

A GESTÃO DE RISCOS EM EMPRESAS DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CERTIFICADAS PELA ISO 9001

Caio Abrão Pelodan Esteves

Relatório Final de Projeto Apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para a Obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia da Construção

Julho 2018

A GESTÃO DE RISCOS EM EMPRESAS DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CERTIFICADAS PELA ISO 9001

Caio Abrão Pelodan Esteves

Relatório Final de Projeto Apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para a Obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia da Construção
No âmbito da Dupla Diplomação com a UTFPR

Orientadora: Prof. Especialista Sílvia Maria Afonso Fernandes

Coorientador: Prof. Me. Normélio Vitor Fracaro

Julho 2018

AGRADECIMENTOS

O relatório final de projeto, ou trabalho de conclusão de curso no Brasil, representa para mim o fim de um ciclo iniciado há praticamente cinco anos. Portanto, antes do agradecimento específico do trabalho, preciso deixar uma mensagem para as pessoas que foram fundamentais para mim durante estes anos na universidade.

Primeiramente agradeço aos meus pais, Valéria e Ricardo, pelo amor incondicional, por viverem todas as dificuldades e vitórias ao meu lado, por me permitirem sonhar e pelo exemplo a ser seguido.

Agradeço à minha irmã, Giovana, pelo companheirismo, pelos momentos juntos e por ser um exemplo de determinação para mim.

Agradeço aos meus anjos da guarda, Diná, Tetê, Lourdes e Aristides, por todo amor, incentivo e torcida. Apesar da constante distância, as orações de vocês sempre me protegeram.

Agradeço à minha madrastra, Evelin, por toda a ajuda e apreço durante todos estes anos. Deixo também um agradecimento a toda a minha família e amigos de Jacareí, por torcerem por mim e me receberem de braços abertos em cada uma das tantas idas e vindas.

Gostaria de deixar um agradecimento especial a todos os amigos de Pato Branco e Bragança, por se tornarem minha família durante a universidade e por terem vivido ao meu lado durante esses anos. Levarei todos vocês no meu coração.

Para terminar esta primeira parte, agradeço a minha mãe portuguesa, Dona Ana Marques, por toda a sensibilidade, empatia e carinho durante este ano de intercâmbio.

Em relação ao trabalho realizado, deixo o meu agradecimento especial à minha orientadora, Silvia Fernandes, por toda a atenção, ensinamentos e disponibilidade durante todo o período de desenvolvimento deste trabalho. Também agradeço ao meu coorientador Normélio Fracaro por contribuir em determinados segmentos do trabalho.

Gostaria de deixar o meu muito obrigado à empresa Seca Engenharia e à todas as empresas de projetos de construção que contribuíram com o presente trabalho. Sem a ajuda de vocês não seria possível atingir os objetivos determinados.

Por fim, agradeço a todos os professores do Instituto Politécnico de Bragança e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, tanto por proporcionarem esta incrível experiência de intercâmbio quanto pelos conhecimentos transmitidos durante a graduação.

RESUMO

A ISO 9001, elaborada pela *International Organization for Standardization (ISO)*, é uma norma que apresenta critérios gerais para a implementação de um sistema de gestão da qualidade, podendo ser aplicada por qualquer tipo de organização. Sua nova versão, publicada em 2015, apresentou como novidade o destaque para o pensamento baseado em risco, de forma que as empresas considerem estes fatores e tornem o sistema de gestão da qualidade mais maduro e eficiente.

Os objetivos do trabalho são analisar a gestão de riscos nas empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 e propor uma metodologia para a gestão de riscos destas empresas. Os resultados obtidos são importantes para entender como está sendo a adaptação das empresas aos novos requisitos normativos e para auxiliar as empresas a melhorarem esta gestão e obterem melhores resultados.

A revisão bibliográfica abrange como principais discussões o sistema de gestão da qualidade, o conceito de risco e seus procedimentos necessários, ferramentas de gestão de riscos e as etapas do processo de projeto e suas falhas principais.

As informações sobre a gestão de riscos nas empresas de projeto foram coletadas através da elaboração de questionários. As respostas obtidas possibilitam identificar a existência ou não de práticas de gestão de riscos nas empresas, como esta atividade é realizada, quando foi iniciada, quais são as maiores dificuldades encontradas e a relação desta gestão com as práticas de processo de projeto.

Através das informações sobre a gestão de riscos das empresas e da revisão bibliográfica realizada, elaborou-se a metodologia para a gestão de riscos e a exemplificação das ferramentas utilizadas na proposta. A metodologia abrange todo o ambiente no qual a empresa se encontra, mas possui como enfoque o processo de projeto geral e os projetos de especialidades, este último exemplificado através das estruturas de betão armado.

Palavras-chave: ISO 9001, gestão da qualidade, gestão de riscos, empresas de projetos de construção.

ABSTRACT

ISO 9001 is a global standard that provides general criteria for the implementation of a quality management system and can be applied to any type of organization. It was developed by the International Organization for Standardization (ISO) and its new version was published in 2015. This version's highlight is the demand of risk-management procedures in companies in order to provide a more mature and efficient quality system.

The objectives of this work are to analyze the current risk-management in construction projects companies certified by ISO 9001 and suggest a new methodology. The results are important to understand how companies are adjusting to the new regulatory requirements and to help these companies improve their management and results.

A literature review was undertaken to cover the main discussions over quality management systems; concept of risk and its necessary procedures; risk management tools and stages of project process and its main failures.

Information about risk management in the project companies was collected through questionnaires. The answers obtained allowed to identify the presence or absence of risk management practices, how this activity is carried out, when it started, what are the biggest difficulties faced and the relationship of this management with the project process practices.

With the information of risk management in project companies and the literature review carried out, a risk management methodology was developed and examples using the tools suggested to apply this methodology was also carried out. The methodology covers the entire environment in which the company is located, concentrating on the overall project process and singular projects. As an example of singular projects, the methodology was applied in the design of reinforced concrete structures.

Key words: ISO 9001, quality management, risk management, construction project companies.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1. Justificativa do Tema..... | 1 |
| 1.2. Objetivos..... | 3 |
| 1.3. Estrutura da Tese | 3 |
| 2. GESTÃO DE RISCOS | 5 |
| 2.1. Conceitos | 5 |
| 2.2. ISO 9001 | 5 |
| 2.2.1. Generalidades | 5 |
| 2.2.2. Gestão da Qualidade..... | 6 |
| 2.2.3. Pensamento Baseado em Risco | 9 |
| 2.3. Etapas da Gestão de Riscos | 10 |
| 2.3.1. Comunicação, Enquadramento e Estruturação..... | 10 |
| 2.3.2. Identificação dos Riscos | 11 |
| 2.3.3. Análise dos Riscos | 12 |
| 2.3.4. Respostas aos Riscos | 12 |
| 2.3.5. Controle, Revisão e Registro dos Riscos | 13 |
| 2.4. Procedimento Geral | 14 |
| 2.5. Ferramentas | 15 |
| 2.5.1. Análise SWOT | 15 |
| 2.5.2. FMEA..... | 16 |
| 3. EMPRESAS DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO | 18 |
| 3.1. Projetos de Construção | 18 |
| 3.1.1. Definições..... | 18 |
| 3.1.2. Qualidade na Construção Civil e o Projeto | 18 |
| 3.1.3. Falhas em Projeto | 20 |
| 3.1.4. Construtibilidade em Projetos de Construção | 21 |
| 3.1.5. Processo de Projeto | 22 |
| 3.2. Empresa de Projeto como um Sistema | 27 |

| | |
|---|----|
| 4. PROJETO DE BETÃO ARMADO..... | 31 |
| 4.1. Características Gerais da Estrutura..... | 31 |
| 4.2. Legislação Aplicada ao Projeto | 31 |
| 4.3. Atividades de Projeto e seus Componentes | 32 |
| 4.4. Falhas Relacionadas à Estrutura | 34 |
| 5. INQUÉRITO | 36 |
| 5.1. Aspectos Gerais | 36 |
| 5.2. Questionário..... | 36 |
| 5.2.1. Definição dos Objetivos do Questionário | 36 |
| 5.2.2. Elaboração Inicial e Teste-piloto..... | 37 |
| 5.2.3. Definição das Questões | 37 |
| 5.2.4. Distribuição do Questionário e Coleta de Respostas | 41 |
| 5.2.5. Verificação da Amostra..... | 43 |
| 5.3. Análise da Gestão de Riscos nas Empresas de Projetos de Construção | 45 |
| 6. METODOLOGIA PARA A GESTÃO DE RISCOS | 62 |
| 6.1. Análise SWOT e Matriz Consequência/Probabilidade | 65 |
| 6.2. FMEA do Processo de Projeto..... | 69 |
| 6.3. FMEA da Estrutura de Betão Armado | 74 |
| 7. CONCLUSÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS | 79 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81 |
| ANEXOS..... | 86 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Número de certificações ISO 9001 pelo mundo [1]..... | 6 |
| Tabela 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos – FMEA [23]..... | 17 |
| Tabela 3: Principais anomalias do betão armado e suas possíveis causas | 35 |
| Tabela 4: Informações coletadas sobre os dados gerais das empresas de projeto..... | 38 |
| Tabela 5: Informações coletadas sobre a gestão de riscos nas empresas de projeto | 38 |
| Tabela 6: Informações coletadas sobre a elaboração de projetos nas empresas de projeto..... | 40 |
| Tabela 7: Informações coletadas sobre o projeto de betão armado nas empresas de projeto..... | 41 |
| Tabela 8: Erro amostral e nível de confiança da amostra..... | 44 |
| Tabela 9: Práticas realizadas pelas empresas visando a satisfação do dono da obra ... | 55 |
| Tabela 10: Práticas realizadas pelas empresas visando a satisfação da empresa construtora..... | 56 |
| Tabela 11: Práticas realizadas pelas empresas visando a satisfação do usuário final .. | 57 |
| Tabela 12: Práticas realizadas pelas empresas relacionadas ao projeto de betão armado | 60 |
| Tabela 13: Agenda de mudanças para as empresas de projeto..... | 68 |
| Tabela 14: Escalas dos critérios para a determinação do RPN na FMEA do processo de projeto..... | 70 |
| Tabela 15: Escala do Número de Prioridade de Risco (RPN)..... | 71 |
| Tabela 16: Lista de verificação para o processo de projeto..... | 74 |
| Tabela 17: Escalas dos critérios para a determinação do RPN na FMEA da estrutura de betão armado | 76 |
| Tabela 18: Lista de verificação para o projeto de betão armado | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício [6] | 2 |
| Figura 2: Origem dos problemas patológicos das construções [7]..... | 2 |
| Figura 3: Sistema de Gestão da Qualidade [16] | 8 |
| Figura 4: Etapas do planejamento do SGQ | 10 |
| Figura 5: Procedimento Geral | 14 |
| Figura 6: Exemplo de análise SWOT [21] | 16 |
| Figura 7: Os quatro principais participantes que atuam em um empreendimento de construção de edifícios [27] | 19 |
| Figura 8: O ciclo da qualidade da construção civil e as relações entre o projeto e os demais participantes do ciclo [24]..... | 20 |
| Figura 9: Fases de um projeto de obra pública..... | 23 |
| Figura 10: Fluxograma geral de atividades para a realização de um empreendimento [24] | 25 |
| Figura 11: Equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto [24].... | 27 |
| Figura 12: Equação para o cálculo de amostras para populações finitas [51]..... | 43 |
| Figura 13: Período de fundação das empresas de projeto | 46 |
| Figura 14: Número de funcionários das empresas de projeto | 46 |
| Figura 15: Itens analisados pelas empresas na gestão de riscos..... | 47 |
| Figura 16: Práticas e ferramentas utilizadas pelas empresas para a identificação dos riscos..... | 48 |
| Figura 17: Práticas e ferramentas utilizadas pelas empresas para a análise e resposta aos riscos | 49 |
| Figura 18: Realização de controle e registro dos riscos pelas empresas | 50 |
| Figura 19: Início das práticas de gestão de riscos em relação à atualização da norma ISO 9001 | 50 |
| Figura 20: Principais motivos que dificultam/impossibilitam a gestão de riscos nas empresas | 51 |
| Figura 21: Possibilidade de ocorrência de determinados riscos para as empresas..... | 52 |
| Figura 22: Formações oferecidas aos funcionários pelas empresas | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 23: Realização de projetos de maneira conjunta entre os projetistas envolvidos | 54 |
| Figura 24: Realização de pesquisa de satisfação com os clientes do projeto | 58 |
| Figura 25: Metodologia proposta para a gestão de riscos nas empresas de projeto | 65 |
| Figura 26: Análise SWOT das empresas de projetos de construção | 66 |
| Figura 27: Matriz consequência/probabilidade para as ameaças das empresas de projeto..... | 67 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------|---|
| ISO | Organização Internacional de Normalização |
| IPQ | Instituto Português da Qualidade |
| SPQ | Sistema Português da Qualidade |
| IPAC | Instituto Português de Acreditação |
| PDCA | Planejar, Executar, Verificar, Atuar |
| SGQ | Sistema de Gestão da Qualidade |
| SWOT | Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças |
| FMEA | Análise dos Modos de Falha e Efeitos |
| RPN | Número de Prioridade de Risco |
| CCP | Código dos Contratos Públicos |
| LNEC | Laboratório Nacional de Engenharia Civil |
| DL | Decreto-Lei |

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa do Tema

O cenário empresarial atual caracteriza-se pelo elevado grau de concorrência entre empresas, tanto em níveis nacionais como internacionais, aliado aos diversos requisitos de qualidade exigidos pelos clientes nos produtos e serviços oferecidos. Neste contexto, é cada vez maior o número de empresas que implementam sistemas de gestão da qualidade, tanto para melhorar a gestão e cumprir os requisitos dos clientes, como também servir de marketing para a captação de novos clientes. A ISO 9001, desenvolvida pela *International Organization for Standardization* (ISO), é uma norma que apresenta critérios gerais para um sistema de gestão da qualidade, podendo ser aplicada por qualquer tipo de organização. A norma possibilita uma certificação e seu sistema está sendo cada vez mais implementado em todo o mundo, [1].

As empresas, independentemente do tamanho ou ramo de atuação, enfrentam diversos fatores incertos, tanto internos quanto externos, que podem afetar o cumprimento de metas e objetivos, [2]. Estes fatores incertos, que geram consequências positivas ou negativas para as organizações, são os que chamamos de riscos, [3]. A ISO 9001:2015, última versão da norma, possui, como uma das principais alterações em relação à versão anterior, um enfoque no pensamento baseado em riscos, ou seja, uma abordagem sistemática para tratar as oportunidades e ameaças presentes em todos os âmbitos da organização, tornando o sistema de gestão da qualidade das empresas mais maduro, [4]. A nova versão da norma foi publicada no dia 15 de setembro de 2015 e permite um período de transição para as empresas até setembro de 2018, no qual as mesmas precisam se adaptar aos novos requisitos normativos.

O ramo da construção, em comparação com outras áreas, está sujeito a diversos tipos de riscos devido às suas características e particularidades, como longos períodos de trabalho, processos difíceis, envolvimento de muitos profissionais, altos investimentos, trabalhos em ambientes externos e organizações com estruturas muito dinâmicas, [5]. O projeto de construção constitui uma das etapas de desenvolvimento da edificação ou produto final. Seu conteúdo é a base para as fases posteriores e possui total influência sobre os riscos em obra e o resultado final. A Figura 1 representa as etapas de um empreendimento e a possibilidade de se reduzir o custo de falhas do edifício ao longo das etapas do processo. A Figura 2, em sequência, apresenta outro estudo, referente às origens das patologias das construções.

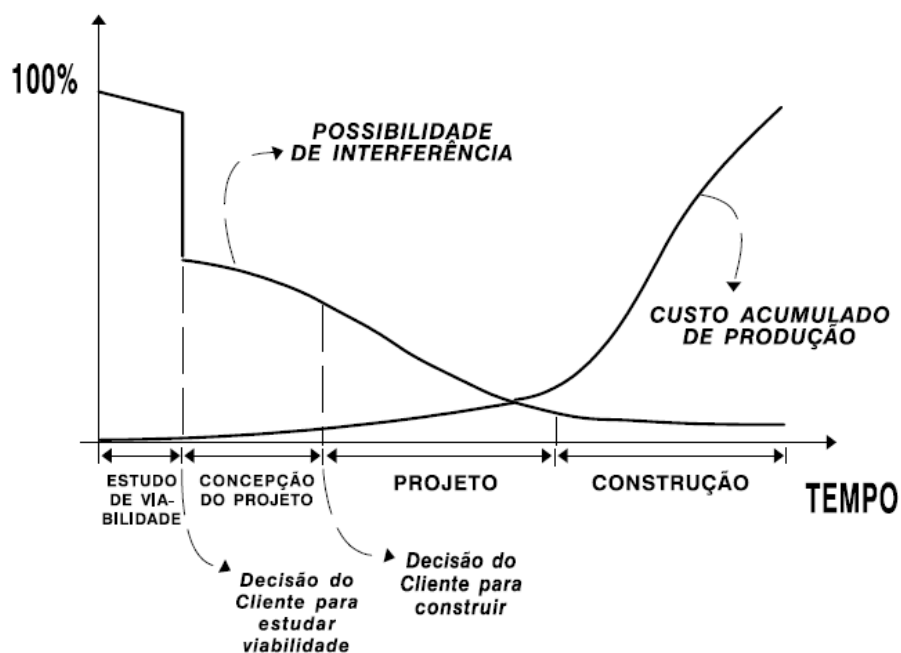


Figura 1: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício [6]

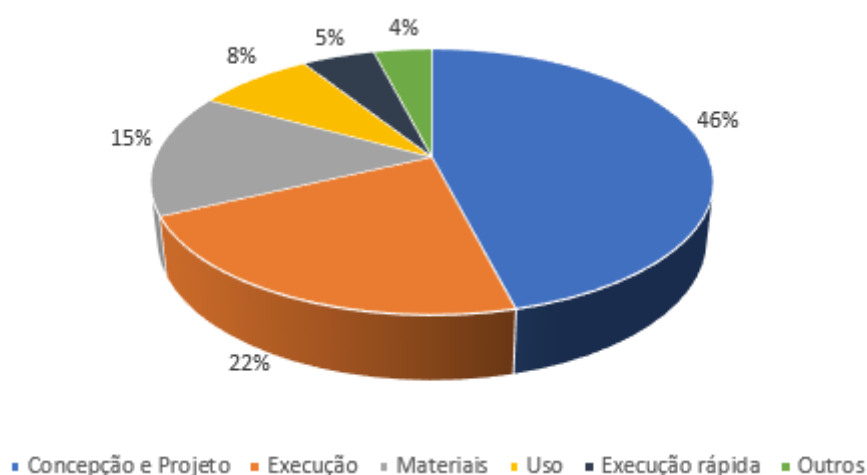


Figura 2: Origem dos problemas patológicos das construções [7]

Através das figuras anteriores é possível compreender a importância do processo de projeto dentro do desenvolvimento de um empreendimento, pois é nesta etapa onde a maior parte dos potenciais problemas podem ser tratados e os custos de falha reduzidos, possibilitando o atingimento dos objetivos de projeto em termos de custo, tempo, qualidade, segurança e aspectos sustentáveis, [8]. Entender, analisar e propor melhorias para a gestão de riscos em empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001, se justifica não só como um auxílio para as empresas se adaptarem aos novos requisitos normativos, mas também como uma forma de amadurecer a estratégia e gestão das organizações, aprimorar

seus processos principais e conseqüentemente resultar em uma maior satisfação para o dono da obra, construtor, usuário final e para a própria empresa de projeto.

1.2. Objetivos

Os objetivos deste trabalho são analisar a gestão de riscos em empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 e propor uma metodologia de gestão de riscos para estas empresas. As informações sobre as práticas realizadas pelas empresas são obtidas através da aplicação de questionários. A metodologia proposta tem como enfoque aspectos gerais da organização, o processo de projeto como um todo e os projetos de especialidades. Como um empreendimento envolve diversas especialidades e a análise de todos esses tipos de projeto seria inviável devido às condicionantes deste trabalho, apenas o projeto de estruturas em betão armado é exemplificado na metodologia. A escolha deste projeto de especialidade se justifica pelo grande número de falhas e patologias que este material pode apresentar, além de ser o tipo de estrutura mais utilizado em Portugal, iniciado por volta de 1930 e difundido a partir de 1950, [9].

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver pesquisa bibliográfica sobre a gestão de riscos, ISO 9001, qualidade na construção, empresas de projeto, processo de projeto e projeto de betão armado;
- Desenvolver e aplicar questionário para as empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 em Portugal;
- Analisar as práticas de gestão de riscos realizadas pelas empresas;
- Propor uma metodologia de gestão de riscos para estas empresas através da aplicação de ferramentas de gestão de riscos.

1.3. Estrutura da Tese

O presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

O primeiro capítulo, “Introdução”, consiste na justificativa da escolha do tema, na exposição dos objetivos do trabalho e na estruturação da tese.

O segundo capítulo, “Gestão de Riscos”, consiste no desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica que permite entender o procedimento de gestão de riscos, possíveis

ferramentas de tratamento de riscos e sua ligação com a gestão da qualidade, de acordo com a ISO 9001:2015.

O terceiro capítulo, “Empresas de Projetos de Construção”, consiste no desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica que permite identificar as principais características dos projetos de construção, etapas do processo de projeto, a relação do projeto com as outras fases do empreendimento, as principais falhas em projeto e outros aspectos relevantes na gestão de empresas de projeto.

O quarto capítulo, “Projeto de Betão Armado”, consiste no desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica que permite identificar as principais condicionantes e etapas de um projeto de betão armado, além das patologias mais frequentes nessas estruturas.

O quinto capítulo, “Inquérito”, consiste na apresentação do questionário aplicado às empresas de projeto e na análise da gestão de riscos realizada pelas empresas.

O sexto capítulo, “Metodologia para a Gestão de Riscos”, consiste na apresentação da metodologia proposta para a gestão de riscos nas empresas de projetos de construção.

O sétimo capítulo, “Conclusões Gerais e Trabalhos Futuros”, consiste na apresentação das conclusões gerais do trabalho e de possíveis trabalhos futuros.

Após o sétimo capítulo encontram-se as referências bibliográficas e três documentos em anexo.

2. GESTÃO DE RISCOS

2.1. Conceitos

As organizações de qualquer segmento e tamanho possuem objetivos definidos, sendo que o alcance dos mesmos é incerto devido a fatores internos e externos, [10]. A potencial ocorrência que gera efeitos nos objetivos das organizações é o que pode se chamar de risco, [3].

O risco caracteriza-se como um evento que pode ocorrer no futuro e trazer consequências positivas ou negativas, de acordo com o contexto em que se insere. No primeiro caso, podemos designá-lo como oportunidade, e no segundo caso, como ameaça, [11].

A gestão de riscos consiste em trabalhar com todos os aspectos relacionados aos riscos nas organizações, através de atividades planejadas e definidas, [3]. Em outras palavras, a gestão de riscos tem a função de aumentar a probabilidade de uma oportunidade ocorrer e diminuir a probabilidade de ocorrência de uma ameaça, [11].

O processo da gestão de riscos abrange as atividades de comunicação entre os *stakeholders*, estabelecimento do contexto em que será aplicada, identificação dos riscos, análise e avaliação dos riscos, respostas ou tratamento dos riscos e a monitorização e revisão do processo como um todo, [10].

As organizações de hoje, independentemente de sua área de atuação, estão atuando em mercados cada vez mais competitivos, necessitando de novas técnicas e instrumentos para manterem o seu espaço, [12]. Devido ao seu fundamental papel e para que gere bons resultados, a gestão de riscos deve estar totalmente integrada com a gestão da organização e seus processos, [13].

2.2. ISO 9001

2.2.1. Generalidades

A série de normas ISO 9000 é um conjunto de normas da Organização Internacional de Normalização (ISO) que aborda práticas de gestão da qualidade, com o intuito de orientar organizações para que seus produtos e serviços atendam os requisitos dos clientes, em um processo de contínua melhoria, [1].

A ISO 9001 é a única norma da série que possibilita uma certificação. Seu conteúdo abrange critérios e princípios para um sistema de gestão da qualidade, de forma generalista, possibilitando sua aplicação em organizações de qualquer ramo, [1].

A Tabela 1 apresenta o número de certificações ISO 9001 de 1993 a 2010, em todas as regiões do mundo.

| Year | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| TOTAL | 46571 | 70364 | 127349 | 162701 | 223299 | 271847 | 343642 | 457834 | 510349 |
| Africa / West Asia | 1272 | 1855 | 3378 | 6162 | 8668 | 12150 | 17307 | 20183 | 19800 |
| Central / South America | 140 | 475 | 1220 | 1713 | 2989 | 5221 | 8972 | 10805 | 14409 |
| North America | 2613 | 4915 | 10374 | 16980 | 25144 | 33550 | 45166 | 48296 | 50894 |
| Europe | 37779 | 55400 | 92611 | 109961 | 143674 | 166255 | 190247 | 269332 | 269648 |
| Far East | 1583 | 3091 | 9240 | 18407 | 29878 | 37920 | 56648 | 81919 | 126779 |
| Australia / New Zealand | 3184 | 4628 | 10526 | 9478 | 12946 | 16751 | 25302 | 27299 | 28819 |

| Year | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| TOTAL | 561767 | 497919 | 660132 | 773867 | 896929 | 951486 | 982832 | 1064785 | 1109905 |
| Africa / West Asia | 23627 | 20124 | 31443 | 48327 | 71438 | 78910 | 73104 | 77408 | 63357 |
| Central / South America | 13679 | 9303 | 17016 | 22498 | 29382 | 39354 | 39940 | 36551 | 40655 |
| North America | 53806 | 40185 | 49962 | 59663 | 61436 | 47600 | 47896 | 41947 | 36632 |
| Europe | 292878 | 242455 | 320748 | 377196 | 414232 | 431479 | 455332 | 500319 | 530722 |
| Far East | 148573 | 163061 | 220966 | 247091 | 300851 | 345428 | 356559 | 398288 | 428755 |
| Australia / New Zealand | 29204 | 22791 | 19997 | 19092 | 19590 | 8715 | 10001 | 10272 | 9784 |

Tabela 1: Número de certificações ISO 9001 pelo mundo [1]

Pode-se concluir, através da Tabela 1, que houve um aumento de 1.063.334 certificações (2283%) em 17 anos, sendo a Europa a região com o maior número de certificações no último ano levantado.

Em Portugal, a organização relacionada com a gestão da qualidade e que possui vínculo com a ISO é o Instituto Português da Qualidade (IPQ), que tem como objetivo, entre outros, coordenar o Sistema Português da Qualidade (SPQ) e atividades relacionadas à metrologia, [14].

A organização responsável pela acreditação em Portugal é o Instituto Português de Acreditação (IPAC). De acordo com dados levantados por este instituto, existiam 5837 certificações ISO 9001 até o fim de 2017 em Portugal, [15].

2.2.2. Gestão da Qualidade

A gestão da qualidade é uma estratégia utilizada por organizações que tem como objetivos a conquista de mercado e a redução de desperdícios. A conquista de mercado está relacionada com o atendimento dos requisitos dos clientes, o que gera uma boa reputação. A

redução de desperdícios está relacionada com a eficiência do negócio e a redução de custos da não qualidade. É importante ressaltar que esta estratégia, quando aplicada atualmente, é denominada como gestão da qualidade total, pois, diferente de anos atrás, os requisitos de qualidade dos clientes não estão apenas relacionados à qualidade do produto em si, mas também ao preço, prazo de entrega, flexibilidade, atendimento, pós-venda, entre outros, fazendo com que todos os processos críticos e suas atividades sejam considerados, [4].

A ISO 9001: 2015 estabelece sete princípios de gestão da qualidade, que devem ser incorporados pela organização, [16]. Os princípios são:

- Foco no cliente;
- Liderança;
- Comprometimento das pessoas;
- Abordagem por processos;
- Melhoria;
- Tomada de decisão baseada em evidências;
- Gestão das relações.

A partir dos princípios estabelecidos, a norma apresenta o modelo de gestão da qualidade através de sete cláusulas, [4], sendo estas:

- Contexto da organização;
- Liderança;
- Planejamento;
- Suporte;
- Operacionalização;
- Avaliação do desempenho;
- Melhoria.

As sete cláusulas apresentadas anteriormente estão associadas e apresentam relações de causa e efeito entre elas, podendo ser encaixadas em um ciclo PDCA (Planejar-Executar-Verificar-Atuar) de melhoria, [4]. Este ciclo consiste em planejar o sistema como um todo (planejar), implementar o que foi planejado (executar), verificar e monitorar os resultados obtidos (verificar) e empreender ações para melhorar o desempenho (atuar), [16].

A Figura 3, extraída da norma, apresenta o ciclo PDCA:

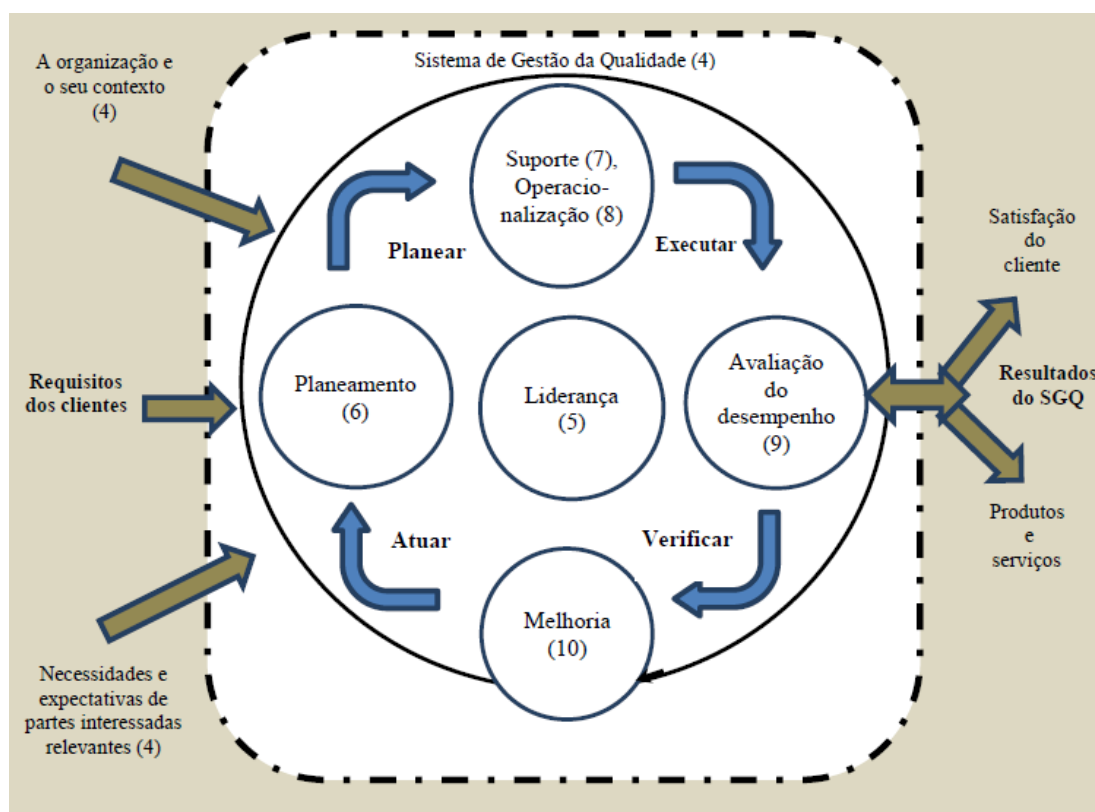


Figura 3: Sistema de Gestão da Qualidade [16]

Analisando as quatro etapas do ciclo PDCA de forma individual, temos na primeira etapa (planejar) as atividades de planejamento e contextualização da organização, onde se encaixam os princípios de foco no cliente, abordagem por processos e gestão das relações, [4]. É nesta etapa que a organização deve analisar o contexto em que está inserida, determinando as questões externas e internas que devem ser consideradas no seu planejamento estratégico e nos seus propósitos. O foco no cliente deve ser interpretado como o levantamento dos requisitos e expectativas dos mesmos. Por fim, o sistema de gestão da qualidade deve ser planejado, com objetivos e áreas de aplicação definidos, [16].

A segunda etapa (executar) engloba os processos de suporte e operacionalização. O suporte está relacionado com os recursos fundamentais para que o sistema de gestão da qualidade possa ser implementado, executado, modificado e melhorado. Devem ser consideradas as capacidades e as restrições internas da organização, como também o que deve ser obtido externamente. Esta análise inclui pessoas, infraestrutura, equipamentos e informações. O processo de operacionalização envolve atividades de planejamento, execução e controle para garantir que o produto ou serviço atenda com os requisitos dos clientes e com os requisitos definidos na etapa de planejamento. Está incluído neste processo o controle operacional, a determinação, revisão e alteração dos requisitos dos clientes, o design e

desenvolvimento de produtos e serviços, etapas de produção e prestação de serviço, atividades de entrega e pós-entrega, entre outras, [16].

A terceira etapa (verificar) engloba o processo de avaliação de desempenho, envolvendo atividades de monitorização, medição, análise e avaliação, tanto dos processos quanto da satisfação do cliente. Este processo também inclui auditorias internas e revisões do sistema de gestão da qualidade pela gestão de topo, [16].

A quarta etapa (atuar) engloba o processo de melhoria e o princípio de tomada de decisão baseada em evidências. Esta etapa envolve atividades para melhorar os produtos e serviços, selecionar novas oportunidades, corrigir defeitos e aumentar o desempenho do sistema de gestão da qualidade, [16].

O processo de liderança, que se encontra no centro do ciclo PDCA, está relacionado com todas as atividades, ou seja, a prática da liderança é essencial para o sucesso do sistema de gestão da qualidade. A alta gerência deve, entre outras obrigações, planejar o sistema, garantir que as atividades serão realizadas, liderar as pessoas e analisar os resultados obtidos, [4].

É importante ressaltar que, apesar da divisão explicada anteriormente, muitos princípios e processos podem ser encaixados em todas ou mais de uma etapa do ciclo PDCA, como a liderança, o comprometimento das pessoas, a tomada de decisão baseada em evidências e o planejamento.

2.2.3. Pensamento Baseado em Risco

A ISO 9001: 2015 substituiu a ISO 9001: 2008, e esta atualização trouxe consigo algumas mudanças. A nova norma estrutura a gestão da qualidade em sete cláusulas, duas a mais que a versão anterior, e possui algumas alterações de terminologia. Além desses pontos, uma das principais diferenças entre a versão atual e a anterior é a adoção do conceito de risco, [4].

O pensamento baseado em risco já estava implícito na edição 2008 da norma, mas a edição 2015 especifica que as organizações devem planejar ações para tratarem os riscos, para que se obtenham melhores resultados, diminuam os efeitos negativos e o sistema de gestão da qualidade seja cada vez mais efetivo, [16].

A proposta de redução de riscos negativos e aumento das oportunidades do sistema como um todo constituem, de acordo com a norma, requisitos do processo de planejamento da

gestão da qualidade. Esta gestão de riscos tem como informação de entrada o contexto da organização, e fornece como saída respostas, através de ações e medidas, aos riscos identificados. Estas medidas são englobadas na definição do sistema de gestão da qualidade (política da qualidade, objetivos e processos críticos), gerando um sistema mais maduro, [16]. A Figura 4 esquematiza as etapas do planejamento do sistema de gestão da qualidade:

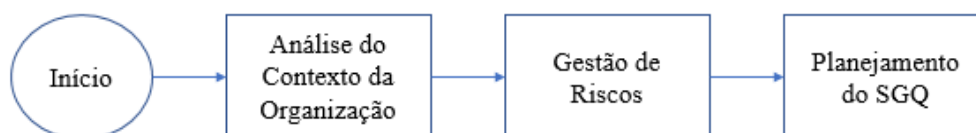


Figura 4: Etapas do planejamento do SGQ

É válido ressaltar que a ISO 9001: 2015 estabelece que as ações em respostas aos riscos e oportunidades devem não só serem implementadas ao sistema da gestão da qualidade, mas também controladas e avaliadas de acordo com sua eficácia, ou seja, nem toda as etapas da gestão de riscos estão englobadas no processo de planejamento do SGQ. As etapas da gestão de risco e como todas elas se encaixam na gestão da qualidade serão explicadas nos próximos itens.

2.3. Etapas da Gestão de Riscos

2.3.1. Comunicação, Enquadramento e Estruturação

Para que a Gestão de Riscos seja eficaz, a comunicação entre todas as partes interessadas é essencial. Esta comunicação deve ocorrer em todas as etapas do processo e permitir que todos os envolvidos, internos e muitas vezes externos à organização, possam compreender os fundamentos das decisões tomadas e o plano de tratamento de riscos, além de darem seus pontos de vista sobre os possíveis riscos envolvidos nos processos, [10].

Como já citado, as informações de entrada para a gestão de riscos vêm da análise do contexto da organização, levando em conta fatores internos e externos. Os fatores externos podem incluir, entre outros itens, as tendências de mercado, as exigências legais e a cultura, condições financeiras e requisitos do público alvo. Os fatores internos podem incluir, entre outros itens, a cultura organizacional, o levantamento de todas as atividades da organização ou de um projeto específico, os recursos financeiros disponíveis, os sistemas de informação e

a capacidade técnica dos funcionários. O enquadramento consiste na definição de quais destes fatores serão considerados na gestão de riscos, [10].

Neste primeiro momento também deve ser feita a estruturação da gestão de riscos, ou seja, como ela funcionará. Nesta estrutura deve estar especificada a metodologia que será utilizada, a frequência de reuniões de equipe, as responsabilidades dos funcionários envolvidos no gerenciamento, a estimativa de custos advindos das respostas aos riscos, a frequência em que os riscos serão revisados e as categorias dos possíveis riscos, [17].

As categorias de riscos citadas anteriormente variam de acordo com a organização ou projeto específico e necessitam de uma boa compreensão dos gestores sobre todas as atividades envolvidas. Exemplos de categorias de riscos podem ser: técnicos, organizacionais, externos, riscos do planejamento, entre outras.

2.3.2. Identificação dos Riscos

Após o enquadramento e estruturação, a segunda etapa do processo é a identificação dos riscos, em outras palavras, é o levantamento de todos os possíveis riscos nos fatores e atividades consideradas. Esta identificação deve ser bem crítica e minuciosa, pois os riscos não considerados nesta etapa não serão analisados posteriormente, [10].

É importante a identificação dos riscos incluir, além dos riscos em si, suas causas e consequências. As causas podem ser controláveis ou não pela organização. As consequências podem gerar outras consequências posteriores (efeito cascata), que devem ser observadas, [10].

Uma prática simples de identificação de riscos é a reunião de *brainstorming*, onde se define o propósito da discussão e os envolvidos podem refletir e expor ideias sobre o assunto. Outras possíveis práticas são a análise de projetos/planejamentos anteriores e entrevistas com funcionários da organização, que buscam identificar os riscos através do registro das ações passadas e do conhecimento dos trabalhadores, respectivamente, [18]. A análise SWOT, ferramenta de identificação de riscos bastante utilizada, será discutida em outro tópico.

O fim da etapa de identificação deve gerar uma lista de riscos registrados. Caso os gestores já imaginem possíveis respostas para estes riscos, as mesmas devem ser registradas, pois serão úteis nas etapas posteriores, [17].

2.3.3. Análise dos Riscos

A análise dos riscos, terceira etapa do processo, consiste em compreender os riscos identificados na etapa anterior e priorizá-los de acordo com a necessidade de intervenção, [10]. Esta análise geralmente é qualitativa, quantitativa ou utiliza-se as duas.

A análise qualitativa é um método rápido e prático de ser realizado. Sua metodologia consiste em priorizar os riscos de acordo com uma combinação de sua probabilidade de ocorrência e seu impacto nos resultados, sendo os gestores responsáveis pela estipulação dos níveis de probabilidade e impacto. Riscos que possuam alta probabilidade de ocorrência e alto impacto nos resultados devem ter prioridade no tratamento, [17].

A Matriz consequência/probabilidade é um exemplo de ferramenta de análise qualitativa de fácil aplicação. Seu método consiste em criar escalas de consequência e probabilidade, combinando-as através de uma matriz, cada escala em um eixo. A matriz agrupa os riscos de acordo com a necessidade de intervenção, servindo de suporte para a equipe decidir quais riscos serão tratados, [18].

É fundamental ressaltar que a análise qualitativa é subjetiva, ou seja, depende totalmente da análise feita pelos gestores. Portanto, a equipe responsável deve ser composta por profissionais capacitados e de todas as áreas envolvidas na organização ou projeto específico, [17].

A análise quantitativa é um método matemático que geralmente sucede a análise qualitativa e tem como objetivo observar o efeito dos riscos no planejamento (ou projeto) como um todo. Sua metodologia consiste em determinar possíveis cenários otimistas, prováveis e pessimistas para cada etapa planejada, e através de um modelo estatístico, simular o desenvolvimento do projeto como um todo, possibilitando a determinação do nível de confiança no atendimento do prazo das ações, orçamentos, entre outros enfoques, [17]. A análise quantitativa não é tão utilizada como a qualitativa, geralmente devido à insuficiência de dados necessários e falta de conhecimento técnico para realizá-la.

A utilização de um ou dos dois tipos de análise vai depender dos gestores, os quais devem verificar a necessidade ou não de cada método.

2.3.4. Respostas aos Riscos

A etapa de respostas aos riscos consiste em determinar o que vai ser feito diante de cada risco. No caso de ameaças, as estratégias de resposta se restringem em evitar, mitigar,

transferir ou aceitar. No caso de oportunidades, pode-se explorar, realçar, compartilhar ou aceitar, [17].

Evitar uma ameaça significa impossibilitá-la de acontecer. Geralmente se consegue isso através de mudanças no planejamento ou eliminando a fonte do risco. A mitigação de uma ameaça significa diminuir a probabilidade e/ou impacto da mesma. Em outros casos, opta-se por transferir o risco, ou seja, transferir para terceiros a responsabilidade por ele. Por último, pode-se aceitá-lo. Esta aceitação pode ser ativa, quando planos corretivos são feitos para caso o risco ocorra, ou passiva, quando nenhuma ação é planejada para caso o risco ocorra, [17].

No caso de oportunidades, explorar significa fazer com que ela aconteça. Realçar a oportunidade é, ao contrário de mitigar uma ameaça, aumentar a probabilidade e/ou impacto da mesma. Outra opção é compartilhar este risco positivo, ou seja, envolver terceiros que possam aproveitar da oportunidade e contribuir com os resultados. Por último, pode-se aceitá-la. Aceitar consiste em não fazer nada a respeito e aproveitar de suas consequências caso venha a ocorrer, [17].

Para que se possa definir qual é a melhor estratégia de resposta para determinado risco, é preciso considerar todos os aspectos inerentes às respostas, como os custos de determinada ação, seu impacto nos objetivos, entre outros. Em muitos casos, respostas a certos riscos podem gerar riscos secundários, que também devem ser identificados, analisados e tratados, [10].

Uma possível ferramenta de respostas aos riscos é a árvore de decisão. Esta metodologia representa possíveis caminhos pelos quais um planejamento ou projeto pode seguir de acordo com as decisões tomadas diante de cada risco ou situação que possa ocorrer. Para cada caminho deve ser determinado sua probabilidade de ocorrência e custos advindos das decisões, mostrando ao final da análise qual é o melhor caminho a seguir, [18].

A FMEA é uma ferramenta de gestão de riscos que engloba as etapas de identificação, análise e resposta aos riscos. Seu funcionamento será discutido posteriormente.

2.3.5. Controle, Revisão e Registro dos Riscos

Após a determinação das respostas aos riscos, as ações devem ser sempre controladas e verificadas, possibilitando a obtenção de bons resultados, informações adicionais e novos aprendizados, [10].

A revisão dos riscos deve ocorrer de forma planejada e periódica, pois esta prática permite a identificação de novos riscos e a realização de mudanças nos critérios, análise ou tratamento dos riscos já identificados, [10].

Por último, mas não menos importante, deve ser feito o registro de todo o processo da gestão de riscos, que permite a consulta de todas as informações necessárias durante o desenvolvimento das atividades. Além disso, o registro do processo fornece uma base para futuros projetos ou planejamentos da organização, [10].

2.4. Procedimento Geral

Após a contextualização do pensamento baseado em risco na gestão da qualidade e a descrição das etapas da gestão de riscos, pode-se encaixá-los de uma maneira geral. Resumidamente, a análise do contexto interno e externo da organização é a informação de entrada para a gestão de riscos. Após o enquadramento e estruturação das atividades, realiza-se a identificação, análise e respostas aos riscos. As respostas são levadas em consideração e implementadas no planejamento da gestão da qualidade. Durante as atividades de suporte, operação e verificação do SGQ ocorre o controle e acompanhamento dos riscos. A revisão dos riscos deve ocorrer de acordo com a estruturação do processo. A Figura 5 apresenta este procedimento geral:

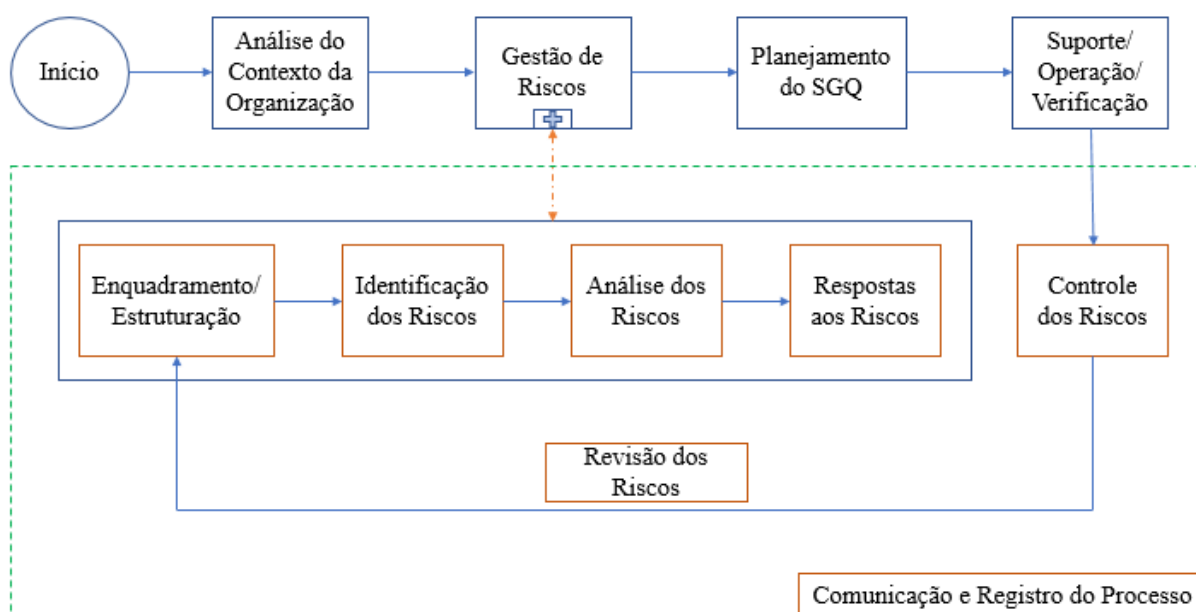


Figura 5: Procedimento Geral

É importante lembrar que a comunicação entre as partes interessadas e o registro das atividades deve ocorrer durante todas as etapas da gestão de riscos.

2.5. Ferramentas

2.5.1. Análise SWOT

A análise SWOT, também conhecida como FOFA, é uma ferramenta de identificação de riscos clássica da administração, podendo ser aplicada em qualquer tipo de empresa como forma de análise contextual. Sua sigla abrange quatro termos em inglês, *Strengths* (forças), *Weaknesses* (fraquezas), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças). Diante dos quatro termos da análise, o gestor pode identificar quais são os pontos fortes e fracos da sua empresa, quais são as possíveis ameaças que o seu negócio pode enfrentar e quais são as possíveis oportunidades que podem ser aproveitadas, [19].

As forças e fraquezas identificadas pelas empresas nesta análise estão relacionadas à fatores internos da empresa, assim como as ameaças e oportunidades se referem à fatores externos, [20]. Os fatores internos estão relacionados, por exemplo, a canais de distribuição de produtos, o reconhecimento ou não da marca, capacitação de funcionários, entre outros. Os fatores externos podem estar ligados aos concorrentes, situação econômica, público alvo, entre outros. O importante desta análise é que seja realizada por profissionais que entendam do seu negócio e a utilizem de forma realista, para que não se iludam apenas pelos pontos fortes e oportunidades, como também não deixem de realizar um plano de ação por qualquer fraqueza ou ameaça, [19].

A Figura 6 apresenta um exemplo de análise SWOT, aplicada a uma empresa construtora:

| ANÁLISE SWOT | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Forças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitação dos sócios da empresa • Solidez financeira • Adequadas condições de trabalho | <p style="text-align: center;">Fraquezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de liquidez • Imprevisibilidade nos lucros |
| <p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidades de financiamento para habitações populares • Procura maior que oferta nas construções residenciais, comerciais e industriais • Carência de profissionais em áreas específicas | <p style="text-align: center;">Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta concorrência na execução de obras • Mudança governamental na taxa de juros dos financiamentos habitacionais • Falta de mão de obra qualificada |

Figura 6: Exemplo de análise SWOT [21]

Pode-se observar, após a discussão e o exemplo da ferramenta, a facilidade e a simplicidade desta análise. Após sua realização, o gestor pode analisar os itens listados e propor um plano de ação para tratar os riscos negativos e aumentar as chances de sucesso da organização, [19].

2.5.2. FMEA

A FMEA, sigla em inglês de *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise dos Modos de Falha e Efeitos), é uma ferramenta de gestão de riscos onde se pode analisar um produto ou processo, [4]. Sua vantagem em relação às outras ferramentas é a total abrangência que esta ferramenta possui, incluindo a identificação, análise, respostas, registro e controle dos riscos, [18].

Após a definição do produto ou processo que será analisado na FMEA, o mesmo é decomposto em seus componentes e suas funções são descritas. Os próximos passos são identificar como estas componentes podem falhar, o que causa essas falhas, quais são as consequências dessas falhas e o que é feito na organização para tratar estas possíveis falhas. Após o preenchimento destes dados define-se o RPN (Número de Prioridade de Risco) para cada risco ou falha. Este RPN é função da multiplicação de três critérios: severidade, ocorrência e detecção. Riscos que geram grandes impactos (alta severidade), possuem maior probabilidade de ocorrer (alta ocorrência) e são mais difíceis de detectar (difícil detecção) possuem um maior RPN e conseqüentemente requerem maior atenção dos gestores, [18]. As

escalas para cada um dos critérios geralmente variam de 1 a 10, mas é indicado que as organizações criem suas próprias escalas de acordo com suas realidades, [22].

Após a avaliação dos riscos, pode-se definir o que será feito, além das ações já realizadas, para diminuir o RPN de determinado risco. A ação programada deve ser complementada com o responsável e o prazo de execução. Por último, registra-se o que foi feito perante o risco e o novo RPN atingido, possibilitando uma percepção de melhoria no sistema ou produto, [22].

A Tabela 2 representa a ferramenta FMEA, contendo todos os seus parâmetros:

| Data: FMEA de Produto <input type="checkbox"/> | | | | | | FMEA | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|---|---|-----|--------------------|---------------------|-----------------------|---------|---|---|-----|--|--|
| Folha Nº FMEA de Processo <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descrição | Funções | Falha Potencial | Efeito da Falha | Causa da Falha | Controle Atual | Índices | | | | Ações Recomendadas | Responsável e Prazo | Medidas Implementadas | Índices | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | RPN | | | | S | O | D | RPN | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabela 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos – FMEA [23]

A utilização da FMEA deve ser uma atividade contínua, ou seja, a ferramenta deve ser sempre revisada, mesmo quando não há alterações no produto ou processo. Esta revisão permite a identificação e registro de novos riscos, como também reavaliar as falhas já previstas, [22].

3. EMPRESAS DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO

3.1. Projetos de Construção

3.1.1. Definições

Projeto pode ser entendido como um conjunto de ações e propostas que gera um resultado único, com o intuito de resolver determinado problema, [24].

Na construção civil, a etapa de desenvolvimento de projetos é de vital importância para toda a concepção de determinado empreendimento, pois deve atender aos requisitos de todos os envolvidos (clientes, usuários, funcionários, construtores, entre outros), [25].

Os projetos de construção envolvem os projetos de arquitetura e engenharia, mas seu desenvolvimento não deve estar relacionado apenas aos aspectos espaciais e tecnológicos, mas também a todas as fases de desenvolvimento do empreendimento e seus agentes, [26]. Desta maneira, pode-se entender os projetos de construção como um produto e um serviço.

O projeto de construção (de maneira geral) como um produto está relacionado com seus resultados gerados (elementos gráficos e descritivos), sendo estes geralmente padronizados e com exigências de informações necessárias para as próximas etapas da construção, [24].

O projeto de construção como serviço está relacionado com sua ligação e dependência com as outras etapas da construção, ou seja, o projeto é um dos processos do desenvolvimento do empreendimento, sendo este o produto final. Esta maneira de interpretar o projeto apresenta-se como significativa, pois os serviços, assim como os projetos de construção, possuem variabilidade de resultados, produção e consumo encadeados, contato direto entre cliente e profissional e em muitos casos falta de especificações do cliente, [24].

O projeto de construção, tanto como produto quanto serviço (com ênfase para a segunda definição), interfere diretamente na qualidade do produto final (empreendimento), o que será discutido no próximo item.

3.1.2. Qualidade na Construção Civil e o Projeto

Um empreendimento na área da construção civil envolve quatro participantes principais: o empreendedor, o projetista, o construtor e o usuário. Suas funções consistem em gerar, formalizar, fabricar e utilizar o produto final, respectivamente, [27].

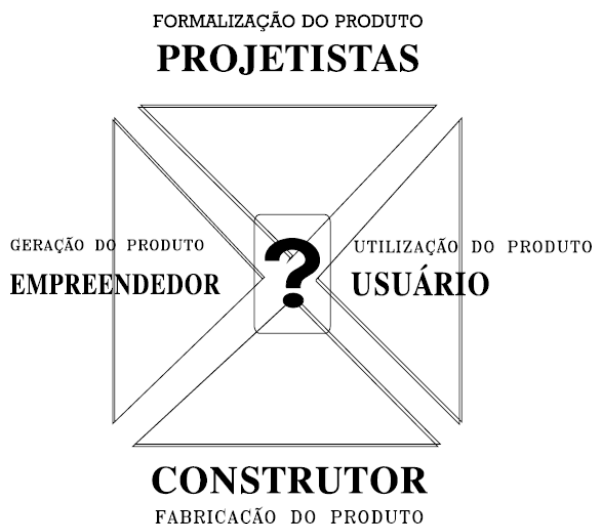


Figura 7: Os quatro principais participantes que atuam em um empreendimento de construção de edifícios [27]

O pensamento na qualidade, como já explicado neste trabalho, tem como objetivos o atendimento dos requisitos dos clientes e a redução de desperdícios. Na perspectiva do projetista, o empreendedor, o construtor e o usuário são clientes do projeto e suas expectativas e necessidades devem ser atendidas, [24].

O empreendedor, gerador do produto, possui requisitos relacionados ao tempo da construção, especificações do empreendimento em si, condições financeiras, entre outros. A avaliação da qualidade do produto por parte dele está relacionada com o seu retorno financeiro, com o cumprimento dos custos previstos no planejamento e com sua imagem e publicidade perante o mercado de trabalho, [28].

O construtor, fabricante do produto, analisa a qualidade do projeto pela clareza das informações que ele dispõe, para que surja o menor número de dúvidas possíveis na execução. Outros pontos analisados são a compatibilidade e a construtibilidade do conjunto de projetos, que podem possibilitar uma menor quantidade de desperdícios e correções, [24].

O usuário, consumidor do produto, avalia o projeto através do seu nível de satisfação em relação ao conforto térmico, acústico, bem-estar, segurança, funcionalidade, gastos com manutenção, entre outros requisitos que considera significativos, [24].

É importante observar que existe a possibilidade de mais de um papel ser exercido por uma pessoa ou empresa, como a empresa projetista também realizar a parte da construção ou o empreendedor também ser o usuário final da edificação.

Através da análise de cada ponto de vista dos envolvidos no empreendimento, e considerando o ciclo da qualidade na construção civil, conclui-se que o projeto possui uma relação direta com todas as partes deste ciclo.

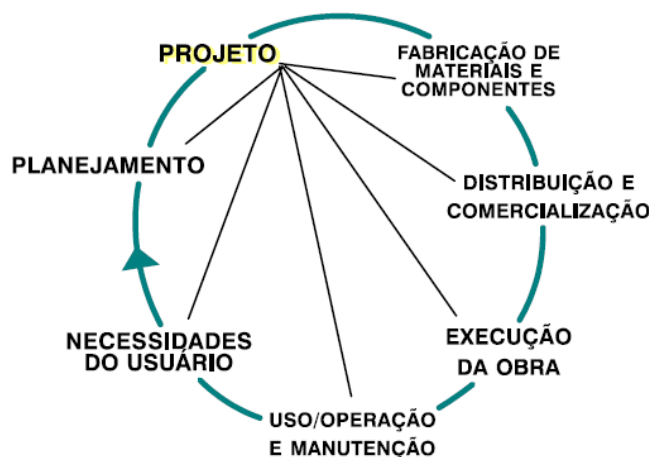


Figura 8: O ciclo da qualidade da construção civil e as relações entre o projeto e os demais participantes do ciclo [24]

3.1.3. Falhas em Projeto

Como observado no item anterior, o projeto de construção possui total influência sobre o resultado final e desempenho da edificação. Sua realização, considerando aspectos construtivos, tecnológicos e comerciais, pode alavancar ganhos financeiros e garantir a satisfação dos envolvidos. Por outro lado, as deficiências de projeto podem causar diversas consequências negativas, como o não atendimento dos requisitos dos investidores e usuários do empreendimento, aumento de custos, baixa eficiência do processo construtivo e futuras patologias, [29].

Um dos problemas correntes na construção civil é a não valorização do projeto frente ao ciclo de um empreendimento, destinando-se um pequeno prazo e reduzida verba para se projetar. O projeto resultante possui pouco detalhamento e representa mais uma obrigação legal do que um complemento à obra, [12]. Nestes casos onde o construtor deve resolver e definir pormenores construtivos, principalmente quando o construtor não está preparado para resolver esses problemas, a probabilidade de ocorrência de atrasos na obra, utilização ineficiente de recursos e erros de execução do serviço aumentam consideravelmente, [30].

Os projetos de engenharia e arquitetura envolvem diversas áreas de conhecimento, necessitando na maior parte das vezes de diversos profissionais para sua realização completa, o que exige um trabalho em equipe de qualidade, [30]. No entanto, há muitos casos onde os projetos de determinada edificação são desenvolvidos paralelamente entre os projetistas envolvidos, sendo apenas analisados no momento da construção. Este tipo de atividade pode gerar uma grande quantidade de incompatibilidades entre os projetos, atrasos em obra e perdas de materiais, [12].

Em relação ao processo de projeto em si, pode-se apontar como dificuldades encontradas pelas empresas a realização de um programa de necessidades eficiente e o desenvolvimento de projetos que atendam todas as necessidades dos clientes, [25]. Outras falhas recorrentes são a realização de projetos incompletos, falta de especificação de materiais e especificações não condizentes com os desenhos, [30].

O conceito de construtibilidade, que será explicado com mais detalhes no próximo item, ainda não é aplicado de forma integral na fase de elaboração de projetos, resultando em projetos sem instruções para a execução da obra e sem eficiência construtiva, [30]. Este fato é intensificado pela existente falha de comunicação entre projetistas e empresa construtora. Esta falta de comunicação, além de não beneficiar a execução de obras, prejudica a retroalimentação de projetos futuros, [24].

Como já evidenciado na explicação do sistema de gestão da qualidade, é sempre necessária uma análise de desempenho para futuras melhorias. As empresas de projeto certificadas com sistemas de qualidade realizam avaliações dos seus processos e levantam informações com seus clientes, mas nem sempre estes resultados contribuem para a melhoria dos processos, pois em certos casos as avaliações não detectam os verdadeiros problemas ou abrangem todos os pontos importantes, [25].

3.1.4. Construtibilidade em Projetos de Construção

É de extrema importância, como já visto, que ocorra uma integração entre o projeto e a execução de uma construção. Construtibilidade é a aplicação do conhecimento e experiência na execução de obras no planejamento de um projeto de construção. Esta prática tem como objetivo contribuir no cumprimento das metas do projeto no menor tempo possível, mantendo-se no orçamento previsto, [31].

A construtibilidade possui princípios que devem ser aplicados durante o desenvolvimento do projeto e no período da construção. Entre as exigências, temos a formação de equipe de projeto com profissionais capacitados nas diversas áreas envolvidas no projeto, o registro de todas as informações tomadas, utilização dos conhecimentos construtivos na definição das estratégias contratuais, estabelecimento de tempo para a execução condizente com o tempo de condução dos processos construtivos, opção por processos construtivos mais eficientes e recentes, adequação do canteiro de obras para facilitar a execução do empreendimento, garantia da eficiência construtiva, utilização de elementos e dimensões padronizadas, planejamento das operações da construção em condições atmosféricas adversas, gerenciamento dos riscos do projeto e a possibilidade de ação simultânea de diversas frentes de trabalho, [30].

Quando se fala em construtibilidade, além dos seus princípios, deve ser considerada sua adequação e harmonia com os conceitos de manutenção, reabilitação, operacionalidade, segurança e qualidade. Quanto à manutenção e reabilitação, as escolhas de projeto devem acarretar nos menores custos e frequência de manutenção e reabilitação possíveis. O conceito de operacionalidade está relacionado aos usuários, como forma de garantir que seus requisitos sejam cumpridos. A segurança está relacionada com as escolhas de projeto que acarretem em menores riscos de acidentes de trabalho. A qualidade, como já mencionada no item anterior, deve estar presente em todas as etapas da construção do empreendimento, para garantir o cumprimento dos objetivos finais, [30].

3.1.5. Processo de Projeto

O processo de projeto, podendo ser entendido como o desenvolvimento do projeto, possui uma importância estratégica para o sucesso do empreendimento. Neste processo não se deve apenas levar em consideração os desenhos gerados, mas também a gestão do processo e sua relação com as etapas posteriores de produção do empreendimento ou produto final. Seu funcionamento pode ser dividido em diversas etapas. Cada etapa gera um resultado, que deve ser analisado em relação aos seus requisitos antes do seguimento do processo, [25].

As empresas de projetos de construção, assim como outras empresas de qualquer setor, devem instruir seus serviços de acordo com a legislação vigente. Em Portugal existem exigências diferentes para obras públicas e privadas.

Quando se fala em obra privada, sua construção depende de uma licença administrativa ou comunicação prévia. É necessário o pedido de licença quando a obra de construção se encontra em área não abrangida por operação de loteamento ou plano pormenor. Em caso contrário, é necessária a comunicação prévia. Existem construções específicas em que não há necessidade de nenhum dos dois, consideradas obras de escassa relevância urbanística, [32]. Para que se consiga a licença administrativa ou comunicação prévia, certos elementos e especificações devem ser entregues. Pode-se destacar o requerimento da operação, termos de responsabilidade dos profissionais, levantamento topográfico, memória descritiva, projeto de arquitetura, estimativa de custo da obra, projetos de especialidades, alvará de construção, livro de obra e plano de segurança e saúde, [33].

Diferente das obras privadas, as obras públicas possuem mais exigências, sendo estas baseadas no Código dos Contratos Públicos (CCP). Nestes casos, os projetos possuem normas em relação a sua elaboração e faseamento, [34]. A Figura 9 apresenta as fases de um projeto de obra pública:

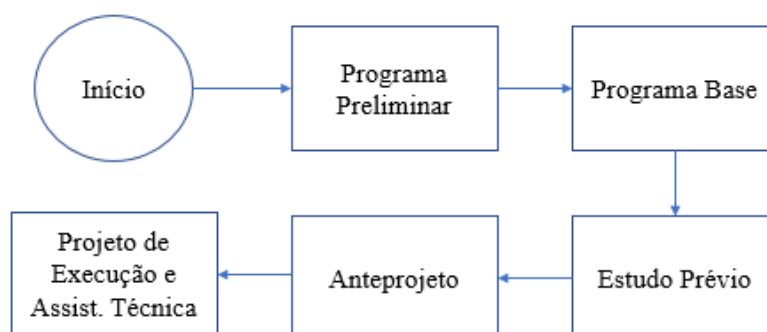


Figura 9: Fases de um projeto de obra pública

O programa preliminar não é considerado especificamente como fase do projeto de acordo com a legislação, e sim como um antecedente ao projeto. Sua documentação é fornecida pelo dono da obra e contém os objetivos do projeto, as exigências de utilização e conforto, dados sobre a localização do futuro empreendimento, levantamento topográfico do local, informações sobre a infraestrutura local e limitações de custo e prazo para projeto e execução da obra, [34].

O programa base, primeira fase de projeto, consiste na elaboração de uma solução inicial apresentada ao dono da obra, baseada no programa preliminar. Os elementos do programa base são um esquema da obra, critérios gerais de dimensionamento, condicionantes locais, desenhos e possíveis alternativas, estimativa geral do custo e informações sobre a

necessidade de outros estudos (geológicos, climáticos, etc). Em casos de edifícios, outras informações também devem estar presentes, como o organograma das funções dos utentes, descrição e justificação das necessidades de equipamentos, exigências dos ambientes, entre outras, [34].

Após a aprovação do programa base por parte do dono da obra, elabora-se o estudo prévio, que consiste no desenvolvimento das soluções aprovadas na etapa anterior. Esta fase contém, entre outros elementos, desenhos sob forma de plantas e cortes, pré-dimensionamento dos projetos de especialidades, estimativa mais aproximada de custo da obra e compartimentação do edifício. O estudo do solo deve ser entregue aos projetistas nesta etapa, [34].

Após a aprovação do estudo prévio por parte do dono da obra, elabora-se o anteprojeto ou projeto base, que consiste no desenvolvimento das soluções aprovadas na etapa anterior. Esta fase contém, entre outros elementos, desenhos discriminando as áreas e equipamentos dos edifícios, implantação exata do edifício no terreno, descrição dos processos de construção, quantidades de trabalho e orçamento preliminar da obra. Nesta etapa ocorre o dimensionamento dos projetos de especialidades e a especificação dos principais elementos dos projetos, como a localização de caixa de água, pontos de seccionamento de tubulações, quadros elétricos, dutos principais de esgoto e caixas de inspeção, [34].

Aprovado o anteprojeto pelo dono da obra, elabora-se o projeto de execução, última etapa de projeto. Nesta etapa geram-se todos os documentos e informações exigidas para a aprovação final, sendo estes as plantas e desenhos de pormenores, memória descritiva e justificativa, cálculos de projeto, projetos de especialidades, arruamentos, entre outros. A assistência técnica é um direito e uma obrigação do projetista, durante o processo de adjudicação da obra e após o início da construção, esclarecendo qualquer dúvida de interpretação do projeto e auxiliando o dono da obra quando for necessário, [34].

O processo de projeto também já foi discutido e modelado por diversos autores. Melhado [24] propõe uma divisão de etapas para o processo de projeto, mostrando desde a idealização do empreendimento até a sua entrega para o usuário. A Figura 10 apresenta esta proposta:

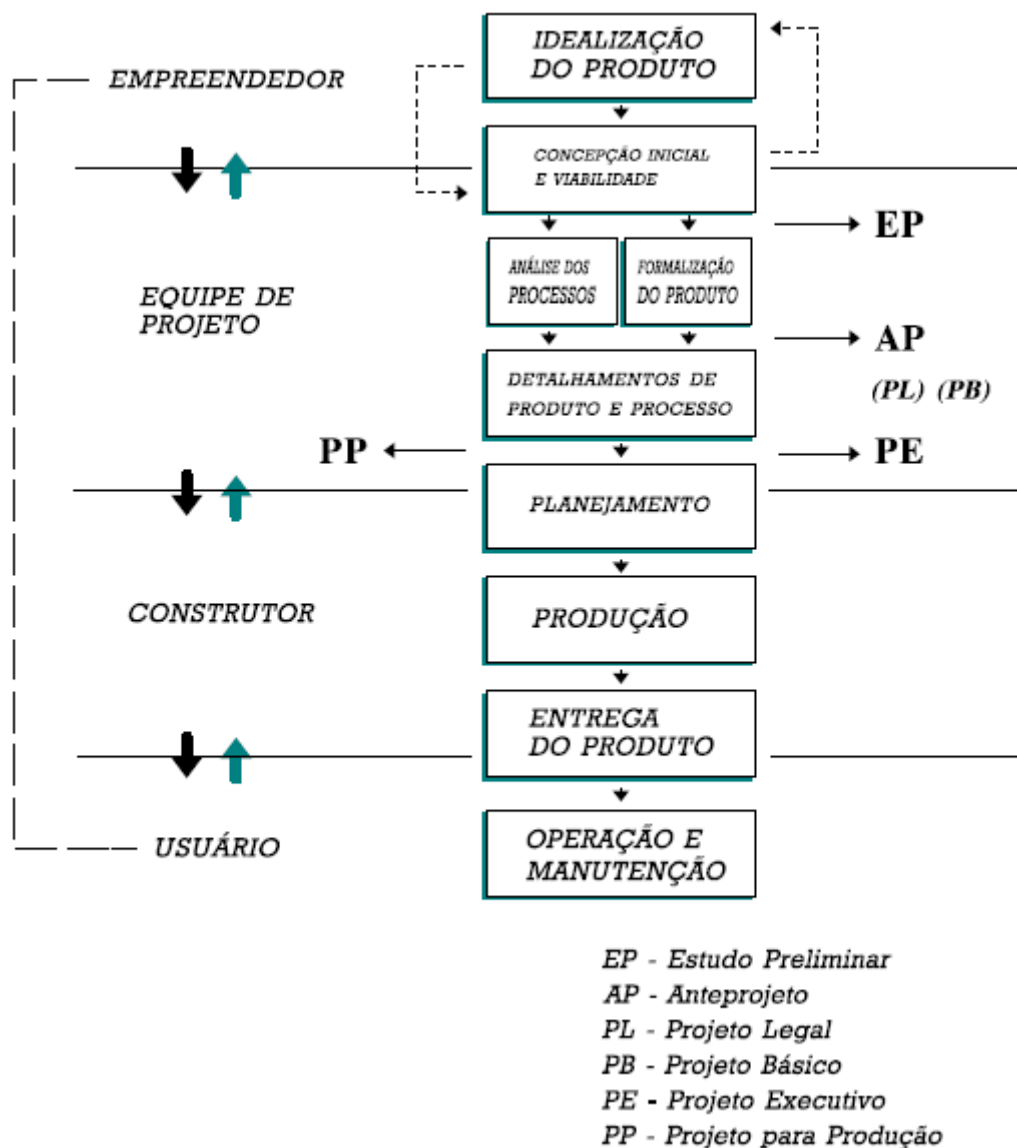


Figura 10: Fluxograma geral de atividades para a realização de um empreendimento [24]

Segundo Melhado [24], o processo de projeto pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Idealização do produto: a partir do programa de necessidades, a equipe de projeto elabora uma primeira solução;
- Análise de viabilidade: a solução inicial é analisada, utilizando-se de diversos critérios, como custo, tecnologias e restrições legais. Caso a solução não possa ser validada, ela é modificada. Este processo se repete até que se encontre uma solução definitiva. Desta solução gera-se um Estudo Preliminar (EP), ou seja, uma concepção gráfica preliminar, onde se é possível avaliar o partido arquitetônico e a implantação do empreendimento no terreno. O EP serve como base para o desenvolvimento do projeto;

- **Formalização:** a solução definitiva é formalizada e o Anteprojeto (AP) é realizado. O AP é a representação preliminar gráfica e com especificações técnicas do empreendimento, contendo, entre outros itens, concepção dos sistemas de instalações prediais, pré-dimensionamento da estrutura e tecnologias construtivas.
- **Detalhamento:** nesta etapa ocorre o detalhamento do projeto final, gerando o Projeto Executivo (PE) e o Projeto para Produção (PP). O PE representa o projeto finalizado, contendo todas as informações completas, especificações técnicas, orçamento e contratação das atividades de construção. O PP é o projeto que contém elementos voltados para a execução da obra, como a sequência dos processos construtivos, os equipamentos que devem ser utilizados, entre outros.
- **Planejamento e execução:** nesta etapa ocorre o planejamento e a execução do empreendimento pela construtora. A equipe de projeto deve realizar assistência técnica durante toda esta etapa.
- **Entrega:** o empreendimento é entregue para os usuários. É preciso colher feedback dos mesmos, para que haja uma melhora nos projetos posteriores.

A proposta de Melhado [24] e o processo de projeto exigido para obras públicas em Portugal possuem semelhanças. Os dois modelos apresentam etapas parecidas, atribuem muita importância para o levantamento dos objetivos e requisitos do dono da obra, aplicam o conceito de construtibilidade e principalmente consideram o desenvolvimento do projeto por uma equipe multidisciplinar, sendo esta dirigida por um coordenador de projeto.

A equipe multidisciplinar de projeto do modelo de Melhado [24], além de possuir um coordenador de projeto, o representante do empreendedor, arquiteto e engenheiros, considera a presença de um grupo do projeto de produção ligado ao construtor, melhorando a interação entre projeto e execução de obra. A presença de consultores técnicos e outros projetistas pode se fazer necessária, dependendo do empreendimento, ver Figura 11.

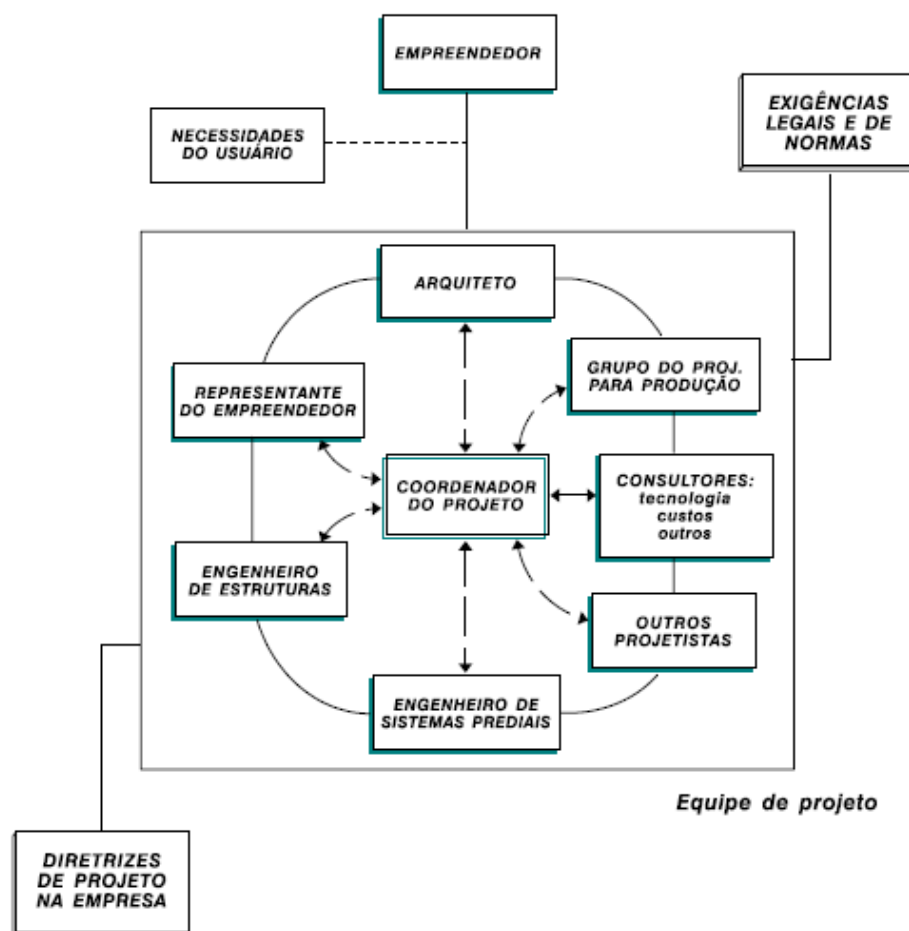


Figura 11: Equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto [24]

A utilização de um modelo estruturado de processo de projeto diminui a probabilidade de ocorrência de falhas no projeto, mas sua aplicação não é realizada por todas as empresas, devido a cultura, pouco tempo de planejamento e outros fatores discutidos no item 3.1.3.

3.2. Empresa de Projeto como um Sistema

As organizações, além de seus produtos ou serviços, possuem outras atividades internas necessárias para o bom funcionamento de todo o seu ciclo produtivo. De acordo com Oliveira [35], podemos visualizar uma empresa como um sistema. Segundo o autor, “Sistema é um conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam função específica”. Como partes principais de um sistema, encontram-se os objetivos, as entradas, o processo de transformação, as saídas, os controles e a realimentação. A ideia de empresa como sistema está presente no modelo de

gestão da qualidade, pois se definem objetivos, realiza-se o processo produtivo, coletam-se resultados e depois aplicam-se melhorias, como um ciclo PDCA.

Relacionando e interpretando as partes do sistema em uma empresa de projetos de construção, temos na etapa de objetivos o planejamento da empresa, análise do ambiente externo e interno, definição do público alvo, lucros esperados, custo de investimentos em inovações, estratégias de diferenciação no mercado, entre outras possíveis análises. As entradas do sistema são as informações do cliente, recursos, materiais e qualquer outro item necessário para a transformação dos insumos em saídas ou resultado final. As saídas correspondem aos projetos, assessorias e estudos, [12].

As outras duas etapas que completam o sistema são os controles e a realimentação. Os controles possuem como finalidade verificar se as saídas estão de acordo com os objetivos e exigências de entrada. A realimentação corresponde ao feedback do processo, gerando melhorias e mais informação nas entradas do sistema, [35]. Uma importante ferramenta para as empresas de projeto é a análise de desempenho, onde é possível avaliar os projetos entregues e a gestão da empresa como um todo. Em relação ao projeto, pode-se analisar, por exemplo, o prazo, preço, clareza e grau de compatibilização, [12].

Para que a empresa funcione como um sistema, sua estrutura organizacional é dividida em subsistemas, onde cada um possui suas características específicas. O subsistema de produção, que engloba o processo de projeto discutido anteriormente, é o componente principal da empresa, mas para que a mesma consiga atingir seus objetivos outros subsistemas são necessários, como por exemplo o segmento comercial, recursos humanos e finanças, [12].

O subsistema comercial de uma empresa consiste em todos os processos relacionados ao marketing, captação e manutenção de clientes, proposta técnico-comercial e precificação do produto, [12]. O marketing pode ser entendido como um mecanismo para atrair o interesse do público alvo e gerar negociações que beneficiem a empresa e os clientes. Como já visto anteriormente, as entregas de uma empresa de projetos caracterizam-se mais como serviços, necessitando de um marketing diferente do que é feito em empresas que oferecem mercadorias. Um serviço não existe antes de ser comprado, não pode ser separado dos profissionais envolvidos em sua produção, tem variabilidade de resultados, não pode ser estocado e possui um preço subjetivo. Todas essas características fazem com que a empresa necessite de profissionais altamente qualificados, tanto em habilidades técnicas como interpessoais, para que alcance uma boa reputação no mercado. Os projetos de construção, além do que foi citado, possuem quatro características específicas que diferenciam a maneira como se trabalha o seu marketing, explicadas abaixo, [36]:

- Consumo restrito: os projetos de construção civil não são comprados por muitas pessoas, além dos clientes geralmente realizarem apenas uma compra na vida. As técnicas de marketing para produtos de consumo de massa não são muito bem aproveitadas neste caso, devendo ser substituídas por comunicação direta, visita pessoal, propaganda boca-a-boca e abordagem didática com os clientes.
- Alta componente intelectual agregada: os profissionais envolvidos na elaboração de um projeto necessitam de elevada capacidade técnica, fator muitas vezes não valorizado pelos clientes. É preciso que o profissional valorize seu conhecimento, desenvolva habilidades de comunicação e se atente à percepção do cliente sobre o serviço.
- Serviço intermediário: o projeto de engenharia é um serviço intermediário que faz parte do processo de produção do empreendimento, sendo este o resultado esperado. Muitas vezes o cliente considera o projeto como uma despesa e não um investimento, sendo necessário que o profissional faça com que o cliente entenda a importância do projeto para a concretização do empreendimento. Durante o trabalho, o projetista deve falar muito mais do produto final do que do serviço ofertado.
- Vantagens e benefícios não evidentes: o resultado do projeto, sendo este parte de um processo maior, só é percebido após a conclusão da construção, e muitas vezes é atribuído aos construtores. É necessário que os projetistas apresentem aos clientes os benefícios presentes no produto final que foram advindos dos serviços de arquitetura e engenharia na fase de projeto.

Para se definir uma proposta técnico-comercial e o preço de um serviço, o subsistema de finanças também possui grande importância. Para que se possa ter controle sobre todas as contas relacionadas aos processos da organização, é necessário identificar, entender e acompanhar todos os custos e entradas da empresa. Esta atividade, além do benefício já citado, possibilita uma análise financeira dos processos e uma possível diminuição de custos, [28].

Os recursos humanos, outro subsistema, são uma das principais partes de uma organização, pois possibilita a realização de atividades e o cumprimento de metas. Atualmente, a gestão de recursos humanos, além de seus processos burocráticos, inclui a prática de treinamentos, envolvimento estratégico, planejamento e recrutamento, com o objetivo de promover mudanças no ambiente, engajamento estratégico e incentivar o comprometimento e criatividade dos funcionários, [37].

Quando se fala em gestão de recursos humanos em empresas de projeto, o gestor da empresa é referido como um dos grandes responsáveis pelo clima organizacional e as condições de trabalho. Este profissional pode despertar a motivação dos funcionários através de várias formas, entre elas, apresentando os objetivos traçados e o papel de cada um dentro da empresa, mantendo um bom relacionamento com todos, reconhecendo suas realizações, demonstrando confiança na equipe, incentivando os funcionários a planejarem todas as suas atividades e criando planos de treinamento. Esta última prática, além de aumentar a confiança do trabalhador, resulta em uma melhora de resultados facilmente percebida pelos clientes, [12].

Este item do trabalho teve como objetivo descrever um pouco sobre alguns dos outros subsistemas presentes em uma empresa de projetos de construção, além do subsistema principal de projeto. É claro que cada empresa possui suas particularidades e pode dividir seus processos e departamentos de maneiras diferentes.

4. PROJETO DE BETÃO ARMADO

4.1. Características Gerais da Estrutura

Uma estrutura em betão armado corresponde a um sistema extremamente complexo, na qual espera-se que atenda os requisitos de qualidade do cliente, considerando aspectos de segurança e economia. Na visão do projetista, o projeto estrutural deve atender aos requisitos do dono da obra, garantir maior facilidade de execução e possibilitar uma adequada utilização e manutenção. As três etapas básicas de uma estrutura ou de qualquer outra atividade da construção civil, denominadas “concepção”, “execução” e “utilização”, podem influenciar ou determinar a qualidade final da estrutura, pois problemas patológicos podem ser originados de qualquer uma delas, [38]. Os próximos itens deste capítulo irão abordar a legislação aplicada ao projeto de estruturas de betão armado, as principais atividades e elementos do projeto de estruturas e as principais falhas em estruturas de betão armado.

4.2. Legislação Aplicada ao Projeto

O desenvolvimento de um projeto de estruturas de betão armado envolve uma considerável regulamentação. Para a realização do dimensionamento destas estruturas, o projetista deve se orientar pelas normas NP EN 1992-1-1-2010 e NP EN 1992-1-2-2010 (Eurocódigo 2), normas que se encontram em processo de substituição do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP) e o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), [39]. O Eurocódigo 2 também descreve disposições construtivas relativas à estrutura, de modo a harmonizar o projeto e a execução de obras, [40].

Em relação aos elementos que devem compor o projeto de estruturas, existem exigências diferentes para obras públicas e privadas. Para o primeiro caso, a Portaria nº 701-H/2008 [34] estabelece as etapas de projeto e os elementos do projeto de execução, e para o segundo caso baseia-se na Portaria nº 113/2015 [33].

O Decreto-Lei nº 301/2007 determina as circunstâncias relacionadas à especificação, produção e execução de betões de ligantes hidráulicos, tornando obrigatório o cumprimento das normas NP EN 206-1 e NP ENV 13670-1. Estes três documentos são de fundamental importância para os projetistas, produtores de betão e empresas construtoras, [41].

Os documentos apresentados neste item constituem a principal legislação e normalização relacionada ao projeto de estruturas de betão armado, podendo ser necessário a consulta de outros regulamentos quando necessário.

4.3. Atividades de Projeto e seus Componentes

O capítulo 3 deste trabalho apresentou de maneira sucinta o processo de projeto exigido para obras públicas, dividido em programa preliminar, programa base, estudo prévio, anteprojeto, projeto de execução e assistência técnica. O projeto estrutural, neste caso em betão armado, é uma das componentes do projeto como um todo e obviamente também é segmentado desta forma. As principais atividades do processo de projeto estrutural, respectivamente às etapas descritas, são a definição dos requisitos de utilização do empreendimento ao longo de sua vida útil, análise das condicionantes do projeto estrutural (soluções arquitetônicas, estruturas existentes e condições do terreno e do solo), definição dos materiais e pré-dimensionamento da estrutura, dimensionamento da estrutura, elaboração das especificações e elementos gráficos finais, e por último assistência técnica do projetista, [34].

O pré-dimensionamento e dimensionamento da estrutura de betão armado, após a coleta dos requisitos do cliente e análise das condicionantes de projeto, consistem basicamente nas definições da vida útil da estrutura e classe de agressividade do local, lançamento da estrutura, definição das cargas atuantes e carregamento da estrutura, verificação dos parâmetros de cálculo e detalhamento do projeto, [42]. O projetista deve ter total conhecimento sobre a norma de dimensionamento a ser seguida e sobre os softwares que serão utilizados.

O projeto de execução, como já citado, consiste nos elementos gráficos finais e nas especificações necessárias. Para obras públicas, mais especificamente para obras de edifícios, são elementos obrigatórios do projeto estrutural a memória descritiva, justificativa e verificações de cálculo, especificações técnicas do caderno de encargos, plantas e cortes definidores da estrutura, cota dos elementos estruturais e suas dimensões, localização e dimensão das aberturas para tubulações nos elementos estruturais, altura dos pilares e qualquer outro pormenor necessário para a execução da estrutura sem dúvidas ou ambiguidades, [34]. Para obras privadas não há um aprofundamento parecido sobre os componentes do projeto, Nestes casos, o projeto estrutural deve conter um projeto de escavação e contenção periférica, deve ser realizado um levantamento topográfico e o

projetista deve assinar um termo de responsabilidade quanto às disposições legais e regulamentares aplicáveis, [33].

Ainda sobre especificações de projeto, o projetista estrutural deve especificar, para qualquer tipo de obra, o tempo de vida útil da estrutura, a Classe de Inspeção a adotar para a estrutura, as propriedades adicionais do betão e das armaduras que devem ser verificadas pelo construtor através de ensaios de receção (quando aplicável), a obrigatoriedade de determinados ensaios de identidade do betão e receção da armadura (quando aplicável) e operações de observação e manutenção da estrutura ao longo de sua vida útil, [41].

A Classe de Inspeção, também conhecida como Classe de Execução, é um item determinado pelo projetista que tem como intuito especificar como deve ser feita a inspeção e documentação para verificar a conformidade dos materiais e a execução dos trabalhos conforme as normas e especificações de projeto. A Classe de Inspeção é definida pela norma NP ENV 13670:2011 [43] em função do tipo de construção, tipos de elementos estruturais e tipos de materiais (classe de resistência e classe de exposição), podendo a obra ser especificada como Classe 1, 2 ou 3. Os requisitos de qualidade exigidos aumentam da Classe 1 para a 3. Para as Classes 2 e 3 são obrigatórios ensaios de resistência do betão e receção das armaduras em laboratórios acreditados, sendo que a Classe 3 ainda exige que o betão tenha controle certificado da sua fabricação. Para a Classe 1, a realização desses ensaios só é obrigatória quando for considerada necessária pelo projetista e estabelecida em projeto, [41]. É importante salientar que, apesar da não obrigatoriedade de ensaios e verificações de execução para todos os tipos de obra, a especificação ou mera recomendação do projetista quanto a estes procedimentos e materiais de construção pode contribuir para a maior qualidade do produto final. A observação quanto à Marcação CE dos componentes do betão é um exemplo, [44]. O aço, ao contrário dos materiais do betão, não possui normas harmonizadas, logo não pode ter Marcação CE. Em relação a este material, deve-se garantir que o mesmo é certificado por organismo acreditado, conforme normas ou especificações técnicas portuguesas ou europeias aplicáveis, [45].

Para concluir este item, destaca-se como importante a prática de revisão de projetos, aspecto importante para minimizar os erros de projeto e contribuir para a garantia da qualidade da estrutura. Os aspectos que devem ser analisados nesta atividade são os documentos e exigências de projeto, critérios de projeto, adequação da concepção, materiais e processos construtivos escolhidos, condições de segurança, desenhos de projeto, medições e custos estipulados, adequação dos prazos e pormenores de execução, [46]. A prática de

revisão de projetos é uma obrigatoriedade em determinadas classificações de obras públicas e deve ser realizada por entidade qualificada e distinta ao autor do projeto, [47].

4.4. Falhas Relacionadas à Estrutura

Pode-se destacar, como principais falhas presentes nas estruturas de betão armado, as seguintes patologias: fissuração, corrosão das armaduras, desagregação e lixiviação do betão e deformações elevadas, [48]. Cada uma destas patologias pode ter inúmeras causas, direta ou indiretamente ligadas ao projeto.

A fissuração, citada no parágrafo anterior, é uma propriedade natural do betão, mas sua abertura não deve ultrapassar limites aceitáveis, pois ela permite a entrada de agentes agressivos à estrutura e pode gerar uma diminuição da durabilidade da mesma. Sua causa pode estar em projeto, como o subdimensionamento da estrutura, não consideração de juntas e não realização de estudo do solo, como também na má escolha de materiais e execução da estrutura durante a obra, [38].

A corrosão das armaduras, outra patologia comum, pode ser causada pelas próprias fissuras do betão, pelo erro em projeto na definição da classe de agressividade do ambiente, pela utilização de materiais inadequados, entre outras possibilidades. As patologias referentes ao betão, como a desagregação e a lixiviação, podem estar relacionadas também à classe de agressividade do ambiente, à falta de compatibilidade dos projetos, à concepção e o formato das estruturas (acúmulo de água), entre outros fatores relacionados à execução da estrutura. Tanto a corrosão da armadura quanto os problemas com o betão podem gerar grandes perdas de resistência da estrutura e custos inesperados de manutenção, [38].

A deformação elevada de uma estrutura, apesar de muitas vezes não interferir na resistência da mesma, pode causar fissuras e travamento ou danificação de elementos em contato com as peças estruturais, além de gerar um incômodo visual ao usuário. Esta deformação pode estar relacionada à determinado erro de cálculo de projeto, aumento de cargas ou erro de dimensionamento da cofragem, [49].

A estrutura de betão armado, além das patologias já citadas, também pode apresentar outras falhas menos comuns, como a deterioração por processos biológicos e até mesmo o colapso da estrutura. Como o projeto também deve atender requisitos econômicos e proporcionar a satisfação de todos os clientes do projeto (dono da obra, construtor e usuário), outras possíveis falhas também podem ser consideradas, como a concepção de estruturas de

difícil execução, dimensões não usuais e desperdício de materiais durante a execução da estrutura.

Como pôde ser observado, a fase de projeto é a principal responsável pelo surgimento de falhas da estrutura. Visto que a qualidade do projeto é algo fundamental, certas práticas de projeto podem impossibilitar determinadas causas de falhas, como o dimensionamento correto e a compatibilidade de projeto, e em outros casos podem diminuir a probabilidade de erro durante a execução de obras, como a especificação de procedimentos para a execução da estrutura e pormenores de projeto, [50]. A Tabela 3 apresenta de forma resumida as principais anomalias em estruturas de betão armado e suas possíveis causas.

| Principais Anomalias | Possíveis Causas |
|-----------------------------|---|
| Fissuração | Erros de dimensionamento em projeto, mudança de utilização da estrutura, retração plástica, retração térmica, materiais inadequados, ausência de juntas ou juntas mal dimensionadas, recalques de fundação, corrosão das armaduras. |
| Corrosão das armaduras | Classe de agressividade incorreta, cobrimento da armadura insuficiente, ataque de cloretos, betão de resistência e porosidade inadequada, fissuras. |
| Degradação química do betão | Agregados reativos e umidade, alto teor de álcalis no betão, alta concentração de sulfatos no ambiente, betão de alta porosidade. |
| Deformação elevada | Erros de dimensionamento em projeto, mal dimensionamento da cofragem, aumento de cargas de utilização na estrutura. |
| Destruição do betão | Erros de dimensionamento em projeto, aumento de cargas de utilização na estrutura, betão inadequado, impactos na estrutura, ação excepcional. |

Tabela 3: Principais anomalias do betão armado e suas possíveis causas

5. INQUÉRITO

5.1. Aspectos Gerais

A partir da revisão bibliográfica foi possível criar o questionário que foi aplicado nas empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001. As respostas obtidas do questionário são a base para o cumprimento dos objetivos da tese, sendo estes analisar a gestão de riscos das empresas e propor uma metodologia para a realização desta gestão.

Nos próximos itens do capítulo 5 serão discutidas a formulação do questionário e as respostas obtidas.

5.2. Questionário

O questionário é uma técnica de investigação onde se aplicam determinadas questões com o intuito de obter informações sobre um assunto. Devido a possibilidade de um questionário ser auto-aplicado, ou seja, poder ser respondido sem a presença do investigador, sua utilização permite atingir um grande número de empresas, implica em menores gastos e permite que as pessoas o respondam quando acharem mais conveniente, [51].

A realização deste questionário ocorreu através das seguintes etapas:

- Definição dos objetivos do questionário;
- Elaboração inicial e teste-piloto;
- Definição das questões;
- Distribuição do questionário e coleta de respostas;
- Verificação da amostra;
- Análise dos dados.

As etapas serão discutidas nos próximos subitens. A última delas, “Análise de Dados”, está presente no item 5.3.

5.2.1. Definição dos Objetivos do Questionário

Os objetivos do questionário são:

- Coletar dados gerais das empresas de projetos de construção;

- Identificar as práticas de gestão de riscos aplicadas pelas empresas, motivos que dificultam essa prática e se houve melhora na gestão como um todo;
- Identificar a probabilidade de possíveis riscos aos quais as empresas estão sujeitas;
- Identificar as práticas realizadas pelas empresas no processo de projeto como um todo e na elaboração do projeto de betão armado.

5.2.2. Elaboração Inicial e Teste-piloto

Após a definição dos objetivos do questionário, iniciou-se sua elaboração. As questões do questionário são baseadas na bibliografia apresentada e estão divididas entre perguntas abertas, fechadas e caixas de seleção. Devido ao fato de questionários muito extensos e trabalhosos possuírem grandes chances de não serem respondidos, a maior parte das questões são fechadas ou possuem caixas de seleção.

Após a elaboração inicial do questionário, realizou-se um teste-piloto. A aplicação de um teste permite evidenciar possíveis falhas na redação, detectar algum constrangimento ao informante, identificar o tempo necessário para responder o questionário e identificar alguma pergunta mal formulada ou desnecessária, [51]. Optou-se por realizar este teste pessoalmente com uma empresa, para que nenhum detalhe ou observação deixasse de ser informado ao pesquisador. Devido ao fato de não haver empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 na cidade de Bragança, o teste foi aplicado em uma empresa de projetos não certificada, denominada Seca Engenharia. O preenchimento e feedback do questionário por parte do engenheiro desta empresa foi de extrema importância, possibilitando um aprimoramento das questões, alteração de determinados termos e diminuição do conteúdo escrito.

5.2.3. Definição das Questões

O modelo final aplicado para as empresas é dividido em cinco partes, sendo a primeira parte a apresentação do tema, objetivos do trabalho e introdução geral. As outras partes formam quatro blocos de perguntas, designados como “Dados Gerais”, “Gestão de Riscos”, “Elaboração de Projetos” e “Projetos de Estruturas (Betão Armado)”, que serão apresentados a seguir.

- Dados Gerais

A Tabela 4 apresenta as informações coletadas no bloco de perguntas sobre os dados gerais das empresas de projeto:

| Informações coletadas: |
|--|
| 1) Nome da empresa; |
| 2) Ano de fundação; |
| 3) Número de funcionários; |
| 4) Função/cargo do entrevistado; |
| 5) Tipos de projeto de especialidades que a empresa realiza; |
| 6) Macroprocessos da empresa. |

Tabela 4: Informações coletadas sobre os dados gerais das empresas de projeto

O bloco de perguntas sobre os dados gerais tem como função principal registrar e caracterizar as empresas que contribuirão com o questionário. O ano de fundação, número de funcionários, tipos de projetos realizados e macroprocessos principais indicam o tempo de mercado das empresas, as áreas de atuação e suas atividades principais. O cargo do entrevistado é pedido como forma de aumentar a credibilidade e confiança nas respostas obtidas.

- Gestão de Riscos

A Tabela 5 apresenta as informações coletadas no bloco de perguntas sobre a gestão de riscos das empresas de projeto:

| Informações coletadas: |
|--|
| 1) Itens analisados pela empresa em sua gestão de riscos; |
| 2) Práticas e ferramentas utilizadas na identificação dos riscos; |
| 3) Práticas e ferramentas utilizadas na análise e resposta aos riscos; |
| 4) Realização ou não de controle e registro dos riscos; |
| 5) Período de início da gestão de riscos na empresa; |
| 6) Percepção ou não de melhores resultados com a gestão de riscos; |
| 7) Principais motivos que dificultam/impossibilitam a prática de gestão de riscos; |
| 8) Probabilidade de possíveis riscos aos quais as empresas estão sujeitas. |

Tabela 5: Informações coletadas sobre a gestão de riscos nas empresas de projeto

O bloco de perguntas sobre a gestão de riscos tem como função caracterizar esta prática nas empresas de projeto. A primeira pergunta permite identificar onde a gestão de

riscos é aplicada, ou seja, o que é analisado por ela. Esta pergunta possui caixas de seleção e contém itens como: contexto externo, processo de projeto, entre outros. As perguntas dois, três e quatro permitem identificar se o procedimento de gestão de riscos ocorre de maneira completa e se as empresas utilizam ferramentas desta área. As perguntas dois e três também possuem caixas de seleção, todas elas contendo práticas e ferramentas presentes na bibliografia apresentada e escolhidas por serem mais comuns e usuais de serem utilizadas. As perguntas cinco e seis permitem identificar se a gestão de riscos foi iniciada após a atualização da norma e se as empresas percebem uma melhoria de resultados com as práticas realizadas. A pergunta sete indica as principais dificuldades frente a gestão de riscos, tanto nas empresas que realizam estas práticas como nas empresas que não realizam. Esta última também possui uma caixa de seleção, com tópicos considerados relevantes pelo pesquisador, como falta de tempo e não conhecimento sobre a gestão de riscos.

A pergunta oito, com um enfoque um pouco diferente das perguntas anteriores, está relacionada ao objetivo do questionário de identificar a probabilidade de possíveis riscos aos quais as empresas estão sujeitas. Estão listados sete riscos gerais (ameaças) aos quais qualquer empresa pode estar sujeita, como falta de clientes, clientes insatisfeitos e alterações legislativas. Diante desta situação, as empresas marcaram, em uma escala de quatro graus (Praticamente Nulo, Pouco Provável, Provável e Muito Provável), a probabilidade destes riscos ocorrerem de acordo com suas respectivas realidades. A opção por uma escala de apenas quatro graus se justifica pelo fato de que o questionário deve ser rápido e simples de ser respondido, além de que esta escala já possibilita a aplicação destes dados na metodologia proposta.

É importante ressaltar que as respostas deste bloco são utilizadas não só para a caracterização e análise da gestão de riscos das empresas, mas também como dados para a aplicação da metodologia de gestão de riscos proposta.

- Elaboração de Projetos

A Tabela 6 apresenta as informações coletadas no bloco de perguntas sobre a elaboração de projetos nas empresas de projeto:

| Informações coletadas: |
|--|
| 1) Tipos de formações oferecidas aos funcionários; |
| 2) Etapas realizadas pelas empresas no processo de projeto para obras públicas e privadas; |
| 3) Realização ou não de projetos de maneira conjunta entre os projetistas; |
| 4) Existência ou não de metodologia de comunicação com outras empresas; |
| 5) Práticas realizadas pela empresa considerando a satisfação do dono da obra; |
| 6) Práticas realizadas pela empresa considerando a satisfação da empresa construtora; |
| 7) Práticas realizadas pela empresa considerando a satisfação do usuário final; |
| 8) Realização ou não de pesquisa de satisfação com os clientes. |

Tabela 6: Informações coletadas sobre a elaboração de projetos nas empresas de projeto

O bloco de perguntas sobre projetos permite a identificação das práticas e do funcionamento geral do processo de projeto das empresas. A pergunta número um permite identificar os treinamentos oferecidos pelas empresas aos funcionários, de forma que eles estejam mais capacitados para suas funções. A pergunta possui caixas de seleção com alguns treinamentos considerados importantes pelo pesquisador, como softwares de engenharia e gestão de projetos. A segunda pergunta permite identificar as etapas do processo de projeto das empresas, principalmente se elas realizam, para uma obra privada, todas as etapas obrigatórias para uma obra pública, o que resultaria em uma menor probabilidade de ocorrência de falhas e maiores benefícios para os envolvidos. A terceira e quarta pergunta estão relacionadas com a compatibilização de projetos, tanto internamente quanto em casos onde determinado projeto é realizado por outra empresa, sendo um dos fatores mais importantes nesta etapa de um empreendimento. As perguntas cinco, seis e sete permitem a identificação de práticas realizadas pelas empresas no processo de projeto com o intuito de possibilitar a satisfação dos três tipos de clientes de um projeto: dono da obra, construtor e usuário final. As três perguntas possuem caixas de seleção, contendo tópicos retirados da revisão bibliográfica realizada, como a aplicação de novas tecnologias em projeto, aspectos de construtibilidade, opções que diminuam as necessidades de manutenção, entre outros. A pergunta oito, última deste bloco, permite identificar em quais tipos de clientes das empresas é realizada uma pesquisa de satisfação, o que possibilita identificar se há uma retroalimentação do processo e possíveis melhorias.

As perguntas deste bloco, apesar de não estarem relacionadas diretamente com a gestão de riscos, geram respostas que também são base para a metodologia proposta para as empresas, principalmente na aplicação da ferramenta de gestão de riscos para o processo de projeto. Outro ponto importante é a possível percepção de que uma empresa pode não possuir

práticas de gestão de riscos mas possuir processos de projetos muito completos e que possibilitam menores chances de riscos, assim como o contrário.

- **Projetos de Estruturas (Betão Armado)**

A Tabela 7 apresenta as informações coletadas no bloco de perguntas sobre o projeto de betão armado nas empresas de projeto:

| Informações coletadas: |
|--|
| 1) Existência ou não de práticas de gestão de riscos no projeto de betão armado; |
| 2) Aplicação ou não das práticas de gestão de riscos para obras públicas e privadas; |
| 3) Realização ou não de estudo (sondagem) do solo; |
| 4) Práticas realizadas pela empresa na elaboração de projeto de betão armado; |
| 5) Consideração ou não de algum risco significante durante a elaboração do projeto. |

Tabela 7: Informações coletadas sobre o projeto de betão armado nas empresas de projeto

O quarto e último bloco de perguntas do questionário, como é possível perceber pela tabela, está basicamente pautado em identificar se há alguma prática de gestão de riscos no projeto de betão armado e quando ela é aplicada, se existe algum risco especial considerado durante a elaboração desse tipo de projeto e identificar as práticas realizadas pela empresa na elaboração do projeto. A sondagem do solo, pergunta três, apesar de não ser uma obrigação para todo tipo de obra e geralmente ser terceirizado, está diretamente relacionado com a qualidade e segurança do resultado final. A pergunta quatro possui caixas de seleção, todas elas contendo práticas baseadas na revisão bibliográfica apresentada, como por exemplo a revisão dos parâmetros de cálculo e verificação dos elementos gráficos.

As respostas geradas neste bloco serão analisadas no item 5.3 e aplicadas na metodologia proposta, mais especificamente na parte da aplicação da ferramenta de gestão de riscos no projeto de especialidade.

5.2.4. Distribuição do Questionário e Coleta de Respostas

Após a definição de todas as perguntas do questionário, este foi elaborado e enviado para as empresas. Devido ao fato das empresas estarem dispersas por Portugal, optou-se por elaborar o questionário na plataforma “Formulários do Google”, de forma que as mesmas o preenchessem virtualmente. O modelo final do questionário, elaborado neste site, encontra-se no Anexo 1.

A etapa de distribuição e coleta das respostas, sem dúvida alguma, foi a parte mais difícil deste trabalho. Primeiramente trabalhou-se para identificar o número de empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 em Portugal. De acordo com os dados do IPAC [15], existem 298 empresas certificadas pela ISO 9001 no setor de “investigação, arquitetura, engenharia e técnicas afins” no ano de 2017. Este número é constituído pela soma dos dados recebidos dos 11 organismos de certificação de sistemas de gestão que estavam acreditados no momento da pesquisa. Em relação a estes dados, não foi possível determinar, dentre as 298 empresas, quantas delas são empresas de projetos de construção, pois este setor abrange mais de uma área específica e os organismos de certificação não são obrigados a fornecerem ao IPAC suas listas de empresas certificadas, mas apenas o número de empresas. Além de saber quantas empresas são de projetos de construção, também seria preciso descobrir quantas delas são de Portugal, já que estes organismos também certificam algumas empresas do exterior. Em razão do contexto apresentado, foi realizada uma longa pesquisa para identificar o maior número de empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 em Portugal, através da lista de gestores gerais da qualidade (marca de qualidade LNEC), alguns sites de empresas certificadoras e outros sites de engenharia civil ligados à atividade. Ao final da pesquisa foram encontradas 57 empresas.

Após o levantamento das empresas, o próximo passo foi entrar em contato com elas. Primeiramente a comunicação ocorreu por telefone, de forma que o pesquisador pudesse explicar resumidamente os objetivos da tese e o questionário. Em seguida, foi enviado um e-mail para as empresas contendo o link de acesso ao questionário online. Como este primeiro contato gerou muito poucas respostas, novas ligações foram feitas e outros e-mails foram enviados, mas ainda assim sem muita efetividade. O pesquisador acredita que a alta quantidade de trabalhos e compromissos dos profissionais, aliado a certo receio das empresas em conceder informações, foram os principais motivos que dificultaram a coleta de respostas do questionário. Diante desta situação, visto que o número de respostas obtidas era muito pequeno, apostou-se que o contato pessoal poderia trazer mais resultados. Como não seria possível visitar todas as empresas, o pesquisador realizou uma viagem para Porto e outra para Lisboa, pois nestas duas cidades estão localizadas mais de 50% das empresas levantadas na pesquisa. Apesar de algumas empresas ainda terem apresentado resistência em relação à pesquisa, o contato pessoal foi efetivo e resultou em uma boa quantidade de respostas. O número final de respostas e sua relação com o universo de empresas serão apresentados no próximo subitem.

5.2.5. Verificação da Amostra

Quando se realiza determinada pesquisa, na maior parte dos casos é inconcebível coletar a resposta de todo o público alvo, devido a fatores como o tamanho deste universo, limitações financeiras, tempo limitado, entre outros. Devido a estas condições, coleta-se os resultados através de uma amostra deste público alvo, de modo que ela seja representativa e reproduza o mais próximo possível as características do todo, [52].

Para que se determine o tamanho da amostra, quatro fatores devem ser especificados. Primeiramente deve-se informar o tamanho do público alvo (universo), podendo ser classificado como infinito (maior que 100.000) ou finito. Outro fator que deve ser especificado é o erro máximo permitido (margem de erro). Nunca os resultados obtidos de uma amostra serão totalmente fiéis ao público alvo, apresentando sempre um erro de medição. O terceiro fator que influencia no tamanho da amostra é o nível de confiança desejado, ou seja, a certeza de que os dados estão dentro da margem de erro estipulada. Exemplificando, caso se estipule um nível de confiança de 90% e a pesquisa é repetida por 100 vezes, através de amostras aleatórias e do mesmo tamanho, em 90 delas o resultado encontrado estará dentro da margem de erro especificada. O quarto fator a se determinar é a estimativa de resultado que esperamos encontrar, [51].

Após a descrição dos quatro fatores que influenciam no tamanho da amostra, percebe-se que um universo maior, uma margem de erro menor e um nível de confiança elevado resultam em um tamanho de amostra maior. A estimativa do resultado esperado também influencia neste tamanho da amostra, pois quanto mais heterogêneo é o resultado esperado, maior deve ser essa amostra. A Figura 12 apresenta a equação e os parâmetros para o cálculo do tamanho de amostra para universos finitos, que é o caso da pesquisa deste trabalho:

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N-1) + \sigma^2 \cdot p \cdot q}$$

n = Tamanho da amostra
 σ^2 = Nível de confiança escolhido, expresso em número de desvios-padrão
p = Porcentagem com a qual o fenômeno se verifica
q = Porcentagem complementar
N = Tamanho da população
 e^2 = Erro máximo permitido

Figura 12: Equação para o cálculo de amostras para populações finitas [51]

Como já foi discutido neste capítulo, a maior dificuldade deste trabalho foi levantar o número de empresas de projeto e conseguir o maior número de respostas para o questionário. Deste modo, o cálculo demonstrado acima será realizado de maneira inversa, ou seja, a partir do número de respostas obtidas, do universo total de empresas e da estimativa de resultado esperado, será possível determinar a margem de erro e o nível de confiança da amostra coletada.

Para o início dos cálculos é necessário determinar o principal parâmetro que será avaliado na pesquisa e estimar o resultado esperado para ele. Como a pesquisa busca entender esta adaptação das empresas ao novo requisito da ISO 9001 relacionado aos riscos das organizações, o fenômeno principal a se verificar é a realização ou não de práticas de gestão de riscos pelas empresas. Como esta análise nunca foi realizada anteriormente não há nenhum dado que informe a porcentagem de empresas de projeto certificadas que realizam práticas de gestão de riscos. Nestes casos, pode-se obter essa informação através de uma análise prévia de dados, pesquisa piloto ou opinião de especialistas, [53]. Após a coleta das primeiras 10 respostas, verificou-se que sete empresas realizam práticas de gestão de riscos e três não realizam. Portanto, o valor considerado da porcentagem esperada com a qual fenômeno se verifica (p) é de 70%, sendo a porcentagem complementar (q) igual a 30%.

O segundo passo é a informação sobre o tamanho da amostra e do universo. O número total de respostas obtidas no questionário é igual a 35, significando o tamanho da amostra (n). Como o tamanho exato do universo (N) é desconhecido, dois valores serão considerados, gerando dois resultados diferentes. O primeiro será de 298, número de empresas registradas no banco de dados do IPAC, e o segundo de 57, número de empresas identificadas na pesquisa. A Tabela 8 apresenta os valores do erro e do nível de confiança encontrados para cada um dos casos:

| | | | |
|--|-----|---------------------|-------|
| Amostra (n): | 35 | Nível de confiança: | 82,5% |
| Tamanho da população (N): | 298 | | |
| Porcentagem com o qual o fenômeno se verifica (p): | 70% | Margem de erro | 10% |
| Porcentagem complementar (q): | 30% | | |
| | | | |
| Amostra (n): | 35 | Nível de confiança: | 96% |
| Tamanho da população (N): | 57 | | |
| Porcentagem com o qual o fenômeno se verifica (p): | 70% | Margem de erro | 10% |
| Porcentagem complementar (q): | 30% | | |

Tabela 8: Erro amostral e nível de confiança da amostra

Pode-se observar através da tabela anterior que, apesar da margem de erro determinada para os dois casos ser relativamente alta (10%), os níveis de confiança da amostra são significativos. É importante lembrar que no primeiro caso o tamanho da população (N) corresponde ao número de empresas registradas no IPAC no setor de “investigação, arquitetura, engenharia e técnicas afins”, ou seja, o número real de empresas de projeto de construção é apenas uma das parcelas deste setor, que resultaria em um nível de confiança maior ou erro amostral menor do que os apresentados.

Através da análise dos dados obtidos das 35 empresas que contribuíram com o trabalho, verificou-se que 27 delas possuem práticas de gestão de riscos, enquanto as outras oito ainda não possuem. Estas 27 empresas correspondem a aproximadamente 77% da amostra, valor superior e relativamente próximo da porcentagem estimada inicialmente (70%).

O estudo estatístico permite a afirmação de que a porcentagem de empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 que possuem práticas de gestão de riscos está entre 67% e 87%, sendo que para o universo de 57 empresas encontradas, em 96% de qualquer quantidade de amostras coletadas (de tamanho igual a 35) o resultado encontrado estará dentro deste intervalo. As características desta gestão de riscos e as práticas realizadas pelas empresas serão apresentadas e discutidas no próximo item.

5.3. Análise da Gestão de Riscos nas Empresas de Projetos de Construção

A análise da gestão de riscos nas empresas de projeto será discutida de acordo com os quatro blocos de perguntas do questionário. Primeiro encontram-se os dados gerais das empresas, cujos nomes são confidenciais, seguido das características da gestão de riscos e as práticas realizadas em projeto. Todas as porcentagens apresentadas estão arredondadas para números inteiros, para facilitar a visualização.

- **Dados Gerais**

Como foi citado no item anterior, a pesquisa obteve um total de 35 respostas. Estes dados foram preenchidos por gestores/administradores das empresas (40%), gestores da qualidade (31%), engenheiros civis (20%) e coordenadores de projeto (9%). A Figura 13 apresenta a divisão das empresas de acordo com o período de fundação:

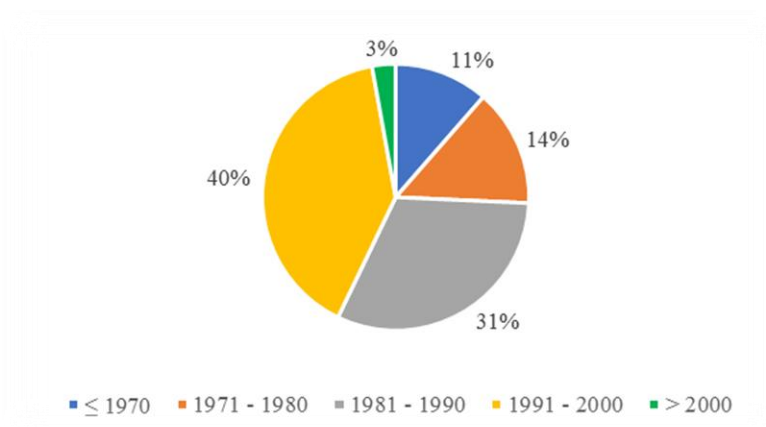


Figura 13: Período de fundação das empresas de projeto

A Figura 14 apresenta a divisão das empresas em relação ao número de funcionários:

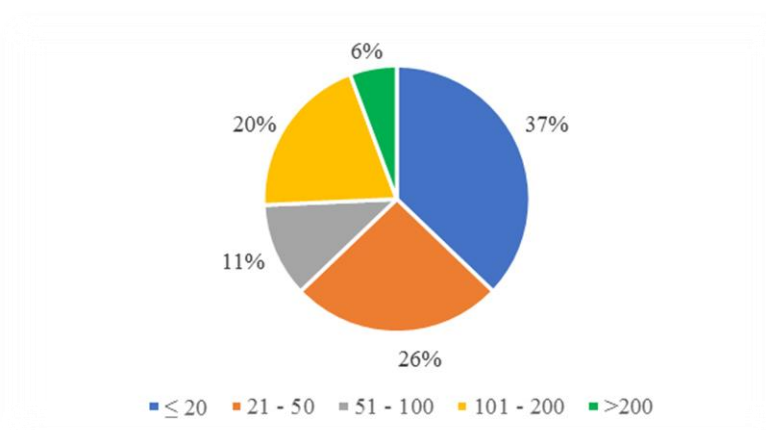


Figura 14: Número de funcionários das empresas de projeto

Como visto nas figuras anteriores, 97% das empresas foram fundadas antes do ano 2000, tendo acumulado pelo menos 18 anos de trabalho, sendo que 40% delas iniciaram seus trabalhos na década de 90. Em relação aos funcionários, 63% das empresas possuem até 50 funcionários, sendo que 37% possuem um número superior a 50, chegando uma delas a 500 funcionários. Não há relação direta entre tempo de empresa e tamanho.

As atividades principais das empresas também variam consideravelmente. Das 13 empresas que possuem mais de 50 funcionários (37%), apenas duas só realizam projetos. As outras possuem mais atividades principais, como fiscalização de obra, gestão e execução do empreendimento, levantamentos topográficos, consultorias, coordenação de segurança e saúde, entre outras. Esta característica pode justificar o maior número de funcionários. As empresas menores, em maior parte, apenas realizam projetos. Na amostra de 35 empresas, quatro delas não realizam projetos, apenas a coordenação de projetos.

Em relação às 31 empresas que realizam projetos, 13 delas realizam todos os tipos de projeto listados no questionário (arquitetura, estrutura, térmico, redes de água, acústico, incêndio, elétrico, telecomunicações e instalações de gás), quatro não realizam apenas um ou dois dos projetos listados e as outras 14 realizam até cinco tipos de projeto descritos no questionário. O projeto de estruturas em betão armado é realizado por 27 empresas.

- Gestão de Riscos

Como já citado no trabalho, o número de empresas que possuem práticas de gestão de riscos é igual a 27 (77% da amostra). Este valor, dentro do erro e nível de confiança já demonstrados, revela uma boa parcela de empresas que possuem gestão de riscos. Considerando o universo dessas 27 empresas, a Figura 15 apresenta possíveis itens analisados na gestão de riscos e a porcentagem de empresas que considera cada um deles:

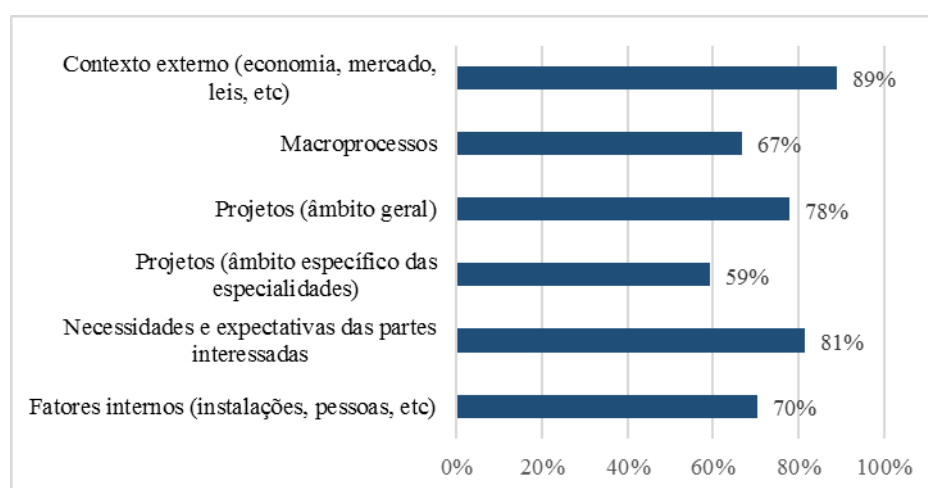


Figura 15: Itens analisados pelas empresas na gestão de riscos

É possível visualizar que, de modo geral, todos os itens possuem uma considerável porcentagem de empresas. O contexto externo é o item mais analisado pelas empresas, seguido pelas necessidades e expectativas das partes interessadas. O contexto interno, que também deve ser analisado pelas empresas de acordo com a ISO 9001, não possui todas as suas vertentes fortemente contempladas. Este contexto está representado na figura anterior pelos macroprocessos, projetos (âmbito geral e âmbito das especialidades) e fatores internos. O processo de projeto em um âmbito geral, relacionado ao coordenador de projeto e as etapas discutidas no item 3.1.5, recebe uma boa atenção das empresas quanto aos riscos envolvidos, diferente dos projetos em um âmbito específico (estruturas, térmico, redes de águas, etc), onde apenas 59% das empresas aplicam a gestão de riscos. Os macroprocessos, processos

principais que uma organização possui para atingir seus objetivos (gestão dos recursos humanos, gestão financeira, processo de venda, entre outros) são analisados por 67% das empresas, porcentagem próxima à dos fatores internos, como a demissão de funcionários, problemas nas instalações da empresa, entre outros fatores. É importante ressaltar que o processo de projeto também é um macroprocesso das empresas, mas nesta pergunta foi colocado de maneira individual, pois trata-se da atividade principal das empresas e possui um foco maior neste trabalho.

Após a apresentação do que é considerado pelas empresas na gestão de riscos, será discutido como esta gestão é realizada. A Figura 16 exhibe práticas e ferramentas para identificação de riscos e a porcentagem de empresas que utiliza cada uma delas:

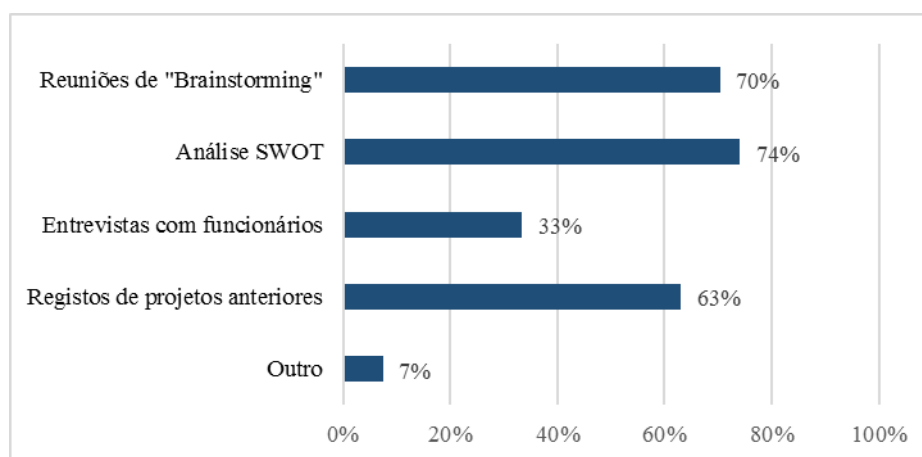


Figura 16: Práticas e ferramentas utilizadas pelas empresas para a identificação dos riscos

Como é possível de se observar, a análise SWOT e as reuniões de *brainstorming* são as ferramentas mais utilizadas, presentes em, respectivamente, 74% e 70% das 27 empresas que possuem práticas de gestão de riscos. Era esperado que estas duas ferramentas fossem as mais utilizadas pelas empresas, devido à simplicidade e rapidez para aplicação. A análise dos registros de projetos e planejamentos anteriores também é uma atividade de extrema importância para a identificação de riscos, realizada por 63% das empresas. Entrevistas com funcionários não é uma prática tão difundida entre as organizações, como mostra a figura anterior. A opção “Outro” foi selecionada por duas empresas. Uma delas realiza uma revisão dos seus procedimentos para identificar os riscos, enquanto a outra possui sua própria ferramenta.

Como já foi explicado no item 2.3, após a identificação dos riscos realiza-se a análise e as respostas aos mesmos. A Figura 17 exhibe práticas e ferramentas para análise e respostas aos riscos e a porcentagem de empresas que utiliza cada uma delas:

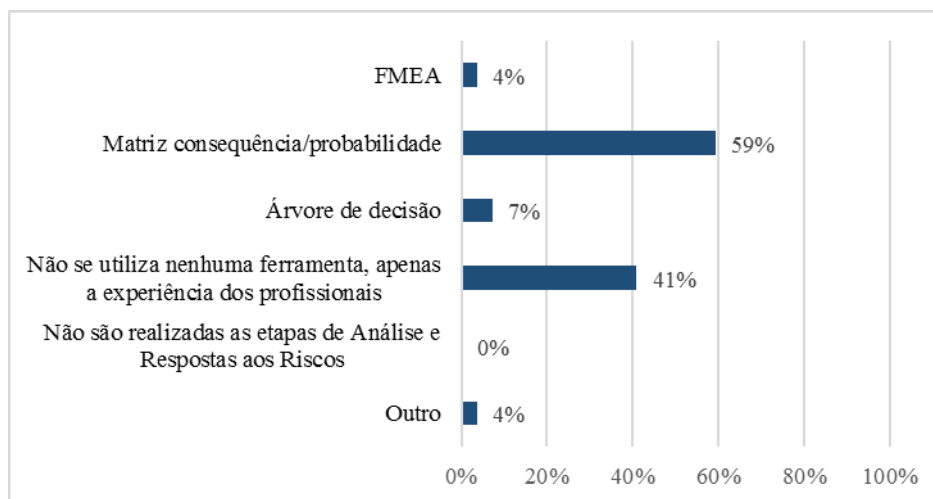


Figura 17: Práticas e ferramentas utilizadas pelas empresas para a análise e resposta aos riscos

Diferentemente das práticas para identificação dos riscos, as práticas e ferramentas para análise e resposta aos riscos não são tão difundidas. A Matriz consequência/probabilidade é a ferramenta mais utilizada, presente em 59% das empresas, devido ao seu procedimento simples e utilização de parâmetros qualitativos, como explicado no item 2.3.3. As ferramentas FMEA e árvore de decisão possuem pequena expressão, utilizadas respectivamente por uma e duas empresas. A opção “Outro” foi selecionada por uma empresa que possui sua própria ferramenta.

A Figura 17 também mostra que 41% das empresas não utilizam nenhuma ferramenta, apenas analisa e trata os riscos identificados pela experiência dos profissionais. Esta opção, em comparação com as outras, apresenta-se como relevante. É evidente que a experiência dos profissionais envolvidos é extremamente importante em qualquer uma das atividades de gestão, mas a presença de uma metodologia ou ferramenta para ser seguida pode facilitar esta análise e priorização dos riscos, além de constituir uma forma de registro do processo.

Após a discussão sobre a identificação, análise e resposta aos riscos, é necessário saber se as empresas controlam estes riscos e registram o processo como um todo. A Figura 18 apresenta este resultado de forma direta:

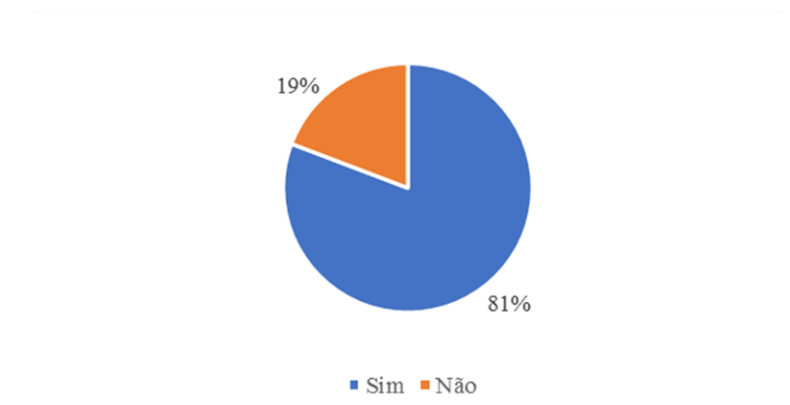


Figura 18: Realização de controle e registro dos riscos pelas empresas

O controle e registro dos riscos é realizado por grande parte das empresas, como pode ser visualizado. Os detalhes deste controle não foram perguntados, devido à possível variabilidade de respostas e para que o questionário não ficasse mais extenso.

Através das figuras anteriores pode-se concluir que a gestão de riscos ocorre de maneira completa na maior parte das empresas e determinadas ferramentas são familiares para a maior parte delas. Outras informações importantes para se observar são a maturidade desta gestão de riscos e se a organização obteve uma melhora de resultados após a implementação deste sistema. A Figura 19 apresenta o início das práticas de gestão de riscos nas empresas de projeto em relação à atualização da norma ISO 9001:

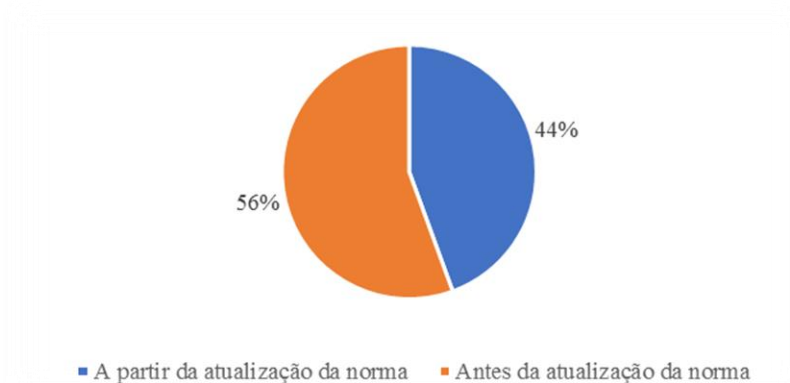


Figura 19: Início das práticas de gestão de riscos em relação à atualização da norma ISO 9001

Através da figura anterior é possível visualizar que a maior parte das 27 empresas consideradas iniciaram sua gestão de riscos antes da atualização da norma (cerca de 56%). Este valor é surpreendente, já que esta análise não era uma obrigatoriedade antes de 2015.

Para a verificação da melhoria ou não dos resultados após a implementação da gestão de riscos, dividiu-se as empresas de acordo com a Figura 19. Em relação às que iniciaram sua gestão de riscos antes da atualização da norma, cujos 56% do todo equivalem a 15 empresas, seis delas consideram ter havido uma melhoria em seus resultados, uma considera que não houve melhoria, quatro não sabem dizer se houve uma relação direta entre a gestão de riscos e os resultados, duas escreveram que ainda não é possível dizer se houve melhorias e duas empresas consideram a gestão de riscos parte inerente ao trabalho e sempre fez parte dos processos da empresa. Em relação às empresas que iniciaram sua gestão de riscos após a atualização da norma, cujos 44% do todo equivalem a 12 empresas, duas consideram que houve melhoria em seus resultados, duas consideram que não houve melhorias e oito escreveram que ainda não é possível dizer devido à implementação da gestão de riscos ser recente.

Em resumo aos dados escritos no parágrafo anterior, a maior parte das empresas que já possuíam práticas de gestão de riscos consideram positiva sua aplicação. Estas empresas destacam sua importância no processo de projeto, processo de decisão, planejamento estratégico e para evitar constrangimentos com parceiros e fornecedores. Ao mesmo tempo, a maioria das empresas que implementaram esta gestão após a nova versão da norma ainda não puderam avaliar se houve melhoria ou não.

Para que se possa complementar a análise da gestão de riscos das empresas e ter mais embasamento para propor uma metodologia, é necessário saber os motivos que dificultam ou impossibilitam a gestão de riscos nas empresas. A Figura 20 apresenta possíveis motivos e a porcentagem de empresas que os assinalaram. É importante observar que, desta vez, a porcentagem está relacionada ao número total de empresas:

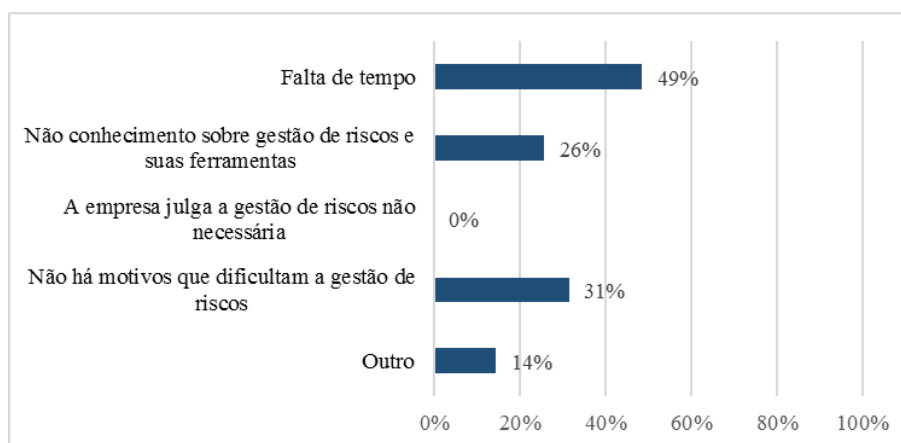


Figura 20: Principais motivos que dificultam/impossibilitam a gestão de riscos nas empresas

A falta de tempo, como esperado, é o principal motivo que dificulta ou impossibilita as práticas de gestão de riscos, assinalado por quase metade das empresas. O segundo motivo mais presente é a falta de conhecimento sobre a gestão de riscos e suas ferramentas, assinalado por 26% das empresas. É interessante observar que 31% das empresas alegam não haver motivos que dificultam esta prática, porcentagem maior do que a esperada pelo pesquisador. Em relação às empresas que selecionaram “Outro”, destacam-se como motivos que dificultam a gestão de riscos a falta de rotina ou engajamento da empresa quanto a esta prática e o não cumprimento de especificações de projeto pela empresa construtora.

A última pergunta do bloco de gestão de riscos está relacionada à probabilidade de ocorrência de determinados riscos para as empresas, podendo-se classificar esta probabilidade através de uma escala de 4 graus, conforme explicado no item 5.2.3. Os riscos apresentados e os resultados obtidos encontram-se abaixo:

- Falta de clientes
- Clientes insatisfeitos
- Incumprimento de pagamento por parte do cliente
- Proporcionar projetos sem inovações/tendências de mercado
- Demissão/saída de funcionários
- Aumento de empresas concorrentes
- Alterações legislativas

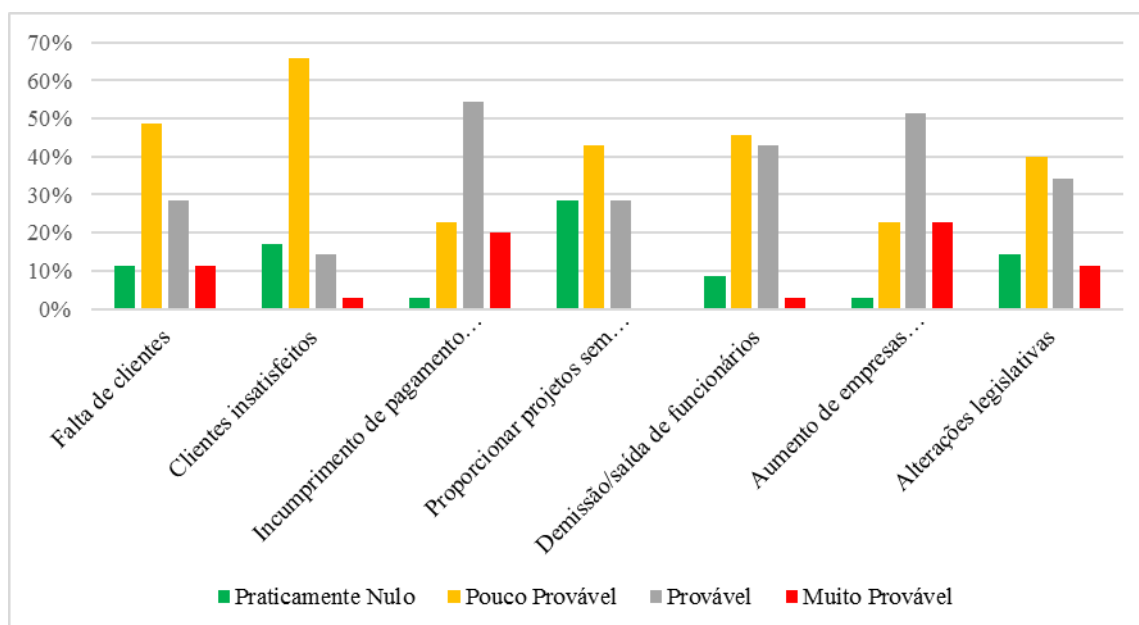


Figura 21: Possibilidade de ocorrência de determinados riscos para as empresas

A Figura 21 permite a observação de que os riscos de incumprimento de pagamento por parte dos clientes e aumento de empresas concorrentes são os mais prováveis de acontecer de acordo com a realidade das empresas, enquanto que os riscos de possuir clientes insatisfeitos e proporcionar projetos sem inovações/tendências de mercado possuem poucas chances de ocorrer. Os outros três riscos listados possuem maior equilíbrio nas respostas. Estes dados serão utilizados na aplicação da metodologia proposta para a gestão de riscos, presente no item 6.1.

- **Elaboração de Projetos**

O bloco de perguntas sobre a elaboração de projetos, como explicado no item 5.2.3, permite a identificação de algumas características do processo de projeto das empresas e outras atividades relacionadas a este processo. A Figura 22 apresenta possíveis treinamentos/formações oferecidas aos funcionários e a porcentagem de empresas que assinalou cada uma delas:

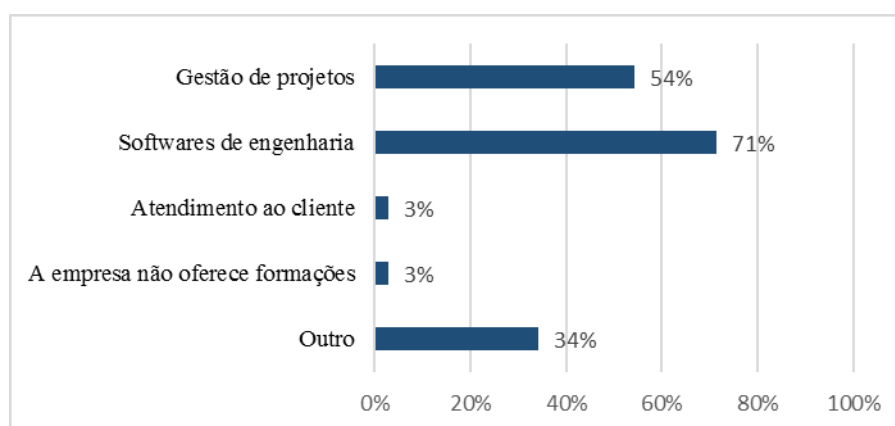


Figura 22: Formações oferecidas aos funcionários pelas empresas

A figura anterior permite visualizar que a formação mais oferecida pelas empresas é de softwares de engenharia. Este tipo de formação possui grande importância, pois o bom entendimento dos softwares utilizados é essencial para a não ocorrência de erros de cálculo ou ausência de informações. O segundo treinamento mais assinalado, oferecido por um pouco mais da metade das empresas, é o de gestão de projetos. Este treinamento pode oferecer, principalmente ao coordenador de projeto, um conhecimento muito grande sobre o gerenciamento do projeto, definição de objetivos, prazos, divisão de trabalhos e outros parâmetros de projeto, que com certeza diminuirão os riscos de falha desta atividade.

Em contrapartida aos dois treinamentos citados a pouco, apenas 3% das empresas oferecem treinamento de atendimento ao cliente para seus funcionários, valor abaixo do esperado pelo pesquisador. Este tipo de treinamento poderia trazer bons resultados para uma empresa de projeto, melhorando o entendimento dos requisitos do cliente e o relacionamento com o mesmo, aperfeiçoando a comunicação do profissional e beneficiando a percepção da empresa perante o mercado. A opção “Outro” foi selecionada por 12 empresas, onde se destacam as formações técnicas para determinado tipo de projeto e cursos de BIM. Esta última formação, quando aplicada, proporciona uma grande racionalidade ao projeto.

Para ser possível caracterizar o processo de projeto das empresas, primeiro é preciso entender suas principais etapas. Considerando as 31 empresas da amostra que realizam projetos, 18 delas, cerca de 58%, realizam todas as etapas descritas no item 3.1.5 (programa preliminar, programa base, estudo prévio, anteprojeto e projeto de execução) para obras públicas e privadas. Esta porcentagem de empresas é expressiva, pois a realização de todas estas etapas é apenas uma obrigatoriedade em obras públicas. Em relação às outras empresas, 23% apenas realizam todas estas etapas para obras públicas e 19% não realizam pelo menos uma das etapas para os dois tipos de obra.

Após a verificação das etapas do processo de projeto, serão apresentadas suas características. Um dos principais parâmetros de qualidade de um projeto, para o dono da obra e principalmente para o construtor, é a compatibilidade entre todas as especialidades. A Figura 23 apresenta a divisão das 31 empresas que realizam projetos quanto a realização destes de maneira conjunta ou não entre os projetistas envolvidos:



Figura 23: Realização de projetos de maneira conjunta entre os projetistas envolvidos

Como é possível visualizar, a grande maioria das empresas realizam seus projetos de maneira conjunta entre os projetistas envolvidos, aumentando a qualidade dos projetos e a

satisfação dos respectivos clientes. Cinco empresas assinalaram que apenas alguns projetos são realizados de maneira conjunta, mas nenhuma delas afirmou que seus projetos são feitos de maneira independente. Há situações onde todos os projetos de determinada edificação não são realizados pela mesma empresa, o que pode dificultar a compatibilização dos projetos. Quanto a comunicação com empresas terceiras, 97% destas empresas possuem uma metodologia para manter a comunicação e compatibilizar os projetos, o que corresponde a 30 empresas.

Através dos resultados apresentados até agora sobre a elaboração de projetos, é possível perceber que boa parte deles possuem resultados expressivos, independentemente da presença ou não de práticas de gestão de riscos nas empresas, como por exemplo a realização de projetos de maneira conjunta entre os projetistas, realização de treinamentos de softwares e a não realização de treinamento de atendimento ao cliente. Para a apresentação das práticas de projeto relacionadas à satisfação dos três clientes do projeto, as quais caracterizam o processo principal das empresas, procurou-se analisar se as empresas que possuem práticas de gestão de riscos voltadas para esta atividade apresentam resultados melhores do que as demais. Para visualizar estes dados e fazer a análise, serão apresentadas as práticas de projeto e três colunas de porcentagens para cada uma delas. As três colunas correspondem às porcentagens de empresas que realizam estas práticas, sendo que a primeira é em relação ao universo total (35 empresas), a segunda é em relação às 21 empresas que aplicam práticas de gestão de riscos para o processo de projeto em âmbito geral (de acordo com a Figura 15) e a terceira é em relação às empresas que não aplicam a gestão de riscos para o processo de projeto geral. Como pôde ser percebido, todas as 35 empresas foram consideradas, pois as quatro empresas de coordenação de projetos podem verificar esses parâmetros nos projetos que coordenam.

A Tabela 9 apresenta as práticas de projeto relacionadas à satisfação do dono da obra:

| Práticas | Universo | | |
|---|----------|-----|-----|
| | 35 | 21 | 14 |
| 1) Estudo de viabilidade para aplicação de novas tecnologias (materiais, sistemas técnicos). | 63% | 81% | 36% |
| 2) Aplicação, no projeto, de materiais e equipamentos disponíveis na região. | 71% | 81% | 57% |
| 3) Elaboração de orçamentos prévios para a construção baseados em estudos de preços de mercado. | 63% | 76% | 43% |
| 4) A empresa não realiza nenhuma prática. | 6% | 5% | 7% |
| 5) Outro. | 6% | 5% | 7% |

Tabela 9: Práticas realizadas pelas empresas visando a satisfação do dono da obra

Analisando a tabela anterior pela primeira coluna, de dados gerais, pode-se concluir que, dentre as práticas listadas, a preocupação em utilizar materiais e equipamentos disponíveis na região do empreendimento é a prática mais realizada pelas empresas, de forma a diminuir custos de transporte e as chances de algum imprevisto em obra. A prática número três não é realizada em 37% das empresas pesquisadas, porcentagem relativamente alta, pois a falta de pesquisa de mercado para realização de orçamentos prévios pode levar a custos inesperados durante a obra e alta insatisfação do dono do empreendimento. A prática número um, assim como a número três, é realizada por 63% das empresas. A opção “Outro” foi selecionada por duas empresas. Uma delas apenas citou que outras atividades podem ser realizadas de acordo com o projeto e as necessidades do dono da obra, e a outra empresa apenas coordena projetos e afirmou não verificar esses parâmetros.

Outro fator que deve ser salientado em relação à Tabela 9 é a grande diferença entre as porcentagens da segunda e terceira coluna, mostrando que as três práticas listadas são realizadas por mais de 75% das empresas de projetos que analisam o processo de projeto em sua gestão de riscos.

A Tabela 10 apresenta práticas de projeto relacionadas à satisfação da empresa construtora e as respectivas porcentagens:

| Práticas | Universo | | |
|---|----------|------|-----|
| | 35 | 21 | 14 |
| 1) Realização de reuniões com representantes da empresa construtora durante a elaboração dos projetos. | 57% | 71% | 36% |
| 2) Aplicação de conceitos de construtibilidade na elaboração dos projetos (garantia da eficiência construtiva do que está sendo projetado). | 71% | 81% | 57% |
| 3) Utilização de opções de projeto que acarretem em menores riscos de acidente de trabalho durante a construção. | 60% | 76% | 36% |
| 4) Verificação da compatibilidade entre os projetos. | 94% | 100% | 86% |
| 5) Realização de projetos para a produção (processo construtivo, pormenores construtivos dos projetos). | 77% | 90% | 57% |
| 6) Verificação dos desenhos de projeto (grau de detalhamento, facilidade de interpretação, quantidade de informações). | 83% | 95% | 64% |
| 7) Realização de assistência técnica durante a obra. | 89% | 95% | 79% |
| 8) A empresa não realiza nenhuma prática. | 0% | 0% | 0% |
| 9) Outro. | 0% | 0% | 0% |

Tabela 10: Práticas realizadas pelas empresas visando a satisfação da empresa construtora

A Tabela 10 mostra que, de modo geral, as empresas possuem uma preocupação maior em conceber projetos de qualidade para as construtoras. A verificação da compatibilidade, verificação dos desenhos de projeto, realização de assistência técnica em obra e a observação de aspectos relacionados à construtibilidade e pormenores construtivos são práticas realizadas

por grande parte das empresas, sendo a primeira perto dos 95%. As duas práticas que possuem menor presença no processo de projeto das empresas são as reuniões com representantes das construtoras e a observação dos possíveis riscos de acidente de trabalho durante a obra. A comunicação com o construtor em fase de projeto, como já comentado neste trabalho, aumenta a interação entre o projeto e a execução de obra, incluindo aspectos relacionados à segurança dos trabalhadores.

A comparação entre a segunda e a terceira coluna da Tabela 10 apresenta novamente uma maior qualidade para o processo de projeto das empresas que aplicam a gestão de riscos para o projeto. A atividade número um, por exemplo, não apresenta uma quantidade de empresas significativas no quadro geral, mas em relação às empresas de projeto este valor aumenta para mais de 70%.

A Tabela 11 apresenta práticas de projeto relacionadas à satisfação do usuário final do empreendimento e as respectivas porcentagens:

| Práticas | Universo | | |
|--|----------|-----|-----|
| | 35 | 21 | 14 |
| 1) Utilização de opções de projeto que acarretem em menor necessidade e custo de manutenção. | 80% | 95% | 57% |
| 2) Disponibilização de Manual de Manutenção e Utilização. | 51% | 62% | 36% |
| 3) A empresa não realiza nenhuma prática. | 9% | 0% | 21% |
| 4) Outro. | 3% | 0% | 7% |

Tabela 11: Práticas realizadas pelas empresas visando a satisfação do usuário final

A tabela anterior está basicamente relacionada à manutenção e utilização do empreendimento. É interessante observar que, em relação ao universo de 35 empresas, a grande parte delas se preocupa em analisar o projeto e considerar estes parâmetros, porém apenas 51% delas disponibilizam para os usuários um Manual de Manutenção e Utilização. A existência deste documento pode auxiliar os usuários, diminuir os riscos da ocorrência de manutenções ou utilização indevidas e prever ou adiar possíveis patologias no empreendimento. A opção “Outro” foi selecionada por uma empresa que apenas citou que outras atividades podem ser realizadas de acordo com o projeto. Três empresas, equivalente a 9% do total, não realizam nenhuma dessas práticas.

A Tabela 11, assim como as outras duas, mostrou uma superioridade do processo de projeto das empresas que analisam os riscos do processo de projeto como um todo. Neste caso, pela primeira vez, uma das práticas não é aplicada por mais de 70% das empresas deste grupo, relacionada ao Manual de Manutenção e Utilização.

Para finalizar o bloco de perguntas sobre a elaboração de projetos, a Figura 24 apresenta a porcentagem de empresas, em relação às 35 do estudo, que realiza pesquisa de satisfação com cada um dos clientes do projeto:

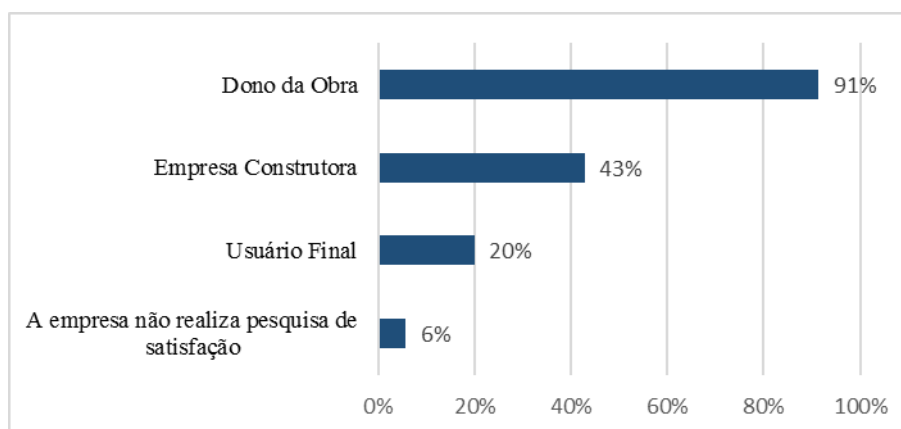


Figura 24: Realização de pesquisa de satisfação com os clientes do projeto

Como era esperado, a grande maioria das empresas realiza pesquisa de satisfação com o dono da obra, porém, a minoria delas coleta a opinião da empresa construtora e do usuário final. É claro que o dono da obra é o grande responsável pela concretização de um empreendimento, mas todos os três clientes podem contribuir para que os próximos projetos sejam cada vez melhores, através de informações relacionadas aos requisitos de qualidade de cada um deles.

Pode-se concluir após a apresentação de todas as informações coletadas sobre o processo de projeto que, determinadas características, independentemente da existência ou não de práticas de gestão de riscos, são muito expressivas na elaboração de projetos, tanto de maneira positiva para a qualidade do mesmo, como a realização dos projetos de maneira conjunta entre os projetistas, a existência de metodologia para comunicação com empresa terceira e a realização de pesquisa de satisfação com o dono da obra, quanto de maneira negativa, como a não realização de treinamentos de atendimento ao cliente e pesquisas de satisfação com empresas construtoras e os usuários finais do empreendimento.

A análise das práticas específicas do processo de projeto, ainda sem a consideração da gestão de riscos, permite a conclusão de que todas as atividades e características a favor da qualidade do projeto são realizadas por pelo menos metade das empresas analisadas. Apesar desta informação aparentar algo relativamente positivo, grande parte dessas práticas não é amplamente presentes nas empresas, como por exemplo a realização de reuniões com a empresa construtora e a disponibilização de manual de manutenção e reabilitação para os

usuários finais. Considerando a aplicação da gestão de riscos no processo de projeto, percebe-se que as empresas que realizam esta análise apresentam um processo de projeto muito mais completo, o que diminui as chances de não atendimento dos requisitos dos clientes.

- Projeto de Estruturas (Betão Armado)

O último bloco de perguntas do questionário está relacionado aos projetos de estruturas em betão armado. Como informado anteriormente, das 35 empresas analisadas, 27 realizam este tipo de projeto. Em relação a estas 27 empresas, 21 possuem práticas de gestão de riscos e seis não possuem.

As duas primeiras perguntas deste bloco são relacionadas à aplicação de práticas de gestão de riscos especificamente neste tipo de projeto. Considerando as 21 empresas que realizam o projeto de betão armado e possuem gestão de riscos, cinco delas aplicam estas práticas para o projeto de estruturas, tanto para obras públicas quanto privadas. É interessante observar que entre as 16 empresas que não aplicam, nove delas assinalaram que aplicam a gestão de riscos no processo de projeto (âmbito das especialidades), dados apresentados na Figura 15, página 47. Pode-se concluir que estas nove empresas utilizam a gestão de riscos para outros tipos de projetos de especialidades.

A terceira pergunta deste bloco busca saber se é realizada ou não uma análise do solo onde será construído o empreendimento. Apesar desta atividade não constituir uma obrigação para obras particulares, seus resultados fornecem dados mais precisos para o dimensionamento correto dos elementos estruturais e evitam futuras patologias causadas por recalques de fundação. O resultado foi muito positivo, já que 93% das empresas afirmaram que são realizados estudos do solo antes da realização dos projetos estruturais.

Para a caracterização do processo de desenvolvimento do projeto de betão armado, assim como foi feito para o processo de projeto em geral, serão apresentadas práticas deste processo relacionadas à satisfação dos três clientes do projeto: dono da obra, construtor e usuário final. É importante observar que para este caso, como a parcela de empresas que aplicam a gestão de riscos para este tipo de projeto é muito pequena, não se julgou relevante a análise separada das práticas destas empresas. A Tabela 12 apresenta estas possíveis práticas e a porcentagem de empresas que realiza cada uma delas:

| Práticas | Universo: 27 | |
|--|--------------|---------|
| | Selec. | Porcen. |
| 1) Levantamento dos requisitos de utilização da edificação por parte do cliente, durante toda a vida útil da estrutura (possíveis ampliações, reformas, diferentes utilizações, entre outros). | 22 | 81% |
| 2) Opção por formatos de estruturas que contribuam para a vida útil da mesma (formatos que não acumulem água na superfície, opções que não sofram muitos danos por impacto, entre outras). | 21 | 78% |
| 3) Realização de reunião com empresa construtora na concepção do projeto estrutural (análise da facilidade do processo construtivo, necessidade de equipamentos, segurança dos trabalhadores). | 15 | 56% |
| 4) Utilização de medidas e materiais comercializados pelas empresas de material de construção e pré-fabricados da região. | 16 | 59% |
| 5) Realização de check-list (verificação) de todos os parâmetros que devem ser avaliados no projeto de estruturas. | 19 | 70% |
| 6) Especificação em projeto dos materiais que deverão ser utilizados e seus requisitos de qualidade (cimento, aço, agregados, aditivos). | 26 | 96% |
| 7) Check-list de verificação dos desenhos de projeto (clareza, especificação do posicionamento da armadura, espessura do cobrimento da armadura, demarcação dos pilares e vigas, cotas de referência, entre outros). | 18 | 67% |
| 8) No caso do betão ser produzido em obra, especificação em projeto do traço do betão. | 21 | 78% |
| 9) Especificação de um plano/procedimento de corte das armaduras, possibilitando um menor desperdício de aço. | 9 | 33% |
| 10) Especificação em projeto de um plano de betonagem (procedimentos de execução). | 14 | 52% |
| 11) Informações no projeto sobre a cura do betão. | 18 | 67% |
| 12) Assistência técnica do projetista durante a betonagem da estrutura. | 18 | 67% |
| 13) Elaboração de plano de inspeção e manutenção da estrutura. | 12 | 44% |
| 14) Nenhuma das anteriores | 0 | 0% |

Tabela 12: Práticas realizadas pelas empresas relacionadas ao projeto de betão armado

Através da Tabela 12 é possível verificar que, dentre as 13 práticas listadas, apenas cinco delas estão presentes em pelo menos 70% das empresas, com destaque para as de número um e seis. As outras oito práticas não possuem grandes porcentagens, com destaques negativos para as práticas nove e treze, relacionadas ao corte das armaduras e a elaboração de plano de inspeção e manutenção da estrutura.

É possível concluir, de modo geral, que o projeto de betão armado e o seu processo de desenvolvimento poderiam apresentar uma qualidade maior, o que diminuiria os riscos de não satisfação do dono da obra, construtor ou usuário final. Como já foi apresentado, é pequeno o número de empresas que aplicam a gestão de riscos neste tipo de projeto, fator que pode contribuir para a não observação de certas práticas durante a elaboração do projeto.

A última pergunta deste bloco busca identificar algum risco especial em obra no qual as empresas de projeto possuem um cuidado especial durante a elaboração do projeto.

Considerando as 27 empresas, apenas três delas afirmaram haver riscos importantes, relacionados à pormenorização das armaduras e a especificação para a construtora sobre a necessidade de dimensionamento adequado das cofragens, cimbres e cintas.

6. METODOLOGIA PARA A GESTÃO DE RISCOS

De acordo com o item 1.2, este trabalho não tem como objetivo apenas analisar a gestão de riscos realizada nas empresas de projeto, mas também propor uma metodologia para a realização da mesma. A idealização desta proposta será baseada nas informações coletadas sobre as empresas e na revisão bibliográfica realizada.

Como foi explicado no capítulo 2, o pensamento baseado em risco enriquece o planejamento do sistema de gestão da qualidade, de forma a torná-lo mais maduro e eficiente. As etapas desta gestão de riscos presentes na revisão bibliográfica serão seguidas na metodologia proposta, constituídas pelo enquadramento das atividades, estruturação, identificação dos riscos, análise e respostas aos riscos, controle e revisão dos riscos e registro de todo o processo.

Entrando em detalhes sobre a metodologia proposta, primeiramente é necessário realizar o enquadramento da gestão de riscos, ou seja, definir o que será analisado por ela. Os itens escolhidos são os descritos pela ISO 9001: contexto externo, contexto interno e necessidades e expectativas das partes interessadas. O contexto interno, como já explicado anteriormente, engloba os macroprocessos, processo de projeto e os fatores internos da empresa.

A segunda etapa do processo é a estruturação da gestão de riscos, ou seja, definir como ela funcionará. A metodologia proposta pretende trabalhar com os itens citados no parágrafo anterior de maneiras diferentes, separando o processo de projeto dos outros elementos. Esta diferença está relacionada principalmente às ferramentas de gestão de riscos escolhidas, os responsáveis por cada uma e o controle necessário.

Para a análise do contexto externo, necessidades e expectativas das partes interessadas, macroprocessos e fatores internos, as ferramentas escolhidas são o *brainstorming*, a análise SWOT e a matriz consequência/probabilidade, de forma que as duas primeiras sejam utilizadas para a identificação dos riscos e a terceira para a análise dos mesmos. Após a análise dos riscos pode ser gerado uma lista de respostas para os riscos analisados, algumas vezes chamada de agenda de mudanças. Em relação ao processo de projeto, as ferramentas escolhidas são o *brainstorming* e a FMEA.

Após a apresentação inicial sobre a estrutura da metodologia e as ferramentas escolhidas, duas perguntas precisam ser respondidas. Por que o processo de projeto será o único item analisado separadamente? Por que estas ferramentas foram escolhidas?

As respostas para as duas perguntas colocadas são complementares. A análise do processo de projeto será realizada separadamente devido ao fato desta atividade ser o processo principal destas empresas e a grande responsável pela garantia da qualidade do serviço oferecido aos clientes do projeto. Devido a esta importância, escolheu-se utilizar o *brainstorming* e a FMEA como ferramentas de análise. A prática de *brainstorming*, discussão entre os profissionais para a identificação dos riscos, é algo muito simples, pode gerar bons resultados e já é utilizada por grande parte das empresas (como apresentado na pesquisa), por isso está presente nos dois segmentos. A escolha da FMEA como segundo instrumento, apesar de não fazer parte da realidade da maioria das empresas, está relacionada à facilidade de aplicação desta ferramenta ao processo de projeto. Como foi explicado no item 2.5.2, a FMEA é uma ferramenta completa, pois contém todas as etapas do estudo do risco, desde sua identificação até os tratamentos realizados e as melhorias observadas, possibilitando a visualização de todas as informações em uma única planilha. Sua aplicação para produto ou processo permite a análise de falhas em todas as etapas do processo de projeto ou o levantamento de todas as possíveis falhas do produto final, gerando uma lista de riscos e tratamentos adequados para cada caso.

Ainda em resposta para as duas perguntas colocadas, o contexto externo, necessidades e expectativas das partes interessadas, macroprocessos e fatores internos serão analisados de maneira conjunta devido à maior simplicidade do procedimento e por estes fatores geralmente apresentarem riscos ou oportunidades pontuais. É importante observar que os macroprocessos das empresas que servem de apoio ao processo principal, como a gestão financeira, recursos humanos e processo de venda, também possuem suas séries de atividades e riscos relacionados a cada uma delas, mas a realização de uma análise mais profunda e individual desses processos (como será feita para o processo de projeto) demandaria muito tempo e não seria atrativa para as empresas. Em relação às ferramentas, optou-se pela análise SWOT por sua fácil aplicação, por ser o instrumento de gestão de riscos mais utilizado pelas empresas e por ter um procedimento objetivo e resultados visuais. Para a identificação dos riscos também serão realizadas reuniões de *brainstorming*, cujas vantagens e justificativas de escolha são as mesmas do caso anterior. A matriz consequência/probabilidade é a última ferramenta proposta para este segmento, com o intuito de priorizar os riscos identificados pelas duas ferramentas anteriores. Para esta etapa é preciso possibilitar uma maior flexibilidade para a metodologia. Como foi visto no item 5.3, 59% das empresas utilizam este tipo de matriz, porém 41% apenas prioriza os riscos de acordo com a experiência dos profissionais. Devido a este fator, a simples priorização dos riscos através da experiência dos profissionais pode ser suficiente. É

claro que, em ambos os casos, deve-se registrar o processo e possíveis justificativas de decisão, além de se gerar um documento com as respostas para os riscos.

Um detalhe importante para a estruturação desta metodologia é a definição dos profissionais responsáveis pelas práticas. A análise do contexto geral da organização deve ser realizada pelos administradores das empresas, devido ao conhecimento do funcionamento da organização como um todo e pela provável experiência quanto aos fatores externos, sendo sempre possível a participação de outros profissionais ou investidores de acordo com a realidade das empresas. Em relação a gestão de riscos para o processo de projeto, os responsáveis serão os coordenadores e os engenheiros de projeto. Após o *brainstorming* em equipe, a FMEA do processo de projeto geral será realizada pelos coordenadores de projeto e a FMEA de especialidades pelos engenheiros de projeto.

Para complementar a estruturação desta metodologia é preciso definir como será feito o controle dos riscos e com que frequência ocorrerá a revisão do processo. Antes de apresentar as escolhas tomadas é importante lembrar que, de acordo com as respostas das empresas, quase metade delas considera a falta de tempo um fator que dificulta a realização das práticas de gestão de riscos. Neste sentido, o pesquisador entende que a metodologia proposta exige uma considerável quantidade de trabalho e tempo despendido, porém, após o esforço inicial, o controle e revisão do processo se tornará algo simples e rápido de ser realizado. Quanto a gestão de riscos dos itens gerais (necessidades e expectativas das partes interessadas, contexto externo, macroprocessos e fatores internos), o mesmo pode ser controlado e revisado de acordo com a revisão do sistema de gestão da qualidade da empresa. Apesar de não se saber a frequência de revisão do SGQ das empresas, acredita-se que ocorra semestralmente ou anualmente, de acordo com as necessidades de cada uma. Em relação a gestão de riscos do processo de projeto, o controle será realizado através da utilização de listas de verificação, de forma a se verificar a ocorrência ou não das possíveis falhas no procedimento de projeto. Quanto ao procedimento de revisão destes riscos, o mesmo deve ocorrer durante o início de cada projeto através de uma simples releitura da FMEA já realizada inicialmente, como forma de atualizar o grau dos riscos ou registrar algum risco antes não identificado.

A Figura 25 apresenta um resumo da metodologia proposta de forma a facilitar o entendimento de suas etapas:

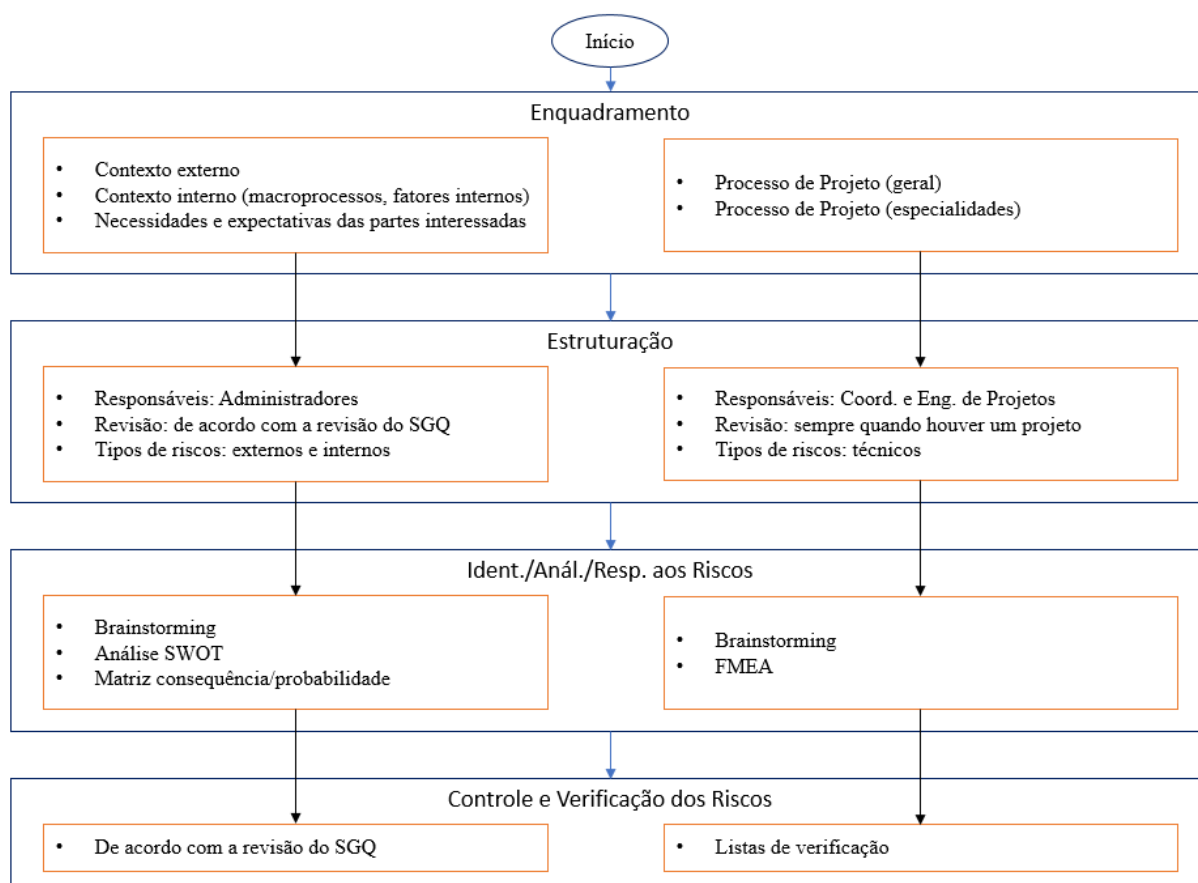


Figura 25: Metodologia proposta para a gestão de riscos nas empresas de projeto

Os próximos três itens do trabalho apresentam a aplicação das ferramentas escolhidas para a metodologia de forma prática, como forma de auxílio para as empresas e exemplificação dos procedimentos propostos.

6.1. Análise SWOT e Matriz Consequência/Probabilidade

A análise SWOT e a matriz consequência/probabilidade, como explicado no item anterior, serão aplicadas para a gestão de riscos gerais da empresa, ou seja, contexto interno e externo e expectativas das partes interessadas, com exceção para o processo de projeto. A Figura 26 apresenta uma exemplificação da SWOT para as empresas de projeto:

| ANÁLISE SWOT | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Forças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes satisfeitos • Realização de projetos com inovações tecnológicas • Sites estruturados • Funcionários qualificados • Boa estrutura física (escritórios, ambiente de trabalho) | <p style="text-align: center;">Fraquezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não realização de treinamento de Atendimento ao Cliente • Não realização de treinamento de Gestão de Projetos • Não aplicação de pesquisa de satisfação com a empresa construtora • Não aplicação de pesquisa de satisfação com o usuário final |
| <p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realização de parcerias com empresas de projeto • Realização de parcerias com empresas de treinamentos • Aumento da carta de serviços • Realização/participação em projetos ou iniciativas de cunho socioambiental | <p style="text-align: center;">Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de clientes • Incumprimento de pagamento por parte do cliente • Demissão/saída de funcionários • Aumento de empresas concorrentes • Alterações legislativas |

Figura 26: Análise SWOT das empresas de projetos de construção

Os elementos identificados como forças, fraquezas, oportunidades e ameaças foram baseados em maior parte nas respostas dos questionários e em bibliografias pesquisadas. Alguns outros, como as forças relacionadas aos sites e estruturas físicas das empresas, foram baseados na pesquisa realizada pelo pesquisador sobre as empresas e na própria presença do pesquisador no escritório de um bom número delas. É importante lembrar que o *brainstorming*, como citado na metodologia, deve ser utilizado em conjunto com a análise SWOT para a identificação dos riscos.

Para a priorização dos riscos identificados, a metodologia possibilita a utilização da matriz consequência/probabilidade. Para a exemplificação desta matriz, foram analisadas as ameaças identificadas na análise SWOT, mas os outros riscos também poderiam ser analisados, como as oportunidades identificadas. A Figura 27 apresenta esta priorização dos riscos:

| Matriz Qualitativa: Análise dos Riscos | | Consequência | | | |
|---|-------------------|--------------|-------|----------|-------|
| | | Extrema | Alta | Moderada | Baixa |
| Probabilidade | Muito Provável | | | | |
| | Provável | | B / D | | |
| | Pouco Provável | A | C | E | |
| | Praticamente Nulo | | | | |
| A Falta de clientes B Incumprimento de pagamento por parte do cliente C Demissão/saída de funcionários D Aumento de empresas concorrentes E Alterações legislativas | | | | | |

Figura 27: Matriz consequência/probabilidade para as ameaças das empresas de projeto

A matriz exemplificada, como pode ser observado pela figura anterior, possui quatro graus de consequência e probabilidade e está dividida em quatro zonas de cores diferentes, de forma a facilitar a visualização dos riscos mais importantes. A alocação das ameaças em relação à sua probabilidade foi baseada nas respostas das empresas ao questionário (Figura 21), sendo que a severidade (consequência) de cada uma delas foi atribuída pelo pesquisador. A matriz permite a constatação de que os riscos de falta de clientes, incumprimento de pagamento por parte dos clientes e aumento de empresas concorrentes devem ter uma maior atenção das empresas.

A utilização destas duas exemplificações das ferramentas pelas empresas deve ser acompanhada de uma adaptação para suas respectivas realidades, assim como da adição de outros riscos e adequação da escala de probabilidade e consequência, caso a empresa julgue necessária. O final do processo deve gerar uma lista de ações frente aos riscos identificados e analisados, que servirá de complemento ao planejamento do sistema de gestão da qualidade. A Tabela 13 apresenta uma agenda de mudanças, de forma a complementar os resultados das ferramentas anteriores e também exemplificar possíveis ações frente aos elementos identificados:

| AGENDA DE MUDANÇAS | |
|--|--|
| Forças | O que fazer para realçar/acentrar as forças? |
| Clientes satisfeitos; | Revisão e melhora contínua do processo de projeto, estabelecimento de comunicação com o cliente (antes, durante e após o projeto); |
| Realização de projetos com inovações tecnológicas; | Criação de Cargo de Pesquisa e Desenvolvimento, divulgação dos projetos em redes sociais; |

| | |
|---|---|
| Sites estruturados; | Criação de calendário de publicações nos sites, divulgação em redes sociais; |
| Funcionários qualificados; | Proporcionar mais qualificações aos profissionais, apresentar aos clientes as qualificações dos profissionais envolvidos no projeto; |
| Boa estrutura física (escritórios, ambiente de trabalho). | Criação de plano de utilização e manutenção periódica do escritório. |
| Fraquezas | O que fazer para transformar as fraquezas em forças? |
| Não realização de treinamento de Atendimento ao Cliente; | Planejamento e calendário de treinamentos para funcionários, inclusão de treinamentos de Atendimento ao Cliente e Gestão de Projetos; |
| Não realização de treinamento de Gestão de Projetos; | |
| Não aplicação de pesquisa de satisfação com a empresa construtora; | Elaboração e aplicação de pesquisas de satisfação com as empresas construtoras e os usuários finais das edificações projetadas. |
| Não aplicação de pesquisa de satisfação com o usuário final. | |
| Oportunidades | O que fazer para aproveitar as oportunidades? |
| Realização de parcerias com empresas de projeto; | Pesquisa de mercado e propostas de parceria com empresas que realizam projetos ou estudos complementares aos serviços da empresa; |
| Realização de parcerias com empresas de treinamentos; | Pesquisa de mercado e propostas de parceria com empresas que realizam treinamentos de interesse da empresa; |
| Aumento da carta de serviços; | Estudo de mercado, estudo de viabilidade financeira. |
| Realização/participação em projetos ou iniciativas de cunho socioambiental. | Realização de parceria com a câmara municipal para realização de projetos socioambientais, levantamento de entidades sociais e zonas carentes. |
| Ameaças | O que fazer frente às ameaças? |
| Falta de clientes; | Revisão de custos dos processos e preços, pesquisa de tendências de mercado, revisão das propostas comerciais; |
| Incumprimento de pagamento por parte do cliente; | Criação de reserva financeira, revisão dos contratos, exigência de pré-pagamento; |
| Demissão/saída de funcionários; | Realização de plano de carreira, práticas motivacionais, possibilitar e incentivar a comunicação, realização de pesquisa de clima organizacional; |
| Aumento de empresas concorrentes; | Estudo de mercado (características das empresas, preços, clientes), definição de estratégias de diferenciação, estudo de novos serviços; |
| Alterações legislativas. | Revisão periódica da legislação vigente relacionada aos projetos e à empresa como um todo. |

Tabela 13: Agenda de mudanças para as empresas de projeto

6.2. FMEA do Processo de Projeto

A FMEA aplicada ao processo de projeto geral, como já destacado na discussão sobre a metodologia proposta, é um tipo de FMEA de processo, onde se identificam as possíveis falhas em cada etapa deste procedimento. Para a aplicação desta ferramenta, dividiu-se o processo de projeto nas etapas de “Programa Preliminar”, “Programa Base”, “Estudo Prévio”, “Anteprojeto”, “Projeto de Execução”, “Assistência Técnica” e “Utilização do Empreendimento pelo Usuário”. Esta divisão é baseada no procedimento obrigatório de projeto para obras públicas, e justifica-se por apresentar uma metodologia completa e mais detalhada para a elaboração do projeto e ser utilizada por mais da metade das empresas pesquisadas, tanto para obras públicas quanto privadas. Além dos motivos apresentados, a implementação desta planilha por parte das empresas pode ser um incentivo para aquelas que não realizam todas essas etapas de projeto começarem a praticá-las.

Definidas as etapas de projeto e suas funções, identificou-se os riscos presentes em cada uma delas e suas causas e consequências. Para a realidade das empresas, a prática de *brainstorming* contribuirá para esta identificação, como já explicado anteriormente. Após esta atividade, deve ser preenchida a coluna de “Controles Atuais”, contendo todas as ações realizadas pelas empresas para tratar os riscos identificados, ou seja, diminuir seu impacto, diminuir sua ocorrência e/ou aumentar sua detecção. Como a aplicação que será apresentada neste item foi elaborada de forma generalista em relação as empresas, foi considerado como controles atuais as práticas presentes em mais de 70% das empresas pesquisadas, dados obtidos no bloco do questionário sobre a elaboração de projetos. Este valor foi escolhido por considerar-se consolidadas as práticas presentes em mais de 70% das empresas.

Após o preenchimento dos dados anteriores foi preciso determinar o Número de Prioridade de Risco (RPN) para cada situação. Como explicado no item 2.5.2, este número é uma multiplicação de três parâmetros (severidade, ocorrência e detecção), sendo que a escala para estes parâmetros deve ser determinada de acordo com a realidade da empresa. Para a aplicação neste trabalho, decidiu-se criar uma escala qualitativa de quatro graus para cada um dos três parâmetros. Apesar de ser mais comum a utilização de escalas de 10 graus, acredita-se que uma escala mais simples é mais rápida e aplicável para as empresas de projeto. A Tabela 14 apresenta os três parâmetros do RPN e os graus considerados para cada um deles:

| Severidade | | |
|--|-------------------|--|
| Índice | Severidade | Critério |
| 1 | Pequena | Falha quase imperceptível pelo dono da obra, construtor ou usuário |
| 2 | Moderada | Insatisfação do dono da obra, construtor ou usuário |
| 3 | Alta | Alta insatisfação do dono da obra, construtor ou usuário |
| 4 | Muito Alta | Alto risco de segurança do usuário ou trabalhador em obra |
| *A insatisfação está relacionada aos requisitos de qualidade de cada um dos clientes (dono da obra, construtor e usuário final). | | |
| Ocorrência | | |
| Índice | Ocorrência | Critério |
| 1 | Pequena | Causa da falha quase inexistente |
| 2 | Moderada | Causa da falha casual no processo de projeto |
| 3 | Alta | Causa da falha comum no processo de projeto |
| 4 | Muito Alta | Causa da falha muito frequente no processo de projeto |
| *A ocorrência está relacionada à probabilidade da causa acontecer e provocar a falha. | | |
| Deteção | | |
| Índice | Deteção | Critério |
| 1 | Fácil | Falha fácil de ser detectada durante o processo de projeto |
| 2 | Moderada | Deteção moderada da falha durante o processo de projeto |
| 3 | Difícil | Falha difícil de ser detectada durante o processo de projeto |
| 4 | Muito difícil | Falha quase imperceptível durante o processo de projeto |
| *A deteção está relacionada à facilidade ou não da falha ser detectada antes do efeito final ao cliente ter ocorrido. | | |

Tabela 14: Escalas dos critérios para a determinação do RPN na FMEA do processo de projeto

Como foi apresentado na tabela anterior, os quatro graus de cada um dos parâmetros podem ser explicados como uma escala básica de três graus (baixo, médio e alto) somada a um grau correspondente a uma situação extremamente desfavorável. Este último grau (quatro) foi adicionado para dar ênfase aos riscos de segurança aos trabalhadores e usuários, presentes no parâmetro de “Severidade”.

Após a determinação das escalas dos três parâmetros é possível descobrir o RPN para cada um dos riscos. Para a aplicação que será apresentada, a atribuição da severidade, ocorrência e deteção para cada risco do processo de projeto foi baseada nas respostas das empresas, na revisão bibliográfica e no conhecimento do pesquisador sobre o assunto.

Os números encontrados para o RPN, como explicado no item 2.5.2, merecem maior atenção das empresas quanto maior forem seus valores. Para facilitar a visualização da planilha de dados das empresas, decidiu-se criar níveis para o RPN, de acordo com os possíveis resultados gerados. A Tabela 15 apresenta as opções de resultado do RPN através da multiplicação dos três critérios explicados e a classificação das mesmas:

| RPN | |
|----------------------|------------|
| 64 48 36 32 | Muito Alto |
| 27 24 18 16 | Alto |
| 12 9 8 6 | Moderado |
| 4 3 2 1 | Pequeno |

Tabela 15: Escala do Número de Prioridade de Risco (RPN)

Como pode ser observado pela tabela anterior, a escala criada para o RPN possui quatro graus, mesma divisão dos critérios apresentados, representados por um conjunto de números e uma cor específica. É claro que um risco de RPN igual a 64 merece maior atenção do que um risco de RPN igual a 32, mas o agrupamento criado permite uma identificação mais rápida dos riscos prioritários na tabela da FMEA.

Após a definição do RPN de cada risco pode-se definir “Ações Recomendadas” para diminuir este grau dos riscos, em conjunto com os responsáveis por elas e o prazos estipulados. Para a aplicação deste trabalho, as ações recomendadas constituíram, em grande parte, das atividades de projeto realizadas por menos de 70% das empresas que responderam o questionário, ou seja, ações que não foram consideradas consolidadas e ainda precisam ser implementadas. Em relação aos responsáveis pelas ações, as mesmas foram divididas entre os administradores, coordenadores de projeto e engenheiros de projeto. O prazo para as ações não foi estipulado, por se tratar de um dado muito particular das empresas.

A aplicação da FMEA para o processo de projeto realizada neste trabalho termina nas “Ações Recomendadas” e seus responsáveis. O intuito do trabalho é que as empresas utilizem estes dados como base, adaptem alguns fatores e riscos de acordo com suas realidades, definam o que será implementado para o tratamento dos riscos e, através do controle e revisão do processo, encontrem o novo RPN para cada risco e identifiquem outras possíveis falhas, e assim sucessivamente.

A FMEA do processo de projeto encontra-se em anexo devido à sua extensão. Ao todo foram identificadas 42 potenciais falhas neste processo, sendo algumas delas semelhantes

para certas etapas do projeto. Para todas as falhas apresentam-se pelo menos uma ação como “Controle Atual” ou alguma sugestão como “Ação Recomendada”.

O resultado final da FMEA apresentou como principais riscos as opções de projeto que acarretam em maiores chances de acidentes de trabalho durante a execução de obra, as falhas em orçamento, erros de cálculo nos dimensionamentos de projeto e não consideração de determinado procedimento construtivo na elaboração do projeto. É importante salientar que certo risco pode não possuir grandes impactos para o cliente, mas sua ocorrência pode ser muito negativa para a empresa de projeto, como por exemplo a não realização de pesquisas de satisfação.

Para finalizar a aplicação da metodologia, a Tabela 16 apresenta a lista de verificação para o processo de projeto. Este documento, como já explicado, tem como intuito verificar se as ações para evitar ou mitigar os riscos foram realizadas.

| Lista de Verificação | Aplicação: Processo de Projeto | Coord. Projeto Resp.: | | |
|---|--------------------------------|-----------------------|------------|------------|
| | Projeto: | Cliente: | | |
| Etapa: Programa Preliminar | | Sim | Não | N/A |
| Foi apresentado ao dono da obra os benefícios e a importância do projeto para o empreendimento? | | | | |
| O documento formal (Programa de Necessidades) foi devidamente preenchido com todas as informações necessárias? (Objetivos, localização, caract. gerais, exigências, limites de custo, prazos para projeto e obra, dados do local) | | | | |
| Etapa: Programa Base | | Sim | Não | N/A |
| Realizou-se reunião com os projetistas para apresentação e discussão dos requisitos do dono da obra? | | | | |
| Foram analisadas todas as condicionantes significativas de projeto através de documento de check-list da empresa? (Requisitos do cliente, terreno, clima, infraestruturas locais disponíveis, construções existentes, aspectos sonoros, restrições legais) | | | | |
| Realizou-se estudo para aplicação de novas tecnologias/tendências ao projeto? | | | | |
| O banco de dados e parâmetros de preços da empresa para o orçamento inicial foram revisados? | | | | |
| Realizou-se reunião entre projetistas para apresentação e consulta sobre as possíveis soluções arquitetônicas iniciais? | | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o dono da obra foi devidamente informado? | | | | |
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | | |
| Foi perguntado ao cliente sugestões de melhoria para o processo de projeto (feedforward)? | | | | |

| Etapa: Estudo Prévio | Sim | Não | N/A |
|--|-----|-----|-----|
| Realizou-se uma análise dos projetos e feedbacks anteriores da empresa para auxiliar nas definições de projeto? | | | |
| Realizou-se um estudo e pesquisa para a escolha dos materiais utilizados? (Propriedades do material, condicionantes de aplicação e conservação, disponibilidade local) | | | |
| Os cálculos de pré-dimensionamento e seus parâmetros principais foram revisados pelos projetistas? | | | |
| Realizou-se reunião entre projetistas para a compatibilização dos principais elementos de cada especialidade? | | | |
| Realizou-se reunião com projetista terceirizado para a compatibilização de determinado projeto? | | | |
| As opções de projeto foram avaliadas através de conceitos de construtibilidade? (Eficiência construtiva, elementos e dimensões padronizadas, frentes de trabalho em obra, planejamento de operações, etc) | | | |
| Realizou-se reunião para discussão do projeto entre projetistas e empresa construtora? (Discussão sobre as opções de projeto, segurança dos trabalhadores, estimativa de custos) | | | |
| Os projetistas verificaram os elementos gráficos gerados através do documento de check-list? | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o dono da obra foi devidamente informado? | | | |
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | |
| Foi perguntado ao cliente sugestões de melhoria para o processo de projeto (feedforward)? | | | |
| Etapa: Anteprojeto | Sim | Não | N/A |
| Os cálculos e parâmetros de cada projeto foram revisados? | | | |
| Realizou-se reunião entre projetistas para a verificação da compatibilização dos projetos? | | | |
| Realizou-se reunião com projetista terceirizado para a verificação da compatibilização dos projetos? | | | |
| Realizou-se reunião para discussão do projeto entre projetistas e empresa construtora? (Discussão aprofundada sobre os processos construtivos e o orçamento preliminar) | | | |
| Os projetistas verificaram os elementos gráficos gerados através do documento de check-list? | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o dono da obra foi devidamente informado? | | | |
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | |
| Foi perguntado ao cliente sugestões de melhoria para o processo de projeto (feedforward)? | | | |
| Etapa: Projeto de Execução | Sim | Não | N/A |
| O orçamento final foi revisado pelos projetistas? | | | |
| Verificou-se todos os documentos necessários para a aprovação do projeto? | | | |
| Os projetistas verificaram os procedimentos construtivos descritos e os pormenores de projeto? | | | |
| Os projetistas verificaram os elementos gráficos gerados através do documento de check-list final? | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o dono da obra foi devidamente informado? | | | |

| | | | |
|---|------------|------------|------------|
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | |
| Realizou-se pesquisa de satisfação com o dono da obra? | | | |
| Etapa: Assistência Técnica | Sim | Não | N/A |
| A empresa manteve contato com o dono da obra durante a construção? | | | |
| A empresa agendou as principais etapas da obra onde o projetista deve estar presente? | | | |
| A empresa manteve comunicação com a construtora para registrar as possíveis mudanças de projeto em obra? | | | |
| Realizou-se pesquisa de satisfação com a empresa construtora? | | | |
| Etapa: Utilização do Empreendimento pelo Usuário | Sim | Não | N/A |
| Foi realizada visita ao edifício com o dono da obra? (Apresentação ao dono da obra dos benefícios do edifício advindos do projeto) | | | |
| Foi disponibilizado para os usuários o projeto atualizado com as mudanças de obra (Projeto As Built)? | | | |
| Foi disponibilizado para os usuários o manual de manutenção e utilização do edifício? | | | |
| Realizou-se pesquisa de satisfação com os usuários do empreendimento? | | | |

Tabela 16: Lista de verificação para o processo de projeto

A lista de verificação, como pode ser observada pela tabela anterior, foi dividida como o processo de projeto e está baseada nas ações listadas na FMEA frente aos riscos identificados. Os itens de verificação foram elaborados como perguntas, de forma que a resposta “Sim” sempre corresponda ao resultado positivo e facilite a visualização do coordenador de projetos. Em determinados casos, algum item pode não ser aplicado a determinado projeto, para os quais assinala-se “N/A” (Não se Aplica).

6.3. FMEA da Estrutura de Betão Armado

A metodologia criada para a gestão de risco propõe a utilização da FMEA não só para o processo de projeto como um todo, visto no item anterior, mas também para os projetos de maneira individual. Esta segunda aplicação da ferramenta possui uma análise diferente da primeira, pois trata-se de uma FMEA de produto. Neste caso, para a aplicação na estrutura de betão armado, não foram levantadas as possíveis falhas durante o processo de elaboração, mas sim as possíveis falhas do produto final em utilização, como por exemplo o colapso da estrutura, fissuração do betão e a corrosão das armaduras. As causas para estes problemas podem estar relacionadas tanto ao processo de projeto quanto à execução de obras e a utilização da estrutura.

A escolha da FMEA de produto para os projetos específicos justifica-se por se acreditar que é mais fácil e produtivo para os projetistas identificarem o maior número de possíveis falhas no produto final gerado do que durante o seu processo de elaboração. Como foi dito no parágrafo anterior, as causas destas falhas podem ter origem em etapas diferentes do empreendimento. Para as falhas que possuem suas causas em projeto, as ações frente a elas encontram-se de forma direta ao problema. Para as falhas originadas na execução de obra ou utilização da edificação, as ações devem responder a seguinte pergunta: o que pode ser feito em projeto para que se evite ou atenuar esta falha durante a execução de obra/utilização do edifício?

O conjunto de ações frente aos riscos levantados divide-se entre “Controles Atuais” e “Ações Recomendadas”, da mesma forma como a FMEA anterior, onde o primeiro refere-se a ações já realizadas pela empresa e o segundo a ações que podem ser implementadas. Como esta aplicação também é generalista, utilizou-se os mesmos critérios do processo de projeto geral para destinar as práticas em cada um dos grupos, considerando como “Controles Atuais” as práticas presentes em mais de 70% das empresas de projeto.

Em relação aos parâmetros para definição do RPN de cada risco, cada um deles possui uma escala de quatro graus, da mesma maneira que a FMEA do processo de projeto. A única diferença dos parâmetros para a análise dos projetos específicos está na interpretação do critério de detecção. Para este último, sua escala está relacionada à facilidade ou não de detectar a causa da falha descrita, e não a falha em si, como na FMEA do processo de projeto. A Tabela 17 apresenta os três parâmetros do RPN e os graus considerados:

| Severidade | | |
|--|-------------------|--|
| Índice | Severidade | Critério |
| 1 | Pequena | Falha quase imperceptível pelo dono da obra, construtor ou usuário |
| 2 | Moderada | Insatisfação do dono da obra, construtor ou usuário |
| 3 | Alta | Alta insatisfação do dono da obra, construtor ou usuário |
| 4 | Muito Alta | Alto risco de segurança do usuário ou trabalhador em obra |
| *A insatisfação está relacionada aos requisitos de qualidade de cada um dos clientes (dono da obra, construtor e usuário final). | | |
| Ocorrência | | |
| Índice | Ocorrência | Critério |
| 1 | Pequena | Causa da falha quase inexistente |
| 2 | Moderada | Causa da falha casual na concepção, execução ou utilização da estrutura |
| 3 | Alta | Causa da falha comum na concepção, execução ou utilização da estrutura |
| 4 | Muito Alta | Causa da falha muito frequente na concepção, execução ou utilização da estrutura |
| *A ocorrência está relacionada à probabilidade da causa acontecer e provocar a falha. | | |

| Detecção | | |
|---|---------------|---|
| Índice | Detecção | Critério |
| 1 | Fácil | Causa fácil de ser detectada durante a concepção, execução ou utilização da estrutura |
| 2 | Moderada | Detecção moderada da causa durante a concepção, execução ou utilização da estrutura |
| 3 | Difícil | Causa difícil de ser detectada durante a concepção, execução ou utilização da estrutura |
| 4 | Muito difícil | Causa quase imperceptível durante a concepção, execução ou utilização da estrutura |
| *A detecção está relacionada à facilidade ou não da causa ser detectada antes da ocorrência da falha. | | |

Tabela 17: Escalas dos critérios para a determinação do RPN na FMEA da estrutura de betão armado

Através da classificação de cada risco de acordo com os parâmetros e graus apresentados encontrou-se o RPN para cada um deles. Esta classificação se baseou nas respostas das empresas ao questionário, na revisão bibliográfica e no conhecimento do pesquisador sobre o assunto. A escala para os valores do RPN é a mesma da FMEA do processo de projeto geral, conforme apresentada na Tabela 15.

A exemplificação da FMEA da estrutura em betão armado também se encontra em anexo devido à sua extensão. Ao todo foram listadas 11 possíveis falhas da estrutura, sendo oito delas relacionadas às patologias mais comuns do betão armado e três delas à fatores que prejudicam outros requisitos de qualidade da estrutura, como a dificuldade de execução e a disponibilidade dos materiais escolhidos.

O resultado final da FMEA apresentou como principais riscos da estrutura o cobrimento insuficiente da armadura, a concepção de estruturas de difícil execução, a falta de otimização do processo construtivo e do uso dos materiais, a corrosão da armadura e erros de cálculo no dimensionamento. É interessante observar que algumas ações frente aos riscos identificados se encontram consolidadas durante a elaboração do projeto de betão armado mas não possuem a mesma adesão das empresas considerando-se o processo de projeto como um todo (todas as especialidades), assim como o inverso também é verdadeiro em alguns casos. Como exemplo, a ação de verificar os cálculos de projeto foi considerada como consolidada durante a elaboração do projeto de betão armado (Controle Atual), mas na FMEA do processo de projeto se encontra como “Ação Recomendada”. É importante salientar novamente que estas aplicações são generalistas e devem ser adaptadas pelas empresas que as utilizarão, além de que para a FMEA de processo de projeto, foram consideradas todas as empresas de projeto, realizando ou não projeto de estruturas.

Para finalizar a aplicação da metodologia, a Tabela 18 apresenta a lista de verificação para o projeto de estrutura em betão armado. Este documento tem como intuito verificar se as ações para evitar ou mitigar os riscos foram realizadas.

| Lista de Verificação | Aplicação: Projeto de Betão Armado | Projetista Resp.: | | |
|--|------------------------------------|-------------------|------------|------------|
| | Projeto: | Cliente: | | |
| Etapa: Programa Preliminar | | Sim | Não | N/A |
| Foram verificados os requisitos de utilização da edificação ao longo de toda a sua vida útil? (Possíveis reformas futuras, mudanças de utilização) | | | | |
| Etapa: Programa Base | | Sim | Não | N/A |
| Foram analisadas as condicionantes de projeto relacionadas ao betão armado? (Exigências de grandes vãos e estruturas em balanço, condições e características do terreno, construções existentes, sondagem do solo) | | | | |
| Realizou-se estudo para aplicação de novas tecnologias ao betão, aço ou procedimento construtivo? | | | | |
| Realizou-se, juntamente ao arquiteto, uma verificação das possíveis soluções arquitetônicas iniciais? (Vãos, estruturas em balanço, formatos que contribuam com a vida útil da estrutura, proteção da estrutura, alinhamento das paredes, dificuldade ou não de execução). | | | | |
| Etapa: Estudo Prévio | | Sim | Não | N/A |
| Realizou-se uma análise dos projetos e feedbacks anteriores da empresa para auxiliar nas definições de projeto? | | | | |
| Verificou-se todas as normas e legislações necessárias para a realização do projeto? | | | | |
| Realizou-se um estudo e pesquisa para a escolha do aço e dos materiais utilizados para composição do betão? (Propriedades do material, condicionantes de aplicação e conservação, disponibilidade local, teor de álcalis, sílica dos agregados). | | | | |
| As opções de projeto foram avaliadas através de conceitos de construtibilidade? (Facilidade na utilização dos cimbres e cofragens, dimensões de vigas e pilares de acordo com o comprimento das barras de aço ou dentro das opções das empresas de pré-fabricados, facilidade na betonagem e no posicionamento das armaduras) | | | | |
| Verificou-se a compatibilização dos principais elementos do projeto estrutural e de cada especialidade? (Posicionamento dos pilares, tubulações e eletrodutos ao encontro de vigas, altura das vigas, etc) | | | | |
| Os cálculos de pré-dimensionamento foram revisados? (Classe de agressividade da estrutura, levantamento das cargas atuantes, esforços longitudinais e cortantes, deflexão da estrutura, juntas) | | | | |
| As decisões iniciais do projeto estrutural foram apresentadas à empresa construtora? (Discussão sobre as opções de projeto, segurança dos trabalhadores, estimativa de custos) | | | | |
| Os elementos gráficos gerados foram verificados? (Lançamento da estrutura, dimensões iniciais) | | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o coordenador de projeto foi devidamente informado? | | | | |
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | | |
| Etapa: Anteprojeto | | Sim | Não | N/A |
| Os cálculos de projeto e os detalhamentos finais foram revisados? (Deslocamento do diagrama de momento fletor, definição das áreas de aço ao longo de todo o elemento estrutural, taxas de consumo, etc) | | | | |
| Realizou-se reunião entre projetistas para a verificação final da compatibilização dos projetos? | | | | |

| | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Realizou-se reunião para discussão do projeto entre projetistas e empresa construtora? (Discussão aprofundada sobre o procedimento de corte e dobra das armaduras, betonagem da estrutura, equipamentos necessários, custos) | | | |
| Os elementos gráficos gerados foram verificados? (Plantas e cortes com as dimensões especificadas das estruturas, posicionamento das armaduras) | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o coordenador de projeto foi devidamente informado? | | | |
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | |
| Etapa: Projeto de Execução | Sim | Não | N/A |
| O orçamento final do projeto foi revisado? | | | |
| Os procedimentos construtivos descritos e os pormenores de projeto foram verificados? (Plano de corte das armaduras, ancoragem das estruturas, vida útil da estrutura, Classe de Inspeção, ensaios de identidade dos materiais, procedimento para betonagem, adensamento e cura do betão, pormenores das juntas, fck/traço do betão, teor de sílica recomendado, classe de cloretos, especificação dos materiais, informações/recomendações sobre a cofragem) | | | |
| Os elementos gráficos foram verificados? (Identificações gerais do documento, locação, cotas e identificação dos pilares e vigas, dimensão das peças estruturais, indicações de contra-flechas, posicionamento e detalhamento das juntas de dilatação e betonagem, área de cofragens, volume de betão, cobrimento da armadura, posicionamento da armadura, seções dos elementos estruturais, localizações e dimensões das aberturas e passagens nas estruturas para elementos diversos) | | | |
| Em caso de atraso na entrega das atividades, o coordenador de projeto foi devidamente informado? | | | |
| Os requisitos do dono da obra e a solução inicial foram revisados antes da reunião com o mesmo? | | | |
| Etapa: Assistência Técnica | Sim | Não | N/A |
| Realizou-se assistência técnica nos dias de betonagem da estrutura? | | | |
| Em casos de mudanças de projeto em obra, estas foram consultadas e registradas? | | | |
| Etapa: Utilização do Empreendimento pelo Usuário | Sim | Não | N/A |
| Foi disponibilizado para os usuários o projeto estrutural atualizado com as mudanças de obra (Projeto As Built)? | | | |
| Foi disponibilizado para os usuários o manual de manutenção e utilização da estrutura? | | | |

Tabela 18: Lista de verificação para o projeto de betão armado

A lista de verificação apresentada possui a mesma metodologia da lista criada para o processo de projeto geral. Para que o engenheiro de projeto tenha facilidade no *check-list* e verifique o trabalho em sintonia com o coordenador de projetos, o documento também foi dividido de acordo com as etapas de projeto.

7. CONCLUSÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho apresentado conseguiu cumprir com os objetivos propostos, sendo estes analisar a gestão de riscos em empresas de projetos de construção certificadas pela ISO 9001 e propor uma metodologia de gestão de riscos para estas empresas.

A análise da gestão de riscos nas empresas de projetos permitiu, primeiramente, a conclusão de que a maior parte delas realizam práticas de gestão de riscos, considerando a margem de erro e o nível de confiança da pesquisa. Este fato é muito importante, independente da maturidade, complexidade e abrangência desta gestão, pois as empresas se tornam mais preparadas para o mercado e para possíveis adversidades. Como parte das justificativas do tema era a necessidade de adaptação das organizações aos novos requisitos normativos, foi surpreendente observar que a maior parte das empresas que realizam práticas de gestão de riscos já haviam iniciado estas atividades antes da atualização da norma ISO 9001. Esta constatação foi muito significativa, tanto para se notar a importância dada pelas empresas a esta atividade quanto para verificar que a gestão de riscos trouxe resultados positivos para a maior parte delas.

Ainda sobre a gestão de riscos das empresas, pôde-se concluir que o contexto externo e as necessidades e expectativas das partes interessadas são os itens mais considerados pelas empresas nesta gestão, deixando um pouco a desejar a observação do contexto interno. Em relação às ferramentas, destacam-se a utilização de reuniões de *brainstorming* e análise SWOT para a identificação dos riscos e a utilização da matriz consequência/probabilidade para a priorização dos riscos, sendo as três de fácil utilização e entendimento.

A análise do contexto externo e das necessidades e expectativas das partes interessadas na gestão de riscos é fundamental para as organizações, principalmente para se tratar riscos considerados prováveis de se ocorrer, como o aumento de empresas concorrentes e o incumprimento de pagamento por parte dos clientes. No entanto, pôde-se constatar que a consideração do contexto interno também é capaz de influenciar positivamente as práticas realizadas pelas empresas. Na análise do processo de projeto geral, notou-se que as empresas que aplicam a gestão de riscos para este âmbito possuem um processo de projeto muito mais completo, o que diminui as chances de não atendimento dos requisitos do dono da obra, da empresa construtora e do usuário final do empreendimento. É importante lembrar que algumas importantes atividades de projeto possuem destaque positivo entre as empresas independente da realização ou não da gestão de riscos, como a realização de projetos de maneira conjunta entre os projetistas para a compatibilização e otimização dos mesmos.

A consideração do contexto interno na análise da gestão de riscos, como já falado, não é tão presente nas empresas quanto outros itens. A análise do processo geral de projeto, parte deste contexto interno, é mais difundida e resultou em melhores resultados para as empresas, mas a análise dos projetos no âmbito das especialidades já possui uma menor adesão, principalmente para o projeto de betão armado. As ações listadas no questionário para este tipo de projeto, em maior parte, são realizadas por menos de 70% das empresas, o que demonstra ser práticas não consolidadas de modo geral. A maior abrangência das diversas especialidades na análise da gestão de riscos provavelmente beneficiaria a elaboração destes projetos e melhoraria os resultados obtidos.

A metodologia proposta para a gestão de riscos nas empresas de projeto teve como base as respostas ao questionário e a revisão bibliográfica, e tem como principal característica a separação do processo de projeto dos outros itens analisados. A utilização da FMEA para a análise dos projetos consiste na maior novidade da metodologia para as empresas, devido à sua pouca utilização entre elas, mas seu caráter completo de se trabalhar com os riscos e a facilidade para se descrever as atividades de projeto ou as falhas do produto final justificam a escolha da mesma para se aplicar. A descrição detalhada da metodologia e a exemplificação de todas as ferramentas e documentos principais serão úteis para aprimorar o sistema de gestão da qualidade das empresas, tanto para aquelas que já possuem práticas de gestão de riscos quanto para às que irão iniciar essas atividades.

O trabalho realizado, assim como qualquer outro, pode sugerir a elaboração de trabalhos futuros. O pesquisador destaca como um bom tema a aplicação desta metodologia proposta em alguma empresa de projeto. Apesar da metodologia criada ter sido baseada nas respostas das empresas, em referências bibliográficas e possuir exemplos de aplicações, em nenhum momento ela foi testada ou apresentada às empresas. Como seria a aceitação e adaptação das empresas à metodologia? Ela apresenta melhores resultados? Estas questões são importantes de se responder, assim como o tempo real despendido para estas atividades, que apesar de ter sido considerado na elaboração da metodologia, consiste no principal fator que dificulta as práticas de gestão de riscos nas empresas e merece atenção. Ainda como trabalhos futuros, é possível a aplicação das ferramentas de gestão de riscos para outros tipos de projetos, como o de arquitetura, térmico, redes de águas, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] International Organization for Standardization, “ISO,” [Online]. Available: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>. [Acesso em 27 Outubro 2017].
- [2] Fortunato, Teresa Lopes Serra Ramalhão, “Modelo de Gestão de Risco em Obras de Escavação de Túneis em Rocha,” Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2013.
- [3] Instituto Português da Qualidade, “DNP ISO Guia 73 - Gestão do Risco - Vocabulário,” 2011.
- [4] Carpinetti, Luiz Cesar Ribeiro; Gerolamo, Mateus Cecílio, Gestão da Qualidade - ISO 9001:2015, São Paulo: Atlas, 2016.
- [5] Akintoye, Akintola S.; MacLeod, Malcolm J., “Risk Analysis and Management in Construction,” International Journal of Project Management, Londres, 1997.
- [6] Hammarlund, Y.; Josephson, P.E. apud Melhado, Silvio Burratino, “Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- [7] Motteu, H.; Cnudde, M. apud Santos, White, José dos; Branco, Luiz A. M. Nunes; Filho, Júlio V. de Abreu, “Compatibilização de projetos: análise de algumas falhas em uma edificação pública,” IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, 2013.
- [8] Zou, Patrick X. W.; Zhang, Guomin; Wang, Jia-Yuan, “Identifying Key Risks in Construction Projects: Life Cycle and Stakeholder Perspectives,” Proc. 12th Pacific Rim Real Estate Society Conference, Auckland, 2006.
- [9] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, “Departamento de Estruturas, Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas, LNEC,” [Online]. Available: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html. [Acesso em 16 Maio 2018].

- [10] Instituto Português da Qualidade, “NP ISO 31000:2013 - Gestão do Risco - Princípios e linhas de orientação,” 2013.
- [11] Rovai, Ricardo Leonardo, “Modelo estruturado para gestão de riscos em projetos: estudo de múltiplos casos,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- [12] Oliveira, Otávio J. de; Melhado, Silvio Burrattino, Como administrar empresas de projeto de arquitetura e engenharia civil, São Paulo: Pini, 2006.
- [13] International Organization for Standardization, “ISO/TR 31004,” 2013.
- [14] Instituto Português da Qualidade, “IPQ,” [Online]. Available: <http://www1.ipq.pt/PT/IPQ/Pages/IPQ.aspx>. [Acesso em 27 Outubro 2017].
- [15] Instituto Português de Acreditação, “IPAC,” [Online]. Available: <http://www.ipac.pt/>. [Acesso em 20 Abril 2018].
- [16] Instituto Português da Qualidade, “NP EN ISO 9001:2015 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos,” 2015.
- [17] Project Management Institute, Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4^a ed., Newtown Square: PMI, 2008.
- [18] Instituto Português da Qualidade, “NP EN 31010:2016 - Gestão do Risco - Técnicas de apreciação do risco,” 2016.
- [19] Nakagawa, Marcelo, “Ferramenta: Análise SWOT (Clássico) - Estratégia e Gestão,” Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), 2012.
- [20] Simões, Milene Isabel Fernandes, “Análise estratégica de uma empresa de transportes familiar,” Dissertação de Mestrado, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [21] Carvalho, Marcos Bonetti de, “Planejamento Estratégico em uma empresa de construção civil,” Revista Especialize - Instituto de Pós Graduação - IPOG, Goiânia, 2013.

- [22] Toledo, José Carlos de; Amaral, Daniel Capaldo, “FMEA - Análise do Tipo e Feito de Falha,” Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade (GEPEC) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- [23] Rodrigues, Marta Filipa Oliveira, “Análise de Risco em Projectos de Construção,” Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.
- [24] Melhado, Silvio Burrattino, “Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- [25] Bertezini, Ana Luisa, “Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade,” Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [26] Fabricio, Márcio Minto, “Projeto simultâneo na construção de edifícios,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- [27] Melhado, Silvio Burrattino; Violani, Marco Antonio Falsi, “A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios,” Texto Técnico, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- [28] Oliveira, Otávio José de, “Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- [29] Mota, Mónica; Costa, Jorge Moreira da, “Metodologia para a Qualificação de Edifícios,” International Forum on Construction Management - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.
- [30] Campos, Maria Helena Arranhado Carrasco, “A construtibilidade em projectos de edifícios para o ensino superior público em Portugal,” Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2002.

- [31] Construction Industry Institute, “CII,” [Online]. Available: <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/best-practices/constructability>. [Acesso em 27 Novembro 2017].
- [32] “Decreto-Lei nº555/99 atualizado pela Lei nº 79/2017 - Regime Jurídico da Urbanização e Edificação,” 2017.
- [33] “Portaria nº 113/2015 (versão actualizada) - Elementos instrutórios dos procedimentos previstos no regime jurídico da urbanização e edificação,” 2017.
- [34] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Portaria nº 701-H/2008”.
- [35] Oliveira, Djalma de Pinho Rebouças de, Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial, 16ª ed., São Paulo: Atlas, 2006.
- [36] Padilha, Ênio, Marketing para engenharia, arquitetura e agronomia, 8ª ed., Balneário Camboriú: OitoNoveTrês, 2012.
- [37] Zanetti, Eni Maria de Souza Pinto, “Gerenciamento de Recursos Humanos: O Caso das Micro e Pequenas Indústrias de Confeções do Município de Colatina - ES,” Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- [38] Souza, Vicente Custódio Moreira de; Ripper, Thomaz, Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto, São Paulo: Pini, 1998.
- [39] Pina, Carlos, “Os Eurocódigos Estruturais: Estado da sua implementação em Portugal,” Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2012.
- [40] Instituto Português da Qualidade, “NP EN 1992-1-1:2010 - Eurocódigo 2 - Projecto de estruturas de betão,” 2010.
- [41] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei nº 301/2007,” 2007.

- [42] Albuquerque, Augusto Teixeira de, “Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado,” Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- [43] I. P. d. Qualidade, “NP EN 13670 - Execução de estruturas de betão,” 2011.
- [44] Parlamento Europeu e Conselho, “Regulamento (CE) Nº 765/2008,” 2008.
- [45] Ministério da Economia e da Inovação, “Decreto-Lei nº 390/2007,” 2007.
- [46] Appleton, Júlio, Revisão de Projectos - Enquadramento e Objectivos - Encontro Nacional Betão Estrutural 2000, Porto: Feup, 2000.
- [47] Assembléia da República, “Lei nº 40/2015,” 2015.
- [48] Coelho, Aristides Guedes; Matos, Domingos Silva; Costa, Aníbal, “Reparação, reforço e reabilitação de estruturas de betão,” Cursos de Formação e Especialização em Projecto de Estruturas de Betão, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2000.
- [49] Trindade, Diego dos Santos da, “Patologia em Estruturas de Concreto Armado,” Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- [50] Ribas, Domingos Antônio Garcia.; Figueiras, Joaquim A., Avarias estruturais e a sua relação com a qualidade do projecto - Encontro Nacional Betão Estrutural 2000, Porto: Feup, 2000.
- [51] Gil, Antonio Carlos, Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, 6ª ed., São Paulo: Atlas, 2008.
- [52] Guimarães, Rui Campos; Cabral, José A. Sarsfield, “Estatística,” McGraw-Hill, Lisboa, 1997.
- [53] Departamento de Informática e Estatística, “O uso de questionários em trabalhos científicos,” Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ANEXOS

1 – Modelo do Questionário

Questionário - Tese de Mestrado

A Gestão de Riscos em Empresas de Projetos de Construção Certificadas pela ISO 9001

Instituto Politécnico de Bragança

Aluno: Caio Abrão Pelodan Esteves
Orientadora: Prof. Ma. Sílvia Maria Afonso Fernandes

Objetivo

Analisar a gestão de riscos em empresas de projeto de construção certificadas pela ISO 9001. Os resultados servirão como auxílio para a criação de um modelo de gestão das empresas, contribuindo também para pesquisas futuras na área.

O pesquisador garante anonimato e confidencialidade das respostas

Introdução

O pensamento baseado em risco, ressaltado na versão ISO 9001:2015, é um requisito do processo de planeamento do sistema de gestão da qualidade. A gestão de riscos visa obter uma organização mais eficiente e diminuir a probabilidade de não se atingir a satisfação dos clientes. No caso de empresas de projetos, os possíveis clientes são o dono da obra, o construtor e o usuário final da edificação.

*Obrigatório

Dados Gerais

1) Nome da empresa: *

Sua resposta _____

2) Ano de fundação: *

Sua resposta _____

3) Número de funcionários: *

Sua resposta _____

4) Função/Cargo do entrevistado: *

Sua resposta _____

5) Selecione os tipos de projeto que a empresa realiza: *

- Arquitetura
- Estruturas
- Térmico
- Redes de águas
- Acústico
- Incêndio
- Elétrico
- Telecomunicações
- Instalações de Gás
- Outro:

6) Quais os macroprocessos da empresa? *

Sua resposta _____

Gestão de Riscos

1) Selecione os itens analisados pela empresa em sua gestão de riscos: *

- Contexto externo (economia, mercado, leis, etc)
- Todos os macroprocessos
- Projetos (âmbito geral)
- Projetos (âmbito específico das especialidades)
- Necessidades e expectativas das partes interessadas
- Fatores internos (instalações, pessoas, etc)
- Não é realizada a gestão de riscos
- Outro:

2) Selecione as práticas e ferramentas utilizadas pela empresa na etapa de Identificação dos Riscos¹: *

- Reuniões de "Brainstorming"
- Análise SWOT
- Entrevistas com funcionários
- Registos de projetos anteriores
- Não é realizada a etapa de "Identificação dos Riscos"
- Outro: _____

¹ Levantamento de todos os possíveis riscos nos itens considerados, tendo em conta suas causas e consequências.

3) Selecione as práticas e ferramentas utilizadas pela empresa nas etapas de Análise e Respostas aos Riscos²: *

- FMEA/FMECA
- Matriz consequência/probabilidade
- Árvore de decisão
- Não se utiliza nenhuma ferramenta, os riscos são priorizados e tratados de acordo com a experiência dos profissionais
- Não são realizadas as etapas de "Análise e Resposta aos Riscos"
- Outro: _____

² Priorização dos riscos identificados de acordo com sua necessidade de intervenção, seguido da determinação do que será feito diante de cada risco.

4) A empresa realiza o controle e registo dos riscos? *

- Sim
- Não

5) A nova versão da ISO 9001 (2015) ressalta o pensamento baseado em riscos. As práticas de gestão de riscos da empresa iniciaram-se a partir da atualização da norma? *

- Sim
- Não, já era realizada
- Não é realizada a gestão de riscos

6) A empresa obteve melhores resultados após a implementação da gestão de riscos? Justifique.

Sua resposta _____

7) Selecione os principais motivos que dificultam/impossibilitam a prática de gestão de riscos na empresa: *

- Falta de tempo
- Não conhecimento sobre gestão de riscos e suas ferramentas
- A empresa julga a prática de gestão de riscos não necessária
- Não há motivos que dificultam a prática de gestão de riscos
- Outro: _____

8) Atribua valores de 0 a 3 para possíveis riscos aos quais a empresa está sujeita: *

| | 0 (Praticamente nulo) | 1 (Pouco provável) | 2 (Provável) | 3 (Muito provável) |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Falta de clientes | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Clientes insatisfeitos | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Incumprimento de pagamento por parte do cliente | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Proporcionar projetos sem inovações/tendências de mercado | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Demissão/saída de funcionários | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Aumento de empresas concorrentes | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Alterações legislativas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Elaboração de Projetos

1) Selecione as formações oferecidas aos funcionários: *

- Gestão de projetos
- Softwares de engenharia
- Atendimento ao cliente
- A empresa não oferece formações
- Outro:

2) Selecione as etapas realizadas no processo de projeto para obras privadas e públicas: *

| | Programa preliminar (necessidades do cliente) | Programa Base | Estudo Prévio | Anteprojeto | Projeto de execução |
|----------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Obras Privadas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Obras Públicas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

3) Os projetos de construção de diferentes especialidades são feitos de maneira conjunta e iterativa entre os projetistas envolvidos? *

- Sim
- Apenas alguns projetos são feitos de maneira conjunta
- Não
- Todos os projetos são realizados pelo mesmo projetista

4) Quando algum dos projetos de determinada edificação é realizado por outra empresa ou terceiro, a empresa possui alguma metodologia para manter a comunicação com este e garantir a compatibilidade entre os projetos? *

- Sim
- Não

5) Considerando a satisfação do dono da obra, selecione as práticas realizadas pela empresa no processo de projeto: *

- Estudo de viabilidade para aplicação de novas tecnologias (materiais, sistemas técnicos)
- Aplicação, no projeto, de materiais e equipamentos disponíveis na região
- Elaboração de orçamentos prévios para a construção baseados em estudos de preços de mercado
- A empresa não realiza nenhuma prática
- Outro: _____

6) Considerando a satisfação da empresa construtora, selecione as práticas realizadas pela empresa no processo de projeto: *

- Realização de reuniões com representantes da empresa construtora durante a elaboração dos projetos
- Aplicação de conceitos de construtibilidade na elaboração dos projetos (garantia da eficiência construtiva do que está sendo projetado)
- Utilização de opções de projeto que acarretem em menores riscos de acidente de trabalho durante a construção
- Verificação da compatibilidade entre os projetos
- Realização de projetos para produção (processo construtivo, pormenores construtivos dos projetos)
- Verificação dos desenhos de projeto (grau de detalhamento, facilidade de interpretação, quantidade de informações)
- Realização de assistência técnica durante a obra
- A empresa não realiza nenhuma prática
- Outro:

7) Considerando a satisfação do usuário final, selecione as práticas realizadas pela empresa no processo de projeto: *

- Utilização de opções de projeto que acarretem em menor necessidade e custo de manutenção
- Disponibilização de Manual de Manutenção e Utilização
- A empresa não realiza nenhuma prática
- Outro: _____

8) Selecione os tipos de clientes da empresa nos quais se aplica um feedback dos projetos (pesquisa de satisfação): *

- Dona da Obra
- Empresa Construtora
- Usuário Final
- A empresa não realiza pesquisa de satisfação

Projeto de Estruturas (Betão Armado)

1) Utiliza-se alguma prática ou ferramenta de gestão de riscos no projeto de estruturas em betão armado? *

Sua resposta _____

2) Em relação à pergunta anterior, em caso afirmativo, esta prática/ferramenta é aplicada aos projetos de obras públicas e privadas? *

- Sim
- Apenas às obras públicas
- Nenhuma ferramenta/prática é utilizada

3) A análise (sondagem) do solo é realizada? *

- Sim
- Não

4) Em relação ao projeto de betão armado e seu processo, seleccione as práticas desenvolvidas pela empresa: *

- Levantamento dos requisitos de utilização da edificação por parte do cliente, durante toda a vida útil da estrutura (possíveis ampliações, reformas, diferentes utilizações, entre outros)
- Opção por formatos de estruturas que contribuam para a vida útil da mesma (formatos que não acumulem água na superfície, opções que não sofram muitos danos por impacto, entre outras)
- Realização de reunião com empresa construtora na concepção do projeto estrutural (análise da facilidade do processo construtivo, necessidade de equipamentos, segurança dos trabalhadores)
- Utilização de medidas e materiais comercializados pelas empresas de material de construção e pré-fabricados da região
- Realização de check-list (verificação) de todos os parâmetros que devem ser avaliados no projeto de estruturas
- Especificação em projeto dos materiais que deverão ser utilizados e seus requisitos de qualidade (cimento, aço, agregados, aditivos)
- Check-list de verificação dos desenhos de projeto (clareza, especificação do posicionamento da armadura, espessura do cobrimento da armadura, demarcação dos pilares e vigas, cotas de referência, entre outros)
- No caso do betão ser produzido em obra, especificação em projeto do traço do betão
- Especificação de um plano/procedimento de corte das armaduras, possibilitando um menor desperdício de aço
- Especificação em projeto de um plano de betonagem (procedimentos de execução)
- Informações no projeto sobre a cura do betão
- Assistência técnica do projetista durante a betonagem da estrutura
- Elaboração de plano de inspeção e manutenção da estrutura
- Nenhuma das anteriores

5) Considerando uma estrutura de betão armado, existe algum problema recorrente em obra que a empresa possui algum cuidado especial em fase de projeto? Em caso afirmativo, o que é feito para evitá-lo? *

Sua resposta

2 – FMEA do Processo de Projeto

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---------|----------|---|----|--|----------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | | |
| Programa Preliminar | Identificar os objetivos, requisitos e restrições do dono da obra | Não entendimento dos requisitos do dono da obra | Falta de preparado do profissional, falta de clareza e dúvidas do dono da obra | Desenvolvimento de soluções que não contemplam as exigências do dono da obra, retrabalho | Experiência dos profissionais | 2 | 2 | 1 | 4 | Realização de treinamento de atendimento ao cliente | Administrador | | | | | | | | | |
| | | Falta de informações necessárias | Informações necessárias não coletadas pelo profissional | Desenvolvimento de soluções que não contemplam as exigências do dono da obra, retrabalho | Utilização de documento formal contendo todas as informações que devem ser coletadas do cliente | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | |
| | | Não apresentação de requisitos por parte do dono da obra e prazo curto para projeto | Não valorização do projeto por parte do dono da obra, necessidade de iniciar a construção rapidamente | Pouco tempo para o desenvolvimento do projeto, problemas levados para a obra e menor qualidade do produto final | Experiência dos profissionais | 3 | 4 | 1 | 12 | Explicação para o dono da obra da importância do projeto perante o produto final | Coord. Projeto | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|---------|----------|---|----|---|--|--------------------------------|---------------|---|---|---|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | |
| Programa Base | Definição, através da elaboração de possíveis alternativas e aprovação do dono da obra, de uma solução inicial de projeto, contendo uma análise das condicionantes locais, justificação de necessidades de equipamentos e estimativa de custo inicial | Não consideração ou avaliação de determinada condicionante significativa no projeto (clima, terreno, infraestrutura, entre outras) | Esquecimento da análise de alguma condicionante por parte dos profissionais | Alterações futuras de projeto, custos inesperados durante a obra, menor qualidade do produto final | | 3 | 2 | 2 | 12 | Utilização de documento formal (check-list) contendo todas as principais condicionantes de um projeto | Coord. Projeto e Eng. Projeto | | | | | | | | |
| | | Realização de alternativas de projeto não condizentes com os requisitos do dono da obra | Falta de análise, leitura e entendimento dos requisitos do dono da obra presentes no programa preliminar | Desenvolvimento de soluções que não contemplam as exigências do dono da obra, retrabalho | Apresentação e discussão dos requisitos do dono da obra para os projetistas envolvidos | | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | |
| | | Realização de alternativas de projeto obsoletas ou sem atratividade comercial | Falta de conhecimento de novas tecnologias por parte dos profissionais, não realização de pesquisas de mercado | Maior dificuldade na venda da edificação, menor retorno financeiro para o dono da obra | | | 3 | 2 | 2 | 12 | Realização de reunião com os projetistas com o intuito de estudar possíveis inovações para o projeto / Criação de função de Pesquisa e Desenvolvimento | Coord. Projeto / Administrador | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|---|--|---|---------|----------|---|----|--|--------------|------------|---------------|---|---|---|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Programa Base (continuação) | Já descritas | Apresentação de orçamento inicial não condizente com a realidade | Informações e preços médios de mercado desatualizadas | Orçamento posterior muito diferente do primeiro, gerando desconiança no dono da obra e possíveis alterações no projeto | | 2 | 3 | 2 | 12 | Revisão dos parâmetros e bancos de dados de precificação da empresa, pesquisa de mercado | Eng. Projeto | | | | | |
| | | Decisão arquitetônica que pode afetar negativamente o desenvolvimento de algum projeto de especialidade | Não observação geral de todos os sistemas prediais por parte do arquiteto, falta de comunicação entre os profissionais das diversas áreas | Diminuição da qualidade do projeto, maiores dificuldades construtivas e maiores custos. Retrabalho e perda de tempo em novas soluções de projeto | | 2 | 1 | 2 | 4 | | | | | | | |
| | | Atraso na entrega das atividades | Não atenção dos profissionais em relação aos prazos das atividades, erro de planejamento, problemas pessoais | Perda de credibilidade com o dono da obra, atraso na sequência de serviços | Acompanhamento das atividades pelo coordenador de projetos. Em caso de atraso, aviso prévio ao dono da obra | | 2 | 1 | 2 | 4 | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|---------|----------|---|----|--|---|----------------|---------------|---|---|---|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Programa Base (continuação) | Já descritas | Não entendimento ou aprovação por parte do dono da obra das soluções apresentadas | Soluções que não cumprem com as exigências do dono da obra, apresentação das soluções sem clareza | Retrabalho, insatisfação do dono da obra, perda de tempo | Revisão dos requisitos do dono da obra e reunião de projetistas antes do encontro com o mesmo | 2 | 2 | 1 | 4 | Realização de feedforward | Coord. Projeto | | | | | |
| Estudo Prévio | Desenvolvimento da solução aprovada no programa base, contendo elementos gráficos e descritivos, definição geral dos processos construtivos, estimativas de custos de obra e prazo e pré-dimensionamento dos projetos de especialidades | Pré-dimensionamento incorreto dos projetos de especialidades | Não consideração de determinado parâmetro de cálculo, erro de cálculo, utilização incorreta de software | Erros nas próximas etapas de dimensionamento, má qualidade de projeto, altos custos de manutenção. Retrabalho, perda de tempo, mudanças de projeto | Realização de treinamentos de softwares | 4 | 2 | 3 | 24 | Verificação e revisão de todos os parâmetros e cálculos de projeto | Eng. Projeto | | | | | |
| | | Estimativa de custo da obra e prazo não condizentes com a realidade | Falta de pesquisa de preços de mercado, falta de conhecimento sobre os procedimentos construtivos, não consideração de condicionantes da obra | Orçamento posterior muito diferente do primeiro, gerando desconfiância no dono da obra e possíveis alterações no projeto | | | 3 | 3 | 3 | 27 | Reunião entre projetistas e construtor para discussão sobre as opções de projeto, processos construtivos e custos previstos | Coord. Projeto | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--|--|---|---|---------|----------|---|----|---|-------------------------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA Nº: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | | |
| Estudo Prévio (continuação) | Já descritas | Incompatibilidade dos principais elementos dos projetos de arquitetura e especialidades | Falta de trabalho conjunto e comunicação entre os diversos profissionais envolvidos no projeto | Má qualidade do projeto e da edificação, dificuldades construtivas e maiores custos. Retrabalho e perda de tempo em novas soluções de projeto | Realização de reuniões entre todos os envolvidos no projeto, verificação de parâmetros principais de cada projeto | 3 | 1 | 2 | 6 | | | | | | | | | | | |
| | | Não consideração de aspectos construtivos de projeto, definição incorreta dos principais processos construtivos ou opções de projeto que dificultam o processo construtivo | Não conhecimento ou desatenção dos projetistas em relação aos processos construtivos. Não aplicação de conceitos de construtibilidade ao projeto | Dificuldades na execução de obras, aumento de custos e tempo de obra. | Estudo e aplicação de conceitos de construtibilidade em projeto | 3 | 2 | 4 | 24 | Análise de projetos anteriores / Realização de reunião entre projetistas e construtor para discussão de opções de projeto / Realização de pesquisa de satisfação com as empresas construtoras | Eng. Projeto / Coord. Projeto | | | | | | | | | |
| | | Elementos gráficos com ausência de informações necessárias | Desatenção dos profissionais, falta de tempo para a execução dos trabalhos, não conhecimento de todos os itens necessários | Dificuldades e dúvidas nas próximas etapas de projeto | Verificação (check-list) de todos os elementos gráficos necessários | 1 | 2 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|--|---|--|---------|----------|---|----|---|---|----------------|---------------|---|---|---|--|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | | |
| Estudo Prévio (continuação) | Já descritas | Opções de projeto que acarretem em maiores riscos de segurança durante a execução da obra | Desatenção ou não conhecimento dos projetistas em relação aos procedimentos construtivos e de segurança | Possíveis acidentes de trabalho durante a execução de obras, maiores gastos com equipamentos e procedimentos de segurança | | 4 | 3 | 3 | 36 | Realização de reunião entre projetistas e construtor para discussão de opções de projeto / Análise de projetos anteriores e opções de projeto | Coord. Projeto / Eng. Projeto | | | | | | | | | |
| | | Escolha de materiais e equipamentos não disponíveis na região do projeto | Falta de pesquisa de mercado e avaliação de outras opções de projeto e aspectos construtivos | Aumento do orçamento e possibilidades de atrasos em obras | Realização de pesquisa de opções de mercado locais | | 2 | 2 | 2 | 8 | | | | | | | | | | |
| | | Desenvolvimento de opções que acarretem em maiores custos de manutenções futuras | Não avaliação dos materiais utilizados e suas interações com o clima, utilização, processos construtivos e outros parâmetros | Maior número de patologias futuras nas edificações e gastos com manutenção | Revisão de banco de dados sobre os materiais de construção e seus condicionantes | | 3 | 2 | 3 | 18 | Pesquisas de satisfação com os usuários das edificações já executadas | Coord. Projeto | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|--|--|---|---------|----------|---|---|---------------------------|----------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | |
| Estudo Prévio (continuação) | Já descritas | Atraso na entrega das atividades | Não atenção dos profissionais em relação aos prazos das atividades, erro de planejamento, problemas pessoais | Perda de credibilidade com o dono da obra, atraso na sequência de serviços | Acompanhamento das atividades pelo coordenador de projetos. Em caso de atraso, aviso prévio ao dono da obra | 2 | 1 | 2 | 4 | | | | | | | | | |
| | | Não entendimento ou aprovação por parte do dono da obra das soluções apresentadas | Soluções que não cumprem com as exigências do dono da obra, apresentação das soluções sem clareza | Retrabalho, insatisfação do dono da obra, perda de tempo | Revisão dos requisitos do dono da obra e reunião de projetistas antes do encontro com o mesmo | 2 | 2 | 1 | 4 | Realização de feedforward | Coord. Projeto | | | | | | | |
| Anteprojeto ou Projeto Base | Descritas abaixo | Elementos gráficos com ausência de informações necessárias | Desatenção dos profissionais, falta de tempo para a execução dos trabalhos, não conhecimento de todos os itens necessários | Dificuldades e dúvidas nas próximas etapas de projeto | Verificação (check-list) de todos os elementos gráficos necessários | 1 | 2 | 2 | 4 | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|---------|----------|---|----|--|-------------------------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA Nº: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | |
| Anteprojeto ou Projeto Base (continuação) | Consiste no desenvolvimento da solução aprovada no estudo prévio, contendo um orçamento preliminar da obra, dimensionamento dos projetos e especificação dos seus principais elementos, desenhos mais detalhados e maior descrição dos processos construtivos | Orçamento preliminar da obra não condizente com a realidade | Falta de conhecimento sobre os procedimentos construtivos, condicionantes da obra, programas de trabalhos | Custos não esperados durante a obra, edificação não finalizada no prazo estimado | | 3 | 3 | 3 | 27 | Realização de reunião entre projetistas e construtor para discussão do orçamento / Realização de pesquisas de mercado e revisão do orçamento | Coord. Projeto e Eng. Projeto | | | | | | | |
| | | Erros de cálculo e dimensionamento dos projetos | Não consideração de determinado parâmetro de cálculo, erro de cálculo, utilização incorreta de software | Má qualidade de projeto, altos custos de manutenção, riscos de acidentes | Realização de treinamentos de softwares | 4 | 2 | 3 | 24 | Verificação e revisão de todos os parâmetros e cálculos de projeto | Eng. Projeto | | | | | | | |
| | | Incompatibilidade entre os projetos | Falta de trabalho conjunto e comunicação entre os diversos profissionais envolvidos no projeto | Diminuição da qualidade do projeto e da edificação, maiores dificuldades construtivas, maiores custos, desenvolvimento de patologias | Realização de reuniões entre todos os envolvidos no projeto, verificação da compatibilidade dos projetos | 3 | 1 | 3 | 9 | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--|--|--|---|---------|----------|---|----|---|-------------------------------|----------------|---------------|---|---|---|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Anteprojeto ou Projeto Base (continuação) | Já descritas | Não consideração de aspectos construtivos dos projetos ou descrição incorreta dos processos construtivos | Não conhecimento ou desatenção dos projetistas em relação aos processos construtivos. | Dificuldades na execução de obras, aumento de custos e tempo de obra | | 2 | 2 | 3 | 12 | Realização de reunião entre projetistas e construtor para discussão de opções de projeto / Análise de projetos anteriores | Coord. Projeto e Eng. Projeto | | | | | |
| | | Atraso na entrega das atividades | Não atenção dos profissionais em relação aos prazos das atividades, erro de planejamento, problemas pessoais | Perda de credibilidade com o dono da obra, atraso na sequência de serviços | Acompanhamento das atividades pelo coordenador de projetos. Em caso de atraso, aviso prévio ao dono da obra | | 2 | 1 | 2 | 4 | | | | | | |
| | | Não entendimento ou aprovação por parte do dono da obra das soluções apresentadas | Soluções que não cumprem com as exigências do dono da obra, apresentação das soluções sem clareza | Retrabalho, insatisfação do dono da obra, perda de tempo | Revisão dos requisitos do dono da obra e reunião de projetistas antes do encontro com o mesmo | | 2 | 2 | 1 | 4 | Realização de feedforward | Coord. Projeto | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|---------|----------|---|----|--|--------------|------------|---------------|---|---|---|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA Nº: | | | FMEA de Processo | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Projeto de Execução | Última etapa de produção do projeto, onde se gera todos os documentos e elementos para a aprovação final | Erro ou ausência de documentação necessária para aprovação do projeto | Desatenção ou não conhecimento dos profissionais em relação a todos os documentos necessários, mudança na legislação | Atrasos na aprovação do projeto, aumento de custos | Utilização de documento contendo todos os documentos e procedimentos para aprovação dos projetos | 3 | 2 | 2 | 12 | | | | | | | |
| | | Elementos gráficos com ausência de informações necessárias | Desatenção dos profissionais, falta de tempo para a execução dos trabalhos, não conhecimento de todos os itens necessários | Dúvidas, atrasos e possíveis erros durante a execução de obras, problemas futuros na edificação | Verificação (check-list) de todos os elementos gráficos necessários de cada projeto | 3 | 2 | 2 | 12 | | | | | | | |
| | | Não realização de projetos e detalhes para a produção (pormenores construtivos) | Desatenção dos projetistas, falta de verificação dos projetos | Erros ou dificuldades construtivas, atrasos em obra | Verificação dos pormenores de cada tipo de projeto | 3 | 2 | 2 | 12 | | | | | | | |
| | | Orçamento final não condizente com a realidade | Não consideração de aspectos construtivos, materiais utilizados e condicionantes da obra, preços de mercado incorretos | Aumento de custos em fase de obra | | 3 | 3 | 3 | 27 | Realização de revisão final do orçamento após a conclusão dos projetos | Eng. Projeto | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|--|--|---|---------|----------|---|---|--------------------|-------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | |
| Projeto de Execução (continuação) | Já descritas | Atraso na entrega das atividades | Não atenção dos profissionais em relação aos prazos das atividades, erro de planejamento, problemas pessoais | Atraso na sequência de serviços, perda de credibilidade com o dono da obra | Acompanhamento das atividades pelo coordenador de projetos. Em caso de atraso, aviso prévio ao dono da obra | 3 | 1 | 2 | 6 | | | | | | | | | | |
| | | Não entendimento ou aprovação por parte do dono da obra das soluções apresentadas | Soluções que não cumprem com as exigências do dono da obra, apresentação das soluções sem clareza | Retrabalho, perda de tempo | Revisão dos requisitos do dono da obra e reunião de projetistas antes do encontro com o mesmo / Realização de pesquisa de satisfação com o dono da obra | 3 | 2 | 1 | 6 | | | | | | | | | | |
| | | Não aplicação de pesquisa de satisfação (feedback) com o dono da obra | Não existência de modelo de pesquisa de satisfação | Falta de informações importantes para futuras melhorias | Realização de pesquisa de satisfação com o dono da obra ao final do projeto | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|------------------|--------------------|-------------------------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | | |
| Assistência Técnica | Suporte exigido aos projetistas, tanto para o dono da obra quanto ao construtor, esclarecendo qualquer dúvida em relação aos projetos | Ausência de suporte ao dono da obra | Falta de comunicação com o dono da obra, desinteresse por parte do dono da obra | Possíveis erros nas fases posteriores ao projeto, perda de credibilidade com o dono da obra | Metodologia para manter o contato com o dono da obra (telefonemas, e-mails, reuniões) | 2 | 2 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | |
| | | Ausência de suporte ao construtor, não presença dos projetistas em etapas importantes da obra | Não comunicação com o construtor, falta de informações sobre as principais etapas da obra | Não esclarecimento de dúvidas durante a obra, possíveis erros de execução | Realizar reunião com construtor ao início das atividades, manter a comunicação, agendar as principais etapas da obra em que se necessita a presença do projetista | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | |
| | | Não registro das mudanças/adaptações de projeto realizadas em obra | Falta de comunicação com o construtor | Ausência de informações de projeto atualizadas para os futuros usuários, não percepção de possíveis melhoras para projeto | Manter a comunicação com o construtor para registrar as mudanças de projeto realizadas durante a obra | 1 | 3 | 1 | 3 | | Coord. Projeto e Eng. Projeto | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|------------------|----------|---|---|------------------|--|----------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|
| Processo de Projeto | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | FMEA N°: | | | FMEA de Processo | | | | | | | | | | |
| Descrição do Processo | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável | Ações Imp. | S | O | D | R | | | |
| Assistência Técnica (continuação) | Já descritas | Não aplicação de pesquisa de satisfação (feedback) com o construtor | Não existência de modelo de pesquisa de satisfação, falta de comunicação com o construtor | Falta de informações importantes para futuras melhorias | | 1 | 4 | 1 | 4 | Realização de pesquisa de satisfação com o construtor após a finalização da obra | Coord. Projeto | | | | | | | | |
| Utilização do empreend. pelo usuário | Última etapa do processo de projeto, a partir da qual o usuário começa a usufruir da edificação | Não disponibilização de manual de manutenção e utilização do empreendimento | Falta de tempo, não consideração da importância do manual de manutenção e utilização | Manutenção e conservação incorreta, aceleração ou surgimento de patologias | | 2 | 4 | 1 | 8 | Disponibilização de manual de manutenção e utilização do edifício aos usuários | Eng. Projeto | | | | | | | | |
| | | Não disponibilização de projeto As Built (Como Construído) | Não levantamento das mudanças de projeto executadas em obra | Dificuldades de manutenção futura, maiores gastos de manutenção | | 1 | 3 | 1 | 3 | Realização de projeto As Built e disponibilização aos usuários | Eng. Projeto | | | | | | | | |
| | | Não aplicação de pesquisa de satisfação (feedback) com o usuário | Não existência de modelo de pesquisa de satisfação, falta de comunicação com o usuário | | | 1 | 4 | 1 | 4 | Realização de pesquisa de satisfação com os usuários finais da edificação | Coord. Projeto | | | | | | | | |
| | | Não apresentação para o dono da obra dos benefícios do produto final advindos do projeto | Falta de comunicação com o dono da obra após a conclusão do empreendimento | Não reconhecimento por parte do dono da obra da importância do projeto para o produto final | | 1 | 4 | 1 | 4 | Visita à edificação com o dono da obra e apresentação dos benefícios do empreendimento advindos do projeto | Coord. Projeto | | | | | | | | |

3 – FMEA da Estrutura de Betão Armado

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|---|--|--|---------|----------|---|----|---|-------------------|------------|---------------|---|---|---|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | | FMEA de Produto | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Estrutura de Betão Armado | Resistir às ações presentes na edificação, com requisitos de segurança, durabilidade, economia, bom desempenho em serviço e ambientais | Colapso da estrutura | Erro de cálculo, análise incorreta da estrutura e das cargas atuantes | Perigos de morte por esmagamento e danos em estruturas vizinhas, grande perda financeira | Revisão dos parâmetros e cálculos de projeto | 4 | 2 | 2 | 16 | Levantamento e revisão da legislação e normalização vigente | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Erro grave de execução da estrutura | | | 4 | 2 | 1 | 8 | Informações no projeto sobre o processo construtivo/Assist. técnica no momento da betonagem | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Ação ou impacto excepcional (sismos, choques) | | | 4 | 1 | 4 | 16 | Disponibilização de manual de manutenção e utilização da estrutura | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Utilização de material não adequado (aço e betão) | | Especificação em projeto dos materiais que deverão ser utilizados e seus requisitos de qualidade | 4 | 1 | 1 | 4 | | | | | | | |
| | | | Descofragem antecipada | | | 4 | 2 | 1 | 8 | Informações no projeto sobre o processo construtivo | Eng. Projeto | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------|--|--|---|---------|----------|---|---|--|-------------------|------------|---------------|---|---|---|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA Nº: | | | | FMEA de Produto | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Estrutura de Betão Armado | Já descritas | Fissuração / Fendilhação | Retração plástica, cura incorreta | Rápida entrada de agentes agressivos à estrutura, diminuição da durabilidade, incômodo visual, necessidades de manutenções futuras | Análise do microclima da região na concepção do projeto | 2 | 3 | 1 | 6 | Informações no projeto sobre o correto procedimento de cura do betão | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Retração ou ação térmica | | | 2 | 2 | 2 | 8 | | | | | | | |
| | | | Subdimensionamento da estrutura | | | 2 | 2 | 2 | 8 | Verificação da utilização da edificação e de todas as cargas atuantes no pré-dimensionamento da estrutura | | | | | | |
| | | | Aumento de cargas devido à mudança de utilização da estrutura | | | 2 | 1 | 1 | 2 | Especificações e recomendações de uso no manual de manutenção e utilização do edifício | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Deficiência dos materiais utilizados, reações químicas, corrosão das armaduras | | | 2 | 1 | 1 | 2 | Especificação em projeto dos materiais que deverão ser utilizados, requisitos de qualidade e ensaios de identidade/ Classe de Inspeção | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--|---|--|------------------|---------|----------|---|----|--|-------------------|------------|---------------|---|---|---|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA Nº: | | | | FMEA de Produto | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Betão Armado | Já descritas | Fissuração / Fendilhação (continuação) | Armadura posicionada incorretamente | Rápida entrada de agentes agressivos à estrutura, diminuição da durabilidade, incômodo visual, necessidades de manutenções futuras | | 2 | 2 | 2 | 8 | Especificação nos desenhos da posição correta das armaduras / Assist. técnica no momento da betonagem | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Ausência de juntas, juntas mal dimensionadas (abertura insuficiente) ou mal localizadas | | | 2 | 3 | 2 | 12 | Verificação das juntas de dilatação e juntas de betonagem em projeto/ Assist. técnica no momento da betonagem | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Betão de resistência e composição inadequada | | | 2 | 1 | 1 | 2 | Especificação em projeto do fck do betão, ensaios de identidade e traço para sua produção (quando for o caso) / Classe de Inspeção | | | | | | |
| | | | Recalques da fundação | | | 2 | 3 | 1 | 6 | Análise do solo feita por empresa que possua sistema de qualidade | Administração | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------------------------|---|--|--|---------|----------|---|---|--------------------|-------------------|--------------|---------------|---|---|---|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Produto | | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Betão Armado | Já descritas | Corrosão das armaduras | Fissuras | Aumento de volume e deslocamento do betão, redução da seção transversal da armadura, resultando em diminuição da durabilidade e segurança (redução da resistência à tração e deformação), necessidades de manutenção | | 3 | 3 | 1 | 9 | Itens acima | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Não consideração da agressividade do meio ambiente (relacionado à carbonatação ou penetração de cloretos) | | Análise da agressividade do ambiente na fase de projeto/ Revisão dos parâmetros de projeto | | 3 | 2 | 1 | 6 | | | | | | |
| | | | Cobrimento da armadura insuficiente | | Especificação nos desenhos do cobrimento das armaduras / Assist. técnica no momento da betonagem | | 3 | 4 | 2 | 24 | | Eng. Projeto | | | | |
| | | | Má execução das peças estruturais | | Informações no projeto sobre o processo construtivo/ Assist. técnica no momento da betonagem | | 3 | 3 | 2 | 18 | | Eng. Projeto | | | | |
| | | | Manutenção incorreta ou inexistente | | Elaboração de plano de manutenção e utilização da estrutura pelo projetista | | 3 | 4 | 1 | 12 | | Eng. Projeto | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------------|---|---|--|---------|---|----------|----|--|-------------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | | FMEA Nº: | | | FMEA de Produto | | | | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R | | | |
| Betão Armado | Já descritas | Corrosão das armaduras (continuação) | Ataque de cloretos (internos e externos) | Já descritas | Verificação da agressividade do ambiente / Especificação da classe de cloretos para a produção do betão | 3 | 2 | 3 | 18 | | | | | | | | | | |
| | | | Utilização de betão poroso, permeável | | Especificações em projeto sobre: fck, traço do betão e ensaios de identidade/ Informação da Classe de Inspeção | 3 | 1 | 1 | 3 | Informações no projeto sobre o processo construtivo | | | | | | | | | |
| | | Lixiviação do betão | Contato da estrutura com água, problemas de impermeabilização | Desenvolvimento de fungos e bactérias, diminuição da durabilidade, necessidade de manutenção | Compatibilização dos projetos da edificação / Opções por formas que não contribuam para o acúmulo de água | 2 | 2 | 3 | 12 | Disponibilização de manual de manutenção e utilização da estrutura | Eng. Projeto | | | | | | | | |
| | | Segregação física do betão | Impactos na estrutura | Diminuição da durabilidade e segurança, exposição da estrutura para entrada de agentes agressivos | Opções por formas que contribuam com a vida útil da estrutura durante a concepção do projeto | 2 | 1 | 4 | 8 | | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--|---|---|---|---------|----------|---|----|--|-------------------|------------|---------------|---|---|---|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Produto | | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Betão Armado | Já descritas | Degradação química do betão (ataque por sulfatos, reações álcali - agregado ASR) | Alta concentração de sulfatos na água e no solo | Expansão, fissuração e desagregação do betão, gerando exposição da armadura, perda de resistência, necessidades de manutenção | Análise da agressividade do ambiente em fase de projeto/ Revisão do projeto | 2 | 1 | 2 | 4 | | | | | | | |
| | | | Cura e compactação incorreta | | | 2 | 3 | 1 | 6 | Informações no projeto sobre o processo construtivo/ Assist. técnica no momento da betonagem | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Alta relação água/cimento | | Especificação em projeto sobre o fck e a relação água/cimento do betão | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | |
| | | | Agregados reativos (sílica reativa) e umidade | | | 2 | 2 | 3 | 12 | Informar o responsável do betão que determine e peça à empresa de betão um teor máximo de sílica | Eng. Projeto | | | | | |
| | | | Alto teor de álcalis no betão (principalmente pelo cimento) | | | 2 | 2 | 3 | 12 | Apesar de ser algo natural do betão, tentar optar por materiais com menor teor de álcalis | Eng. Projeto | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--|---|--|--|---------|---|----------|----|--|-------------------|------------|---------------|---|---|---|--|--|--|--|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | | FMEA N°: | | | FMEA de Produto | | | | | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R | | | | |
| Betão Armado | Já descritas | Deformações elevadas | Erro ou inexistência de cálculo das deformações da estrutura | Incômodo visual, fissuras e travamentos dos elementos em contato com a estrutura | Realização de check-list com todos os parâmetros que devem ser avaliados no projeto da estrutura | 3 | 2 | 2 | 12 | | | | | | | | | | | |
| | | | Mal dimensionamento da cofragem | | | 3 | 2 | 2 | 12 | Observação em projeto da importância e necessidade de dimensionamento adequado da cofragem | Eng. Projeto | | | | | | | | | |
| | | | Aumento de cargas devido à mudança de utilização da estrutura | | Levantamento dos requisitos de utilização do cliente em toda a vida útil da edificação | 3 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | |
| | | Deterioração do betão por processos biológicos | Crescimento de raízes de plantas em juntas ou fendas | Destacamentos do betão, gastos de manutenção, diminuição da durabilidade | Opções de projeto que protejam a estrutura, integração com a arquitetura | 1 | 1 | 1 | 1 | Disponibilização de manual de manutenção e utilização da estrutura | Eng. Projeto | | | | | | | | | |
| | | | Excrementos de animais (aves) em reentrâncias da estrutura | | Opções de projeto que protejam a estrutura, integração com a arquitetura | 1 | 1 | 2 | 2 | Disponibilização de manual de manutenção e utilização da estrutura | Eng. Projeto | | | | | | | | | |

| FMEA - Análise dos modos de falha e efeitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|--|---|--|---------|----------|---|----|---|-------------------|------------|---------------|---|---|---|
| Betão Armado | | Data de Realização: | | Data de Revisão: | | | FMEA N°: | | | FMEA de Produto | | | | | | |
| Descrição do Produto | Funções | Tipo de Falha Potencial | Causas da Falha Potencial | Efeitos da Falha Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | Novos Índices | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/Prazo | Ações Imp. | S | O | D | R |
| Betão Armado | Já descritas | Deterioração do betão por processos biológicos (continuação) | Ataque de ácidos desenvolvidos pelas bactérias de sistemas de esgoto | Já descritos | Verificação da compatibilização de projetos | 2 | 1 | 3 | 6 | Disponibilização de manual de manutenção e utilização dos projetos | Eng. Projeto | | | | | |
| | | Estrutura de difícil execução | Não observação do processo construtivo durante a elaboração do projeto | Aumento de custos e de tempo de obra, altos riscos de acidentes de trabalho | Observação do processo construtivo durante a concepção do projeto e da estrutura (materiais, maquinário, segurança, cofragens) | 4 | 2 | 3 | 24 | Conversa com empresa construtora durante a concepção da estrutura | Eng. Projeto | | | | | |
| | | Dimensões e escolha dos materiais não usuais na região aplicada | Falta de pesquisa sobre as empresas de pré-fabricados, betonagem e materiais de construção | Aumento de custos e de tempo de obra | | 2 | 2 | 1 | 4 | Levantamento das medidas utilizadas nas empresas de pré-fabricados e dos materiais vendidos na região | Eng. Projeto | | | | | |
| | | Desperdício de tempo e de materiais durante a construção | Não otimização do projeto e do processo construtivo | Aumento de custos e impactos ambientais | | 3 | 4 | 2 | 24 | Especificação em projeto de um plano de corte da armadura e um plano de betonagem | Eng. Projeto | | | | | |