



# **TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

## **PROJETO DE UM BANCO DE DADOS PARA SUPORTE AO FMEA: ESTUDO DE CASO DAS INFORMAÇÕES DA AUTORIZADA**

Por,

**Virgínia Martins de Oliveira Lima e Silva**

**Brasília, Julho de 2015**



**ENGENHARIA  
MECATRÔNICA**  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

## TRABALHO DE GRADUAÇÃO

# PROJETO DE UM BANCO DE DADOS PARA SUPORTE AO FMEA: ESTUDO DE CASO DAS INFORMAÇÕES DA AUTORIZADA

POR,

**Virgínia Martins de Oliveira Lima e Silva**

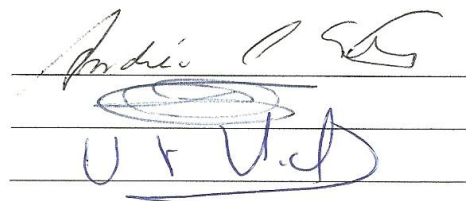
Relatório submetido como requisito parcial para obtenção  
do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

### Banca Examinadora

Profa. Andréa C. dos Santos, UnB/ FT (Orientador)

Prof. Edson Paulo da Silva, UnB/ENM

Prof. Carlos Humberto Llanos Quintero, UnB/ENM



The image shows three handwritten signatures in blue ink, each written over a horizontal line. The first signature is 'Andréa C. dos Santos', the second is 'Edson Paulo da Silva', and the third is 'Carlos Humberto Llanos Quintero'.

**Brasília, Julho de 2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, VIRGÍNIA

Projeto de um Banco de Dados para Suporte ao FMEA: Estudo de Caso das Informações da Autorizada,

[Distrito Federal] 2015.

xii, 78p., 297 mm (FT/UnB, Engenheiro, Controle e Automação, 2015). Trabalho de Graduação – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

1. FMEA

2. Sistema de Banco de Dados

3. Garantia

4. Registro de Falhas

I. Mecatrônica/FT/UnB

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Silva, V.M.O.L. (2015). Projeto de um Banco de Dados para Suporte ao FMEA: Estudo de Caso das Informações da Autorizada. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº004/15, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 67p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Virgínia Martins de Oliveira Lima e Silva.

TÍTULO DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: Projeto de um Banco de Dados para Suporte ao FMEA: Estudo de Caso das Informações da Autorizada

GRAU: Engenheiro

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Virgínia Martins de Oliveira Lima e Silva

## **AGRADECIMENTOS**

À professora Andrea pela orientação e acompanhamento.

Aos meus pais, Mônica e Silvio, e minha irmã Vívian por todo apoio nessa jornada.

Ao meu namorado Henrique por toda a paciência presente nesse período.

Aos amigos, especialmente Vinhaes, Jackson e Giselle por todo o auxílio. Esse trabalho não seria concluído sem vocês.

À minha família, por sua capacidade de amor incondicional.

À empresa que estagiei e principalmente a equipe de qualidade.

Muito obrigada!

*Virgínia Martins de Oliveira Lima e Silva*

## RESUMO

O preenchimento da FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) não é tarefa simples nem rápida. A identificação do índice de ocorrência depende de acesso a dados históricos das falhas. Este trabalho apresenta uma proposta para implementação da ferramenta FMEA a partir da criação de um Sistema de Banco de Dados (BD) que registra as informações sobre as falhas ocorridas nos produtos, com foco naqueles em período de garantia.

O sistema BD foi desenvolvido em seis etapas: levantamento e análise de requisitos, projeto do modelo conceitual, determinação do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), projeto do modelo lógico, projeto do modelo físico e implantação e ajuste do sistema. Ao final do projeto foi realizada uma inspeção de usabilidade para verificar se o sistema atende aos critérios heurísticos estabelecidos. A interface do sistema satisfaz parcialmente aos requisitos.

Os resultados buscaram agilizar o processo de registro de falhas contribuindo para implementação do FMEA.

Palavras Chave: Registro de Falhas, FMEA, Banco de Dados, Garantia.

## **ABSTRACT**

Completion of FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) is not simple or quick task. The identification of the occurrence rate depends on access to historical data failures. This paper presents a proposal for implementation of the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) tool from the creation of database (DB) containing information about the products failures, with focus on those under warranty.

This system was developed in six steps: requirement collection and Analysis, conceptual model design, determination of the Database Management System (DBMS), the logical design model, physical model design and Database System Implementation and Tuning. Finally, a usability inspection was carried out to verify that the system meets the established heuristic criteria. The system interface partially satisfied the requirements.

The results sought to speed up the log failure process contributing to FMEA implementation.

Key Words: Failure Log, FMEA, Database, Warranty.

# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| Capítulo 1 – INTRODUÇÃO .....                             | 1  |
| 1.1 OBJETIVOS.....  | 2  |
| 1.1.1 Objetivos Específicos.....                          | 2  |
| 1.2 METODOLOGIA .....                                     | 3  |
| 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....                           | 4  |
| Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA .....                  | 6  |
| 2.1 GARANTIA.....   | 6  |
| 2.2 CONFIABILIDADE .....                                  | 7  |
| 2.3 FMEA .....  | 9  |
| 2.3.1 Desenvolvimento da FMEA de Projeto de Produtos..... | 11 |
| 2.4 BANCO DE DADOS.....                                   | 17 |
| 2.4.1 Modelos de Dados .....                              | 17 |
| 2.4.2 Modelagem de Dados .....                            | 21 |
| 2.4.3 Liguagem SQL .....                                  | 21 |
| 2.4.4 Arquitetura de Três Camadas .....                   | 21 |
| 2.5 O PROJETO DE SISTEMA DE BANCO DE DADOS .....          | 23 |
| 2.6 TESTES DE USABILIDADE .....                           | 28 |
| Capítulo 3 – ESTUDO EXPLORATÓRIO .....                    | 30 |
| 3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....                          | 30 |
| 3.2 REGISTRO E CONTROLE DE FALHAS ATUAL DA EMPRESA .....  | 31 |
| 3.3 PRODUTOS EXISTENTES NO MERCADO.....                   | 32 |
| 3.3.1 Xfmea .....   | 32 |
| 3.3.2 IQ-FMEA.....  | 33 |
| 3.4 EXPECTATIVAS DA EMPRESA.....                          | 34 |
| Capítulo 4 – SISTEMA DE BANCO DE DADOS.....               | 37 |
| 4.1 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE REQUISITOS .....            | 37 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.2   | MODELO CONCEITUAL.....                 | 39 |
| 4.3   | DETERMINAÇÃO DO SGBD .....             | 42 |
| 4.4   | MODELO LÓGICO.....                     | 44 |
| 4.5   | MODELO FÍSICO.....                     | 44 |
| 4.6   | IMPLANTAÇÃO E AJUSTE DO SISTEMA.....   | 47 |
| 4.6.1 | Visões do Usuário .....                | 47 |
| 4.7   | TESTE DE USABILIDADE DO SISTEMA .....  | 52 |
| 4.8   | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....             | 57 |
| 5     | CONCLUSÕES.....                        | 59 |
| 5.1   | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....             | 59 |
| 5.2   | TRABALHOS FUTUROS .....                | 59 |
| 6     | REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....        | 61 |
|       | ANEXOS .....                           | 62 |
|       | Anexo 1 – Modelo Lógico Completo ..... | 63 |
|       | Anexo 2 – Modelo Físico.....           | 70 |



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1-1 - Metodologia do Trabalho.....   | 4  |
| Figura 1-2 – Estrutura do trabalho.....   | 5  |
| Figura 2-1 – Principais passos da análise de riscos. ....   | 8  |
| Figura 2-2 – Exemplo de planilha FMEA. ....   | 11 |
| Figura 2-3 – Diagrama Simplificado de um ambiente de sistema de dados.....  | 18 |
| Figura 2-4 – Exemplo de Modelo Hierárquico.....   | 19 |
| Figura 2-5 - Exemplo de Modelo em Rede. ....  | 19 |
| Figura 2-6 – Exemplo de modelo relacional.....  | 20 |
| Figura 2-7 – Exemplo de Modelo de Dados Orientado a Objetos. ....   | 20 |
| Figura 2-8 – Arquitetura três camadas. ....   | 22 |
| Figura 2-9 – Exemplos de arquitetura em três camadas cliente/servidor. ....   | 23 |
| Figura 2-10 – Diagrama Simplificado das fases do projeto do BD. ....  | 24 |
| Figura 2-11 – Exemplo de modelo conceitual.....   | 26 |
| Figura 3-1 – Exemplo de controle em planilha Excel realizado pela empresa.....  | 31 |
| Figura 3-2 - Exemplo de interface do Xfmea .....  | 33 |
| Figura 3-3 - Exemplo da interface do IQ-FMEA.....   | 34 |
| Figura 3-4 – Diagrama de Blocos do Sistema de Banco de Dados.....   | 36 |
| Figura 4-1 – Fluxo da Instalação do produto (A), Fluxo da Inspeção realizada pela autorizada (B), Fluxo do Reparo realizado pelo Centro de Garantia. .... | 38 |
| Figura 4-2 - Modelo Conceitual simplificado.....  | 43 |
| Figura 4-3 - Modelo Lógico Simplificado.....  | 45 |
| Figura 4-4 – Exemplo de comando de criação tabelas. ....  | 45 |
| Figura 4-5 – <i>Query</i> para geração da Tabela FMEA. ....   | 46 |
| Figura 4-6 - Página principal do aplicativo. ....   | 48 |
| Figura 4-7 – Cadastro de Produto. ....  | 48 |
| Figura 4-8 – Cadastro Tipo Item (Software ou peça). ....  | 49 |
| Figura 4-9 – Cadastro de Itens. ....  | 49 |
| Figura 4-10 – Cadastro de Função. ....  | 49 |
| Figura 4-11 - Cadastro Modo Falha.....  | 50 |
| Figura 4-12 - Cadastro Efeito, Causa e Controle Modo Falha. ....  | 50 |
| Figura 4-13 - Cadastro de Ações e Resultados das Ações.....   | 51 |
| Figura 4-14 – Cadastro de Inspeção. ....  | 51 |
| Figura 4-15 – Cadastro de Testes. ....  | 52 |
| Figura 4-16- Exemplo de registro de dois produtos. ....   | 53 |
| Figura 4-17 – Exemplo de registro de quatro Ações Recomendadas. ....  | 53 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4-18 – Exemplo de preenchimento simplificado da planilha FMEA gerado pelo Sistema (KIT Alarme)..... | 54 |
| Figura 4-19 - Mensagem de confirmação para o usuário.....  | 56 |
| Figura 4-20 - Notificação de diagnóstico de erro. ....   | 56 |
| Figura 4-21 - Exemplos de fácil reconhecimento .....   | 56 |

# LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2-1 – Índice de Severidade.....                           | 13 |
| Tabela 2-2 - Índice de Ocorrência.....                           | 14 |
| Tabela 2-3 – Índice de Detecção.....                             | 15 |
| Tabela 4-1 – Entidades e Atributos do Modelo Conceitual (A)..... | 40 |
| Tabela 4-2 – Entidades e Atributos do Modelo Conceitual (B)..... | 41 |
| Tabela 4-3 - Comparativo da implantação do SGB.....              | 58 |

# LISTA DE SÍMBOLOS

## **Siglas**

|             |  |
|-------------|--|
| <i>CG</i>   | Centro de Garantia                         |
| <i>FMEA</i> | Failure Mode Effect Analysis               |
| <i>SBD</i>  | Sistema de Banco de Dados                  |
| <i>SGBD</i> | Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados |
| <i>SQL</i>  | Structured Query Language                  |

# Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

A satisfação do cliente é alcançada quando as características do produto correspondem às suas necessidades. A deficiência do produto é uma falha que resulta em insatisfação do consumidor com um produto. As deficiências dos produtos assumem diferentes formas, que impactam nos custos incorridos para se refazer o trabalho (JURAN, 2002, p. 7).

Paiva (2004) argumenta que existem oito dimensões relacionadas ao conceito de qualidade: desempenho (*performance*), características secundárias (*features*), confiabilidade (*reliability*), conformidade (*conformance*), durabilidade, serviços agregados (*serviceability*), estética e qualidade percebida.

Garantia legal é o prazo que o consumidor dispõe para reclamar dos defeitos constatados em produtos adquiridos ou na contratação/realização de serviços. A assistência técnica autorizada é o estabelecimento comercial habilitado pelo fabricante para manutenção do produto que ainda está no prazo da garantia legal ou garantia contratual.

As empresas de assistência técnica autorizada são um ponto estratégico na cadeia de suprimentos para coleta de informações sobre a satisfação do cliente. Contudo, identificar uma deficiência do produto, ou seja, uma possível falha, não é tarefa trivial. Exige das empresas a capacidade de implementar mecanismos que garantam a rastreabilidade de identificação da ocorrência de falhas em seus produtos. Entende-se por rastreabilidade, a capacidade de correlacionar a falha ocorrida no produto à identificação da documentação do projeto de engenharia, do processo de fabricação (manufatura e montagem) e dos materiais utilizados (fornecedores) que lhe deram origem.

A FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) é uma ferramenta de análise de produtos ou processo utilizada para identificar os possíveis modos potenciais de falha e estabelecer uma hierarquia de riscos do sistema (produto ou processo). Posso e Estorillo (2009) definem sete fatores de influência na aplicação da FMEA: conhecimento, histórico de falhas, trabalho em equipe, sintonia fornecedor-montador, tempo de preenchimento, formação e controle. O preenchimento da FMEA não é algo simples, nem rápido, horas podem ser despendidas para realizar uma análise, tornando o método pouco agradável e receptivo. Principalmente no tópico da identificação do índice de ocorrência, exige alto conhecimento da equipe responsável em conjunto com o acesso a dados históricos das falhas, quando houver. Geralmente,

as empresas não se mostram preocupadas em elaborar um banco de dados que armazene as informações de falhas presentes em seus produtos ou processos. Para cada nova análise, as empresas se mostram totalmente dependentes do conhecimento das pessoas envolvidas, desconsiderando o histórico de desenvolvimentos já realizado, que poderia ser de grande utilidade no preenchimento da planilha FMEA.

A FMEA também pode ser considerada uma ferramenta para melhoria contínua, portanto, o emprego do banco de dados e sua constante atualização, permitem uma tomada de decisão a partir de dados confiáveis.

As autorizadas (assistências técnicas) tem um importante papel na disponibilização para a empresa das informações referentes às falhas. Nas autorizadas são realizados os diagnósticos e a reparação dos produtos com defeitos. Em um cenário ideal, esses dados são fornecidos para a empresa por um canal direto, que ao serem consultados pela equipe projetista subsidiam a tomada de decisões com relação à necessidade de modificações.

Nesse contexto, esse trabalho de graduação visa projetar um Sistema de Banco de Dados que armazene as informações dos produtos, das falhas encontradas pelas autorizadas e falhas potenciais, possibilitando a alimentação de uma planilha FMEA de modo automático, no ambiente de uma empresa de comunicação móvel de dados.

## **1.1 OBJETIVOS**

Desenvolver um projeto de sistema banco de dados capaz de fornecer as informações necessárias para a implementação adequada da ferramenta FMEA.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

- Levantar, analisar e registrar as recomendações encontradas na literatura referentes à ferramenta FMEA;
- Levantar, analisar e registrar as recomendações encontradas na literatura referentes ao projeto de Sistema de Banco de Dados;
- Realizar a inspeção de usabilidade do Sistema de Banco de Dados.

## 1.2 METODOLOGIA

Este trabalho de graduação foi dividido em três etapas. A primeira etapa consistiu em um estudo exploratório sobre o problema da empresa, a segunda etapa na revisão da literatura e a terceira na apresentação da solução – o projeto do Sistema de banco de dados.

A fase exploratória consistiu na pesquisa de campo para definição do tema do trabalho. Nessa etapa, foram realizadas visitas à assistência técnica autorizada local e ao Centro de Garantia de qualidade da empresa, consulta de documentos referentes ao processo de garantia e a discussão do problema com os gerentes da Garantia, Qualidade e Finanças e técnicos responsáveis pelos reparos dos produtos com defeitos, de modo a definir o objetivo do trabalho e suas limitações.

Nesta etapa da pesquisa foi definido o escopo do trabalho, o ambiente do Centro de Garantia da empresa e a assistência técnica localizada em Brasília, pois como a empresa atua internacionalmente, não foi possível realizar o trabalho sem estabelecer um limite geográfico. Quanto aos produtos, foram definidos como objetos de avaliação aqueles que ainda estão no mercado e no período de garantia.

A segunda etapa, revisão da literatura, foi realizada concomitantemente com a primeira etapa da pesquisa. Teve como objetivo revisar a literatura sobre a implementação da FMEA e identificar na literatura os principais métodos de projetos de bancos de dados.

A terceira etapa do trabalho envolveu o projeto do sistema de banco de dados, no qual estão descritos quais procedimentos foram utilizados para a criação, execução e manipulação desse sistema. Esse sistema tem como objetivo automatizar o processo de controle de falhas, reduzindo a probabilidade de falhas humanas, e por fim integrá-lo a ferramenta FMEA, gerando automaticamente um relatório contendo a planilha FMEA. As equipes afetadas pela alteração do processo de controle de falhas foram diretamente consultadas e participaram do processo de desenvolvimento do sistema, possibilitando que a adesão de participação dos funcionários no processo de desenvolvimento fosse eficiente. Assim, os funcionários da empresa poderão contar com uma ferramenta mais simples que a vigente para controlar a ocorrência de falhas. A metodologia do trabalho é ilustrada na Figura 1-1.

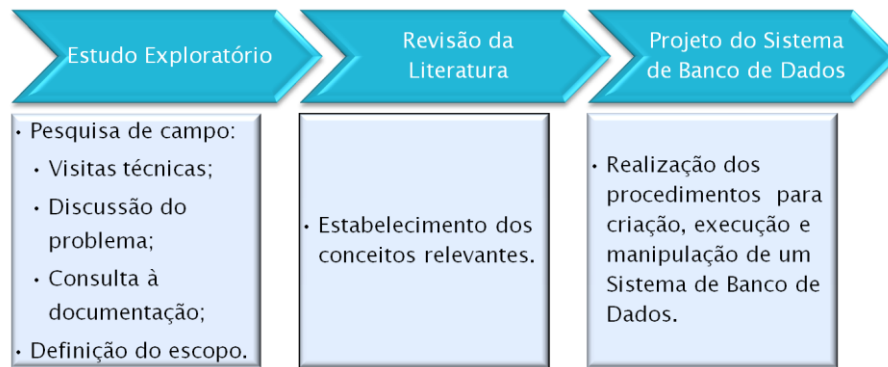


Figura 1-1 - Metodologia do Trabalho.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho de graduação consiste no projeto de um Sistema de Banco de Dados que possibilita a alimentação de uma planilha FMEA. O trabalho é composto de cinco capítulos, sendo eles: Introdução, Revisão da Literatura, Estudo de Caso, Projeto do Sistema de Banco de Dados e Conclusão, além das Referências Bibliográficas e Anexos.

O primeiro capítulo contém a introdução do tema, apresentando os objetivos gerais e específicos da pesquisa, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é apresentada a revisão da literatura disponível, onde são abordados os conceitos essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

O terceiro capítulo realiza a apresentação da empresa na qual o trabalho foi realizado, o registro de falhas atual, os produtos disponíveis no mercado que poderiam solucionar os problemas do processo e as expectativas da empresa.

A seguir a execução do Projeto do Banco de Dados é detalhada no quarto capítulo. Esse tópico apresenta as etapas executadas para o desenvolvimento do projeto e os modelos obtidos nessa fase. A empresa julgou inconveniente que os dados originais dessa etapa fossem publicados integralmente, assim os dados apresentados nesse capítulo representam uma visão parcial da realidade.

O quinto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, contendo as considerações finais e os trabalhos futuros. Finalmente, o trabalho se encerra com a apresentação da Bibliografia e os Anexos.

A estrutura do trabalho pode ser observada na Figura 1-2.



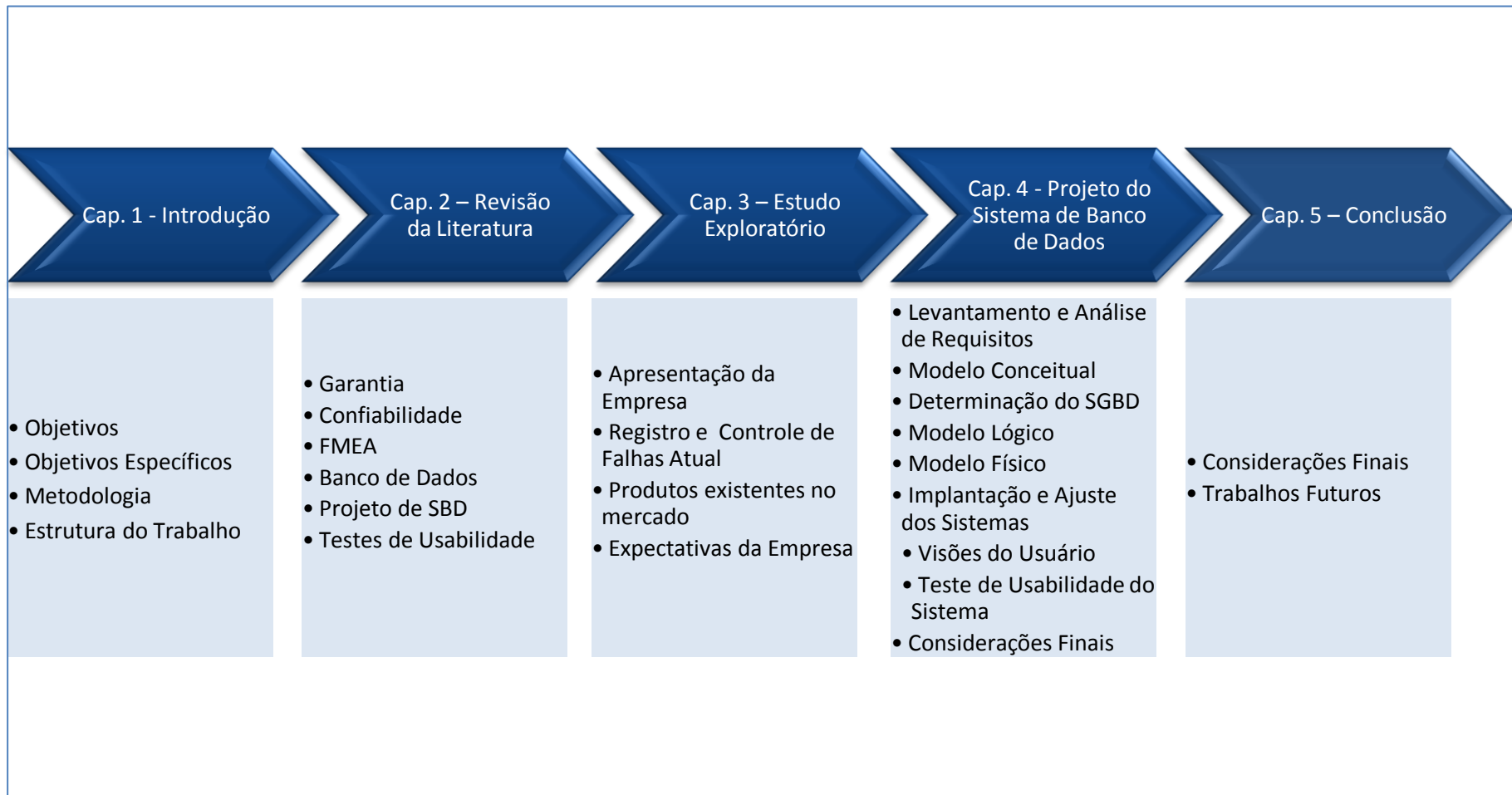


Figura 1-2 – Estrutura do trabalho.

## Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA

Em um cenário altamente competitivo, as empresas almejam conhecer e controlar a vida útil dos produtos, reduzindo custos, sem causar prejuízo à qualidade, à disponibilidade ou até mesmo à segurança dos produtos. Procura-se assegurar que o produto exercerá sua função em um período determinado de tempo com um mínimo de falhas.

Quando é estabelecido um período de garantia, o produtor firma um compromisso com o cliente de reparação ou troca do produto adquirido, caso ocorra alguma falha nesse período, gerando uma despesa de recursos materiais e humanos. Empresas bem estruturadas possuem estimativas desses gastos em seu planejamento financeiro, porém quando ocorrem elevações abruptas nesse montante, é essencial repensar o processo de controle de falhas.

Nesse contexto, é primordial que as instituições mantenham sob seu domínio e de fácil consulta os dados referentes às falhas de seus produtos. Isso possibilita que as tomadas de decisão relativas a mudanças nos projetos e processos sejam realizadas de forma consciente e precisa. Existem algumas formas simples de controle, como o preenchimento de planilhas, contudo, com o alto volume de informações de falhas dos produtos, essas ferramentas se tornam ineficientes. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de um Banco de Dados que comporte o armazenamento dessas informações.

Além disso, é importante decidir qual ferramenta será utilizada para analisar esses dados, com objetivo de reduzir a ocorrência de falhas. Nesse trabalho foi selecionada a ferramenta FMEA.

Esse capítulo tem como objetivo apresentar a base teórica para o desenvolvimento do trabalho. Serão apresentados conceitos essenciais para o progresso do trabalho.

### 2.1 GARANTIA

A garantia é um contrato ou acordo que estabelece que o fornecedor de um produto ou serviço deve oferecer reparo, reposição ou o serviço necessário, quando ocorre falha do produto ou o serviço não atende às demandas do cliente, antes de o critério utilizado (tempo de uso ou quilometragem, por exemplo) expire e, com isso, a garantia deixe de existir (MURTHY E BLISCHKE, 2005).

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), nos últimos anos tem crescido a importância dos estudos para políticas ótimas de garantia. O cliente tem selecionado dentre produtos semelhantes quanto à função, preço e qualidade, aquele que oferecer melhor condição de garantia. Utilizam-se basicamente três tipos de garantia:

- (A) **Garantia integral limitada:** Nesse tipo de garantia, há reposição ou reparação do item que apresenta defeito durante o período de garantia, sem custo para o consumidor. O item pode ser repostado ou reparado tantas vezes forem necessárias durante o período original de duração da garantia. Esse é o tipo mais comum de garantia utilizado na indústria.
- (B) **Garantia integral ilimitada:** Assegura a reposição de itens defeituosos, dentro do prazo de garantia, e os itens substituídos passam a contar com período idêntico de cobertura da garantia original. Por exemplo, se um item possuir uma garantia de três anos e falhar ao fim do primeiro ano, o item repostado contará com mais três anos de garantia, desconsiderando o ano que o produto já foi utilizado pelo cliente.
- (C) **Garantia *pro rata*:** É o tipo de garantia que, quando o produto falha, a reposição é realizada mediante um custo para o consumidor, proporcional ao tempo de uso do produto. Nessa modalidade de garantia, quando o produto é substituído, passa a ter cobertura idêntica à da garantia original.

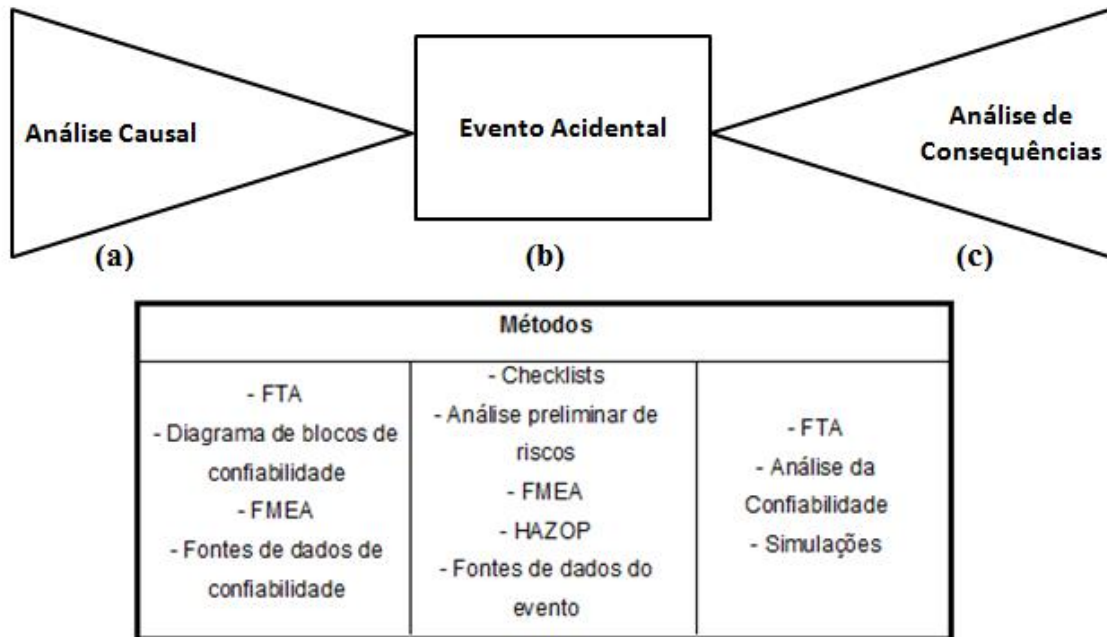
Os dois primeiros tipos de garantia podem causar altos custos de garantia para o produtor. Porém, essas duas modalidades são as mais aprovadas pelos consumidores. Assim, cabe ao produtor avaliar seu controle de qualidade para minimizar a ocorrência de falhas para diminuir a necessidade de reivindicação da garantia.

## 2.2 CONFIABILIDADE

De acordo com a ISO 8402, confiabilidade é a habilidade de um item de executar uma determinada função, quando submetido a um ambiente e condições operacionais por certo período de tempo. O termo item pode denotar qualquer componente, subsistema, ou sistema que possam ser considerados uma entidade. Fogliatto e Ribeiro (2009) definem a confiabilidade como a operação bem sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras ou falhas. Sendo assim, para que exista um controle dos custos de garantia é imprescindível que os produtos fornecidos pela empresa possuam alto nível de confiabilidade, para minimizar ao máximo a ocorrência de falhas.

De acordo com Rausand e Hoyland (2006), a tecnologia de confiabilidade tem um potencial amplo de aplicações. Algumas das áreas possíveis são:

- a) **Análise de riscos:** A análise de confiabilidade é parte principal de qualquer análise de riscos. As principais etapas da análise de riscos estão representadas na Figura 2-1. Nota-se que a ferramenta FMEA é utilizada para realizar a análise causal e levantar os eventos acidentais.



Fonte: Rausand e Hoyland (2006) – Adaptado  
 Figura 2-1 – Principais passos da análise de riscos.

- b) **Proteção do ambiente:** Estudos na área de confiabilidade podem ser utilizados para melhoria de projetos de sistemas antipoluição. Muitas indústrias notaram que a maior parte da poluição gerada por sua planta é causada por irregularidades na produção.
- c) **Otimização da manutenção e operação:** A principal função da manutenção é manter ou aprimorar a confiabilidade e regularidade da produção/operação. Algumas empresas notaram a importante conexão entre manutenção e confiabilidade. Assim, implementaram uma abordagem de confiabilidade centrada na manutenção. Essa abordagem possibilita uma melhoria da eficiência da alocação de custos e controle da manutenção, além de melhoria na disponibilidade e segurança de equipamentos.

- d) Projetos de Engenharia: A garantia da confiabilidade possibilita menores intervenções do fabricante no pós-venda, reduzindo custos.

As técnicas estatísticas existentes permitem estimar probabilidades de ocorrência de falhas atrelada às necessidades das indústrias. As estimativas estão principalmente relacionadas com:

- **Durabilidade de um produto:** As falhas são classificadas como de projeto ou processo; ocasionais, por desgaste ou fadiga.
- **Tempo médio entre as falhas:** Permite o dimensionamento de reposição do estoque e planos de manutenção.
- **Correções em projetos ou recalls:** É necessário pelo agravante das falhas em campo ocorrerem em grande volume ou pelo elevado impacto da falha, questões relacionadas à segurança do produto, por exemplo.
- **A confiabilidade desejada a novos projetos:** Para atender às expectativas crescentes do mercado.

Para aumentar a confiabilidade, ou reduzir a probabilidade de falhas nos produtos ou processos, pode ser utilizada uma gama de ferramentas. No caso desse estudo, selecionou-se a ferramenta FMEA visando aumentar a durabilidade dos produtos da empresa a partir da redução de falhas.

### 2.3 FMEA

Para garantir a confiabilidade de um produto é necessário assegurar a excelência de projetos e processos envolvidos em sua fabricação. Para tanto, podem ser utilizadas diversas técnicas e ferramentas, entre elas destaca-se a FMEA.

A sigla FMEA é a abreviação para *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise do Modo e Efeitos de Falha). O FMEA é um método sistemático de identificar e prevenir falhas de processo e de produtos antes que elas ocorram. A ferramenta pode ser subdividida em FMEA de projeto e FMEA de processo, tendo foco em prevenir falhas, aperfeiçoar a segurança e melhorar a satisfação do cliente. De preferência, o FMEA é utilizado no projeto de produtos ou nas etapas de desenvolvimento de processo, embora a utilização do FMEA para produtos e processos já existentes também pode trazer benefícios substanciais (MCDERMOTT; MIKULAK e BEAUREGARD, 2009). Nesse trabalho de graduação será estudado o FMEA de projeto.

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), o FMEA de projeto possibilita a redução dos riscos de falha, pois auxilia na avaliação objetiva dos requerimentos de projeto a partir da análise da maior gama possível de modos potenciais de falhas e respectivos efeitos e causas. A aplicação correta do FMEA pode trazer as seguintes vantagens:

- Auxilia na avaliação objetiva das alternativas de projeto;
- Amplia o conhecimento dos engenheiros envolvidos no projeto em relação aos aspectos relevantes da qualidade e confiabilidade do produto;
- Estabelece prioridades para a execução das ações recomendadas de melhoria;
- Fornece um formato aberto de análise, que permite rastrear as recomendações e ações associadas com a redução de risco;
- Fornece um referencial que auxilia na avaliação e implementação de futuras mudanças ou melhorias a partir do projeto base;
- Satisfação do usuário final, que usufruirá um produto mais confiável.

Já o Manual de Referência FMEA (2008), descreve algumas das metas que a ferramenta tem que atingir, como por exemplo:

- Melhorar a qualidade, confiabilidade e até mesmo a segurança nos produtos/processos avaliados;
- Reduzir o tempo e custos de reprojeção de produtos;
- Documentar e rastrear ações realizadas para redução de risco;
- Auxiliar os engenheiros a priorizar e focar na eliminação/redução de falhas de produtos ou processos e/ou prevenir problemas acarretados pela ocorrência da falha;
- Melhorar a satisfação do consumidor.

Ainda de acordo com o Manual de Referência FMEA (2008), o objetivo do FMEA é buscar todas as possíveis formas de falha de um produto ou processo. A falha do produto ocorre quando o produto não funciona como previsto ou quando há erro na utilização pelo usuário. Qualquer ação corretiva que possa ser feita para assegurar que o produto funcione corretamente, independentemente do modo de operação do usuário, vai aumentar a satisfação do cliente cada vez mais próximo de 100 por cento.

### 2.3.1 Desenvolvimento da FMEA de Projeto de Produtos

A partir de Fogliatto e Ribeiro (2009), o desenvolvimento da FMEA é organizado, de forma geral, em oito etapas. São elas:

1. Definir o projeto ou processo a ser analisado e a equipe responsável;
2. Estabelecer os limites do projeto ou processo em análise;
3. Realizar a análise preliminar do projeto/processo;
4. Coletar os dados necessários;
5. Preencher a tabela FMEA;
6. Revisar a tabela FMEA, calcular os riscos e estabelecer as ações recomendadas;
7. Detalhar as etapas das ações de correção e melhoria;
8. Acompanhar a execução das ações de correção e melhoria.

Uma série de passos essenciais deve ser realizada antes do início do preenchimento da planilha FMEA. Note que o preenchimento só vai ser executado na quinta etapa.

Concluídos os quatro primeiros passos, a equipe deve compreender quais dados especificamente serão inseridos nos campos antes de preencher a planilha FMEA. Um exemplo do esqueleto da tabela FMEA pode ser visualizado na Figura 2-2.

| ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA DE PRODUTO |                         |                           |       |                          |       |                |          |       |       |                  |             |       | Nº FMEA:            |       |       |       |       |  |  |  |  |
|--|-------------------------|---------------------------|-------|--------------------------|-------|----------------|----------|-------|-------|------------------|-------------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
| SISTEMA( )                                   |                         | PRODUTO:                  |       |                          |       | FORNECEDOR:    |          |       |       | DEPTO:           |             |       | DATA ELABORAÇÃO:    |       |       |       |       |  |  |  |  |
| SUBSISTEMA( )                                |                         | MODELO:                   |       |                          |       |                |          |       |       | COORD:           |             |       | DATA REVISÃO:       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| Item<br>Função                               | Modo de Falha Potencial | Efeito Potencial de Falha | S E V | Causa Potencial de Falha | O C O | Controle Atual |          | D E T | R P N | Ação Recomendada | Responsável | Prazo | Resultado Das Ações |       |       |       |       |  |  |  |  |
|  |                         |                           |       |                          |       | Preventivo     | Detecção |       |       |                  |             |       | Ações Realizadas    | S E V | O C O | D E T | R P N |  |  |  |  |
|  |                         |                           |       |                          |       |                |          |       |       |                  |             |       |                     |       |       |       |       |  |  |  |  |

Figura 2-2 – Exemplo de planilha FMEA.  
(Adaptado de Manual de Referência FMEA , 2008)

A planilha FMEA é utilizada com objetivo de facilitar e documentar o estudo de falhas. Para esse trabalho serão utilizados os critérios adaptados do Manual de Referência de 2008, complementar à QS 9000, pois a empresa estudada está inserida no ambiente automotivo. Cada campo presente na tabela será explanado a seguir:

## **1. Cabeçalho**

Os campos do cabeçalho podem conter diferentes informações de acordo com a necessidade de cada empresa. Nesse estudo será utilizada uma adaptação da planilha encontrada no Manual de Referência FMEA (2008), que atende os requisitos fornecidos pelo demandante.

Na primeira linha está o título da planilha e o número da tabela em questão, que deve utilizar algum tipo de código estabelecido pela empresa para facilitar o rastreamento do documento. O segmento do cabeçalho referente ao produto contém um campo para selecionar se a parte analisada é um sistema ou subsistema, o nome do produto, do modelo estudado e do respectivo fornecedor. A seguir estão os campos relacionados ao departamento e coordenador responsável pela confecção da FMEA além das datas de elaboração e da revisão do documento.

## **2. Item/Função**

Essa coluna corresponde à especificação do item e sua respectiva função. Deverão ser identificados todos os itens que fazem parte do produto e as funções descritas de modo conciso em formato verbo-nome.

## **3. Modo Potencial de Falha**

O modo potencial de falha é definido como a maneira que um componente pode falhar em satisfazer os requisitos do projeto, ou seja, atender as funções descritas na coluna de item/função. Qualquer modo de falha o qual a probabilidade de ocorrência não for praticamente nula deve ser listado.

Dados das falhas de projetos anteriores, como dados obtidos com a assistência técnica da empresa e reclamações dos clientes são consideradas ponto de partida para a construção da lista de modo potencial de falha. A técnica de *brainstorming* também pode ser utilizada para aproveitamento de informações importantes com base na experiência da equipe FMEA.

## **4. Efeitos Potenciais de Falha**

Os efeitos potenciais de falha são definidos como os efeitos do modo de falha conforme a percepção do cliente. Normalmente, cada modo de falha corresponde a um efeito, porém existem casos que um modo de falha provoca mais de um efeito. Esses efeitos deverão ser descritos em termos os quais o cliente possa observar ou experimentar, lembrando que o cliente pode ser interno ou usuário final.



## 5. Severidade

A severidade é a avaliação da gravidade do efeito de falha potencial sobre um subsistema, sistema ou cliente. Aplica-se ao efeito da falha, ou seja, o quanto o cliente percebe essa falha. Nesse índice, também se avalia a segurança, que é a possibilidade da falha do produto levar risco ao operador. Nesse caso, a severidade é classificada como muito alta. Os critérios de sua pontuação podem ser visualizados na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 – Índice de Severidade.

| Índice | Efeito                      | Critério   |
|--------|-----------------------------|--|
| 1      | Sem efeito                  | Sem efeito perceptível.  |
| 2      | Muito pequeno               | Produto/item não conforme. Falha percebida por clientes exigentes (< 25%)  |
| 3      | Mínimo                      | Produto/item não conforme. Falha percebida por muitos dos clientes (> 50%)   |
| 4      | Muito baixo                 | Produto/item não conforme. Falha percebida por maioria dos clientes (> 75%)  |
| 5      | Baixo                       | Produto operante, mas com perda parcial de conforto/comodidade. Cliente pouco insatisfeito.  |
| 6      | Moderado                    | Produto operante, mas com perda total de conforto/comodidade. Cliente insatisfeito.  |
| 7      | Alto                        | Produto operante, mas com nível reduzido de desempenho. Cliente bastante insatisfeito.   |
| 8      | Muito alto                  | Produto inoperante (perda da função principal)   |
| 9      | Perigoso (com notificações) | Quando o modo potencial de falha afeta o funcionamento seguro do produto e/ou descumpre regulamentação governamental com emissão de notificação.     |
| 10     | Perigoso (sem notificações) | Quando o modo potencial de falha afeta o funcionamento seguro do produto e/ou descumpre regulamentação governamental sem emitir nenhuma notificação. |

Fonte: Manual FMEA Ford, 2004 (Adaptado)

## 6. Causas Potenciais de Falha

A causa potencial de falha pode ser definida como uma deficiência no projeto cuja consequência é o modo de falha. Devem ser listadas de maneira concisa e completa todas as causas ou mecanismos de falha para cada modo de falha, para que seja mais fácil corrigir e melhorar os projetos em estudo.

## 7. Ocorrência

A ocorrência trata da estimativa da probabilidade da causa ou mecanismo de falha ocorrer e ocasionar o tipo de falha considerado. Para prevenir ou controlar as causas ou mecanismos de modo de falha é necessário alterar o projeto ou o processo correspondente. A estimativa do índice de ocorrência é feita a partir de índices de 1 a 10 com os critérios de avaliação sugeridos na Tabela 2-2.

Tabela 2-2 - Índice de Ocorrência.

| Ocorrência da causa da falha | Índice | Taxa de falha |
|------------------------------|--------|---------------|
| Muito improváveis            | 1      | 0,01/1.000    |
| Raramente ocorrem            | 2      | 0,1/1000      |
|                              | 3      | 0,5/1000      |
| Ocasionais                   | 4      | 1/1000        |
|                              | 5      | 2/1000        |
|                              | 6      | 5/1000        |
| Ocorrem com frequência       | 7      | 10/1000       |
|                              | 8      | 20/1000       |
| Quase inevitáveis            | 9      | 50/1000       |
|                              | 10     | ≥ 100/1000    |

Fonte: Manual FMEA Ford, 2004

## 8. Controles Atuais - Prevenção e Detecção

Para o preenchimento desse campo, a equipe deve levantar as atividades de validação, verificação ou prevenção que foram ou ainda estão sendo aplicados a projetos anteriores ou similares.

Os controles de prevenção correspondem a aqueles que podem reduzir a ocorrência da causa ou modo de falha. Já o controle de detecção não é responsável

por alterações na probabilidade de ocorrência, mas faz o diagnóstico do problema antes do item ser liberado para produção.

No caso de projetos radicalmente novos, quando não há histórico de controles específicos da empresa, o campo de controle atual não deverá ser preenchido e ele deve ser listado na coluna de ações recomendadas.

## 9. Detecção

O índice de detecção é relacionado com a habilidade dos controles atuais em detectar as causas ou modos potenciais de falha, antes de o componente ou subsistema ser liberado para produção.

Tabela 2-3 – Índice de Detecção.

| Índice | Possibilidade de detecção | Critério   |
|--------|---------------------------|--|
| 1      | Quase certa               | O modo potencial de falha será quase certamente detectado pelo controle de projeto.        |
| 2      | Altíssima                 | Altíssima probabilidade do controle de projeto detectar o modo potencial de falha.         |
| 3      | Alta                      | Alta probabilidade do controle de projeto detectar o modo potencial de falha.              |
| 4      | Moderadamente Alta        | Probabilidade moderadamente alta do controle de projeto detectar o modo potencial de falha |
| 5      | Moderada                  | Probabilidade moderada do controle de projeto detectar o modo potencial de falha           |
| 6      | Baixa                     | Baixa probabilidade do controle de projeto detectar o modo potencial de falha              |
| 7      | Mínima                    | Mínima probabilidade do controle de projeto detectar o modo potencial de falha             |
| 8      | Remota                    | Probabilidade remota do controle de projeto detectar o modo potencial de falha.            |
| 9      | Muito remota              | Probabilidade muito remota do controle de projeto detectar o modo potencial de falha.      |
| 10     | Absolutamente Incerta     | Não é possível detectar o modo potencial de falha ou não há nenhum controle de projeto.    |

Fonte: Manual FMEA Ford, 2004 (Adaptado)

## **10. RPN – Número de Prioridade de Risco**

O RPN é calculado para que a equipe possa priorizar de forma objetiva as ações de correção e melhoria visando redução dos riscos do projeto. O Número de Prioridade de Risco (RPN) é a saída do FMEA, obtido pela multiplicação dos três índices (Severidade, Ocorrência e Detecção) e pode variar de 1 a 1000, e a equipe deve concentrar esforços nos itens em que o RPN é maior.

É possível que em diferentes combinações seja obtido o mesmo valor de RPN. Nesse caso é recomendado priorizar o item que possuir maior severidade e, em caso de empate, deve-se selecionar o que tiver o índice de detecção mais alto.

## **11. Ações Recomendadas**

Após o preenchimento das outras colunas, a equipe estabelece uma lista de ações recomendadas para reparar as falhas. Elas são direcionadas para os itens com maior risco. Essas ações devem ser elaboradas de tal forma que reduzam a severidade do efeito, a probabilidade de ocorrência ou a probabilidade de não-detecção.

As ações recomendadas podem contemplar a alteração completa ou de partes do projeto, suas especificações de materiais, planos de teste, entre outros. Alterações no projeto podem reduzir a severidade do efeito ou a probabilidade de ocorrência do modo de falha, enquanto ações dirigidas às etapas de verificação/validação do projeto tem por objetivo reduzir a probabilidade de não-detecção da causa do modo de falha.

## **12. Responsável e prazo**

Esses campos deverão ser preenchidos com o nome do indivíduo que será o líder da equipe responsável pela execução da ação recomendada e o prazo para completar a tarefa.

## **13. Resultados das Ações**

Esse campo é subdividido em cinco campos: Ações realizadas, Nova Severidade, Nova Ocorrência, Nova Detecção e Novo RPN. Na primeira coluna deve ser inserida uma breve descrição das medidas de correção e melhorias efetivamente implantadas e a data que cada ação foi concluída. Os índices de Severidade, Ocorrência e Detecção devem ser atualizados e um novo RPN deve ser calculado. Se nenhuma ação for prevista, essas últimas colunas permanecerão em branco.

## 2.4 BANCO DE DADOS

De acordo com Elmasri e Navathe (2011), um Banco de Dados (BD) pode ser definido como uma coleção de dados logicamente relacionados e com algum significado inerente. Um banco de dados é projetado, construído e preenchido com dados para uma finalidade específica.

Um BD pode ser criado e mantido manualmente ou também pode ser computadorizado. No caso de banco de dados computadorizados, eles podem ser gerados e mantidos por um grupo de programas de aplicação voltados especificamente para essa tarefa ou por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

O SGBD é uma coletânea de programas que facilita o processo de definição, construção, manipulação e compartilhamento do banco de dados entre usuários e aplicações. Definir um banco de dados envolve especificar tipos, estruturas e restrições dos dados a serem armazenados. Essa definição é armazenada pelo SGBD como um dicionário de dados, denominado de metadados. Construir um banco de dados é o processo de armazenamento de dados em algum meio controlado pelo SGBD. Já a manipulação envolve as funções de consulta, alteração e geração de relatórios com base nos dados. O compartilhamento permite que os usuários e programas acessem-no simultaneamente.

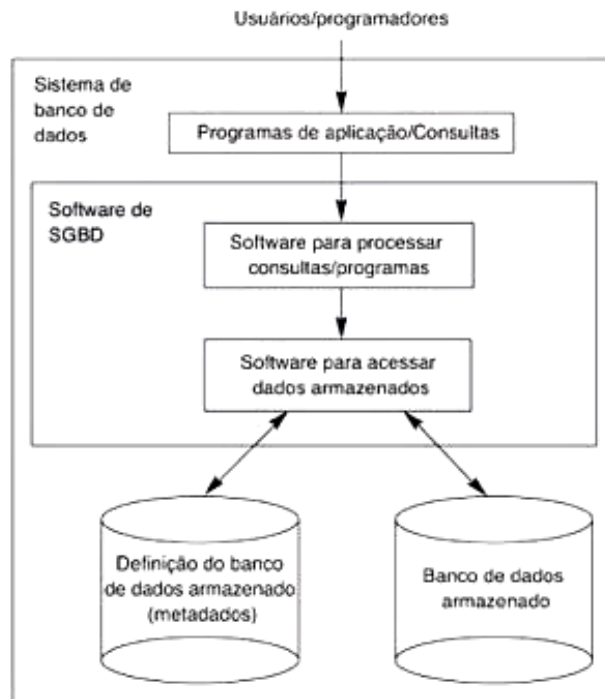
Um programa de aplicação tem como finalidade acessar o banco de dados ao enviar consultas ou solicitações de dados ao SGBD. A consulta (query) resulta na recuperação de alguns dados e a transação trata da leitura ou gravação de dados no Banco de Dados.

O diagrama que ilustra um ambiente simplificado de um sistema de banco de dados pode ser visualizado na Figura 2-3.

Nesse tópico serão apresentados conceitos de modelos de dados, modelagem de dados, linguagem SQL e arquitetura de três camadas voltadas para aplicações Web.

### 2.4.1 Modelos de Dados

Segundo Takai (2005), os SGBDs utilizam diferentes maneiras de representação, ou modelos de dados, para descrever a estrutura das informações contidas em seus bancos de dados. Geralmente são utilizados os seguintes modelos de dados: hierárquico, modelo em rede, relacional e orientado a objetos.



Fonte: Elmasri e Navathe (2011)

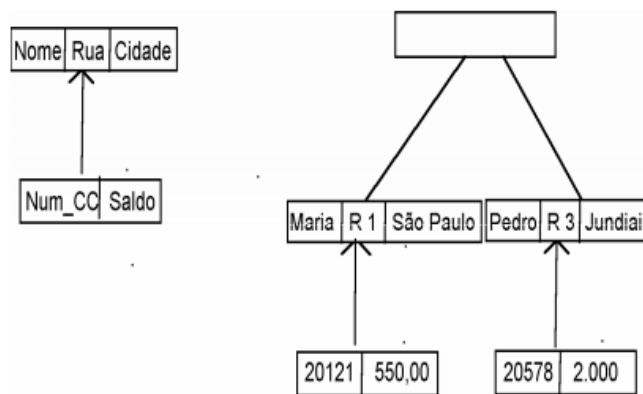
Figura 2-3 – Diagrama Simplificado de um ambiente de sistema de dados.

### i. Modelo Hierárquico

Nesse modelo de dados, a informação é estruturada em hierarquias ou árvores. Os nós das hierarquias contêm ocorrências de registros, onde cada registro é uma coleção de campos (atributos), cada um contendo apenas uma informação. O registro de hierarquia que precede a outros é chamado de registro-pai e os outros são denominados registros-filhos.

Os dados organizados por esse modelo podem ser acessados segundo uma sequência hierárquica, com uma navegação do topo para as folhas e da esquerda para a direita. Um registro pode estar associado a vários registros diferentes, desde que seja replicado, o que pode causar inconsistência de dados e o desperdício de espaço.

Um diagrama de estrutura de árvore descreve o esquema de um banco de dados com modelo hierárquico e consiste em dois componentes básicos: caixas, as quais correspondem aos tipos de registros e as linhas, que são as ligações entre os tipos de registros. Na Figura 2-4 é possível ver um exemplo de diagrama de estrutura com o modelo hierárquico.

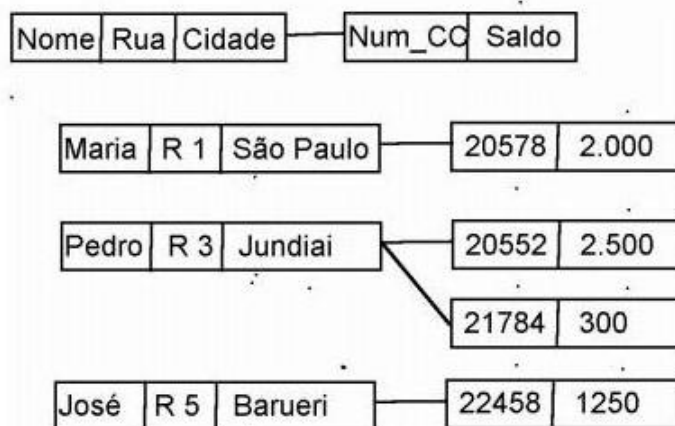


Fonte: TAKAI et al (2005)

Figura 2-4 – Exemplo de Modelo Hierárquico.

## ii. Modelo em Redes

O modelo em redes surgiu como uma evolução do modelo hierárquico. Nesse modelo, não há o conceito de hierarquia e os registros são organizados em uma estrutura de grafos. Cada registro-filho pode estar ligado a mais de um registro-pai, ou seja, um registro pode se envolver em várias associações no modelo em rede. A Figura 2-5 ilustra um exemplo de diagrama do modelo em rede.



Fonte: Takai et al (2005)

Figura 2-5 - Exemplo de Modelo em Rede.

## iii. Modelo Relacional

O modelo relacional é o mais flexível e adequado para solucionar os vários problemas que se colocam no nível da concepção e implementação da base de dados. Esse modelo possui como estrutura fundamental a relação (tabela), que é constituída por um ou mais atributos (campos) que traduzem o tipo de dados a armazenar, cada instância do esquema (linha) é chamada de tupla (registro). O modelo relacional não

possui caminhos pré-definidos para se acessar aos dados como nos modelos anteriores.

Algumas restrições para esse tipo de modelo precisam ser impostas para evitar a repetição de informações, incapacidade de representar parte da informação ou a perda de informação. As restrições são: integridade de chave (toda tupla possui conjunto de atributos que a identifica de maneira única na relação), integridade de entidade (nenhum valor de chave primária poderá ser nulo) e integridade referencial (uma relação pode ter um conjunto de atributos que contém valores com mesmo domínio de um conjunto de atributos que forma a chave primária de outra relação).

A Figura 2-6 exemplifica uma tabela do modelo relacional.

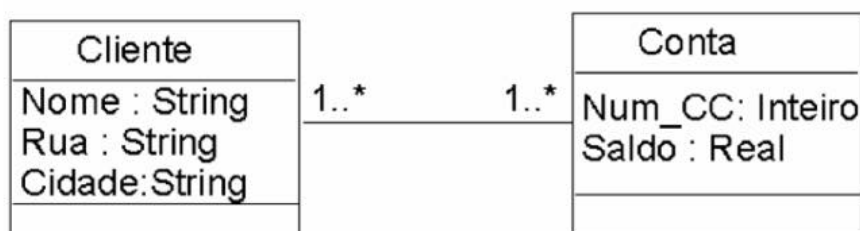
| COD_PRODUTO | NUM_SERIE | OPERADOR_CD  | TECNICO_CAMPO | DESC_PROD      |
|-------------|-----------|--------------|---------------|----------------|
| 5994        | 203208    | JOAO SILVA   | MATEUS SILVA  | ANTENA GPS     |
| 5994        | 201974    | MARIA SILVA  | FABIO SILVA   | ANTENA GPS     |
| 5864        | 5535175   | JOAO SILVA   | FABIO SILVA   | SIRENE         |
| 5864        | 20900     | JOAO SILVA   | MATEUS SILVA  | SIRENE         |
| 5996        | 7902      | MANOEL SILVA | MATEUS SILVA  | TRAVA DE PORTA |

Figura 2-6 – Exemplo de modelo relacional.

#### iv. Modelo Orientado a Objetos

Em meados da década de 80, os bancos de dados orientados a objetos tornaram-se comercialmente viáveis. Possuem tipos de dados abstratos, encapsulamento de operações, herança e identidade de objeto. No entanto, tanto a complexidade do modelo como a falta de padrão inicial contribuiu com a limitação do uso do modelo orientado a objetos.

A Figura 2-7 ilustra um exemplo de Modelo de Dados Orientado a Objetos.



Fonte: Takai et al (2005)

Figura 2-7 – Exemplo de Modelo de Dados Orientado a Objetos.



### **2.4.2 Modelagem de Dados**

Segundo Heuser (1998), o modelo de banco de dados pode ser definido como a descrição formal dos tipos de informações que estão armazenadas em um banco de dados. Conforme a intenção do modelador, um banco de dados pode ser descrito em várias formas de abstração.

Por exemplo, um modelo de dados utilizado para explicar a um usuário como o banco de dados é organizado, dificilmente conterá detalhes sobre o meio físico das informações. Ao mesmo tempo, um modelo de dados focado em otimizar a performance de acesso ao bando de dados conterá mais detalhes sobre a organização interna das informações e portanto será menos abstrato.

### **2.4.3 Liguagem SQL**

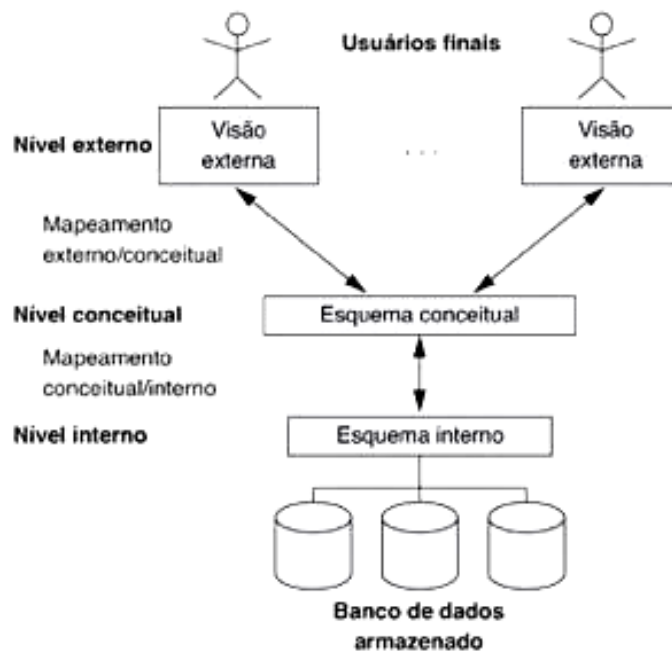
De acordo com Elmasri e Navathe (2011), a linguagem SQL (Structured Query Languages) é um dos principais motivos para o sucesso do banco de dados relacionais. A SQL é uma linguagem de banco de dados abrangente, pois possui instruções para definição de dados, consultas e atualizações. Devido a sua facilidade de uso e simplicidade, a linguagem SQL é um grande padrão de banco de dados.

No que se refere à definição de dados, a SQL utiliza a DDL (Data Definition Language), composta pelos comandos de criação de banco de dados, tabelas e relações. Exemplos de comandos para essa função são o CREATE, ALTER E DROP.

E com relação à manipulação de dados, a SQL utiliza a DML (Data Manipulation Language), destinada a operações de consulta e atualização de registro das tabelas de um banco de dados. Alguns exemplos de comandos para essa função são o SELECT, INSERT, UPDATE e DELETE.

### **2.4.4 Arquitetura de Três Camadas**

Segundo Elmasri e Navathe (2011), o objetivo da arquitetura de três camadas é separar as aplicações do banco de dados físico. Nessa arquitetura, visualizada na Figura 2-8, os esquemas podem ser definidos em três níveis: nível interno, conceitual e externo (visão). O nível interno descreve a estrutura do armazenamento físico do banco de dados. O conceitual descreve a estrutura do banco de dados inteiro para uma comunidade dos usuários. Esse esquema oculta os detalhes de armazenamento físico e se concentra na descrição de entidades, tipos de dados, relacionamentos, operações do usuário e restrições. Já o nível externo (visão) descreve a arte do banco de dados que o grupo de usuários tem interesse e oculta o restante. A maioria dos SGBDs não possui separação dos três níveis explícita, mas oferece algum tipo de suporte para isso.



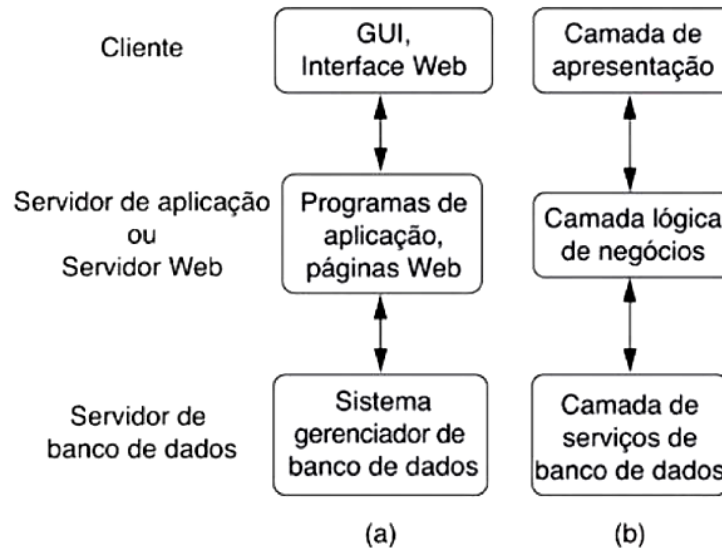
Fonte: Elmasri e Navathe (2011)

Figura 2-8 – Arquitetura três camadas.

Muitas aplicações Web utilizam uma arquitetura em três camadas, com uma camada intermediária entre o cliente e o servidor. Essa camada intermediária é chamada de servidor Web ou de aplicação. Essa camada desempenha um papel intermediário pela execução da aplicação e armazenamento de regras de negócio (procedimentos ou restrições). Esse esquema é ilustrado na Figura 2-9.

No primeiro exemplo, ilustrado na Figura 2-9(a), os clientes possuem interfaces GUI, o servidor intermediário aceita e processa solicitações do cliente, envia consultas e comandos do banco de dados ao servidor e depois atua como canal para transmitir dados processados do servidor aos clientes.

Na Figura 2-9(b) a camada de apresentação representa a camada que exibe informações ao usuário e permite a inserção dos dados. A camada de lógica de negócios é responsável pelas regras e restrições intermediárias antes dos dados serem transmitidos aos usuários ou devolvidos ao SGBD. A camada mais baixa inclui todos os serviços de gerenciamento de dados.



Fonte: Elmasri e Navathe (2011)

Figura 2-9 – Exemplos de arquitetura em três camadas cliente/servidor.

## 2.5 O PROJETO DE SISTEMA DE BANCO DE DADOS

Segundo Elmasri e Navathe (2011), o projeto de banco de dados deve ser capaz de satisfazer os requisitos de conteúdo de informação dos usuários e aplicações especificadas, apresentar uma estruturação da informação que seja natural e fácil de entender além de oferecer suporte aos requisitos de processamento e quaisquer objetivos de desempenho (tempo de resposta, processamento e espaço de armazenamento, entre outros).

Ainda com base em Elmasri e Navathe (2011), para o banco de dados ser capaz de satisfazer essas condições, é necessário seguir uma sequência de etapas. Essas etapas estão demonstradas na Figura 2-10.

### A. Levantamento e Análise de Requisitos

Antes mesmo de efetivamente projetar o banco de dados, deve-se conhecer e analisar as necessidades dos usuários com o máximo detalhamento possível. Para tanto é realizado o levantamento e análise de requisitos. Essa fase pode ser bastante extensa, mas é crucial para o perfeito desenvolvimento do projeto do Sistema de Banco de Dados.



Fonte: Elmasri e Navathe (2011)

Figura 2-10 – Diagrama Simplificado das fases do projeto do BD.

Para especificar os requisitos, inicialmente se identificam as outras partes do sistema de informação que vão interagir com o sistema de banco de dados. Normalmente para que essa fase seja executada com sucesso é necessário seguir alguns passos. Primeiramente são selecionadas as áreas de aplicação e grupos de usuários que serão afetados pela implantação do sistema de banco de dados. A seguir, a documentação já existente que possa interferir no sistema é estudada e analisada. Logo após a conclusão dessa etapa, o ambiente operacional vigente e o uso planejado da informação são estudados. Encerrando essa fase, as prioridades dos usuários e a importância que eles estabelecem às aplicações são ouvidas por meio de entrevista.

A análise de requisitos é realizada pela equipe de analista de sistemas ou especialistas em requisitos, tendo em mente os usuários finais, os clientes. Muitos profissionais utilizam reuniões, técnicas de entrevistas, *workshops* ou *brainstorming*, relato do processo em linguagem natural, entre outras, para a execução dessa fase. Essas técnicas possibilitam a participação do cliente no processo de desenvolvimento, trazendo maior satisfação dos usuários com o sistema entregue.

É provável que no início dessa fase os requisitos ainda sejam informais, incompletos, inconsistentes e até mesmo parcialmente incorretos. As técnicas já apresentadas auxiliam na estruturação e detalhamento dos requisitos, porém ainda os deixam em um estado informal. Sendo assim, esses dados precisam ser trabalhados para transformar esses requisitos iniciais em especificação de requisitos da aplicação. Dessa forma, técnicas de especificação de requisitos podem ser utilizadas, tais como os diagramas de fluxo de dados e detalhamento dos objetivos da aplicação.

## **B. Projeto conceitual do BD**

A segunda etapa do projeto de um Banco de Dados envolve o desenvolvimento de um esquema conceitual a partir do levantamento e análise de requisitos realizados na primeira etapa.

Para essa fase é importante criar um modelo conceitual de alto nível que possua as seguintes características: expressividade, simplicidade e compreensão, minimalismo, representação diagramática e formalidade. A primeira característica faz com que o modelo seja expressivo o suficiente para distinguir diferentes tipos de dados, relacionamentos e restrições. A segunda se refere à capacidade do modelo ser simples o suficiente para que usuários que não sejam especialistas consigam compreendê-lo. Já o minimalismo trata da característica do modelo possuir um número pequeno de conceitos básicos. A representação diagramática possibilita que o esquema conceitual seja fácil de interpretar, através de uma notação por diagramas. E, finalmente, a formalidade tem como característica a definição precisa e sem ambiguidade dos conceitos do modelo.

Para confeccionar o modelo de dados conceitual, devem-se identificar os componentes básicos do esquema. São eles: as entidades (objeto básico do MER), relacionamentos (representam as formas que as entidades estão logicamente relacionadas) e atributos (propriedades particulares das entidades). A seguir, a equipe responsável deve especificar também os atributos-chave (identifica cada entidade unicamente), cardinalidade (grau de relação entre duas entidades), e restrições de

participação nos relacionamentos (especifica se a entidade depende dela estar relacionada à outra entidade por meio do tipo de relacionamento).

Apesar de existirem outras formas de representação do modelo conceitual, a terminologia do MER (Modelo Entidade Relacionamento) é amplamente utilizada, por ser de fácil entendimento, de alto nível. A Figura 2-11 ilustra um exemplo de modelo conceitual utilizando a representação gráfica do MER, o Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER).



Figura 2-11 – Exemplo de modelo conceitual.

Em um DER, a entidade é representada através de um retângulo, contendo o nome da entidade, o relacionamento que é ilustrado por um losango interligado aos retângulos que representam as entidades por linhas contínuas e os atributos representados por balões ligados unidos às respectivas entidades.

Nesse diagrama são demonstradas também as cardinalidades entre parêntesis acima das linhas contínuas. Na Figura 2-11 temos dois exemplos de cardinalidade, (1,1) e (1,N). Essa representação expressa um número (mínimo, máximo) de ocorrências de uma determinada entidade associada a uma ocorrência da entidade em questão através do relacionamento.

### C. Determinação de um SGBD

A escolha de um SGBD é definida basicamente por fatores técnicos, econômicos ou aqueles referentes à política da organização. Os fatores técnicos focalizam a adequação do SGBG para a tarefa a ser realizada. Com relação a esse fator, deve-se considerar o tipo de SGBD (relacional, objeto-relacional, objeto, entre outros), as interfaces para usuário e programadores disponíveis quais são as estruturas de armazenamento e os caminhos de acesso que o SGBD admite e assim por diante. Na gama de fatores não técnicos se destacam o custo de aquisição do software, manutenção, aquisição de hardware, pessoal e treinamento e o custo operacional.

Outra questão a ser considerada é a portabilidade do SGBD entre diferentes tipos de hardware. A maior parte dos SGBDs comerciais atualmente possuem versões

multi-plataformas. A necessidade de aplicações para backup, recuperação, desempenho, integridade e segurança também precisa ser considerada.

Somente após avaliar cada um desses aspectos que a equipe responsável pode selecionar o SGBD adequado para o projeto.

#### **D. Projeto lógico do BD**

Nessa etapa é realizado um mapeamento dos esquemas produzidos pela fase anterior (modelo conceitual). Compreende uma descrição das estruturas que serão armazenadas no banco e que resulta numa representação gráfica dos dados de uma maneira lógica.

#### **E. Projeto físico do BD**

O projeto físico de um banco de dados é processo de seleção de estruturas específicas de armazenamento de arquivo e caminhos de acesso para os arquivos para alcançar um bom desempenho nas diversas aplicações de banco de dados. Cada SGBD oferece uma coleção de opções para as organizações de arquivo e caminhos de acesso. Quando um SGBD específico é escolhido, o projeto físico do BD fica restrito a escolher as estruturas mais apropriadas para os arquivos de banco de dados dentre as opções oferecidas pelo SGBD.

O resultado dessa fase é uma determinação inicial das estruturas de armazenamento e caminhos de acesso para os arquivos. Após a implementação do BD o projeto físico pode sofrer alterações dependendo do desempenho observado do sistema. Esse processo é descrito na próxima etapa.

#### **F. Implantação e ajuste do sistema de BD**

Após a conclusão das fases anteriores realiza-se a implementação do sistema de banco de dados. Os comandos são compilados e usados para criar os esquemas e arquivos de banco de dados. Assim, o BD pode ser preenchido com os dados pelo usuário. À medida que os requisitos do sistema de banco de dados mudam é necessário acrescentar ou remover tabelas existentes ou algumas consultas ou transações podem ser reescritas para melhorar o desempenho. Essas atualizações são definidas como ajuste do sistema. O ajuste continua enquanto o banco de dados existir, os requisitos se alterarem ou problemas de desempenho forem revelados.

## 2.6 TESTES DE USABILIDADE

De acordo com a ISO 9241-11 (1998), usabilidade é a capacidade que um produto tem de ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso. Essa norma define:

- **Usuário:** Pessoa que tem interação com o produto;
- **Contexto de uso:** Hardware, software e materiais, ambiente físico e social que o produto é utilizado;
- **Eficácia:** Precisão com que os usuários atingem objetivos específicos, como acessar a informação corretamente ou gerando resultados esperados;
- **Eficiência:** Precisão com que os usuários atingem seus objetivos em relação à quantidade de recursos gastos;
- **Satisfação:** Conforto e aceitabilidade do produto, medidos por meio de métodos subjetivos e/ou objetivos;

Nielsen (1994) destaca que, para que o sistema tenha boa usabilidade, é necessário atender aos seguintes requisitos: ser de fácil aprendizagem, ser eficiente na utilização, ser fácil de lembrar, ter poucos erros e satisfazer subjetivamente.

Esse autor apresenta um método de inspeção, com a participação de especialistas, que contém dez princípios heurísticos para maximizar a usabilidade do sistema. São eles:

1. **Visibilidade do Estado do Sistema:** Os usuários devem ser constantemente informados do estado atual do sistema. No caso de operações rápidas não é necessário emitir nenhuma notificação;
2. **Correspondência entre o Sistema e o Mundo Real:** O sistema deve adotar uma linguagem com termos, vocabulário, conceitos e procedimentos familiares à realidade do usuário.
3. **Controle e liberdade para o usuário:** A interface possibilita que o usuário tenha controle do sistema. Caso incorra em erro, o usuário tem a opção de desfazer o último comando para o usuário retornar a um estado anterior.
4. **Consistência e Padronização:** O usuário não deve ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. No caso de já existir um padrão, a interface deve adotá-lo.
5. **Prevenção de Erros:** A interface do sistema deve informar ao usuário os efeitos e consequências de suas ações, para evitar enganos.



6. **Ajuda para reconhecer, diagnosticar e reparar erros:** O sistema deve ter mensagens de erro claras e informativas e que possibilitem entendimento e reparação do erro.
7. **Reconhecimento ao invés de memorização:** A interface não deve exigir que o usuário recorde a forma de acionar o sistema.
8. **Flexibilidade e eficiência no uso:** As ações da interface devem ter diferentes formas de ser acionadas.
9. **Design minimalista e estético:** A interface deve ter a quantidade de informação necessária e o layout deve ser agradável e leve.
10. **Ajuda e Documentação:** Apesar de ser melhor que o usuário utilize o sistema sem nenhum tipo de auxílio, é necessário que ele ofereça suporte e documentação.

O autor recomenda que essa inspeção seja realizada por um grupo de avaliadores de três a cinco pessoas que sejam familiarizadas com os dez princípios apresentados anteriormente. A inspeção é realizada individualmente e cada avaliador percorre a interface em busca de problemas. Esses problemas devem ser relatados e associados às violações das heurísticas de usabilidade. Por fim esses problemas são consolidados em uma única lista e direcionados à equipe responsável por realizar alterações no sistema. Essa equipe então seleciona quais os problemas que devem ser corrigidos, dependendo da gravidade dos problemas, prazos e orçamento disponíveis, bem como a capacitação da equipe de desenvolvimento.

As dez heurísticas de Nielsen (1994) tem como vantagem a sua simplicidade, rapidez e baixo custo, pois não depende de testes com os usuários, além de possibilitar a aplicação em qualquer fase do projeto do sistema.

## Capítulo 3 – ESTUDO EXPLORATÓRIO

Esse Trabalho de Graduação foi desenvolvido a partir da necessidade de uma empresa especialista em desenvolvimento de equipamentos, *softwares* e prestação de serviços de comunicação móvel de dados com foco na indústria automotiva melhorar seu processo de controle de falhas. Os produtos da empresa possuem uma garantia do Tipo (A) integral limitada por um período de três anos, responsável por conquistar a clientela, por ser significativamente maior que dos concorrentes. Porém, um período de garantia com grande lapso temporal pode acarretar em altos custos para empresa caso o controle de qualidade seja falho.

Neste capítulo, será realizada a apresentação da empresa, como a empresa realiza o registro e controla as falhas de seus produtos atualmente e quais os problemas encontrados nesse processo, quais são os principais produtos já existentes no mercado e qual a solução desenvolvida pelo trabalho.

### 3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa possui vasta rede de atendimento ao cliente, com atuação em todo país, contando com aproximadamente 50 pontos de atendimento ao cliente. Atua há mais de 20 anos e é reconhecida como líder e também a empresa mais premiada de seu segmento.

Embora possua em seu quadro de funcionários profissionais especializados e competentes, tecnologia de ponta e reconhecimento do mercado, a empresa possui limitações na detecção precoce de falhas e, conseqüentemente, sofre com custos acima do previsto pelo orçamento anual com a garantia. Além disso, possui uma tendência de valorização do processo de desenvolvimento do produto e produção, menosprezando o contato com o consumidor no pós-venda. Com a terceirização das autorizadas prestadoras de assistência técnica, a credibilidade dos dados dos produtos em garantia defeituosos para a análise da confiabilidade ficou comprometida, pois a comunicação entre autorizada e a empresa não é eficiente e há carência de uma ferramenta adequada e de fácil manejo para o registro e armazenamento desses dados.

No cenário de uma empresa que busca fornecer produtos de alta qualidade para seus clientes e ao mesmo tempo busca redução de custos da garantia, foi requisitado o desenvolvimento desse trabalho para sanar esses problemas.

### 3.2 REGISTRO E CONTROLE DE FALHAS ATUAL DA EMPRESA

Nessa etapa foi realizado a coleta da documentação já existente das falhas dos produtos da empresa e o levantamento do histórico do controle de falhas da empresa. Essa etapa tem como finalidade diagnosticar os problemas ocorridos nas soluções adotadas anteriormente com a intenção de evitá-los na proposta desenvolvida por esse trabalho.

A empresa tem seus produtos vendidos de forma direta pela própria empresa ou indireta, através de parcerias com concessionárias de veículos. Em sua estrutura atual, os reparos dos produtos com defeitos são realizados por empresas autorizadas. O custo com pessoal e material desses reparos é pago pelo cliente, no caso de produtos sem garantia, ou pela empresa, quando o produto está dentro do período de cobertura da garantia.

Em seu princípio, a empresa contava apenas com documentação esparsa das falhas dos seus produtos. Não havia preocupação com seu armazenamento e a análise dessas falhas ainda pertencia a uma realidade distante. Em 2010, a empresa iniciou sua primeira tentativa para implantar um modelo de gestão da qualidade, visando se adequar à ISO 9001. Um conjunto de medidas foi estabelecido, entre elas a criação e o preenchimento de um documento contendo o registro das falhas dos produtos da empresa, com especial destaque aos dados de itens ainda em garantia. Esse documento contém o registro das ocorrências de falhas, rastreamento do produto reparado (código do produto com defeito e número de série correspondente, *part number* da peça com defeito, nome da autorizada e técnico responsável pelo reparo), dados fiscais, técnico responsável pelo reparo e os clientes afetados pelas falhas. A Figura 3-1 contém um exemplo desse controle.

| NOTA_FISCAL | CODIGO_PROD | NUM_SERIE | FALHA    | PART_NUMBER | COD_CLIENTE | EMPRESA | TECNICO_CAMPO | PROCESSO |
|-------------|-------------|-----------|----------|-------------|-------------|---------|---------------|----------|
| 12345       | 1234        | 123456    | Não liga | H12345U     | 1234567     | ABC     | VIVIAN.SILVA  | GARANTIA |

Figura 3-1 – Exemplo de controle em planilha Excel realizado pela empresa.

Porém, os problemas apontados pela empresa, como o aumento do registro de falhas e do custo de garantia, não foram solucionados com a aplicação dessa medida. Ainda foram observados problemas, como:

- Falta de preenchimento de todos os campos essenciais da planilha e registro de dados incompletos/insuficientes;
- Baixa motivação para analisar os dados de falhas, pois outros assuntos eram considerados mais urgentes;
- Foco na produção e nas ações corretivas, ao invés de priorizar as ações preventivas;
- Conflito entre dados fornecidos pela autorizada e os diagnosticados pela equipe na sede.
- Os dados muitas vezes eram registrados somente para efeito de auditoria e não foram efetivamente analisados para prevenção de falhas em novos projetos.

A partir da análise desse documento fornecido pelo Centro de Garantia (CG), das informações obtidas com o departamento financeiro, da constatação das limitações da atual planilha de controle e também a elevação dos custos de garantia, foi constatada a necessidade da criação de um banco de dados específico para o registro das informações referentes às falhas que possibilite uma interação com a ferramenta FMEA.

### **3.3 PRODUTOS EXISTENTES NO MERCADO**

Existe uma grande quantidade de *softwares* comerciais que possuem como objetivo melhorar produtos ou processos. Nesse trabalho foram selecionados *softwares* que trabalhem com a ferramenta FMEA.

Nesse tópico serão apresentadas as principais funcionalidades dos softwares Xfmea (ReliaSoft) e IQ-FMEA (APIS).

#### **3.3.1 Xfmea**

A ReliaSoft é uma empresa especializada no desenvolvimento de *softwares* para avaliação de confiabilidade em engenharia. A empresa fornece o *software* Xfmea para o auxílio no desenvolvimento das análises FMEA, gerando automaticamente relatórios das análises, além de contar com a possibilidade de customização para atender às necessidades de cada empresa.

O Xfmea está disponível em duas versões: a versão Xfmea Standard, que registra as informações em banco de dados individuais do Microsoft Access e a versão Xfmea Enterprise, que centraliza os dados em uma base de dados no SQL Server.

Os relatórios gerados pelo Xfmea reportam informações sobre cada item analisado do produto com seu respectivo modo falha e seus efeitos, causas e detecções, além das ações recomendadas e uma planilha para a revisão do projeto após finalização das ações recomendadas.

Um exemplo de interface do sistema pode ser visualizado na Figura 3-2.

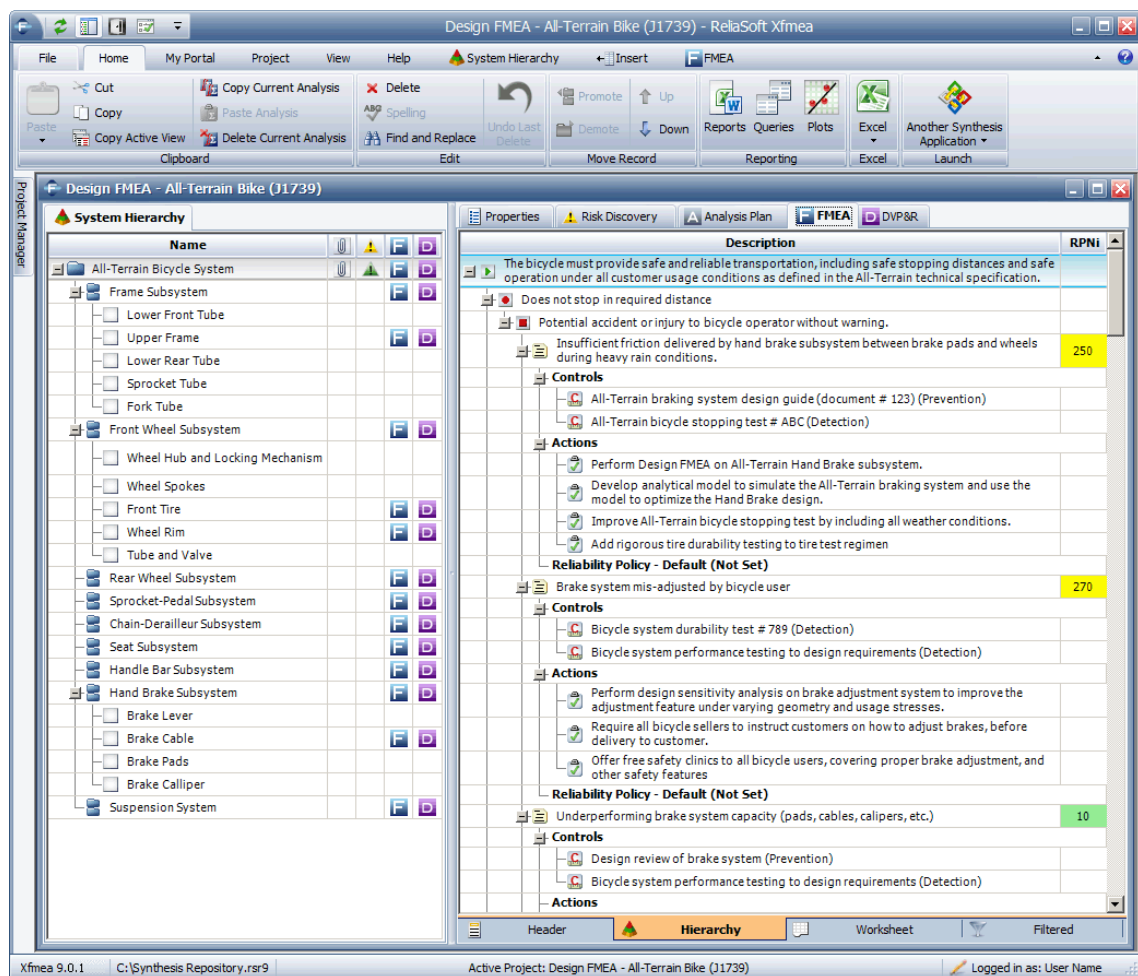


Figura 3-2 - Exemplo de interface do Xfmea

### 3.3.2 IQ-FMEA

A APIS informationstechnologien GmbH é uma empresa alemã que confecciona softwares gerenciadores de riscos com base em conhecimentos. O software IQ-FMEA tem como objetivo apoiar os usuários que trabalham no escopo do Gerenciamento de Riscos.

O IQ-FMEA apresenta a estrutura do sistema em forma de árvore, que pode ser visualizada na Figura 3-3. Além da opção de gerar uma planilha FMEA, o *software* também pode produzir um diagrama de causa e efeito. O IQ-FMEA possibilita que emails automáticos sejam enviados para informar a situação da análise entre os membros da equipe e que as informações sobre o FMEA sejam publicadas na internet ou intranet. O sistema também permite que seja realizada uma avaliação estatística, através da Análise de Pareto, análise de frequência, entre outras.

Como o *software* possui diversas funções e robustez, sua utilização é popular comercialmente, com a presença de grandes empresas em sua lista de clientes.

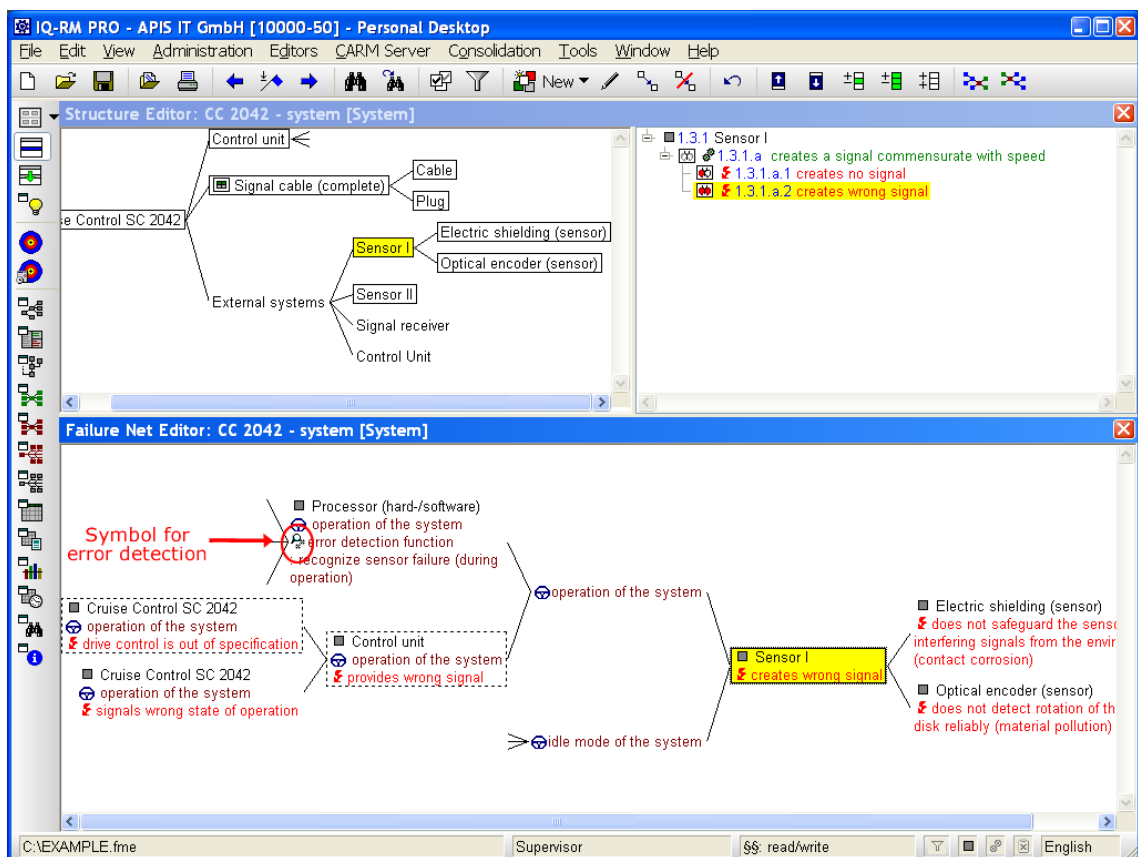


Figura 3-3 - Exemplo da interface do IQ-FMEA

### 3.4 EXPECTATIVAS DA EMPRESA

Antes do desenvolvimento desse trabalho, a empresa descartava qualquer forma de controle de falhas automatizada, pois julgava que os investimentos seriam elevados considerando o benefício esperado ou o sistema não oferecia poucas vantagens em relação a um controle manual. De fato, os produtos já existentes no mercado não satisfizeram os critérios da empresa, pois, ou os *softwares* possuíam todos os requisitos técnicos necessários, mas o valor fornecido ultrapassou o orçamento que

poderia ser destinado para essa área, ou não possuíam robustez e nem customização suficiente do sistema para serem adequados para o que a empresa esperava. Assim foi solicitado o desenvolvimento de um Sistema de Banco de Dados novo.

O sistema de banco de dados criado nesse trabalho é atrelado a uma aplicação responsável pela inserção de dados e deve ser necessariamente uma ferramenta de simples uso, a qual o usuário final, sem conhecimento da estrutura interna do banco de dados, possa utilizá-la sem maiores dificuldades a partir de um treinamento básico. Deve também possuir flexibilidade para integração com outros bancos de dados da empresa e que não possibilite a inserção de dados incompletos ou incorretos, o que fatalmente acarretaria em erros grosseiros na implantação do FMEA.

O tipo de FMEA que será utilizado será o de produtos e sua análise será voltada a prover ações de melhoria no projeto, visando redução do custo de garantia por meio da prevenção de ocorrência de falhas. Com o Sistema de Banco de Dados desenvolvido nesse trabalho, a empresa poderá buscar informações sobre as falhas que ocorrem nos seus produtos com facilidade. Por exemplo, dados sobre quais itens (peças ou softwares) apresentam mais falhas e quais suas principais causas, podem ser consultados de forma a estabelecer prioridades adequadas na tomada de decisões. A partir disso, poderão ser realizadas alterações em seus projetos, de forma a minimizar suas falhas, acarretando em diminuição de custos de garantia e aumento da satisfação do cliente.

Como a empresa não possui uma base de dados confiável, o projeto desenvolve um novo banco de dados que será alimentado em três partes. Os dados referentes ao produto, quais itens o compõe e as funções de cada item, serão preenchidos pelos projetistas responsáveis pelo desenvolvimento do produto. Já os dados dos diagnósticos das falhas serão inseridos pelos técnicos das autorizadas ou do Centro de Garantia. Além disso, a equipe FMEA é a responsável por preencher as informações restantes para a implantação da planilha FMEA, como os Modos Potenciais de Falha, seus efeitos, causas, controles de detecção e prevenção, os índices de severidade, ocorrência, detecção e RPN, as ações recomendadas, responsáveis e prazos. Após essas fases a equipe também adiciona as informações de quais ações realmente foram implementadas e os novos índices de severidade, ocorrência e detecção após as medidas e é gerado um novo RPN. Caso os objetivos não sejam atingidos, novas ações recomendadas são indicadas até que o resultado seja satisfatório.

Os dados do sistema são inseridos de forma contínua, passível de revisões. As autorizadas podem encontrar novos modos de falhas que não foram previstos pela equipe FMEA e também os projetistas podem adicionar itens aos produtos, por exemplo. Portanto o sistema tem uma realimentação, como pode ser observado no diagrama de blocos do sistema na Figura 3-4.

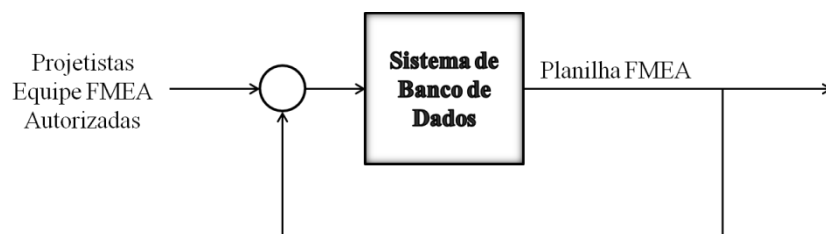


Figura 3-4 – Diagrama de Blocos do Sistema de Banco de Dados.

O capítulo 4 – Sistema de Banco de Dados apresentará as etapas de como esse Sistema foi desenvolvido e demonstrará como a aplicação é vista pelo usuário.



## Capítulo 4 – SISTEMA DE BANCO DE DADOS

O Sistema de Banco de Dados desenvolvido nessa pesquisa armazenará as informações referentes às inspeções dos produtos defeituosos realizados pela assistência técnica e o Centro de Garantia, além dos dados essenciais para a implantação da FMEA.

O projeto de um Sistema de Banco de Dados possui algumas fases que são organizadas de forma a atender com qualidade as necessidades propostas inicialmente. Os procedimentos que foram utilizados nesse trabalho foram retirados de Elmasri e Navathe (2011) e descritos no Capítulo 2. A seguir serão detalhadas as etapas de levantamento e análise de requisitos, projeto modelo conceitual, de determinação do SGBD, projeto do modelo lógico e projeto do modelo físico.

### 4.1 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE REQUISITOS

Foi realizado o levantamento do fluxo referente à instalação dos produtos, das inspeções realizadas pela assistência técnica em caso de falha do produto e como ocorrem as inspeções, caso seja necessário o acionamento do Centro de Garantia. Esse processo pode ser visualizado na Figura 4-1.

A seguir alguns técnicos e gerentes envolvidos nesse processo foram consultados e foram estabelecidas as prioridades do sistema para os usuários. Foi demandado que o sistema fosse de fácil utilização. Além disso, os campos a serem preenchidos não devem ser numerosos, pois dessa forma a tendência estabelecida é que os funcionários não realizem a inserção correta dos dados. Já os gerentes estabeleceram alguns campos essenciais, que sob hipótese alguma podem ficar sem preenchimento.

Após a reunião das informações nas etapas executadas anteriormente, o processo completo da solução foi relatado em linguagem natural para fácil entendimento dos usuários finais. Esse processo é relatado a seguir:

*“A empresa possui produtos que possuem um código, nome e itens que os compõe. Esses itens podem ser softwares ou peças. São registrados os produtos, itens e as funções desses itens.”*

*“A empresa realiza cadastro dos produtos produzidos por sua linha de montagem. São registrados os códigos do produto, nome, número de série, número do lote, data da compra do lote, fabricante, fornecedor e as informações dos itens.”*

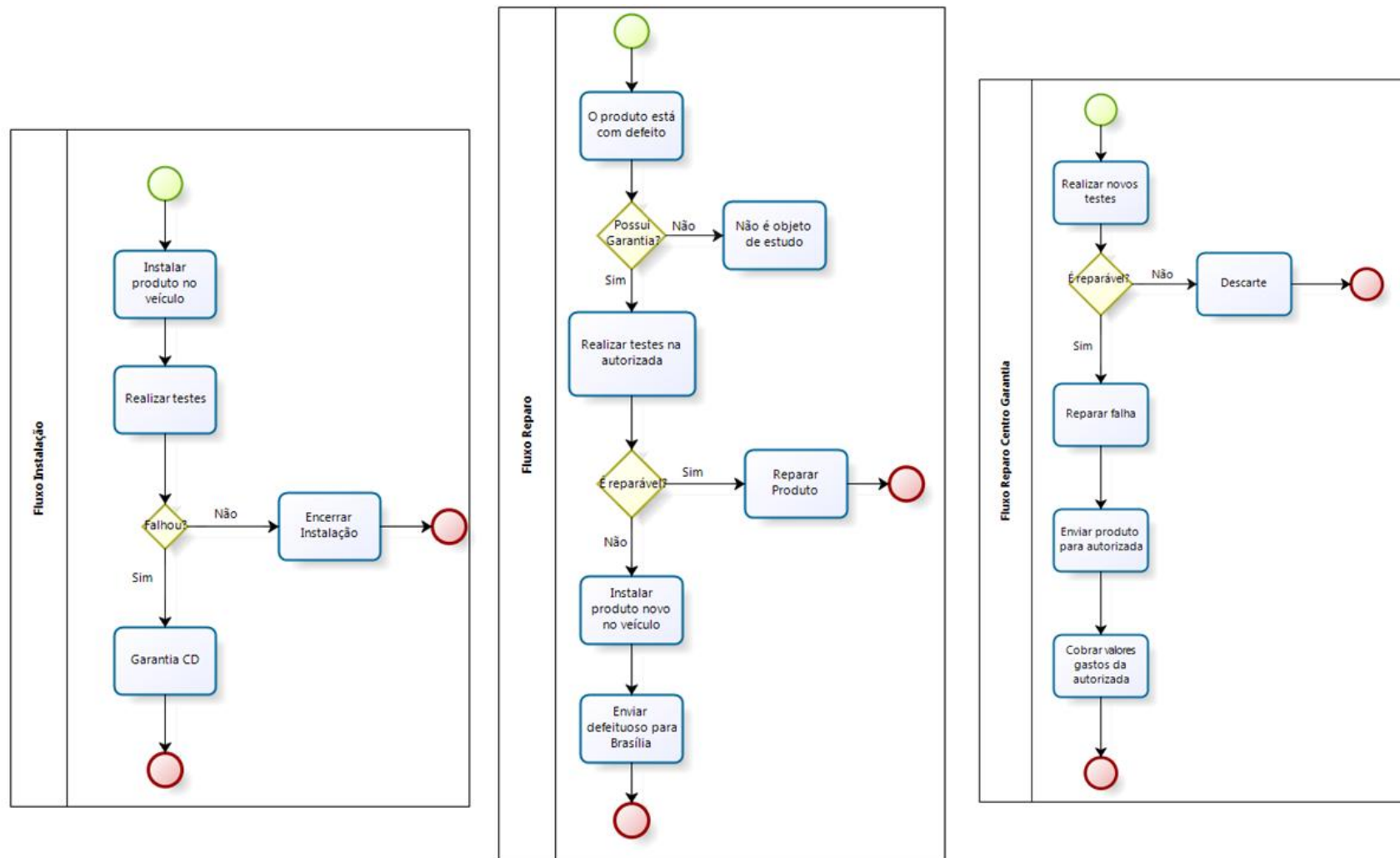


Figura 4-1 – Fluxo da Instalação do produto (A), Fluxo da Inspeção realizada pela autorizada (B), Fluxo do Reparo realizado pelo Centro de Garantia.

*“O cliente visita uma autorizada, concessionária ou página Web da empresa e adquire um produto. Uma nota fiscal da compra é gerada juntamente com a vigência do período de garantia do produto.”*

*“Caso o produto apresente defeito, o cliente visita uma autorizada e solicita o reparo do produto. É gerada uma ordem de serviço.”*

*“O funcionário responsável realiza uma inspeção do produto. São inseridos o código da autorizada, a matrícula do funcionário, o CPF/CNPJ do cliente, o produto inspecionado e seu número de série, a data de início e fim da inspeção, os testes realizados, o diagnóstico contendo a causa e o modo da falha e os itens afetados pela falha. Se for possível realizar o reparo, o item será consertado, caso contrário o produto será enviado para o Centro de Garantia, onde poderá ser descartado ou não (Figura 4-1). Um produto operante é entregue para o cliente.”*

*“A equipe FMEA recebe os dados das inspeções realizadas pelas autorizadas, os dados dos produtos e itens fornecidos pela equipe responsável pelos projetos e insere informações sobre o modo potencial de falha, seus efeitos, severidade, causas, ocorrência, controles, detecção. São gerados o RPN, ações recomendadas, responsável e prazo.”*

*“É realizada uma revisão da FMEA ao fim do prazo ou conclusão das ações e registram-se as ações efetivamente realizadas e os novos índices de severidade, ocorrência e detecção, além do novo RPN.”*

A partir das informações coletadas nessa fase é possível prosseguir para a etapa de projeto do modelo conceitual.

## **4.2 MODELO CONCEITUAL**

Concluída a etapa de levantamento e análise de requisitos, inicia-se o projeto do modelo conceitual. Para esse projeto foi estabelecida a utilização de um modelo de dados relacional, por sua simplicidade de entendimento e ampla utilização em Banco de Dados comerciais. Nessa fase são então mapeados as entidades, os atributos e os relacionamentos necessários para a construção do Sistema de Banco de Dados. Também são especificados os atributos-chave e cardinalidade. A partir desse mapeamento é gerada inicialmente uma tabela contendo as entidades, seus atributos e quais outras entidades elas se relacionam. A Tabela 4-1 e Tabela 4-2 contêm esses elementos.

Tabela 4-1 – Entidades e Atributos do Modelo Conceitual (A).

| Entidades | Entidades Relacionadas                            | Atributos            |
|-----------|---|----------------------|
| Produto   | Item e Inspeção                                   | <b>ID*</b>           |
|           |   | Código               |
|           |   | Nome                 |
| Item      | Tipo Item, Produto, Função, Inspeção e Modo Falha | <b>ID*</b>           |
|           |   | IDTipoItem**         |
|           |   | Nome                 |
|           |   | PartNumber           |
|           |   | VersãoSoftware       |
| Inspeção  | Produto, ModoFalha, Causa, Teste, Item            | <b>ID*</b>           |
|           |   | CodigoAutorizada     |
|           |   | MatriculaFuncionario |
|           |   | CPF CNPJ Cliente     |
|           |   | NumeroSerie          |
|           |   | DataHoraInicio       |
|           |   | DataHoraFim          |
|           |   | IDProduto**          |
|           |   | IDModoFalha**        |
|           |   | IDProduto**          |
| TipoItem  | Item  | <b>ID*</b>           |
|           |   | Nome                 |
| Teste     | Inspeção  | <b>ID*</b>           |
|           |   | Nome                 |
| Função    | Item  | <b>ID*</b>           |
|           |   | Nome                 |
| ModoFalha | Item, Efeito, Causa, Controle e Inspeção          | <b>ID*</b>           |
|           |   | Descrição            |

\* Chave primária.

\*\* Chave estrangeira.

Tabela 4-2 – Entidades e Atributos do Modelo Conceitual (B).

| Entidades      | Entidades Relacionadas    | Atributos       |
|----------------|---------------------------|-----------------|
| Efeito         | ModoFalha                 | ID*             |
|                |                           | Descrição       |
|                |                           | Severidade      |
| Causa          | ModoFalha e Inspeção      | ID*             |
|                |                           | Descrição       |
|                |                           | Ocorrência      |
| Controle       | Modo Falha e TipoControle | ID*             |
|                |                           | Descrição       |
|                |                           | IDTipo**        |
|                |                           | Detecção        |
| TipoControle   | Controle                  | ID*             |
|                |                           | Nome            |
| Ação           | Causa                     | ID*             |
|                |                           | IDCausa**       |
|                |                           | Descrição       |
|                |                           | Funcionário     |
|                |                           | Prazo           |
| ResultadoAção. | Ação                      | ID*             |
|                |                           | IDAção**        |
|                |                           | AçãoRealizada   |
|                |                           | Nova Severidade |
|                |                           | NovaOcorrência  |
|                |                           | NovaDetecção    |

\* Chave primária.

\*\* Chave estrangeira.

A partir dessas informações é possível confeccionar o Diagrama Entidade Relacionamento do modelo conceitual. Para essa atividade foi utilizado o software livre BRModelo. O DER do modelo pode ser visualizado em uma versão simplificada, sem

os atributos e suas cardinalidades, na Figura 4-2. O detalhamento dos atributos e cardinalidade será explicitado no projeto de modelo lógico.

Nesse trabalho não foram considerados os dados das vendas dos produtos, cadastro das autorizadas, cadastro de clientes e a ordem de serviço das autorizadas. Esses Bancos de Dados já existem e dependem de uma integração com o Sistema desenvolvido no Trabalho de Graduação para que os usuários aproveitem ao máximo a estrutura disponível. Essa integração não faz parte desse trabalho, pois depende de acesso restrito do DBA da empresa.

### 4.3 DETERMINAÇÃO DO SGBD

Ao selecionar qual SGBD será utilizado em um projeto, tem-se que pensar nos fatores técnicos, econômicos e quais SGBDs já são utilizados na organização. Sabe-se que o banco de dados desenvolvidos seguirá a estrutura do modelo relacional e que a empresa em questão não deseja realizar investimentos maciços em sua estrutura, assim buscou-se utilizar um SGBD que a empresa já tivesse domínio. O SGBD que satisfaz todas essas condições foi o MS SQL Server. Para acessar, configurar, gerenciar, administrar e desenvolver os componentes do SQL Server, utilizou-se o SQL Server Management Studio. Essa ferramenta possibilitou uma maior facilidade de uso para o desenvolvimento, pois contém amplo grupo de ferramentas gráficas para acessar o SQL Server.

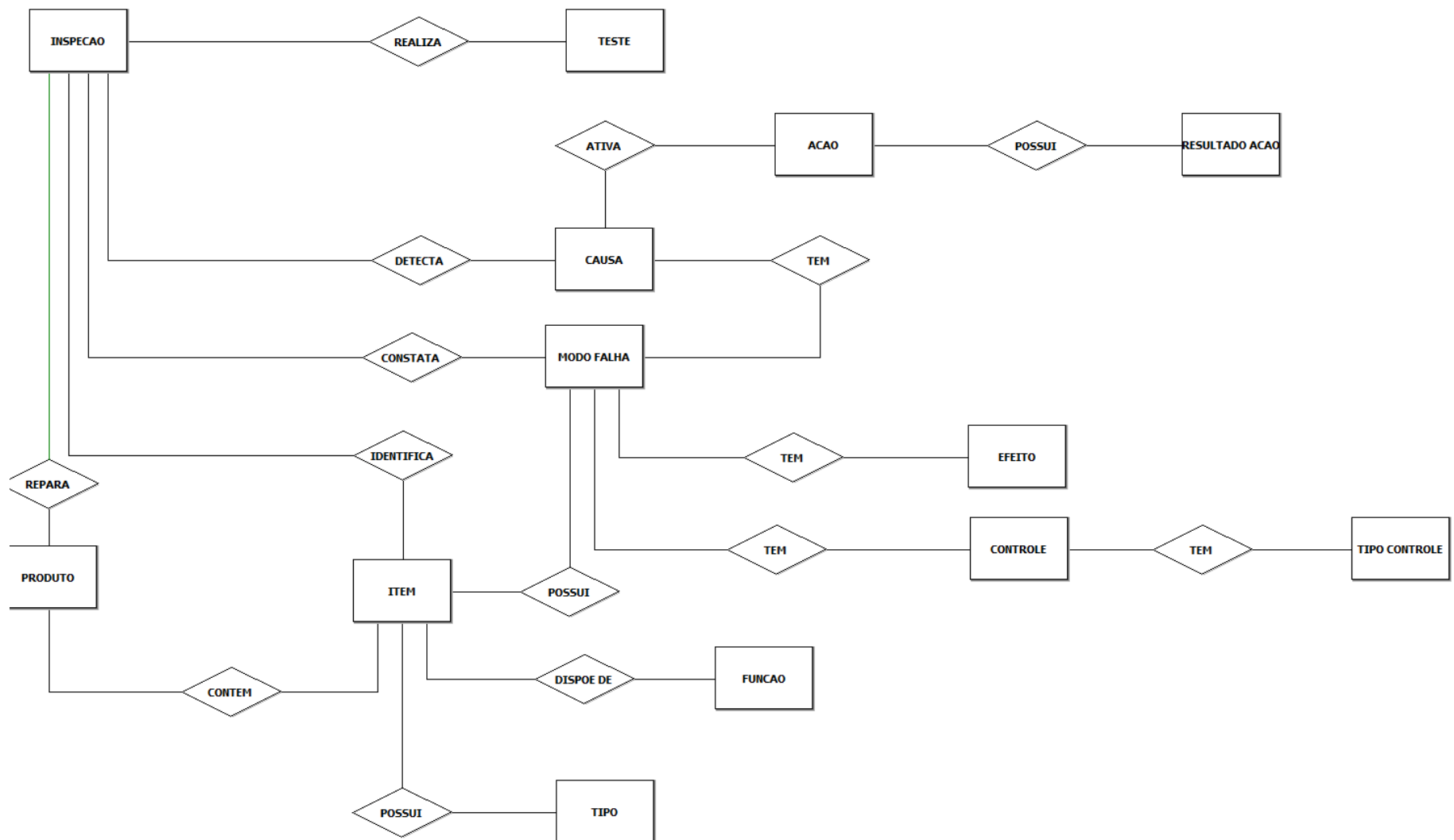


Figura 4-2 - Modelo Conceitual simplificado.

#### 4.4 MODELO LÓGICO

O projeto do modelo lógico de dados nada mais é que um mapeamento do modelo de dados. O modelo de dados relacional foi estabelecido por sua facilidade de manipulação.

Foi escolhido o software MS SQL Server Management Studio Express, um ambiente de desenvolvimento gratuito que serve para acessar, configurar, gerenciar, administrar e desenvolver os componentes do SQL Server, para auxiliar nessa etapa. A vantagem principal de utilizá-lo são os seus recursos gráficos e editores de script para acessar o SQL Server. Com isso, desenvolvedores e administradores de todos os níveis de conhecimento conseguem usufruir de suas funcionalidades.

Nessa etapa foi utilizada a função do software que possibilita a confecção dos diagramas do Banco de dados. Assim são inseridas as tabelas (entidades), colunas (atributos) e os relacionamentos entre as tabelas no modelo, além dos tipos de dados (numéricos, caracteres, data e hora, binários, etc), chaves primárias, chaves estrangeiras, cardinalidade, campos NULLs e tamanho dos dados de cada coluna.

O Modelo Lógico simplificado contendo os relacionamentos, as colunas e tabelas, é apresentado na Figura 4-3. O modelo completo pode ser visualizado nos Anexos.

#### 4.5 MODELO FÍSICO

Nessa fase, finaliza-se o que foi iniciado na etapa de projeto de modelo lógico. Os comandos DDL (Data Definition Language) em SQL são concluídos. As tabelas são criadas, os relacionamentos estabelecidos e comandos de inserção e alteração de dados também são levados em consideração. Além disso, nessa etapa são gerados os relatórios, no caso, a tabela FMEA. As questões de tempo de resposta e utilização do espaço de armazenamento não foram o foco do estudo, então a modelagem física dessa pesquisa abrange apenas a criação das estruturas e a *query* responsável pelo relatório FMEA.

Um exemplo da criação de tabelas pode ser visualizado na Figura 4-4. Já a *query* para gerar o relatório FMEA é visualizada na Figura 4-5. O restante do código responsável pela criação de todo o restante do Banco de dados pode ser visualizado nos Anexos.





```

ALTER PROCEDURE [dbo].[SP_FMEA]
AS
BEGIN
    SELECT
        Produto.Nome AS Produto,
        Item.Nome AS ,
        Funcao.Descricao AS Funcao,
        ModoFalha.Nome AS ModoFalha,
        Efeito.Descricao AS Efeito,
        Efeito.Severidade,
        Causa.Descricao AS Causa,
        Causa.Ocorrencia,
        Controle.Descricao,
        Controle.Deteccao,
        Efeito.Severidade * Causa.Ocorrencia * Controle.Deteccao as I
        Acao.Descricao AS Acao,
        Acao.Funcionario,
        Acao.Prazo,
        ResultadoAcao.AcaoRealizada,
        ResultadoAcao.NovaSeveridade,
        ResultadoAcao.NovaOcorrencia,
        ResultadoAcao.NovaDeteccao,
        ResultadoAcao.NovaSeveridade * ResultadoAcao.NovaOcorrencia
ResultadoAcao.NovaDeteccao as NovoRPN

    FROM
        Produto INNER JOIN ProdutoItem ON
        Produto.ID = ProdutoItem.IDProduto
    INNER JOIN Item ON
        Item.ID = ProdutoItem.IDItem
    INNER JOIN FuncaoItem ON
        FuncaoItem.IDItem = Item.ID
    INNER JOIN Funcao ON
        Funcao.ID = FuncaoItem.IDFuncao
    INNER JOIN ItemModoFalha ON
        ItemModoFalha.IDItem = Item.ID
    INNER JOIN ModoFalha ON
        ItemModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN EfeitoModoFalha ON
        EfeitoModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN Efeito ON
        EfeitoModoFalha.IDEfeito = Efeito.ID
    INNER JOIN CausaModoFalha ON
        CausaModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN Causa ON
        CausaModoFalha.IDCausa = Causa.ID
    INNER JOIN Acao ON
        Acao.IDCausa = Causa.ID
    INNER JOIN ResultadoAcao ON
        Acao.ID = ResultadoAcao.IDAcao
    INNER JOIN ControleModoFalha ON
        ControleModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN Controle ON
        Controle.ID = ControleModoFalha.IDControle
END

```

Figura 4-5 – Query para geração da Tabela FMEA.

## 4.6 IMPLANTAÇÃO E AJUSTE DO SISTEMA

Após a conclusão da etapa de projeto do modelo de dados nos três níveis de abstração, é possível desenvolver uma aplicação para facilitar a alimentação do Banco de Dados. O programa de aplicação é o principal recurso para o usuário interagir com os sistemas de informação, especialmente com Sistemas de Banco de Dados. O aplicativo desenvolvido tem como finalidade oferecer uma interface amigável ao usuário, capaz de inserir, alterar e apagar informações do Banco de Dados quando necessário. A aplicação tem por objetivo também evitar a entrada inválida de dados e a falta de preenchimento de campos essenciais, além de evitar a exclusão de dados por pessoas não autorizadas.

Nesse tópico serão apresentadas as telas visualizadas pelo usuário com acesso irrestrito e as inspeções de usabilidade do sistema.

### 4.6.1 Visões do Usuário

A aplicação projetada é dividida em várias telas (visões) e a primeira delas é ilustrada pela Figura 4-6.

Essa visão inicial contém um menu com os *links* para acessar todas as outras visões. Esse menu em sua versão completa está disponível para usuários que possuem acesso irrestrito à aplicação. Estão disponíveis os *links* para o Relatório FMEA, inserção de dados referentes às Ações, Causas, Controles, Efeitos, Funções, Inspeções, Item, Modo Falha, Produto, Resultado Ação, Teste, Tipo de Controle e o Tipo Item.

Cada um desses *links* quando clicado pelo usuário abre uma janela contendo outra visão. Essas visões contêm os campos que a serem preenchidos pelo usuário. A aplicação respeita as condições estabelecidas no projeto do Sistema de Banco de Dados, ou seja, possui alguns campos que tem preenchimento obrigatório e outros que podem ser nulos. Além disso, a aplicação não permite que sejam inseridos dados de tipos diferentes dos especificados no projeto, como inserir informações de caracteres onde é previsto um dado numérico ou de datas. Em ambos os casos é emitida uma mensagem de erro. A aplicação também emite uma notificação para o caso de exclusão de dados. É perguntado ao usuário se ele realmente deseja excluir a informação e só após um clique em “Sim” que o processo é efetuado.

# FMEA

... < [Back to home page](#) .....

## Menu

[Relatório FMEA](#)

| Função         |
|----------------|
| Acao           |
| Causa          |
| Controle       |
| Efeito         |
| Funcao         |
| Inspecao       |
| Item           |
| Modo Falha     |
| Produto        |
| Resultado Acao |
| Teste          |
| Tipo Controle  |
| Tipo Item      |

Figura 4-6 - Página principal do aplicativo.

Os dados referentes ao cadastro de Produtos, Itens, Tipo Item (Software ou Peça) e Funções são preenchidos pela equipe de projetista após realizar uma análise funcional minuciosa. Assim é possível consultar do que cada produto é composto e quais as funções de seus itens, por exemplo. Através dos relacionamentos entre cada tabela, a aplicação torna possível também visualizar os itens que são conectados através de chave-estrangeira e relacionamentos NxN.

**Produto**

|   |                      |
|---|----------------------|
| <b>Codigo</b>                                 | <input type="text"/> |
| <b>Nome</b>                                   | <input type="text"/> |
| <b>Item</b>                                   |                      |
| <a href="#">Insert</a> <a href="#">Cancel</a> |                      |

Figura 4-7 – Cadastro de Produto.

Como pode ser visualizado na Figura 4-7, o cadastro de Produto também inclui a seleção de itens que o compõem. Na Figura 4-8, Figura 4-9 e Figura 4-10 são ilustrados como é realizado o cadastro dos tipos de itens, itens e funções pelo usuário.

### Tipo Item

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| <b>Nome</b>   | <input type="text"/> |
| Insert Cancel |                      |

Figura 4-8 – Cadastro Tipo Item (Software ou peça).

### Item

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| <b>Nome</b>           | <input type="text"/> |
| <b>PartNumber</b>     | <input type="text"/> |
| <b>VersaoSoftware</b> | <input type="text"/> |
| <b>TipoItem</b>       | [Not Set] ▼          |
| <b>Funcao</b>         |                      |
| <b>Inspecao</b>       |                      |
| <b>ModoFalha</b>      |                      |
| <b>Produto</b>        |                      |
| Insert Cancel         |                      |

Figura 4-9 – Cadastro de Itens.

### Funcao

|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| <b>Descricao</b> | <input type="text"/> |
| <b>Item</b>      |                      |
| Insert Cancel    |                      |

Figura 4-10 – Cadastro de Função.

As informações de Ação, Causa, Controle, Efeito, Resultado Ação e Tipo Controle deverão ser inseridas pela equipe responsável pelo FMEA. Os dados são inseridos somente após o estudo dos modos potenciais de falhas do produto. Esse estudo é realizado a partir dos dados que a empresa já possui, em conjunto com os dados compartilhados pela equipe projetista, as informações recebidas pelas autorizadas e inserção das informações complementares que a equipe julgar conveniente de acordo com sua experiência. Especialmente no caso da ocorrência, em produtos já comercializados, é importante realizar a consulta de quantos itens falharam por determinada causa antes de inserir o índice na tabela. Essa informação pode ser obtida através dos dados recebidos pelas autorizadas. As visões referentes a essa etapa podem ser consultadas a seguir.

### Modo Falha

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| <b>Nome</b>     | <input type="text"/> |
| <b>Causa</b>    |                      |
| <b>Controle</b> |                      |
| <b>Efeito</b>   |                      |
| <b>Item</b>     |                      |
| Insert Cancel   |                      |

Figura 4-11 - Cadastro Modo Falha.

### Efeito

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| <b>Descricao</b>  | <input type="text"/> |
| <b>Severidade</b> | <input type="text"/> |
| <b>ModoFalha</b>  |                      |
| Insert Cancel     |                      |

### Causa

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| <b>Descricao</b>  | <input type="text"/> |
| <b>Ocorrencia</b> | <input type="text"/> |
| <b>ModoFalha</b>  |                      |
| Insert Cancel     |                      |

### Controle

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| <b>Descricao</b>    | <input type="text"/> |
| <b>Detecção</b>     | <input type="text"/> |
| <b>TipoControle</b> | [Not Set] ▼          |
| <b>ModoFalha</b>    |                      |
| Insert Cancel       |                      |

Figura 4-12 - Cadastro Efeito, Causa e Controle Modo Falha.

### Acao

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Descricao</b>   | <input type="text"/>                   |
| <b>Funcionario</b> | <input type="text"/>                   |
| <b>Prazo</b>       | <input type="text"/>                   |
| <b>Causa</b>       | <input type="text" value="[Not Set]"/> |

[Insert](#) [Cancel](#)

### Resultado Acao

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>AcaoRealizada</b>  | <input type="text"/>                   |
| <b>NovaSeveridade</b> | <input type="text"/>                   |
| <b>NovaOcorrencia</b> | <input type="text"/>                   |
| <b>NovaDeteccao</b>   | <input type="text"/>                   |
| <b>Acao</b>           | <input type="text" value="[Not Set]"/> |

[Insert](#) [Cancel](#)

Figura 4-13 - Cadastro de Ações e Resultados das Ações.

Os dados referentes aos campos do Resultado Ação serão inseridos somente após a conclusão das ações recomendadas ou do findar do prazo previsto, nesse caso nenhuma ação foi realizada ou ela foi realizada de forma incompleta.

Já a inserção de dados da Inspeção e dos Testes é de responsabilidade das autorizadas. São utilizadas informações de Causa e Modo Falha, já inseridas pela equipe FMEA, e as especificações de produtos e itens pela equipe projetista. Os ajustes para acrescentar informações não previstas nesse campo podem ser solicitados para a equipe FMEA, caso sejam constatadas novas informações.

### Inspecao

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>CodAutorizada</b>        | <input type="text"/>                   |
| <b>MatriculaFuncionario</b> | <input type="text"/>                   |
| <b>CPFCNPJCliente</b>       | <input type="text"/>                   |
| <b>NumeroSerie</b>          | <input type="text"/>                   |
| <b>DataHoraInicio</b>       | <input type="text"/>                   |
| <b>DataHoraFim</b>          | <input type="text"/>                   |
| <b>Causa</b>                | <input type="text" value="[Not Set]"/> |
| <b>ModoFalha</b>            | <input type="text" value="[Not Set]"/> |
| <b>Produto</b>              | <input type="text" value="[Not Set]"/> |
| <b>Item</b>                 | <input type="text"/>                   |
| <b>Teste</b>                | <input type="text"/>                   |

[Insert](#) [Cancel](#)

Figura 4-14 – Cadastro de Inspeção.

**Teste**

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| <b>Nome</b>     | <input type="text"/> |
| <b>Inspecao</b> |                      |
| Insert Cancel   |                      |

Figura 4-15 – Cadastro de Testes.

Outra parte importante da aplicação é como os dados armazenados são visualizados pelo usuário. Dois exemplos de como a aplicação demonstra o registro dessas informações podem ser visualizados na Figura 4-16 e Figura 4-17.

Pode-se observar que as informações são disponibilizadas de forma simples para que o usuário não tenha nenhuma dificuldade em consultá-las ou manipulá-las.

Concluído o preenchimento dos campos, é gerado automaticamente um relatório contendo as informações da planilha FMEA. O sistema desenvolvido importa os dados obtidos através do preenchimento dos campos das tabelas e aglutina essas informações em uma tabela com as especificações da ferramenta FMEA.

No caso desse trabalho foi realizada uma análise simplificada de um KIT Alarme da empresa e utilizada uma simulação para os campos da Nova Severidade, Nova Ocorrência e Nova Detecção. Os dados liberados pela empresa para publicação são representados na Figura 4-18.

Com esse exemplo, foi possível verificar que a aplicação conseguiu atender às expectativas dos usuários e atendeu as especificações do projeto.

#### 4.7 TESTE DE USABILIDADE DO SISTEMA

Para uma aplicação ser bem sucedida é essencial que seu uso seja amigável para o usuário. Alguns testes podem ser realizados para verificar se a usabilidade do sistema é satisfatória. No caso desse trabalho foi estabelecido o Método de Avaliação Heurística proposto por Nielsen (1994), com dez heurísticas.

Esse método pode ser utilizado em qualquer etapa do projeto do SBD, mas no caso do trabalho foi utilizado somente ao fim do desenvolvimento da aplicação. Esse método não envolve usuários, o que encurta o tempo de teste e também seus gastos, somente especialistas que advogam para o usuário.



# FMEA

[... < Back to home page](#)

## Produto

|   | Codigo | Nome       | Inspecao                      | Item   |
|---|--------|------------|-------------------------------|--|
| <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a> <a href="#">Details</a> | 11     | KIT Alarme | <a href="#">View Inspecao</a> | sensor pressão Sirene Receptor de Radio Bateria Auxiliar Unidade de controle           |
| <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a> <a href="#">Details</a> | 123    | OBC        | <a href="#">View Inspecao</a> | Botão Pânico Válvula Bloqueio Imobilizador do veículo Sensor de Carona Trava Porta Baú |

[+ Insert new item](#)

Figura 4-16- Exemplo de registro de dois produtos.

# FMEA

[... < Back to home page](#)

## Acao

Causa

|   | Descricao                 | Funcionario | Prazo               | Causa                           | ResultadoAcao                      |
|---|---------------------------|-------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a> <a href="#">Details</a> | Projetar dispositivo p... | 124638      | 10/04/2015 00:00:00 | Oxidação terminais              | <a href="#">View ResultadoAcao</a> |
| <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a> <a href="#">Details</a> | Alterar material da ca... | 1289        | 10/04/2015 00:00:00 | Ladrão danificou o circuito     | <a href="#">View ResultadoAcao</a> |
| <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a> <a href="#">Details</a> | Alterar ferro de solda    | 124         | 10/04/2015 00:00:00 | Solda mal feita                 | <a href="#">View ResultadoAcao</a> |
| <a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a> <a href="#">Details</a> | Novos testes de valida... | 38290       | 10/04/2015 00:00:00 | Aquecimento dos fios conectores | <a href="#">View ResultadoAcao</a> |

[+ Insert new item](#)

Figura 4-17 – Exemplo de registro de quatro Ações Recomendadas.

# FMEA

[Back to home page](#)

| Produto    | Item                | Funcao                                  | ModoFalha                | Efeito  | S | Causa                           | O | Controle                             | D | RPN | Acao   | Funcionario | Prazo               | AcaoRealizada           | NS | NO | ND | NRPN |
|------------|---------------------|---|--------------------------|---|---|---------------------------------|---|--------------------------------------|---|-----|--|-------------|---------------------|-------------------------|----|----|----|------|
| KIT Alarme | sensor pressão      | Medição da pressão                      | Circuito Desconectado    | Alarme inoperante                                 | 8 | Oxidação terminais              | 2 | Capacitar Funcionários               | 3 | 48  | Projetar dispositivo para proteger terminais | 124638      | 10/04/2015 00:00:00 | Isolar terminais        | 5  | 2  | 3  | 30   |
| KIT Alarme | Sirene              | Soar Alarme                             | Circuito Queimado        | Sirene Inoperante                                 | 8 | Aquecimento dos fios conectores | 3 | Revisão do Projeto                   | 4 | 96  | Novos testes de validação                    | 38290       | 10/04/2015 00:00:00 | Reprojeto do circuito   | 5  | 3  | 4  | 60   |
| KIT Alarme | Receptor de Radio   | Controlar o alarme sem fio              | Mal contato              | controle sem fio inconstante                      | 7 | Solda mal feita                 | 2 | Testar Funcionabilidade              | 3 | 42  | Alterar ferro de solda                       | 124         | 10/04/2015 00:00:00 | Ferro de solda alterado | 7  | 1  | 2  | 14   |
| KIT Alarme | Bateria Auxiliar    | Operar na ausencia da bateria principal | Circuito Interrompido    | KIT inoperante quando bateria principal desligada | 8 | Ladrão danificou o circuito     | 3 | Desenvolvimento de carcaça protetora | 4 | 96  | Alterar material da carcaça protetora        | 1289        | 10/04/2015 00:00:00 | Nova carcaça            | 6  | 2  | 3  | 36   |
| KIT Alarme | Unidade de controle | Monitorar e acionar o alarme            | Transmissor desconectado | Não ativa dispositivos alarmantes                 | 8 | Solda mal feita                 | 2 | Testar Funcionabilidade              | 3 | 48  | Alterar ferro de solda                       | 124         | 10/04/2015 00:00:00 | Ferro de solda alterado | 7  | 1  | 2  | 14   |

Figura 4-18 – Exemplo de preenchimento simplificado da planilha FMEA gerado pelo Sistema (KIT Alarme)

Os avaliadores, sabendo das necessidades dos usuários, conhecimento das técnicas de interação humano-computador, estabelecem se determinado sistema proporciona uma boa experiência para o usuário.

Inicialmente foi definido o perfil do usuário e também quais são os cenários de uso do sistema, no caso é o ambiente das autorizadas, Centro de Garantia e projeto de produtos e com presença de computadores padrões da empresa e autorizadas. A seguir três avaliadores foram selecionados, profissionais da área de Tecnologia da Informação, e realizaram o método.

Assim os avaliadores julgaram o conjunto de heurísticas e registraram quais os princípios e regras foram infringidos e geram um relatório com essas informações. Esses dados foram consolidados e são apresentados a seguir:

### **1. Visibilidade do Estado do Sistema**

O usuário não recebe a informações do estado do sistema. Porém, isso ocorre porque as operações são realizadas sem a necessidade de processamento demorado, com implementação em tempo real. Nesse caso a heurística não é desrespeitada.

### **2. Correspondência entre Sistema e Mundo Real**

A aplicação possui termos próximos da realidade do usuário. Os avaliadores constataram que faltou uma explicação do que cada variação dos índices de Severidade, Ocorrência e Detecção significam.

### **3. Controle e liberdade para o usuário**

É de difícil acesso a ferramenta para o usuário conseguir desfazer os últimos comandos realizados. Essa heurística foi desrespeitada.

### **4. Consistência e Padronização**

Foi realizada uma pesquisa para verificar quais são os termos já consolidados pelo uso e estes são aplicados. Por exemplo, os termos *delete*, *edit*, *details* são utilizados, entre outros termos já conhecidos pelos usuários.

## 5. Prevenção de Erros

A interface gera mensagens ao usuário alertando as consequências das suas ações. Os avaliadores julgaram que o sistema deveria emitir um alerta para as modificações das informações também.

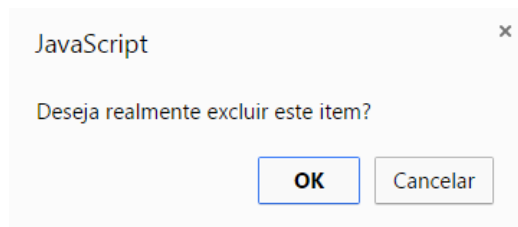


Figura 4-19 - Mensagem de confirmação para o usuário

## 6. Ajuda para reconhecer, diagnosticar e remediar erros

A interface gera notificações claras dos erros e que possibilitem que o usuário realize as reparações necessárias (Figura 4-20). Porém o sistema tem deficiências na recuperação de dados excluídos. Não é simples para o usuário verificar como recuperar informações para um estado anterior à alteração.



Figura 4-20 - Notificação de diagnóstico de erro.

## 7. Reconhecimento ao invés de memorização

A aplicação foi desenvolvida de forma a não exigir que o usuário tenha que memorizar a forma de acessar o sistema, foram adicionados *hiperlinks* para facilitar a utilização do sistema e também a seleção de informações de interesse através de caixas.

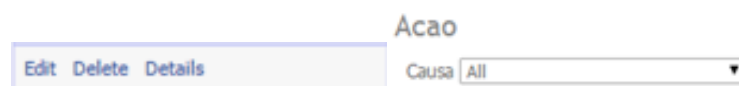


Figura 4-21 - Exemplos de fácil reconhecimento

## **8. Flexibilidade e eficiência no uso**

A interface do sistema é acessada por cliques nos *hiperlinks* disponibilizados para selecionar os itens que o usuário necessita. Além disso é compatível com atalhos de teclado padrões do Windows, o que agiliza o acesso do usuário mais experiente. Os avaliadores julgaram que essa heurística possui alguma deficiência, pois poderiam ter mais maneiras de acessar a aplicação.

## **9. Design estético e minimalista**

A interface do sistema foi projetada de forma que sua visualização fosse agradável e leve para o usuário. As cores suaves, como o fundo branco e os tons de azul, foram selecionados para que o usuário não tivesse a visão prejudicada pelo excesso de cores. Foram adicionadas somente as informações realmente necessárias para que elas sejam localizadas facilmente. Essas visões foram demonstradas no item 4.7.

## **10. Ajuda e Documentação**

O sistema é em boa parte autoexplicativo e os avaliadores não tiveram dificuldade para utilizá-lo. Porém, foi confeccionado um pequeno manual com as instruções de como encontrar as informações que o usuário possa precisar. Os avaliadores julgaram a documentação incompleta.

Ao fim dessa avaliação dos especialistas, foi decidido pela equipe da empresa que o sistema atingiu minimamente aos quesitos de usabilidade e por falta de recursos humanos, financeiros e do fim do prazo previsto, não foi realizada mais nenhuma alteração do SBD.

## **4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir da conclusão da inspeção de usabilidade, foi realizado um comparativo contendo como a empresa tratava o registro e controle de falhas antes do SBD e quais as vantagens que o SBD oferece. A Tabela 4-3 contem essas informações.

Tabela 4-3 - Comparativo da implantação do SGB.

| <b>Atividade</b>                                     | <b>Antes do SBD</b>   | <b>Com o SBD</b>   |
|--|---|--|
| Gerenciamento das informações das falhas             | Planilha manual.<br>Sem relatórios.                                 | Gerenciamento automático das informações.<br>Basta que o usuário atualize os dados e os relatórios são gerados automaticamente.  |
| Consistência dos dados                               | Informações repetidas ou com campos obrigatórios sem preenchimento. | O sistema é capaz de gerar dados confiáveis e sem repetições desnecessárias e proíbe que o usuário não preencha campos essenciais. As informações são armazenadas no mesmo local.      |
| Padronização dos dados                               | Não havia.  | Os campos armazenados no banco de dados foram padronizados a partir de um formato de armazenamento (padronização da tabela, tipos de dados dos campos, etc), assim como os relatórios. |
| Registro das inspeções das autorizadas               | Não havia.  | Preenchimento pelo técnico responsável das informações das inspeções de produtos defeituosos na aplicação do SBD.  |
| Consulta das informações dos produtos defeituosos    | Não era possível.   | É possível para o usuário consultar essas informações clicando no campo para visualizar Inspeção na aba de "Produtos".   |
| Utilização de ferramenta para análise de falhas      | Nenhuma.  | O sistema armazena dados essenciais para a ferramenta FMEA e gera uma planilha quando todas as informações necessárias estão inseridas no banco de dados.                              |
| Tomada de decisões referentes à alteração de projeto | Baseadas na experiência dos funcionários                            | Baseadas em dados históricos, com menos impacto da experiência dos funcionários.   |

# 5 CONCLUSÕES

## 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e utilização de uma ferramenta de controle de falhas é um desafio frequente em empresas, mesmo aquelas já bem estabelecidas no mercado. Conforme os objetivos estabelecidos nesse trabalho, este projeto desenvolveu uma opção de Sistema de Banco de Dados capaz de armazenar informações referentes às falhas dos produtos da empresa e também àquelas necessárias para a implantação da ferramenta FMEA.

A interface da aplicação é a conexão entre o computador e o usuário, através dela que o usuário fornece e recebe informações. Quando esta troca se dá de maneira fácil, ou seja, o usuário consegue interagir facilmente, a interface é considerada amigável, do contrário existem problemas que devem ser analisados e corrigidos. A aplicação do Sistema de Banco de Dados passou por uma inspeção de usabilidade, descrita no Capítulo 4, e apesar de não ter satisfeito completamente alguns dos critérios, não foi possível modificar a aplicação porque ou as alterações demandavam mais recursos humanos dos que os disponíveis ou o custo-benefício não era relevante ou não seria possível concluir as modificações no prazo estabelecido para a conclusão desse trabalho.

Apesar disso, o sistema desenvolvido possibilita a otimização do processo de controle de falhas da empresa, emite relatórios de forma automática e diminui a probabilidade de falhas humanas, tais como a inserção de erros imprecisos ou insuficientes pelos usuários. A grande vantagem do SBD projetado é o armazenamento de informações que podem ser utilizadas em conjunto com outras ferramentas e métodos de controle de falhas e qualidade, caso seja necessário.

## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

Uma vez que o estudo não teve acesso aos Bancos de Dados já existentes dos cadastros de compras, produtos, clientes, autorizadas e funcionários da empresa, não foi possível integrar o sistema projetado com esses outros cadastros. Porém, o projeto se desenvolveu de forma a facilitar essa integração, a partir da utilização do modelo relacional, já estabelecido nesses outros bancos de dados, e também do auxílio dos

mesmos *softwares* de desenvolvimento com uso já consagrado na empresa, como o *SQL Server Management Studio*.

Os próximos passos a serem realizados após a conclusão desse projeto serão a integração do Sistema desenvolvido com os bancos existentes e a implementação das restrições dos grupos de usuários de acordo com o seu departamento, projetos e cargos. Assim, será necessário somente atualizar o sistema na Internet, mediante assinatura de um servidor *Web* de confiança da empresa. Dessa forma as autorizadas poderão inserir os dados referentes às inspeções de produtos defeituosos em tempo real no banco de dados, possibilitando que a empresa tenha acesso imediato a essas informações.



## 6 REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR ISO 8402. Gestão da qualidade e garantia da qualidade – terminologia. 1994.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B.; Sistemas de Bancos de Dados - Addison-Wesley, 5a edição em português, 2011.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. L. D.; Confiabilidade e Manutenção Industrial – Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HEUSER, C. A.; Projeto de Banco de Dados. Editora Sagra Luzzato, 5a edição, 1998.

ISO/IEC. "9241-11 Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDT)s-Part II Guidance on Usability," ISO/IEC 9241-11,1998 (E).

JURAN, J. M. A Qualidade desde o projeto: novos desafios para o planejamento da qualidade da qualidade em produtos e serviços. Thompson: São Paulo, 2002.

Manuais da QS 9000 - Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): Manual de Referência. 2008.

MURTHY, D.N.P.; BLISCHKE, W., R.; Warranty Management and Product Manufactre. Nova York: Springer, 2005. 302p.

NIELSEN, J.; MACK, R. L.; Usability Inspection Methods, John Wiley, New York, 1994.

PAIVA, E. L.; CARVALHO Jr, J. M; FENSTERSEIFER, J. E. Estratégia de Produção e de Operações. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.

POSSO, R.; ESTORILIO, C. Identificação dos fatores de influência na aplicação dos métodos Failure Mode and Effect Analysis – FMEA de processo: um estudo em produtos estampados. Produto e Produção. Vol. 10, n.2, p. 87-107, jun 2008.

PRODANOV, C. C.; Freitas, E. C.: Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAUSAND, M.; HOYLAND, A. System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications, 2nd Edition (Wiley Series in Probability and Statistics)

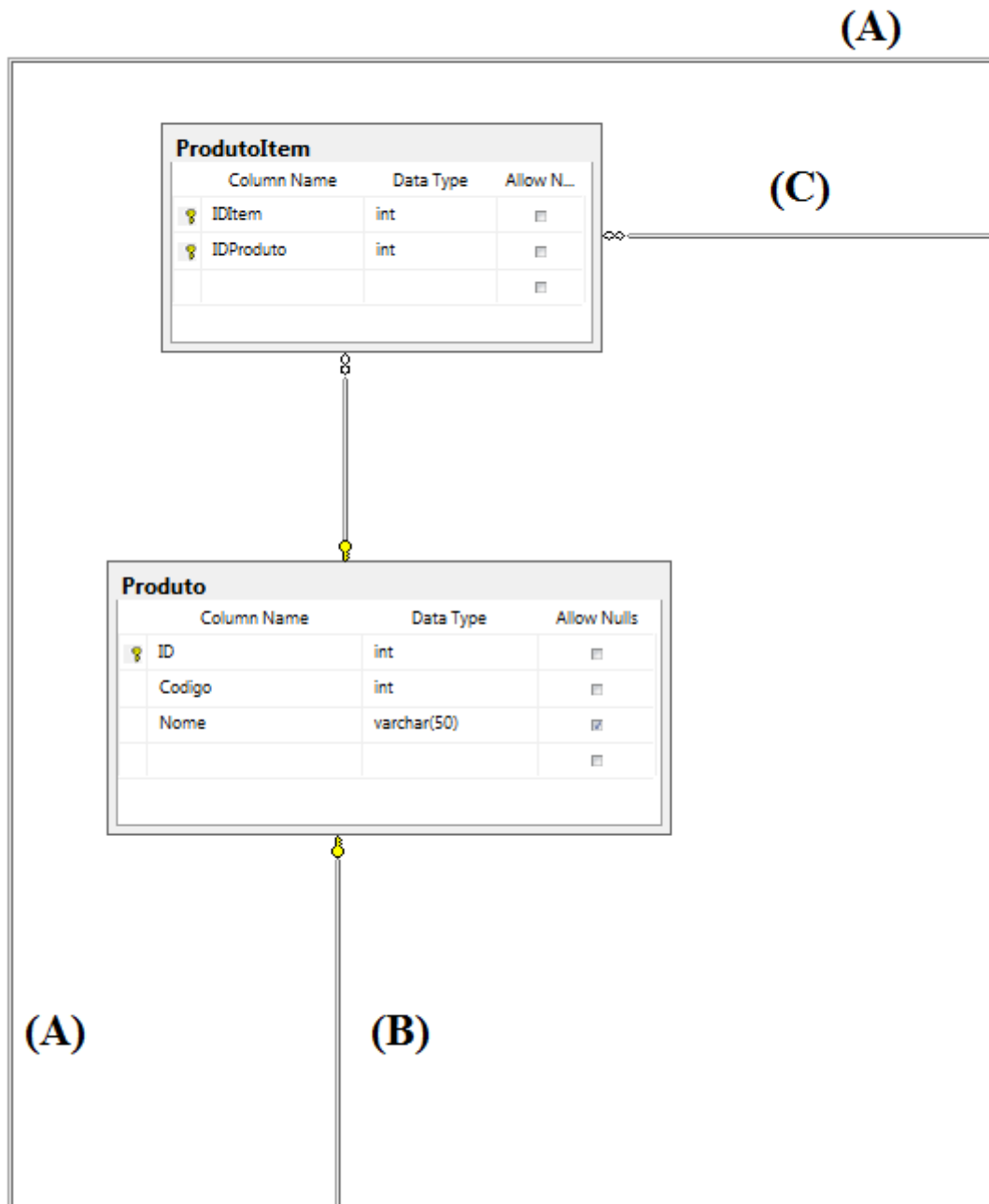
TAKAI, O.K.; ITALIANO, I.C.; FERREIRA, J.E. Introdução a Banco de Dados. 2005.

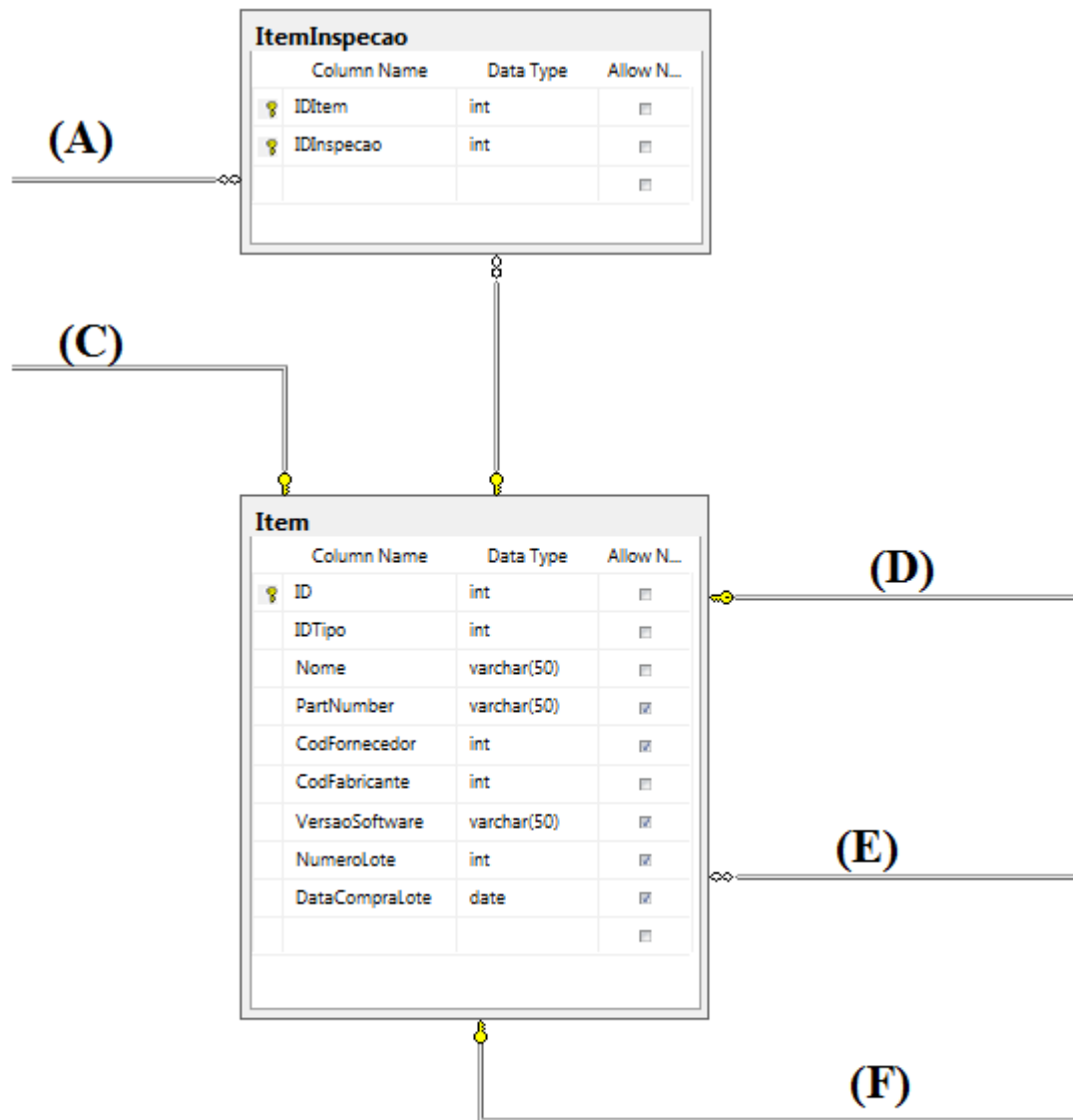
# ANEXOS

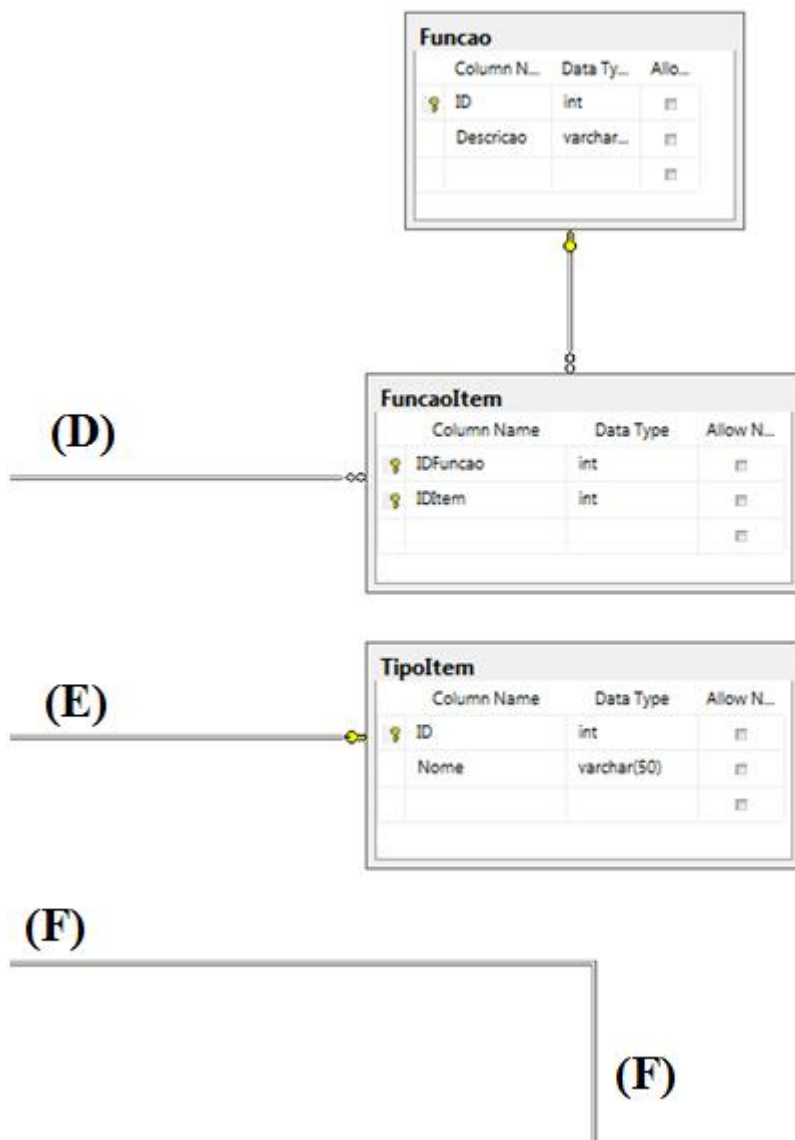
Anexo 1 – Modelo Lógico Completo

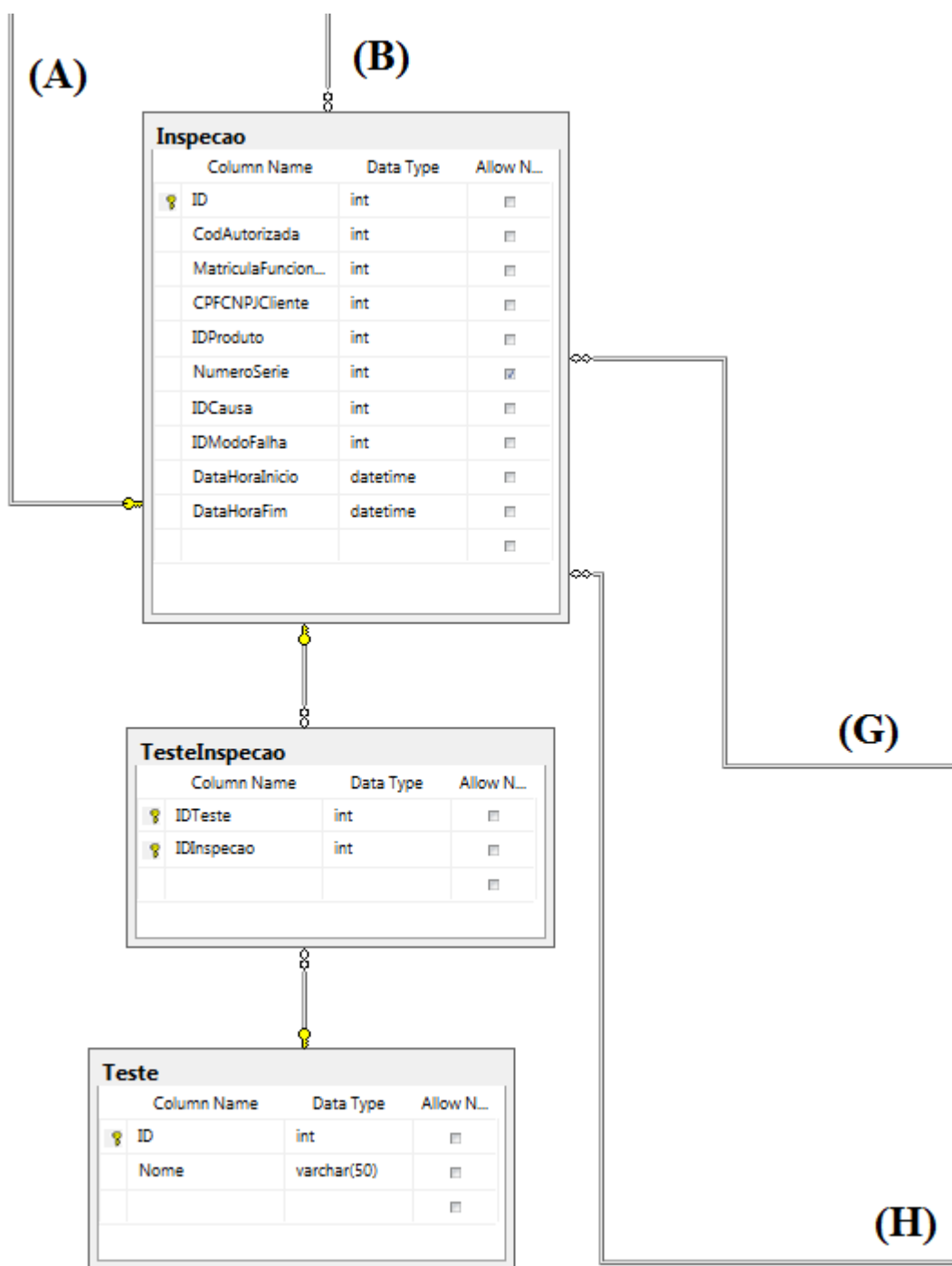
Anexo 2 – Modelo Físico

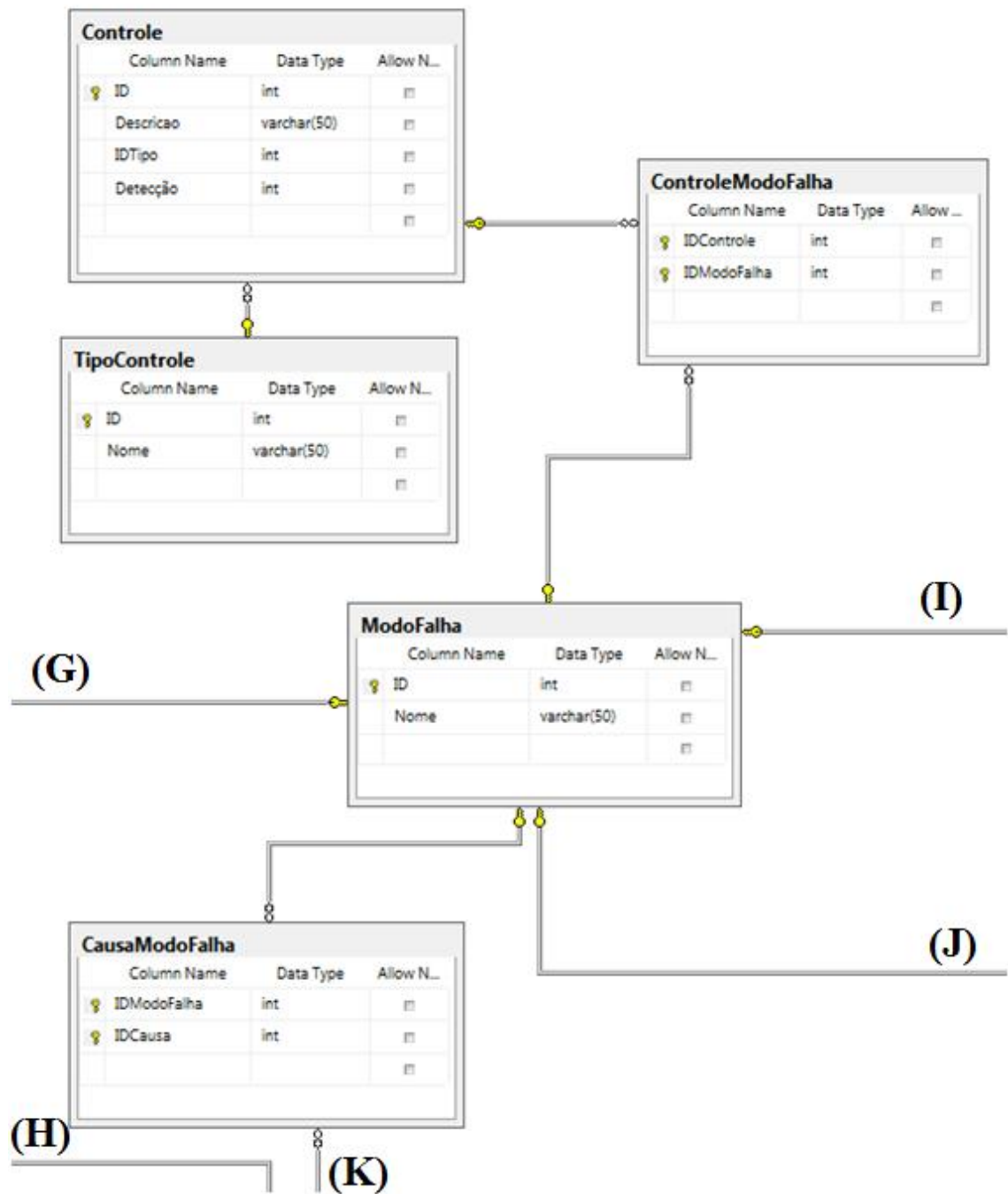
## Anexo 1 – Modelo Lógico Completo

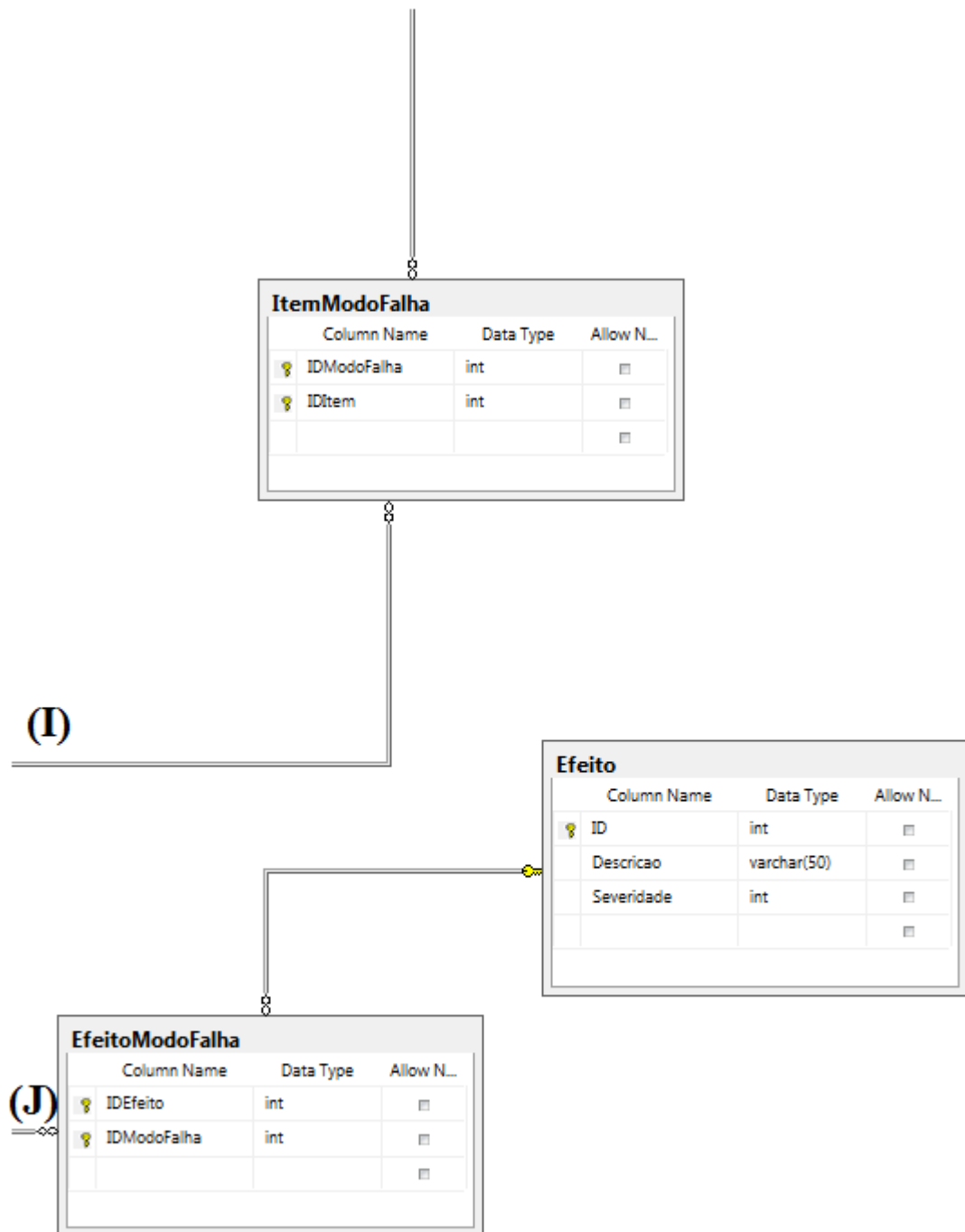














(H)      (K)

| Column Name | Data Type   | Allow N..                |
|-------------|-------------|--------------------------|
| ID          | int         | <input type="checkbox"/> |
| Descricao   | varchar(50) | <input type="checkbox"/> |
| Ocorrencia  | int         | <input type="checkbox"/> |
|             |             | <input type="checkbox"/> |

| Column Name | Data Type   | Allow N..                |
|-------------|-------------|--------------------------|
| ID          | int         | <input type="checkbox"/> |
| IDCausa     | int         | <input type="checkbox"/> |
| Descricao   | varchar(50) | <input type="checkbox"/> |
| Funcionario | int         | <input type="checkbox"/> |
| Prazo       | date        | <input type="checkbox"/> |
|             |             | <input type="checkbox"/> |

| Column Name    | Data Type   | Allow N..                |
|----------------|-------------|--------------------------|
| ID             | int         | <input type="checkbox"/> |
| IDAcao         | int         | <input type="checkbox"/> |
| AcaoRealizada  | varchar(50) | <input type="checkbox"/> |
| NovaSeveridade | int         | <input type="checkbox"/> |
| NovaOcorrencia | int         | <input type="checkbox"/> |
| NovaDeteccao   | int         | <input type="checkbox"/> |
|                |             | <input type="checkbox"/> |

## Anexo 2 – Modelo Físico

```
USE [master]
GO
/***** Object: Database [FMEADatabase] *****/
CREATE DATABASE [FMEADatabase] ON PRIMARY
( NAME = N'FMEADatabase', FILENAME = N'c:\Program Files\Microsoft SQL
Server\MSSQL10.SQLEXPRESS\MSSQL\DATA\FMEADatabase.mdf' , SIZE = 3072KB , MAXSIZE
= UNLIMITED, FILEGROWTH = 1024KB )
LOG ON
( NAME = N'FMEADatabase_log', FILENAME = N'c:\Program Files\Microsoft SQL
Server\MSSQL10.SQLEXPRESS\MSSQL\DATA\FMEADatabase_log.ldf' , SIZE = 1024KB ,
MAXSIZE = 2048GB , FILEGROWTH = 10%)
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET COMPATIBILITY_LEVEL = 100
GO
IF (1 = FULLTEXTSERVICEPROPERTY('IsFullTextInstalled'))
begin
EXEC [FMEADatabase].[dbo].[sp_fulltext_database] @action = 'enable'
end
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET ANSI_NULL_DEFAULT OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET ANSI_NULLS OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET ANSI_PADDING OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET ANSI_WARNINGS OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET ARITHABORT OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET AUTO_CLOSE OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET AUTO_SHRINK OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET AUTO_UPDATE_STATISTICS ON
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET CURSOR_CLOSE_ON_COMMIT OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET CURSOR_DEFAULT GLOBAL
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET CONCAT_NULL_YIELDS_NULL OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET NUMERIC_ROUNDABORT OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET QUOTED_IDENTIFIER OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET RECURSIVE_TRIGGERS OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET DISABLE_BROKER
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET AUTO_UPDATE_STATISTICS_ASYNC OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET DATE_CORRELATION_OPTIMIZATION OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET TRUSTWORTHY OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET ALLOW_SNAPSHOT_ISOLATION OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET PARAMETERIZATION SIMPLE
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET READ_COMMITTED_SNAPSHOT OFF
```

```

GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET HONOR_BROKER_PRIORITY OFF
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET RECOVERY SIMPLE
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET MULTI_USER
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET PAGE_VERIFY CHECKSUM
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET DB_CHAINING OFF
GO
USE [FMEADatabase]
GO
/***** Object: Table [dbo].[Acao] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Acao](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [IDCausa] [int] NULL,
    [Descricao] [varchar](50) NOT NULL,
    [Funcionario] [int] NOT NULL,
    [Prazo] [date] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Acao] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[Causa] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Causa](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Descricao] [varchar](50) NOT NULL,
    [Ocorrencia] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Causa] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[CausaModoFalha] Script Date: 23/06/2015 00:55:10
*****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON

```

```

GO
CREATE TABLE [dbo].[CausaModoFalha](
    [IDModoFalha] [int] NOT NULL,
    [IDCausa] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_CausaModoFalha] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IDModoFalha] ASC,
    [IDCausa] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[Controle] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Controle](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Descricao] [varchar](50) NOT NULL,
    [IDTipo] [int] NOT NULL,
    [Detecção] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Controle] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[ControleModoFalha] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[ControleModoFalha](
    [IDControle] [int] NOT NULL,
    [IDModoFalha] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_ControleModoFalha] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IDControle] ASC,
    [IDModoFalha] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[Efeito] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Efeito](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Descricao] [varchar](50) NOT NULL,

```

```

        [Severidade] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Efeito] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [ID] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[EfeitoModoFalha] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[EfeitoModoFalha](
    [IDEfeito] [int] NOT NULL,
    [IDModoFalha] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_EfeitoModoFalha] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [IDEfeito] ASC,
        [IDModoFalha] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[Funcao] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Funcao](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Descricao] [varchar](50) NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Funcao] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [ID] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[FuncaoItem] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[FuncaoItem](
    [IDFuncao] [int] NOT NULL,
    [IDItem] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_FuncaoProduto] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [IDFuncao] ASC,
        [IDItem] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]

```

```

) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[Inspecao] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Inspecao](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [CodAutorizada] [int] NOT NULL,
    [MatriculaFuncionario] [int] NOT NULL,
    [CPF CNPJ Cliente] [int] NOT NULL,
    [IDProduto] [int] NOT NULL,
    [NumeroSerie] [int] NULL,
    [IDCausa] [int] NOT NULL,
    [IDModoFalha] [int] NOT NULL,
    [DataHoraInicio] [datetime] NOT NULL,
    [DataHoraFim] [datetime] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Inspecao] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[Item] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Item](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [IDTipo] [int] NOT NULL,
    [Nome] [varchar](50) NOT NULL,
    [PartNumber] [varchar](50) NULL,
    [VersaoSoftware] [varchar](50) NULL,

    CONSTRAINT [PK_Item] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[ItemInspecao] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[ItemInspecao](
    [IDItem] [int] NOT NULL,
    [IDInspecao] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_ItemInspecao] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IDItem] ASC,

```

```

        [IDInspecao] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[ItemModoFalha] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[ItemModoFalha](
    [IDModoFalha] [int] NOT NULL,
    [IDItem] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_ItemModoFalha] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [IDModoFalha] ASC,
        [IDItem] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[ModoFalha] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[ModoFalha](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Nome] [varchar](50) NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_ModoFalha] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [ID] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[Produto] Script Date: 23/06/2015 00:55:10 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Produto](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Codigo] [int] NOT NULL,
    [Nome] [varchar](50) NULL,
    CONSTRAINT [PK_Produto] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [ID] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
    ) ON [PRIMARY]

```

```

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[ProdutoItem] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[ProdutoItem](
    [IDItem] [int] NOT NULL,
    [IDProduto] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_ProdutoItem] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IDItem] ASC,
    [IDProduto] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[ResultadoAcao] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[ResultadoAcao](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [IDAcao] [int] NOT NULL,
    [AcaoRealizada] [varchar](50) NULL,
    [NovaSeveridade] [int] NULL,
    [NovaOcorrencia] [int] NULL,
    [NovaDeteccao] [int] NULL,
    CONSTRAINT [PK_ResultadoAcao] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[Teste] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Teste](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Nome] [varchar](50) NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Testes] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO

```



```

SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[TesteInspecao] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[TesteInspecao](
    [IDTeste] [int] NOT NULL,
    [IDInspecao] [int] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TesteInspecao_1] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IDTeste] ASC,
    [IDInspecao] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[TipoControle] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[TipoControle](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Nome] [varchar](50) NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TipoControle] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
SET ANSI_PADDING OFF
GO
/***** Object: Table [dbo].[TipoItem] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
SET ANSI_PADDING ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[TipoItem](
    [ID] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Nome] [varchar](50) NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TipoItem] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

/***** Object: StoredProcedure [dbo].[SP_FMEA] *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE PROCEDURE [dbo].[SP_FMEA]

```

```

AS
BEGIN
    SELECT
        Produto.Nome AS Produto,
        Item.Nome AS Item,
        Funcao.Descricao AS Funcao,
        ModoFalha.Nome AS ModoFalha,
        Efeito.Descricao AS Efeito,
        Efeito.Severidade,
        Causa.Descricao AS Causa,
        Causa.Ocorrencia,
        Controle.Descricao,
        Controle.Deteccao,
        Efeito.Severidade * Causa.Ocorrencia * Controle.Deteccao as RPN,
        Acao.Descricao AS Acao,
        Acao.Funcionario,
        Acao.Prazo,
        ResultadoAcao.AcaoRealizada,
        ResultadoAcao.NovaSeveridade,
        ResultadoAcao.NovaOcorrencia,
        ResultadoAcao.NovaDeteccao,
        ResultadoAcao.NovaSeveridade * ResultadoAcao.NovaOcorrencia *
ResultadoAcao.NovaDeteccao as NovoRPN

    FROM
        Produto INNER JOIN ProdutoItem ON
        Produto.ID = ProdutoItem.IDProduto
    INNER JOIN Item ON
        Item.ID = ProdutoItem.IDItem
    INNER JOIN FuncaoItem ON
        FuncaoItem.IDItem = Item.ID
    INNER JOIN Funcao ON
        Funcao.ID = FuncaoItem.IDFuncao
    INNER JOIN ItemModoFalha ON
        ItemModoFalha.IDItem = Item.ID
    INNER JOIN ModoFalha ON
        ItemModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN EfeitoModoFalha ON
        EfeitoModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN Efeito ON
        EfeitoModoFalha.IDefeito = Efeito.ID
    INNER JOIN CausaModoFalha ON
        CausaModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN Causa ON
        CausaModoFalha.IDCausa = Causa.ID
    INNER JOIN Acao ON
        Acao.IDCausa = Causa.ID
    INNER JOIN ResultadoAcao ON
        Acao.ID = ResultadoAcao.IDAcao
    INNER JOIN ControleModoFalha ON
        ControleModoFalha.IDModoFalha = ModoFalha.ID
    INNER JOIN Controle ON
        Controle.ID = ControleModoFalha.IDControle

END
GO
USE [master]
GO
ALTER DATABASE [FMEADatabase] SET READ_WRITE
GO

```