida, desprendimento dos ladrilhos	Presença de poeira, sujeira ou óleos na superfície	4	2	2	16	Limpeza completa antes da aplicação
	Incompatibilidade com primer	Perca da adesão da superfície com a argamassa aplicada, ocasionando fragilidade.	Uso de primer inadequado ou ausência de primer	4	2	3	24	Seleção e aplicação correta do primer
Aplicação da Argamassa Colante	Mistura inadequada	Ocasiona fissuras, que fragilizam a aderência das peças cerâmicas	Proporções incorretas, mistura insuficiente	4	2	2	16	Seguir rigorosamente as instruções do fabricante
	Aplicação desigual	Argamassa não aderente, bolhas de ar	Aplicação incorreta, uso inadequado da talocha	3	3	2	18	Treinamento adequado da equipe
	Tempo de secagem inadequado	Aderência fraca, falhas na aplicação	Não cumprimento do tempo de secagem recomendado	3	3	2	18	Respeitar os tempos de secagem recomendados pelo fabricante
Assentamento dos Ladrilhos	Posicionamento incorreto	Uma aparência desagradável desigual e com desníveis	Falta de precisão, não uso de espaçadores	4	4	2	32	Uso de espaçadores e niveladores durante a instalação
	Nivelamento inadequado	Superfície desnivelada, falhas estéticas	Não uso de nível, ajuste inadequado	4	4	3	48	Verificação constante do nivelamento
	Excesso de pressão	Quebra ou trincas nos ladrilhos	Aplicação de força excessiva durante o assentamento	4	2	3	24	Aplicação controlada de pressão e uso de ferramentas adequadas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Rejuntamento	Rejunte fraco	Um rejunte fraco ocasiona o surgimento anormal de porosidades que aumentará a fragilidade a água	Proporções erradas, aplicação inadequada	4	3	2	24	Seguir instruções do fabricante e aplicar corretamente
	Aplicação desigual	Aparência inconsistente, falhas nas juntas	Aplicação apressada, falta de uniformidade	4	2	2	16	Treinamento adequado e inspeção durante o trabalho
	Tempo de cura inadequado	Perda de propriedades, infiltração de água	Não cumprimento do tempo de cura recomendado	4	3	3	36	Respeitar os tempos de cura recomendados pelo fabricante
Limpeza Final e Acabamentos	Resíduos de rejunte	Manchas e aparência ruim	Limpeza inadequada, uso de materiais inadequados	4	3	1	12	Limpeza imediata e uso de esponjas adequadas
	Acabamento ruim	Aparência final comprometida	Falta de atenção aos detalhes, ferramentas inadequadas	4	3	2	24	Inspeção final detalhada e correção de defeitos
	Não remoção de proteção dos ladrilhos	Manchas ou danos na superfície dos ladrilhos	Esquecimento ou remoção tardia da proteção	4	3	1	12	Remoção imediata da proteção após instalação

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 10 – FMEA IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE E COBERTURA EMPRESA D

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Preparação da Superfície	Superfície suja	Aderência inadequada do impermeabilizante	Falta de limpeza adequada, com presença de óleos, graxas ou superfície úmida	2	1	1	2	Limpar a superfície adequadamente antes da aplicação
	Fissuras não reparadas	Infiltrações	Não realizar reparos prévios necessários na superfície	1	2	2	4	Reparar todas as fissuras antes de aplicar o primer
	Superfície desnivelada	Formação de poças e falhas de impermeabilização	Falta de nivelamento adequado para a superfície	3	2	1	6	Nivelar a superfície adequadamente
Escolha do Sistema de Impermeabilização	Material incompatível	Degradação precoce e falhas no sistema	Seleção inadequada de materiais por falta da especificação técnica	2	2	3	12	Especificar corretamente os materiais adequados para a realização do serviço
	Material não adequado para condições climáticas	Desempenho inadequado	Não considerar as condições climáticas	1	1	1	1	Selecionar materiais adequados às condições climáticas
Aplicação do Primer	Aplicação insuficiente	O impermeabilizante pode descolar da superfície, resultando em falhas de impermeabilização e infiltrações subsequentes.	Aplicação incorreta ou incompleta	3	2	2	12	Aplicar o primer de acordo com as especificações e realizar um treinamento necessário da equipe
	Primer não compatível	Descolamento do impermeabilizante	Uso de primer incompatível com a superfície	2	2	2	8	Verificar a compatibilidade do primer com o substrato
	Aplicação em condições inadequadas	Formação de bolhas ou falhas de adesão	Alta umidade ou temperatura inadequada	3	2	3	18	Garantir condições adequadas de aplicação e realizar o treinamento da equipe para a execução do processo.
Instalação do Impermeabilizante	Cobertura insuficiente	Infiltrações	Aplicação desigual ou quantidade insuficiente	3	3	3	27	Aplicar a quantidade correta de material
	Bolhas no impermeabilizante	Comprometimento da impermeabilização	Aplicação em superfície inadequada	4	2	4	32	Preparar adequadamente a superfície
	Falhas nas sobreposições	Infiltrações	Sobreposições insuficientes ou mal seladas	4	3	4	48	Garantir sobreposições adequadas e bem seladas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Tratamento das Juntas e Detalhes	Reforços inadequados	Infiltrações nos cantos e penetrações	Falta de aplicação correta dos reforços	4	4	4	64	Aplicar reforços conforme especificações
	Vedação inadequada em torno de penetrações	Infiltrações	Uso de materiais de vedação inadequados	4	2	4	32	Utilizar materiais de vedação apropriados
	Falhas nas áreas de transição	Infiltrações e danos estruturais	Incompatibilidade entre materiais	4	3	4	48	Garantir compatibilidade entre materiais
Teste de Impermeabilidade	Infiltrações não detectadas	Danos contínuos à estrutura	Testes de estanqueidade insuficientes	1	1	1	1	Realizar testes de estanqueidade completos
	Teste realizado de forma inadequada	Falhas no sistema após a conclusão	Não seguir os procedimentos adequados de teste	2	1	1	2	Seguir procedimentos adequados para os testes
	Pressão de teste inadequada	Infiltrações não detectadas	Uso de pressão de teste insuficiente	1	1	1	1	Aplicar pressão adequada durante os testes
Proteção do Sistema Impermeabilizante	Danos durante a aplicação da camada de proteção	Infiltrações	Uso de ferramentas inadequadas	4	4	4	64	Utilizar ferramentas apropriadas
	Aplicação inadequada da camada de proteção	Exposição do impermeabilizante a danos mecânicos	Falta de cuidados durante a aplicação	2	1	4	8	Aplicar a camada de proteção conforme especificações
	Material de proteção inadequado	Desempenho reduzido e degradação do sistema	Seleção inadequada de materiais de proteção	1	2	1	2	Selecionar materiais de proteção apropriados

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 11 – FMEA IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE E COBERTURA EMPRESA E

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Preparação da Superfície	Superfície suja	Aderência inadequada do impermeabilizante	Falta de limpeza adequada, com presença de óleos, graxas ou superfície úmida	4	3	4	48	Limpar a superfície adequadamente antes da aplicação
	Fissuras não reparadas	Infiltrações	Não realizar reparos prévios necessários na superfície	4	3	4	48	Reparar todas as fissuras antes de aplicar o primer
	Superfície desnivelada	Formação de poças e falhas de impermeabilização	Falta de nivelamento adequado para a superfície	4	2	4	32	Nivelar a superfície adequadamente
Escolha do Sistema de Impermeabilização	Material incompatível	Degradação precoce e falhas no sistema	Seleção inadequada de materiais por falta da especificação técnica	3	2	2	12	Especificar corretamente os materiais adequados para a realização do serviço
	Material não adequado para condições climáticas	Desempenho inadequado	Não considerar as condições climáticas	3	1	4	12	Selecionar materiais adequados às condições climáticas
Aplicação do Primer	Aplicação insuficiente	O impermeabilizante pode descolar da superfície, resultando em falhas de impermeabilização e infiltrações subsequentes.	Aplicação incorreta ou incompleta	4	2	2	16	Aplicar o primer de acordo com as especificações e realizar um treinamento necessário da equipe
	Primer não compatível	Descolamento do impermeabilizante	Uso de primer incompatível com a superfície	4	1	4	16	Verificar a compatibilidade do primer com o substrato
	Aplicação em condições inadequadas	Formação de bolhas ou falhas de adesão	Alta umidade ou temperatura inadequada	3	3	3	27	Garantir condições adequadas de aplicação e realizar o treinamento da equipe para a execução do processo.
Instalação do Impermeabilizante	Cobertura insuficiente	Infiltrações	Aplicação desigual ou quantidade insuficiente	4	3	4	48	Aplicar a quantidade correta de material
	Bolhas no impermeabilizante	Comprometimento da impermeabilização	Aplicação em superfície inadequada	3	4	3	36	Preparar adequadamente a superfície

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
	Falhas nas sobreposições	Infiltrações	Sobreposições insuficientes ou mal seladas	3	4	2	24	Garantir sobreposições adequadas e bem seladas
Tratamento das Juntas e Detalhes	Reforços inadequados	Infiltrações nos cantos e penetrações	Falta de aplicação correta dos reforços	4	3	2	24	Aplicar reforços conforme especificações
	Vedação inadequada em torno de penetrações	Infiltrações	Uso de materiais de vedação inadequados	4	4	2	32	Utilizar materiais de vedação apropriados
	Falhas nas áreas de transição	Infiltrações e danos estruturais	Incompatibilidade entre materiais	4	4	3	48	Garantir compatibilidade entre materiais
Teste de Impermeabilidade	Infiltrações não detectadas	Danos contínuos à estrutura	Testes de estanqueidade insuficientes	4	4	4	64	Realizar testes de estanqueidade completos
	Teste realizado de forma inadequada	Falhas no sistema após a conclusão	Não seguir os procedimentos adequados de teste	3	4	3	36	Seguir procedimentos adequados para os testes
	Pressão de teste inadequada	Infiltrações não detectadas	Uso de pressão de teste insuficiente	2	2	3	12	Aplicar pressão adequada durante os testes
Proteção do Sistema Impermeabilizante	Danos durante a aplicação da camada de proteção	Infiltrações	Uso de ferramentas inadequadas	3	4	3	36	Utilizar ferramentas apropriadas
	Aplicação inadequada da camada de proteção	Exposição do impermeabilizante a danos mecânicos	Falta de cuidados durante a aplicação	2	4	4	32	Aplicar a camada de proteção conforme especificações
	Material de proteção inadequado	Desempenho reduzido e degradação do sistema	Seleção inadequada de materiais de proteção	4	3	3	36	Selecionar materiais de proteção apropriados

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 12 – FMEA IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE E COBERTURA EMPRESA F

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Preparação da Superfície	Superfície suja	Aderência inadequada do impermeabilizante	Falta de limpeza adequada, com presença de óleos, graxas ou superfície úmida	4	2	3	24	Limpar a superfície adequadamente antes da aplicação
	Fissuras não reparadas	Infiltrações	Não realizar reparos prévios necessários na superfície	4	2	4	32	Reparar todas as fissuras antes de aplicar o primer
	Superfície desnivelada	Formação de poças e falhas de impermeabilização	Falta de nivelamento adequado para a superfície	4	3	3	36	Nivelar a superfície adequadamente
Escolha do Sistema de Impermeabilização	Material incompatível	Degradação precoce e falhas no sistema	Seleção inadequada de materiais por falta da especificação técnica	4	2	2	16	Especificar corretamente os materiais adequados para a realização do serviço
	Material não adequado para condições climáticas	Desempenho inadequado	Não considerar as condições climáticas	4	3	1	12	Selecionar materiais adequados às condições climáticas
Aplicação do Primer	Aplicação insuficiente	O impermeabilizante pode descolar da superfície, resultando em falhas de impermeabilização e infiltrações subsequentes.	Aplicação incorreta ou incompleta	4	1	3	12	Aplicar o primer de acordo com as especificações e realizar um treinamento necessário da equipe
	Primer não compatível	Descolamento do impermeabilizante	Uso de primer incompatível com a superfície	4	4	2	32	Verificar a compatibilidade do primer com o substrato
	Aplicação em condições inadequadas	Formação de bolhas ou falhas de adesão	Alta umidade ou temperatura inadequada	4	3	3	36	Garantir condições adequadas de aplicação e realizar o treinamento da equipe para a execução do processo.
Instalação do Impermeabilizante	Cobertura insuficiente	Infiltrações	Aplicação desigual ou quantidade insuficiente	4	2	4	32	Aplicar a quantidade correta de material
	Bolhas no impermeabilizante	Comprometimento da impermeabilização	Aplicação em superfície inadequada	4	3	4	48	Preparar adequadamente a superfície
	Falhas nas sobreposições	Infiltrações	Sobreposições insuficientes ou mal seladas	4	4	4	64	Garantir sobreposições adequadas e bem seladas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Tratamento das Juntas e Detalhes	Reforços inadequados	Infiltrações nos cantos e penetrações	Falta de aplicação correta dos reforços	4	2	3	24	Aplicar reforços conforme especificações
	Vedação inadequada em torno de penetrações	Infiltrações	Uso de materiais de vedação inadequados	4	1	4	16	Utilizar materiais de vedação apropriados
	Falhas nas áreas de transição	Infiltrações e danos estruturais	Incompatibilidade entre materiais	4	2	2	16	Garantir compatibilidade entre materiais
Teste de Impermeabilidade	Infiltrações não detectadas	Danos contínuos à estrutura	Testes de estanqueidade insuficientes	2	2	3	12	Realizar testes de estanqueidade completos
	Teste realizado de forma inadequada	Falhas no sistema após a conclusão	Não seguir os procedimentos adequados de teste	2	2	4	16	Seguir procedimentos adequados para os testes
	Pressão de teste inadequada	Infiltrações não detectadas	Uso de pressão de teste insuficiente	2	2	3	12	Aplicar pressão adequada durante os testes
Proteção do Sistema Impermeabilizante	Danos durante a aplicação da camada de proteção	Infiltrações	Uso de ferramentas inadequadas	4	3	4	48	Utilizar ferramentas apropriadas
	Aplicação inadequada da camada de proteção	Exposição do impermeabilizante a danos mecânicos	Falta de cuidados durante a aplicação	4	3	3	36	Aplicar a camada de proteção conforme especificações
	Material de proteção inadequado	Desempenho reduzido e degradação do sistema	Seleção inadequada de materiais de proteção	4	3	2	24	Selecionar materiais de proteção apropriados

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 13 – FMEA APLICAÇÃO REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS EMPRESA G

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Planejamento e Preparação do Processo	Projeto inadequado	Instalação incorreta, falhas futuras	Erros de projeto, especificações erradas	4	2	1	8	Revisão detalhada do projeto antes do início
	Materiais não conformes	Falhas na instalação, baixa durabilidade	Falta de verificação dos materiais para a situação necessária e ou falta de especificação de projeto	3	2	2	12	Inspeção rigorosa de materiais recebidos e projetos com materiais bem especificados
	Falta de planejamento logístico	Atrasos e desorganização	Coordenação de estoque ineficaz, falha na programação	2	4	3	24	Planejamento logístico detalhado e coordenação eficiente
Preparação da Superfície	Superfície irregular	Aderência inadequada, desníveis de ladrilhos	Má preparação da superfície, falta de nivelamento	2	3	1	6	Nivelamento e limpeza cuidadosa da superfície
	Superfície suja	Aderência reduzida, desprendimento dos ladrilhos	Presença de poeira, sujeira ou óleos na superfície	2	2	2	8	Limpeza completa antes da aplicação
	Incompatibilidade e com primer	Perca da adesão da superfície com a argamassa aplicada, ocasionando fragilidade.	Uso de primer inadequado ou ausência de primer	4	3	1	12	Seleção e aplicação correta do primer
Aplicação da Argamassa Colante	Mistura inadequada	Ocasiona fissuras, que fragilizam a aderência das peças cerâmicas	Proporções incorretas, mistura insuficiente	3	3	2	18	Seguir rigorosamente as instruções do fabricante
	Aplicação desigual	Argamassa não aderente, bolhas de ar	Aplicação incorreta, uso inadequado da talocha	3	3	2	18	Treinamento adequado da equipe
	Tempo de secagem inadequado	Aderência fraca, falhas na aplicação	Não cumprimento do tempo de secagem recomendado	3	3	2	18	Respeitar os tempos de secagem recomendados pelo fabricante
Assentamento dos Ladrilhos	Posicionamento incorreto	Uma aparência desagradável desigual e com desníveis	Falta de precisão, não uso de espaçadores	4	4	2	32	Uso de espaçadores e niveladores durante a instalação
	Nivelamento inadequado	Superfície desnivelada, falhas estéticas	Não uso de nível, ajuste inadequado	4	4	3	48	Verificação constante do nivelamento
	Excesso de pressão	Quebra ou trincas nos ladrilhos	Aplicação de força excessiva durante o assentamento	4	2	3	24	Aplicação controlada de pressão e uso de ferramentas adequadas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Rejuntamento	Rejunte fraco	Um rejunte fraco ocasiona o surgimento anormal de porosidades que aumentará a fragilidade a água	Proporções erradas, aplicação inadequada	4	3	2	24	Seguir instruções do fabricante e aplicar corretamente
	Aplicação desigual	Aparência inconsistente, falhas nas juntas	Aplicação apressada, falta de uniformidade	4	2	2	16	Treinamento adequado e inspeção durante o trabalho
	Tempo de cura inadequado	Perda de propriedades, infiltração de água	Não cumprimento do tempo de cura recomendado	4	3	3	36	Respeitar os tempos de cura recomendados pelo fabricante
Limpeza Final e Acabamentos	Resíduos de rejunte	Manchas e aparência ruim	Limpeza inadequada, uso de materiais inadequados	4	3	1	12	Limpeza imediata e uso de esponjas adequadas
	Acabamento ruim	Aparência final comprometida	Falta de atenção aos detalhes, ferramentas inadequadas	4	3	2	24	Inspeção final detalhada e correção de defeitos
	Não remoção de proteção dos ladrilhos	Manchas ou danos na superfície dos ladrilhos	Esquecimento ou remoção tardia da proteção	4	3	1	12	Remoção imediata da proteção após instalação

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 14 – FMEA APLICAÇÃO REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS EMPRESA H

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Planejamento e Preparação do Processo	Projeto inadequado	Instalação incorreta, falhas futuras	Erros de projeto, especificações erradas	3	1	3	9	Revisão detalhada do projeto antes do início
	Materiais não conformes	Falhas na instalação, baixa durabilidade	Falta de verificação dos materiais para a situação necessária e ou falta de especificação de projeto	3	2	3	18	Inspeção rigorosa de materiais recebidos e projetos com materiais bem especificados
	Falta de planejamento logístico	Atrasos e desorganização	Coordenação de estoque ineficaz, falha na programação	3	2	4	24	Planejamento logístico detalhado e coordenação eficiente
Preparação da Superfície	Superfície irregular	Aderência inadequada, desníveis de ladrilhos	Má preparação da superfície, falta de nivelamento	4	3	4	48	Nivelamento e limpeza cuidadosa da superfície
	Superfície suja	Aderência reduzida, desprendimento dos ladrilhos	Presença de poeira, sujeira ou óleos na superfície	4	3	2	24	Limpeza completa antes da aplicação
	Incompatibilidade com primer	Perca da adesão da superfície com a argamassa aplicada, ocasionando fragilidade.	Uso de primer inadequado ou ausência de primer	4	1	2	8	Seleção e aplicação correta do primer
Aplicação da Argamassa Colante	Mistura inadequada	Ocasiona fissuras, que fragilizam a aderência das peças cerâmicas	Proporções incorretas, mistura insuficiente	4	1	3	12	Seguir rigorosamente as instruções do fabricante
	Aplicação desigual	Argamassa não aderente, bolhas de ar	Aplicação incorreta, uso inadequado da talocha	4	3	3	36	Treinamento adequado da equipe
	Tempo de secagem inadequado	Aderência fraca, falhas na aplicação	Não cumprimento do tempo de secagem recomendado	3	2	1	6	Respeitar os tempos de secagem recomendados pelo fabricante
Assentamento dos Ladrilhos	Posicionamento incorreto	Uma aparência desagradável desigual e com desníveis	Falta de precisão, não uso de espaçadores	2	2	3	12	Uso de espaçadores e niveladores durante a instalação
	Nivelamento inadequado	Superfície desnivelada, falhas estéticas	Não uso de nível, ajuste inadequado	2	2	2	8	Verificação constante do nivelamento
	Excesso de pressão	Quebra ou trincas nos ladrilhos	Aplicação de força excessiva durante o assentamento	4	3	3	36	Aplicação controlada de pressão e uso de ferramentas adequadas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Rejuntamento	Rejunte fraco	Um rejunte fraco ocasiona o surgimento anormal de porosidades que aumentará a fragilidade a água	Proporções erradas, aplicação inadequada	4	1	3	12	Seguir instruções do fabricante e aplicar corretamente
	Aplicação desigual	Aparência inconsistente, falhas nas juntas	Aplicação apressada, falta de uniformidade	4	4	3	48	Treinamento adequado e inspeção durante o trabalho
	Tempo de cura inadequado	Perda de propriedades, infiltração de água	Não cumprimento do tempo de cura recomendado	2	2	2	8	Respeitar os tempos de cura recomendados pelo fabricante
Limpeza Final e Acabamentos	Resíduos de rejunte	Manchas e aparência ruim	Limpeza inadequada, uso de materiais inadequados	1	1	1	1	Limpeza imediata e uso de esponjas adequadas
	Acabamento ruim	Aparência final comprometida	Falta de atenção aos detalhes, ferramentas inadequadas	2	3	1	6	Inspeção final detalhada e correção de defeitos
	Não remoção de proteção dos ladrilhos	Manchas ou danos na superfície dos ladrilhos	Esquecimento ou remoção tardia da proteção	2	2	1	4	Remoção imediata da proteção após instalação

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 15 – FMEA APLICAÇÃO REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS EMPRESA I

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
Planejamento e Preparação do Processo	Projeto inadequado	Instalação incorreta, falhas futuras	Erros de projeto, especificações erradas	3	2	1	6	Revisão detalhada do projeto antes do início
	Materiais não conformes	Falhas na instalação, baixa durabilidade	Falta de verificação dos materiais para a situação necessária e ou falta de especificação de projeto	3	1	1	3	Inspeção rigorosa de materiais recebidos e projetos com materiais bem especificados
	Falta de planejamento logístico	Atrasos e desorganização	Coordenação de estoque ineficaz, falha na programação	1	1	2	2	Planejamento logístico detalhado e coordenação eficiente
Preparação da Superfície	Superfície irregular	Aderência inadequada, desníveis de ladrilhos	Má preparação da superfície, falta de nivelamento	4	1	1	4	Nivelamento e limpeza cuidadosa da superfície
	Superfície suja	Aderência reduzida, desprendimento dos ladrilhos	Presença de poeira, sujeira ou óleos na superfície	4	4	4	64	Limpeza completa antes da aplicação
	Incompatibilidade e com primer	Perca da adesão da superfície com a argamassa aplicada, ocasionando fragilidade.	Uso de primer inadequado ou ausência de primer	4	4	4	64	Seleção e aplicação correta do primer
Aplicação da Argamassa Colante	Mistura inadequada	Ocasiona fissuras, que fragilizam a aderência das peças cerâmicas	Proporções incorretas, mistura insuficiente	3	2	1	6	Seguir rigorosamente as instruções do fabricante
	Aplicação desigual	Argamassa não aderente, bolhas de ar	Aplicação incorreta, uso inadequado da talocha	4	4	4	64	Treinamento adequado da equipe
	Tempo de secagem inadequado	Aderência fraca, falhas na aplicação	Não cumprimento do tempo de secagem recomendado	4	4	4	64	Respeitar os tempos de secagem recomendados pelo fabricante
Assentamento dos Ladrilhos	Posicionamento incorreto	Uma aparência desagradável desigual e com desníveis	Falta de precisão, não uso de espaçadores	4	1	1	4	Uso de espaçadores e niveladores durante a instalação
	Nivelamento inadequado	Superfície desnivelada, falhas estéticas	Não uso de nível, ajuste inadequado	4	4	4	64	Verificação constante do nivelamento

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito(s)	Causas Potenciais	S*	O*	D*	RPN	Ações Recomendadas
	Excesso de pressão	Quebra ou trincas nos ladrilhos	Aplicação de força excessiva durante o assentamento	4	4	4	64	Aplicação controlada de pressão e uso de ferramentas adequadas
Rejuntamento	Rejunte fraco	Um rejunte fraco ocasiona o surgimento anormal de porosidades que aumentará a fragilidade a água	Proporções erradas, aplicação inadequada	2	1	1	2	Seguir instruções do fabricante e aplicar corretamente
	Aplicação desigual	Aparência inconsistente, falhas nas juntas	Aplicação apressada, falta de uniformidade	2	1	1	2	Treinamento adequado e inspeção durante o trabalho
	Tempo de cura inadequado	Perda de propriedades, infiltração de água	Não cumprimento do tempo de cura recomendado	4	2	4	32	Respeitar os tempos de cura recomendados pelo fabricante
Limpeza Final e Acabamentos	Resíduos de rejunte	Manchas e aparência ruim	Limpeza inadequada, uso de materiais inadequados	3	3	2	18	Limpeza imediata e uso de esponjas adequadas
	Acabamento ruim	Aparência final comprometida	Falta de atenção aos detalhes, ferramentas inadequadas	2	4	2	16	Inspeção final detalhada e correção de defeitos
	Não remoção de proteção dos ladrilhos	Manchas ou danos na superfície dos ladrilhos	Esquecimento ou remoção tardia da proteção	3	2	2	12	Remoção imediata da proteção após instalação

* Severidade, Ocorrência e Detecção

ANEXO 16 – FMEA IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE E COBERTURA EMPRESA J

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RP N	Ações Recomendadas
Preparação da Superfície	Superfície suja	Aderência inadequada do impermeabilizante	Falta de limpeza adequada, com presença de óleos, graxas ou superfície úmida	4	2	4	32	Limpar a superfície adequadamente antes da aplicação
	Fissuras não reparadas	Infiltrações	Não realizar reparos prévios necessários na superfície	4	4	4	64	Reparar todas as fissuras antes de aplicar o primer
	Superfície desnivelada	Formação de poças e falhas de impermeabilização	Falta de nivelamento adequado para a superfície	4	3	3	36	Nivelar a superfície adequadamente
Escolha do Sistema de Impermeabilização	Material incompatível	Degradação precoce e falhas no sistema	Seleção inadequada de materiais por falta da especificação técnica	2	4	3	24	Especificar corretamente os materiais adequados para a realização do serviço
	Material não adequado para condições climáticas	Desempenho inadequado	Não considerar as condições climáticas	3	3	2	18	Selecionar materiais adequados às condições climáticas
Aplicação do Primer	Aplicação insuficiente	O impermeabilizante pode descolar da superfície, resultando em falhas de impermeabilização e infiltrações subsequentes.	Aplicação incorreta ou incompleta	3	3	2	18	Aplicar o primer de acordo com as especificações e realizar um treinamento necessário da equipe
	Primer não compatível	Descolamento do impermeabilizante	Uso de primer incompatível com a superfície	2	2	3	12	Verificar a compatibilidade do primer com o substrato
	Aplicação em condições inadequadas	Formação de bolhas ou falhas de adesão	Alta umidade ou temperatura inadequada	4	3	1	12	Garantir condições adequadas de aplicação e realizar o treinamento da equipe para a execução do processo.
Instalação do Impermeabilizante	Cobertura insuficiente	Infiltrações	Aplicação desigual ou quantidade insuficiente	4	4	1	16	Aplicar a quantidade correta de material
	Bolhas no impermeabilizante	Comprometimento da impermeabilização	Aplicação em superfície inadequada	2	3	4	24	Preparar adequadamente a superfície
	Falhas nas sobreposições	Infiltrações	Sobreposições insuficientes ou mal seladas	3	2	2	12	Garantir sobreposições adequadas e bem seladas

Sub Processo	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	S*	O*	D*	RP N	Ações Recomendadas
Tratamento das Juntas e Detalhes	Reforços inadequados	Infiltrações nos cantos e penetrações	Falta de aplicação correta dos reforços	4	1	4	16	Aplicar reforços conforme especificações
	Vedação inadequada em torno de penetrações	Infiltrações	Uso de materiais de vedação inadequados	4	2	4	32	Utilizar materiais de vedação apropriados
	Falhas nas áreas de transição	Infiltrações e danos estruturais	Incompatibilidade entre materiais	4	1	4	16	Garantir compatibilidade entre materiais
Teste de Impermeabilidade	Infiltrações não detectadas	Danos contínuos à estrutura	Testes de estanqueidade insuficientes	3	3	4	36	Realizar testes de estanqueidade completos
	Teste realizado de forma inadequada	Falhas no sistema após a conclusão	Não seguir os procedimentos adequados de teste	4	1	1	4	Seguir procedimentos adequados para os testes
	Pressão de teste inadequada	Infiltrações não detectadas	Uso de pressão de teste insuficiente	2	2	4	16	Aplicar pressão adequada durante os testes
Proteção do Sistema Impermeabilizante	Danos durante a aplicação da camada de proteção	Infiltrações	Uso de ferramentas inadequadas	3	2	4	24	Utilizar ferramentas apropriadas
	Aplicação inadequada da camada de proteção	Exposição do impermeabilizante a danos mecânicos	Falta de cuidados durante a aplicação	3	2	4	24	Aplicar a camada de proteção conforme especificações
	Material de proteção inadequado	Desempenho reduzido e degradação do sistema	Seleção inadequada de materiais de proteção	3	3	4	36	Selecionar materiais de proteção apropriados

* Severidade, Ocorrência e Detecção

