

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

CRISTIANO MADEIRA

PROPOSTA DE MODELAGEM DE *BILL OF MATERIALS* (BOM) PARA UMA
FÁBRICA DE PEQUENO PORTE

JARAGUÁ DO SUL

NOVEMBRO/2019

CRYSTIANO MADEIRA

PROPOSTA DE MODELAGEM DE *BILL OF MATERIALS* (BOM) PARA UMA
FÁBRICA DE PEQUENO PORTE

Monografia apresentada ao Curso
Tecnólogo em Fabricação
Mecânica do Campus Rau do
Instituto Federal de Santa Catarina
para a obtenção do diploma de
Tecnólogo em Fabricação
Mecânica

Orientador: Prof. Me. Alexandre Zammar
Coorientador: Prof. Ma. Miriam Hennig

JARAGUÁ DO SUL

NOVEMBRO/2019

Madeira, Crystiano

Proposta de Modelagem de Bill of Materials (BOM) para uma Fábrica de Pequeno Porte / Crystiano Madeira ; orientação de Alexandre Zammar; coorientação de Miriam Hennig. - Jaraguá do Sul, SC, 2019.

52 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul - Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .
Inclui Referências.

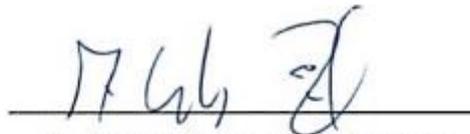
1. Bill of Materials. 2. Modelagem de lista de materiais.
3. Sistema de classificação. I. Zammar, Alexandre.
II. Hennig, Miriam. III. Instituto Federal de Santa Catarina. . IV. Título.

CRYSTIANO MADEIRA

PROPOSTA DE MODELAGEM DE *BILL OF MATERIALS* (BOM) PARA UMA
FÁBRICA DE PEQUENO PORTE

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo
indicada.

Jaraguá do Sul, 27 de novembro de 2019



Prof. Me. Alexandre Zammar

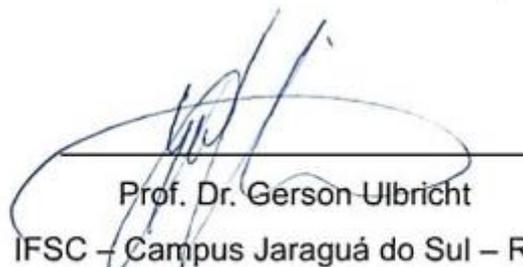
Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul – RAU



Profa. Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira

IFSC – Campus Jaraguá do Sul – RAU



Prof. Dr. Gerson Ulbricht

IFSC – Campus Jaraguá do Sul – RAU

AGRADECIMENTOS

Primeiramente sou grato a Deus, pela vida e pela imensa oportunidade de ter chegado até aqui.

À minha esposa, pela paciência, ajuda e companheirismo nessa jornada.

À minha família, pelo apoio e orações.

Sou grato às amizades que conquistei, aos meus colegas e amigos muito obrigado pelo suporte e pelos momentos compartilhados nesse período.

Aos mestres e doutores que me acompanharam nessa trajetória, sou grato por todos os aprendizados, pela paciência, por todo o apoio, pelos ensinamentos que me modelaram não apenas como profissional, mas como pessoa.

A todos, meu muito obrigado.

“A inovação sempre significa um risco. Qualquer atividade econômica é de alto risco e não inovar é muito mais arriscado do que construir o futuro”.

Peter Drucker, 2005.

RESUMO

As atividades da administração da produção revolucionaram as indústrias de manufatura que contribuíram de forma significativa para a inovação e eficiência no processo produtivo. Com a transformação no mercado impulsionada pelo surgimento da Indústria 4.0, as organizações procuram otimizar e agilizar processos para ganhar competitividade e aumentar produtividade. Tal incentivo provoca as empresas a repensar a forma de gerenciar os seus negócios e processos. A empresa pode adotar diversas estratégias para ganhar competitividade, entretanto se possuir adaptação no seu processo de fabricação obtém uma grande vantagem. Uma forma de estratégia de negócio que permite englobar todos os processos e produtos é o uso da Lista de Materiais – também conhecida como *Bill of Materials*. Introduzir na empresa um sistema de gerenciamento de *Bill of Materials (BOM)* proporciona controle de projeto e recursos, ou seja, uma estrutura de informação fundamental em muitas empresas. O objetivo deste trabalho foi compreender o funcionamento do processo produtivo de uma empresa de pequeno porte e desenvolver uma proposta de modelagem de *BOM*. A empresa estudada neste trabalho é do ramo metalmeccânico que desenvolve e fabrica máquinas customizadas para automatização de processos industriais. A metodologia aplicada para a elaboração do sistema de gerenciamento *BOM*, foi criado em formato de planilha utilizando programação em *Visual Basic for Applications (VBA)*. Para que fosse possível foi necessário a elaboração de sistemas simplificados de identificação e classificação para organizar as informações para o usuário. Conclui-se que através da *BOM* é possível agrupar etapas para facilitar o planejamento do processo de fabricação. Entretanto, deve ser gerenciado corretamente para que não haja presença de não-conformidades no processo.

Palavras-Chave: *Bill of Materials*. Modelagem de lista de materiais. Sistema de classificação.

ABSTRACT

Production management activities have revolutionized manufacturing industries which have contributed significantly to innovation and efficiency in the production process. As the market transformation is driven by the implementation of Industry 4.0, organizations have managed to optimize and streamline processes to gain competitiveness and increase productivity. Such an incentive causes companies to rethink how to manage their businesses and processes. A company can adopt several strategies to gain competitiveness. However, those that have adapted their manufacturing processes get a greater advantage. A business strategy that encompasses all processes and products is the Bill of Materials (BOM). Introducing it as a management system provides project and resource control a fundamental information structure for many companies. The main objective of this work was to understand the production process of a small metalworking company that develops and manufactures customized machines to automate industrial processes and develop a BOM modeling proposal. The methodology applied for the elaboration of this management system was created in a spreadsheet format using Visual Basic for Applications (VBA) programming. To make this possible, simplified identification and classification systems were necessary to organize information for the user. It was concluded that the BOM can group steps and facilitates the planning of the manufacturing process. However, it must be managed correctly so that there are no nonconformities in the process.

Keywords: Bill of Materials. Bill of materials modeling. Classification system

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de transformação de bens e serviços	15
Figura 2 - Evolução da revolução Industrial	17
Figura 3 - Integração da Smart Factory.....	18
Figura 4 - Integração da Estrutura do Produto em uma organização.....	19
Figura 5 - Exemplo de estrutura de produto.....	20
Figura 6 - Classificação dos elementos da Estrutura do Produto.....	21
Figura 7 - Exemplo de relação pai/filho entre itens	22
Figura 8 - Desenho e Estrutura do Produto de um projetor.....	24
Figura 9 - Exemplo de <i>BOM</i> multinível.....	25
Figura 10 - Exemplo de <i>BOM</i> nível único (simples)	25
Figura 11 - Exemplo de <i>BOM</i> denteada.	26
Figura 12 - Exemplo de <i>BOM</i> resumida	27
Figura 13 - Exemplo de <i>BOM</i> de aplicação.....	27
Figura 14 - Exemplo de lista de materiais custeada.....	28
Figura 15 - Modelo de <i>BOM</i>	29
Figura 16 - Aplicação da <i>BOM</i> de manufatura.....	30
Figura 17 - Classificação Part number	31
Figura 18 - Sistema de classificação de 3 níveis.....	33
Figura 19 - Etapas de desenvolvimento	37
Figura 20 - Exemplo árvore de projeto no SolidWorks	38
Figura 21 - Lista extraída do SolidWorks em formato Excel.....	38
Figura 22 - Elaboração manual da lista de material	39
Figura 23 - Aba "Menu"	40
Figura 24 - Fluxograma etapas de modelagem da <i>BOM</i>	41
Figura 25 - Cabeçalho do Material	42
Figura 26 - Exemplo de classificação.....	43
Figura 27 - Tela inicial do módulo Pesquisar Material	44
Figura 28 - Resultado da pesquisa.....	44
Figura 29 - Comparação entre o processo de criar e modificar classe	45
Figura 30 - Formato da tabela que atribui classe com característica	46
Figura 31 - Formato do banco de dados	46
Figura 32 - Gerenciar <i>BOM</i>	47
Figura 33 - Visualizar <i>BOM</i>	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
2 DESENVOLVIMENTO.....	15
2.1 Administração da Produção.....	15
2.2 Evolução Industrial	16
2.3 Efeitos da Indústria 4.0.....	17
2.4 Estrutura do Produto	18
2.5 Classificação dos Objetos da Estrutura de Produto	21
2.6 <i>Bill of Materials (BOM)</i>	23
2.7 Formatos e tipos de <i>Bill of Materials (BOM)</i>	23
2.7.1 Lista de Materiais Multinível	24
2.7.2 Lista de Materiais Nível Simples	25
2.7.3 Lista de Materiais Denteada.....	26
2.7.4 Lista de Materiais Resumida	26
2.7.5 Lista de Materiais de Aplicação	27
2.7.6 Lista de Materiais Custeada	28
2.8 Aplicação de <i>BOM</i> e seus modelos.....	28
2.9 Administração de Materiais	31
2.9.1 Identificação de materiais.....	31
2.9.2 Tecnologia de Grupo	32
2.9.3 Classificação	33
3 METODOLOGIA.....	35
4 DESENVOLVIMENTO.....	37
4.1 Sistema de navegação na ferramenta.....	39
4.2 Módulo: Classificar Material	42
4.3 Módulo: Pesquisar Material	44
4.4 Módulo: Gerenciar Classe	45
4.5 Módulo: Gerenciar <i>BOM</i>	46
4.6 Módulo: Visualizar <i>BOM</i>	47

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	49
6 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A – Visualizar <i>BOM</i>	52

1 INTRODUÇÃO

A partir do final do século XVIII, indústrias de diversos ramos tem passado por contínuas evoluções, desde energia a vapor até o desenvolvimento da internet. Conforme Coelho (2016), a primeira revolução industrial foi estruturada com base na mecanização e força hidráulica, posteriormente passou por produção em massa e linhas de montagens. A terceira revolução é marcada pela tecnologia computacional e automação.

Segundo Coelho (2016), a indústria 4.0 tem grande capacidade de transformação, pois é impulsionada pelo desenvolvimento e utilização de tecnologias, com a finalidade de otimizar e agilizar processos. De acordo com Borlido (2017), o surgimento da indústria 4.0 facilita o aumento de competitividade entre empresas, aumenta a produtividade, otimiza os processos produtivos e desenvolve tecnologias exponenciais.

O impacto da indústria 4.0 vai além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas a repensar a forma como geram os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, como pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição (COELHO, 2016).

De acordo com Serrão (2015), nem sempre a competência da empresa está empregada na tecnologia do produto, mas é diferenciada pela metodologia aplicada na empresa em seu processo. A empresa pode adotar diversas estratégias para ganhar competitividade, entretanto, se uma empresa possuir a agilidade de adaptação no seu processo de fabricação, consegue obter uma grande vantagem.

Mencionada por Serrão (2015) a *Bill of Materials (BOM)*, conhecida como Lista de Materiais na língua portuguesa, é uma estrutura de informação fundamental em muitas empresas. A estrutura de produto é importante para englobar todos os processos e produtos, e representa uma resposta às estratégias de negócio. Serrão (2015) acrescentou que a *BOM* é um elemento integrado em todos os departamentos, e que a forma como ela é controlada e estruturada pode influenciar o sucesso da empresa, ou seja, permite a redução de custos e de tempo de produção.

Segundo Serrão (2015), a *BOM* deve ser definida em cada empresa de acordo com o seu próprio negócio, projeto, organização e objetivos que resultarão em uma

comunicação entre as áreas. A *BOM* permite às empresas conhecerem as suas necessidades globais e específicas de cada departamento e é um dos principais fatores que determinam um funcionamento eficiente e eficaz dos processos, quando inserida no contexto das estratégias de desempenho e de objetivos de uma organização (SERRÃO, 2015).

Neste trabalho, será estudada como proposta de modelamento a *Bill of Materials* com o foco em uma empresa de pequeno porte que atua no ramo metalmeccânico, situada na cidade de Jaraguá do Sul, Santa Catarina. A empresa desenvolve soluções para automação de processos industriais desenvolvendo e fabricando máquinas customizadas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Propor uma modelagem de *Bill of Materials (BOM)* para uma empresa metalmeccânica de pequeno porte.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar o processo atual da empresa para elaboração de uma prototipagem de *Bill of Materials*;
- Avaliar uma metodologia de identificação viável para a empresa;
- Identificar e classificar os componentes a fim de disponibilizar um sistema para o projeto mecânico que facilite o gerenciamento dos materiais.

2 DESENVOLVIMENTO

A seguir será apresentada a fundamentação teórica referente à administração da produção e *Bill of Materials (BOM)*. Também serão abordados assuntos referentes à Indústria 4.0 e à administração dos materiais.

2.1 Administração da Produção

Segundo Peinado e Graeml (2007), as atividades da administração da produção marcaram o início da revolução industrial por volta de 1784, época na qual vários cientistas e estudiosos, como Taylor, Fayol, Ford contribuíram de forma significativa para a inovação até então concentrada nas indústrias. Estudos demonstram que Taylor buscava a eficiência da fabricação através da análise do trabalho, do estudo de tempos e movimentos.

Machine (1994), afirma que a implementação da produção em massa de produtos padronizados reduziu o custo do produto consideravelmente em Detroit em 1913. O autor acrescenta que Fayol formulou os princípios da organização e da administração ao definir as atividades de planejamento, controle, organização, coordenação e direção.

Administrar a produção consiste em utilizar da melhor forma os recursos destinados à produção de bens ou serviços. Slack (2018) ainda define a administração da produção como sendo as atividades, decisões e responsabilidades dos gerentes de produção, na qual todo produto ou serviço tem a sua fase de produção, finalização e entrega.

Figura 1 - Processo de transformação de bens e serviços



Fonte: Adaptado de Slack (2018, p. 21)

A Figura 1 demonstra que os produtos e serviços são produzidos através da transformação de inputs (entradas) em outputs (saídas). Segundo Slack (2018), a produção envolve um conjunto de recursos de entradas usado para transformar algo ou para ser transformado em saída de bens e serviços, conhecido como processo de transformação.

Para Slack (2018), existem dois tipos de entradas: recursos transformados e os recursos de transformação. O recurso transformado se resume em recursos que são convertidos ou tratados de alguma maneira. Já o recurso de transformação trabalha sobre os recursos já transformados.

2.2 Evolução Industrial

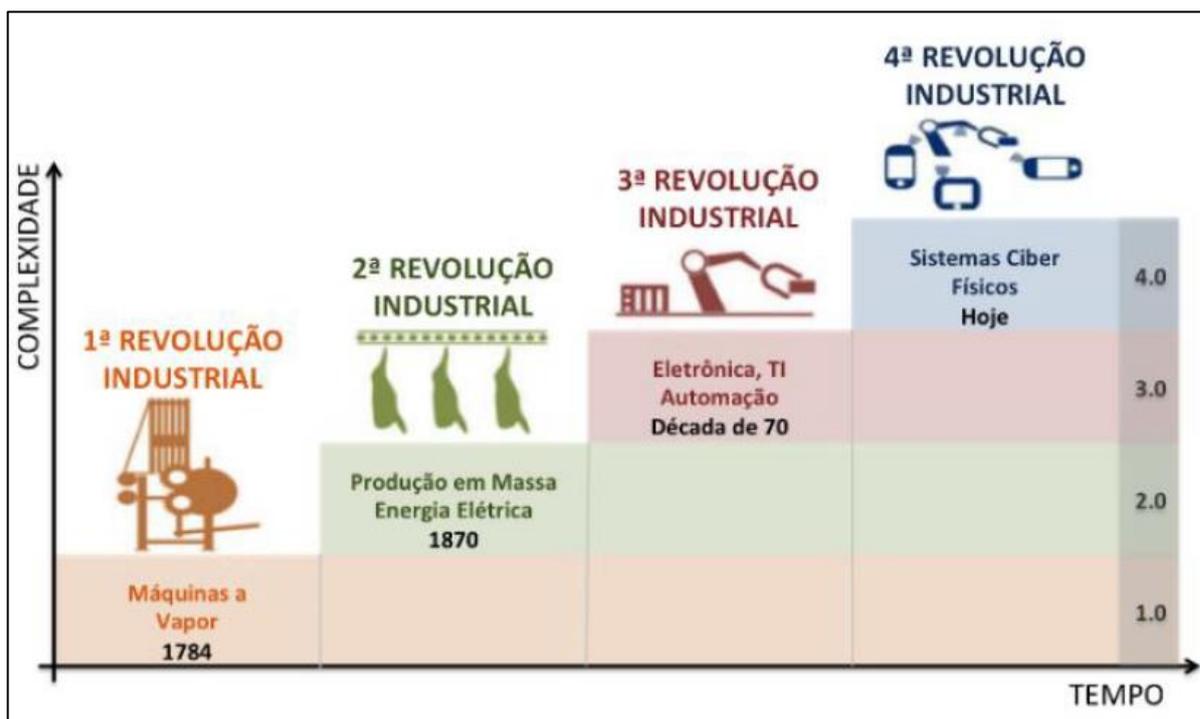
Segundo Coelho (2016), a revolução industrial iniciada na Europa por volta de 1784, ocorreu com a substituição progressiva dos métodos artesanais por máquinas e ferramentas. O autor também relata que as alterações dos processos produtivos tiveram consequências significativas a nível econômico e social. O trabalho manual, controlado apenas pelo artesão, passou a ser controlado por um empregador que gerenciava desde o processo de fabricação até a venda.

Em 1870 na segunda revolução industrial percebeu-se o aprimoramento nas áreas da indústria química, elétrica e do aço, que ocasionou melhorias nas técnicas, e também surgiram as primeiras linhas de produção que viriam a permitir a produção seriada e os baixos custos (COELHO, 2016).

Entre as décadas de 1950 e 1970 começou a se desenhar aquela que viria a ser considerada a terceira revolução Industrial, a revolução digital, com a proliferação e uso dos semicondutores, dos computadores, automação e robotização em linhas de produção, com informação armazenada e processada de forma digital, as comunicações, os telefones móveis e a internet (COELHO, 2016).

Coelho (2016), comentou o surgimento da quarta revolução industrial, conhecida por indústria 4.0 em 2011 na feira Industrial de Hannover, na Alemanha. Segundo o autor, isso é decorrente do aperfeiçoamento da integração dos setores tecnológicos, quando software e hardware cada vez mais sofisticados possibilitam criar interação entre máquinas, formando um sistema eficiente.

Figura 2 - Evolução da revolução Industrial



Fonte: Coelho (2016, p. 15)

É possível observar na Figura 2 que, com o surgimento de uma revolução industrial a complexidade aumenta comparada com a fase anterior. Isso deve-se ao fato que as tecnologias de cada estágio são aproveitadas para a próxima revolução.

2.3 Efeitos da Indústria 4.0

Na organização, a pouca comunicação entre departamentos e a falta de flexibilidade na hora da produção são duas grandes dificuldades. A boa comunicação entre as funções ou setores de qualidade e produção, ou até mesmo entre as necessidades logísticas e produção, é um fator que contribui para a eficiência do processo (BORLIDO, 2017).

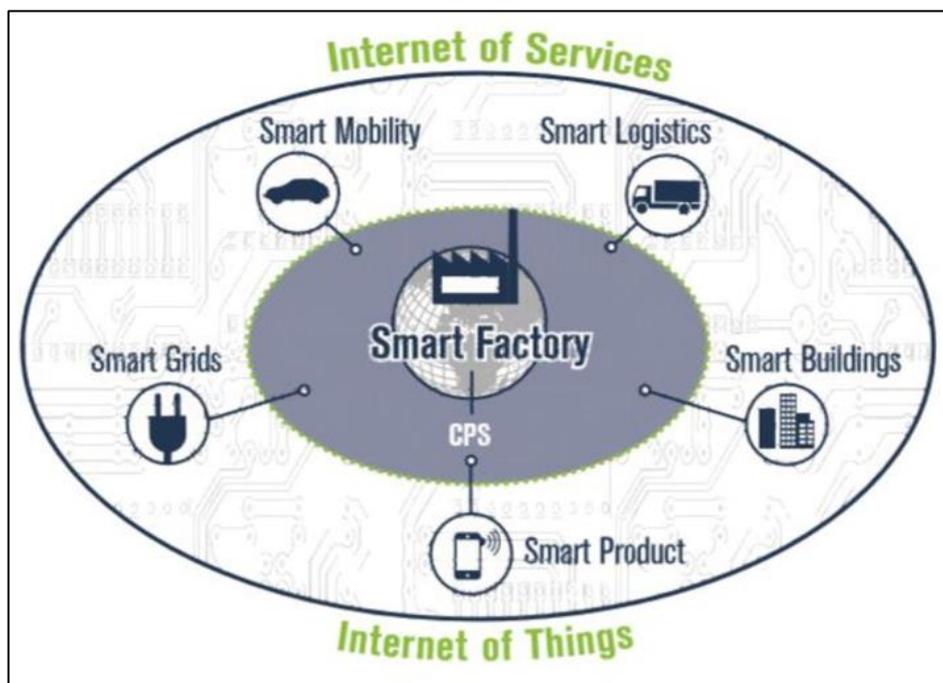
Uma pesquisa feita por Borlido (2017) mostra a vantagem dada pela Indústria 4.0 referente à comunicação entre departamentos. Em uma empresa do setor automobilístico, cada departamento responsável tem acesso aos dados atualizados disponíveis diariamente. As informações são referentes ao processo produtivo, controle de qualidade e manutenção. Essas informações são disponibilizadas através de software, que permite ao usuário o gerenciamento do processo.

Os termos Indústria 4.0, *smart factory*, *intelligent factory* são denominações que

descrevem a perspectiva de uma fábrica para o futuro, as quais permitem que as organizações controlem cadeias de abastecimento inteligentes, flexibilidade e dinâmica (COELHO, 2016).

A Figura 3 ilustra a integração da *smart factory* com toda a cadeia de valor.

Figura 3 - Integração da Smart Factory



Fonte: Borlido (2017, p. 5)

A *smart factory* é uma fábrica inteligente com uma estrutura modular em que os sistemas ciberfísicos monitoram processos físicos e tomam decisões descentralizadas. Os setores da organização compõem o ciclo, permitindo a comunicação entre si (KAGERMANN, 2013).

A implementação da Indústria 4.0 tem como objetivo otimizar a cadeia de valor, aproveitando a questão tecnológica e o potencial econômico por meio de uma sistemática de inovação de processo (AZEVEDO, 2017).

2.4 Estrutura do Produto

Apesar de produtos manufaturados feitos sob encomenda apresentarem configurações finais diferentes, vários de seus componentes têm semelhanças quanto à funcionalidade, aplicação, forma construtiva e concepção, entre outros fatores (FILHO E MARÇOLA, 1996).

Segundo esses autores, a estrutura do produto é definida para tornar viável sua fabricação. A elaboração de uma nova sistemática de gestão e controle da produção apresentam os seguintes tópicos:

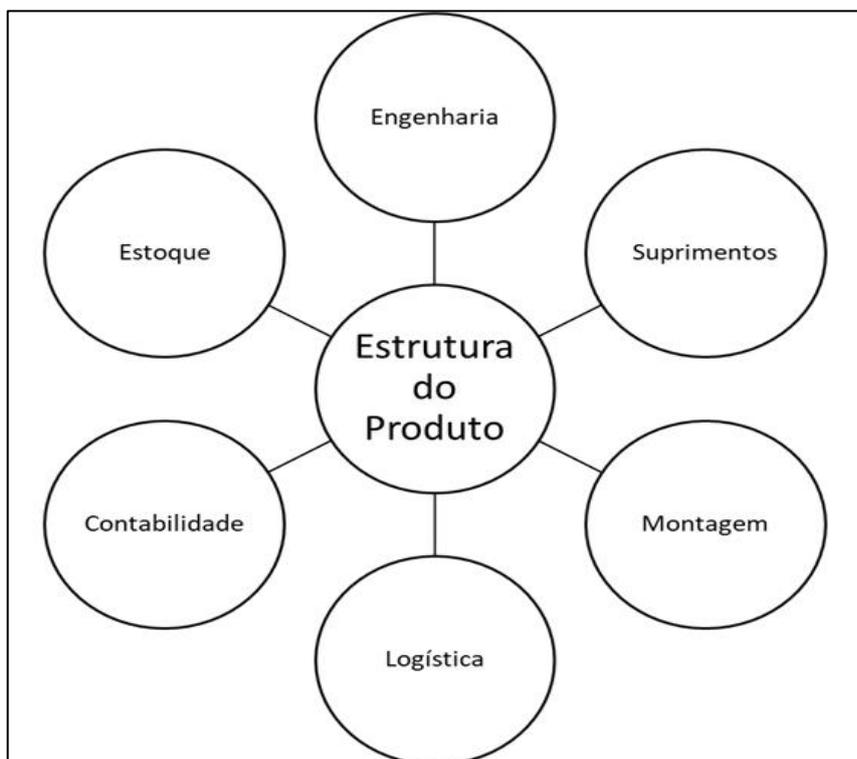
- Integração ao planejamento do produto;
- Considerações de similaridade e repetitividade de aplicação;
- Controle de maneira idêntica à do produto principal, ou seja, por encomenda e área fabril.

Um dos principais elementos para integração dos sistemas de manufatura é a estrutura do produto. Ela é utilizada por quase todos os setores da organização, pois apresenta como o produto foi projetado (FILHO E MARÇOLA, 1996).

Segundo Serrão (2015), a estrutura do produto contém informações que influenciam todos os setores de uma empresa. Portanto, assumem importância quando inseridas no contexto das estratégias de desempenho e de objetivos de uma organização.

A Figura 4 ilustra a relação da estrutura do produto em uma organização.

Figura 4 - Integração da Estrutura do Produto em uma organização



Fonte: Adaptado de Serrão (2015, p. 1)

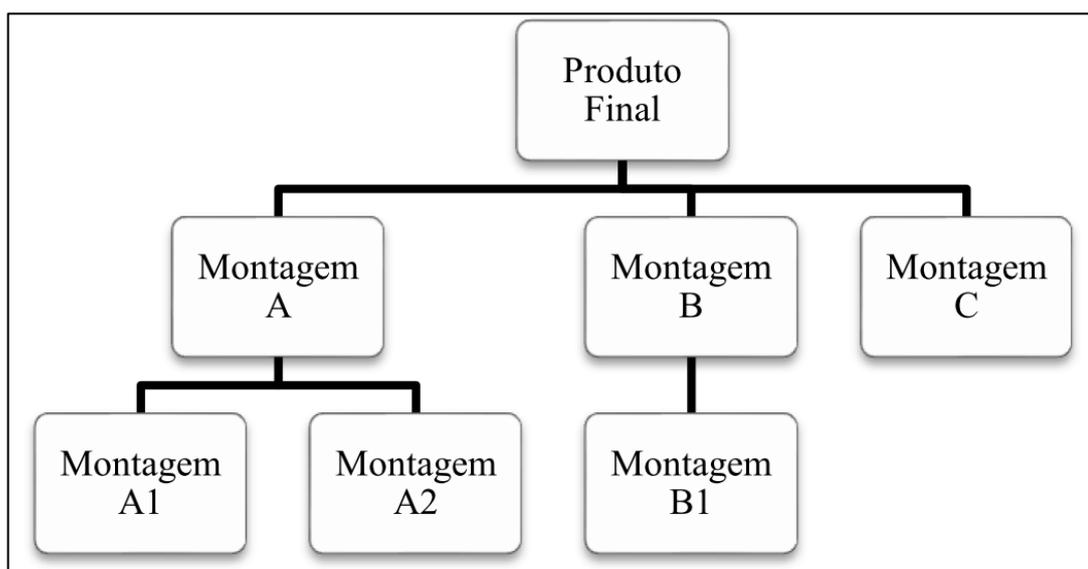
Segundo Serrão (2015), qualquer alteração na estrutura do produto irá

influenciar todos os setores da organização. Dependendo da fase da fabricação do produto, pode-se definir o tamanho do impacto que a modificação poderá provocar na empresa.

A estrutura de um produto consiste na divisão de todas as montagens que são relevantes para uma máquina. Sua fabricação não está representada apenas em uma montagem, mas composta por conjuntos denominados submontagens. Portanto, um produto terá submontagens de acordo com o que for necessário para sua fabricação (SERRÃO, 2015).

A Figura 5 apresenta uma estrutura de produto. O Produto Final está dividido em três montagens principais, as quais se encontram divididas em submontagens. Cada divisão é constituída de informações que são necessárias para sua execução. (SERRÃO, 2015).

Figura 5 - Exemplo de estrutura de produto



Fonte: Serrão (2015, p. 28)

Observando a Figura 5, para execução da “Montagem A” são necessárias as informações e execuções das atividades da “Montagem A1” e “Montagem A2”. A “Montagem A” é constituída de um nível inferior (SERRÃO, 2015).

Segundo Rozenfeld (1999), a estrutura de produto é uma lista de todas as submontagens, componentes intermediários, matérias-primas e itens comprados que são utilizados na fabricação ou montagem de um produto, a qual mostra a relação de precedência e quantidade de cada item necessário. Também acrescenta que a lista pode possuir instruções de trabalho ou ferramentas requeridas para auxiliar o

processo de fabricação.

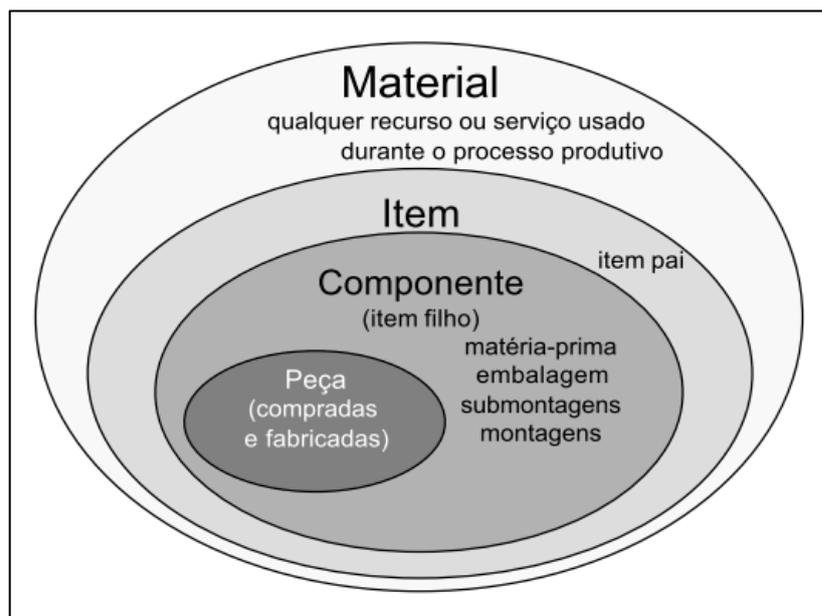
2.5 Classificação dos Objetos da Estrutura de Produto

Segundo Rozenfeld (1999) com a ampla variedade de objetos que a estrutura de produto possui, é necessário classificá-los para melhor entendimento e diferenciação. O autor classificou-os da seguinte forma:

- Item (*item*): qualquer matéria-prima, peça, embalagem, componente, submontagem, montagem ou produto único manufaturado ou comprado;
- Componente (*Component*): Matéria-prima, peça ou submontagem que é utilizada numa montagem de nível mais alto ou em outro item;
- Peça (*part*): um item comprado ou fabricado de forma isolada sendo usado como componente e não empregado em montagem, submontagem;
- Material (*Material*): produtos finais, montagens, submontagens, peças, matéria-prima, informações, recursos ou serviços usados durante o processo produtivo.

Na Figura 6 é apresentada a visão das relações de cada elemento na estrutura do produto.

Figura 6 - Classificação dos elementos da Estrutura do Produto



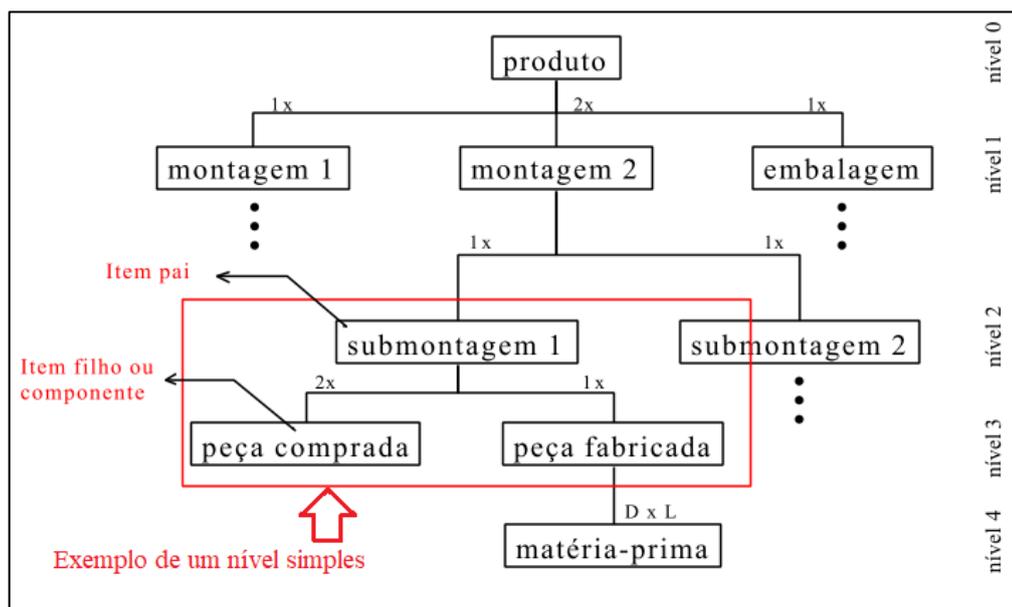
Fonte: Rozenfeld (1999, p. 3)

A estrutura do produto é baseada na relação pai/filho entre itens. O item pai é

definido pelo item que está sendo produzido, e os itens requeridos na sua produção são chamados itens filhos ou componentes (ROZENFELD 1999).

Na Figura 7 é apresentada a estrutura do produto e o exemplo da relação item pai com item filho.

Figura 7 - Exemplo de relação pai/filho entre itens



Fonte: Oliveira (1999, p. 21)

Portanto, toda vez que é estabelecida uma relação pai/filho entre um item e seus componentes diretos, a estrutura de produto é de nível simples. Uma estrutura de produto é considerada multinível quando mais de um nível associado desde as matérias-primas até o produto final, ou seja, todos os itens utilizados direta ou indiretamente na produção de um produto podem ser visualizados (ROZENFELD 1999).

De acordo com Rozenfeld (1999) a única razão para a criação de mais níveis são as necessidades do planejamento e controle da produção como, por exemplo, a criação de submontagens ou itens intermediários que precisam ser estocados.

2.6 *Bill of Materials (BOM)*

A estrutura do produto pode apresentar muitos níveis horizontais e verticais e, ainda, diferentes graus de complexidade apresentando-se em forma de árvore do produto. Para facilitar as diversas fases do sistema produtivo, houve o surgimento da lista de materiais (FILHO E MARÇOLA, 1996).

A Lista de Materiais, também denominada *BOM* é a que transforma a representação gráfica da estrutura multinível do produto numa representação linear dos diversos relacionamentos existentes entre matéria-prima, componentes, submontagens, montagens e produto final (FILHO E MARÇOLA, 1996).

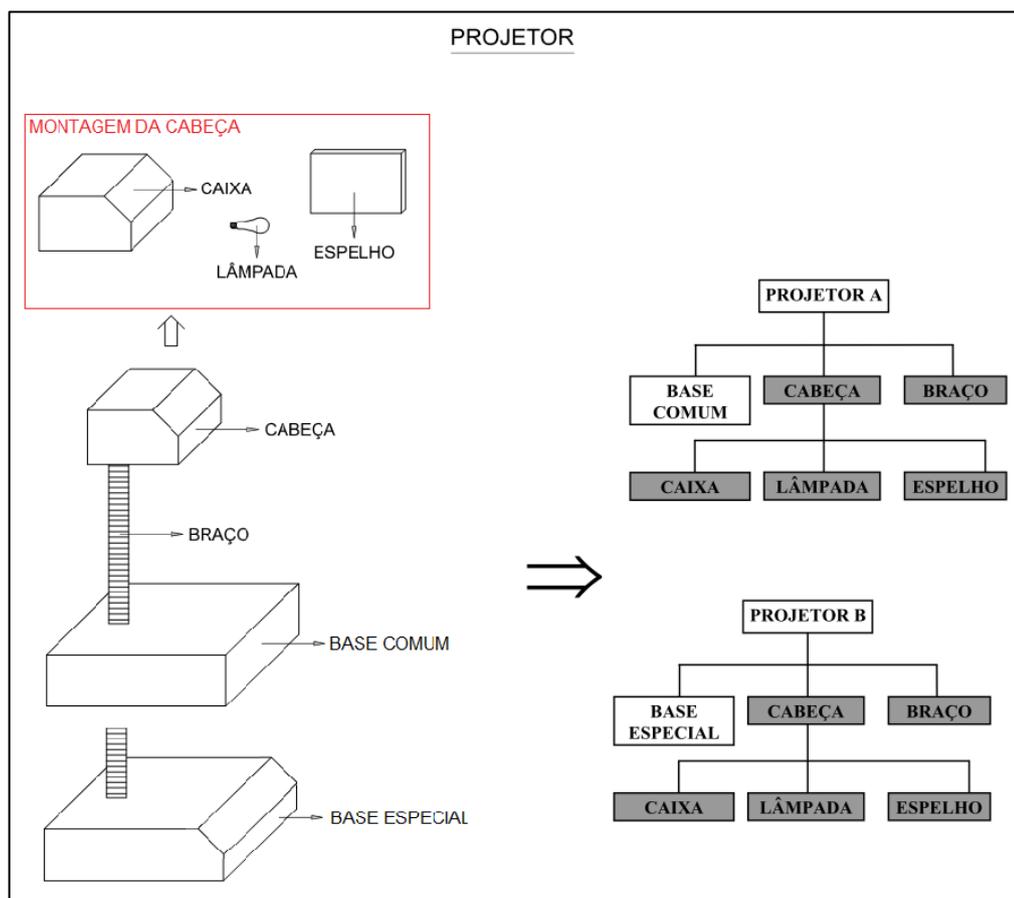
2.7 Formatos e tipos de *Bill of Materials (BOM)*

Segundo Filho e Marçola (1996), a *BOM* pode apresentar diferentes formatos atendendo às necessidades de diversos usuários. Dentre esses formatos, existem seis mais populares.

- Lista de materiais multinível;
- Lista de materiais de um único nível;
- Lista de materiais denteada;
- Lista de materiais resumida;
- Lista de materiais de aplicação;
- Lista de materiais custeada.

Filho e Marçola (1996), apresentam a diferenciação das seis tipologias de *BOMs* utilizando um exemplo prático elaborado por Deis (1993). A Figura 8 exemplifica o desenho de um produto final e sua estrutura.

Figura 8 - Desenho e Estrutura do Produto de um projetor



Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

O produto final é um projetor disponível para vendas em dois modelos: projetor A, com base comum e o projetor B, com base especial (FILHO E MARÇOLA, 1996).

2.7.1 Lista de Materiais Multinível

É utilizada principalmente pela Engenharia do Produto, onde *BOM* exibe todos os níveis do produto final, ou seja, apresenta todos os componentes que correspondem à matéria-prima, peças compradas ou fabricadas até atingir o produto final (FILHO E MARÇOLA, 1996). Os autores exemplificam a lista de materiais em multinível de um projetor conforme pode-se observar na Figura 9.

Figura 9 - Exemplo de *BOM* multinível

LISTA DE MATERIAIS MULTINÍVEL		QTE.
0	PROJETOR	1
1	BASE	1
2	BRAÇO	1
3	MONTAGEM DA CABEÇA	1
3a	CAIXA	1
3b	ESPELHO	1
3c	LÂMPADA	1

Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

É possível observar que nível 0 está representado pelo projetor, o qual é o produto final. A base, braço e a montagem da cabeça são o nível inferior ao projetor, ou seja, o projetor é o item pai da base, braço e a montagem da cabeça. Já a caixa, espelho e lâmpada são itens filhos da montagem dessa peça.

2.7.2 Lista de Materiais Nível Simples

É formada somente do produto final, das submontagens e componentes que farão parte da montagem final, representando o nível um da estrutura do produto. As áreas de vendas, administração de contratos e expedição podem usar esse tipo de lista de materiais em suas atividades diárias (FILHO E MARÇOLA, 1996).

Filho e Marçola (1996) exemplificam a lista de materiais em nível único de um projetor conforme pode ser observado na Figura 10:

Figura 10 - Exemplo de *BOM* nível único (simples)

LISTA DE MATERIAIS DE NÍVEL ÚNICO		QTE.
0	PROJETOR	1
1	BASE	1
2	BRAÇO	1
3	MONTAGEM DA CABEÇA	1

Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

Na Figura 10 são apresentados apenas os itens filhos do projetor (produto final), ou seja, a base, braço e a montagem da cabeça constituem o projetor.

2.7.3 Lista de Materiais Denteada

A lista de materiais denteada é indicada para a Engenharia Industrial para determinar como o produto será feito fisicamente. Também é utilizada pelo setor contábil para custear os diversos níveis da estrutura do produto (FILHO E MARÇOLA, 1996).

A Figura 11 representa uma lista de materiais denteada.

Figura 11 - Exemplo de *BOM* denteada.

LISTA DE MATERIAIS DENTEADA		QTE.
0	PROJETOR	1
.1	BASE	1
.2	BRAÇO	1
.3	MONTAGEM DA CABEÇA	1
..1	CAIXA	1
..2	ESPELHO	1
..3	LÂMPADA	1

Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

A lista de materiais denteada demonstrada na Figura 11 é um tipo de lista de materiais multinível, onde os itens pertinentes aos níveis superiores da estrutura do produto são dispostos no início da margem direita (FILHO E MARÇOLA, 1996).

2.7.4 Lista de Materiais Resumida

A lista de materiais resumida é indicada para facilitar o planejamento de materiais por ser um formato de *BOM* multinível, apresentando o número de identificação das peças e a quantidade total requerida para fabricar o produto final (FILHO E MARÇOLA, 1996).

A Figura 12 representa uma lista de materiais resumida.

Figura 12 - Exemplo de *BOM* resumida

LISTA DE MATERIAIS RESUMIDA	
PROJETOR A / PROJETOR B	1
BASE COMUM	1
BASE ESPECIAL	1
BRAÇO	2
MONTAGEM DA CABEÇA	2
CAIXA	2
ESPELHO	2
LÂMPADA	2

Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

Na lista de materiais resumida exemplificada na Figura 12, é possível observar que há dois produtos finais, o projetor A e o projetor B. Ainda está representada por apenas uma lista com a quantidade total de itens para a fabricação ou montagem.

2.7.5 Lista de Materiais de Aplicação

Segundo Filho e Marçola (1996), a lista de materiais de aplicação facilita quando há a necessidade de alteração do projeto. A *BOM* de aplicação permite identificar todas as possíveis aplicações de qualquer componente, como está exemplificado na Figura 13.

Figura 13 - Exemplo de *BOM* de aplicação

LISTA DE MATERIAIS DE APLICAÇÃO		
COMPONENTE : LÂMPADA		
NÍVEL	APLICAÇÃO	QTE
2	LÂMPADA	1
1	MONT. CABEÇA	1
0	PROJETOR A	1
0	PROJETOR B	1

Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

O exemplo demonstrado na Figura 13, apresenta no topo da lista o nível mais inferior, a lâmpada. Ela pertence ao nível 2, que é item filho do nível 1, e assim sucessivamente.

2.7.6 Lista de Materiais Custeada

Segundo Filho e Marçola (1996), a *BOM* custeada é bastante utilizada para verificação de custo do produto. A seção de orçamento de uma organização a utiliza para encaminhamento de futuras propostas de encomendas.

A Figura 14 apresenta um exemplo de lista de materiais custeada.

Figura 14 - Exemplo de lista de materiais custeada

LISTA DE MATERIAIS CUSTEADA		CUSTO
0	PROJETOR	1000
.1	BASE	300
.2	BRAÇO	200
.3	MONT. DA CABEÇA	500
..1	CAIXA	350
..2	ESPELHO	100
..3	LÂMPADA	50

Fonte: Adaptado de Filho e Marçola (1996, p. 161)

2.8 Aplicação de *BOM* e seus modelos.

Segundo Oliveira (1999), a *BOM* permite agrupar as informações para todos os setores da empresa, como engenharia, controle de qualidade, PCP, compras, manufatura, custeio, vendas e configuração, assistência técnica e tecnologia de informação. Entretanto é comum observar que cada setor utiliza a *BOM* conforme a sua necessidade.

Oliveira e Ribeiro (2017) apresentam na Figura 15, as variações de *BOM* encontradas na literatura, sendo necessário, neste trabalho, resumir os principais modelos e exemplos de aplicações.

Figura 15 - Modelo de BOM

MODELO	EXPLICAÇÃO	EXEMPLO
MODULAR	Um módulo é identificado como o conjunto de partes necessárias dentro da família de produtos para a fabricação de variantes de um produto final (VAN VEEN E WORTMANN, 1992)	Indústria Automotiva
PERCENTUAL	Proporção de cada subcomponente na construção do produto final	Planejamento e Compras
SUPER	Unifica a MBOM e BOM percentual e possibilita adicionar/deletar anexos (KNEPPELT, 1984)	Serviços de Alimentação
GENÉRICA	Surgiu da necessidade de cadastrar diversos produtos semelhantes na mesma estrutura (HEGGE E WORTMANN, 1991)	Hospital
PRODUTO	Representa a estrutura funcional do produto e suporte para a montagem da PBOM	Desenvolvimento de Produto
PRODUÇÃO	Reflete a transformação da matéria-prima e a montagem dos subconjuntos através do processo produtivo	Fabricação

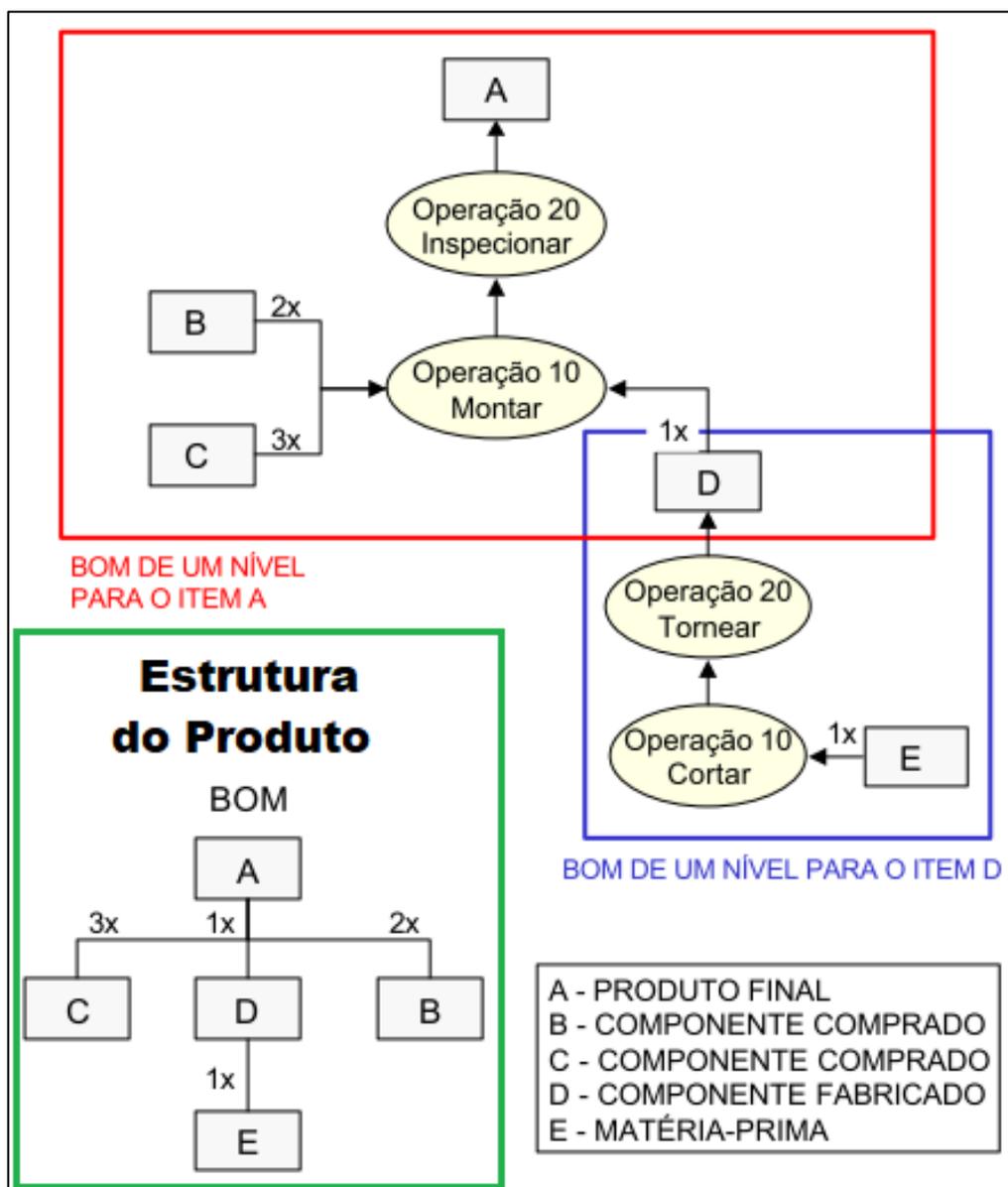
Fonte: Oliveira e Ribeiro (2017, p. 7)

Segundo Filho e Marçola (1996), o modelamento da BOM para atender as funções gerenciais da produção pode ser chamado de lista de materiais paralelas. As listas de materiais paralelas são listas que permitem a representação do produto de forma mais adequada às necessidades dos múltiplos usuários.

Um exemplo empregado na indústria é a utilização da BOM de produção, também denominada BOM de manufatura. Segundo Cox e Finch (1989), a utilização da BOM de manufatura permite direcionar a fabricação e montagem de um produto, apresentando o fluxo de produção.

Na Figura 16 demonstra um exemplo de aplicação de uma estrutura da BOM de manufatura, apresentado por Oliveira (1999).

Figura 16 - Aplicação da BOM de manufatura



Fonte: Adaptado de Oliveira (1999, p. 44)

A Figura 16 destaca, na parte inferior, a estrutura do produto. A estrutura do produto A é composta por componentes comprados e fabricados. Os comprados são dois componentes B e três componentes C; o fabricado apenas o componente D. O item D tem estruturada a matéria-prima, denominada E. O quadro azul e vermelho apresenta uma estrutura de BOM de manufatura do item D e item A, respectivamente, que permite informar as operações necessárias para a finalização do produto.

2.9 Administração de Materiais

A introdução de uma nova peça manufaturada na empresa pode gerar despesas de projeto, planejamento e controle. Também impacta diretamente no tempo de resposta da organização às necessidades do mercado. A redução da quantidade de peça resulta em grande economia de recursos e tempo para a empresa. O agrupamento de peças auxilia a resolver a quantidade de materiais de uma organização (OLIVEIRA, 1999).

A Administração de Materiais compreende o agrupamento dos materiais de várias origens e a coordenação dessa atividade com a demanda de produtos ou serviços da empresa. A classificação do material significa reduzir a diversidade de um item empregado para o mesmo fim, ou seja, reduzir a duplicidade de projeto (DIAS, 2010).

2.9.1 Identificação de materiais

Segundo Oliveira (1999), a forma mais fácil de controlar e designar os materiais é a identificação com um número. Para o autor, o número de identificação, também denominada de *part number* ou *item number*, pode ser classificado como significativo ou não significativo.

A Figura 17 demonstra a definição citada por Oliveira (1999).

Figura 17 - Classificação *Part number*

Caraterística	Significativo (<i>significant part number</i>)	Não significativo (<i>non-significant part number</i>)
Definição	<i>Part number</i> que contém informações sobre o item.	<i>Part number</i> que não contém informações sobre o item.
Exemplo	PN 123 M 456	1235975
Risco de erros na interpretação	Alta	Baixa
Tamanho do código	Longo	Curto
Flexibilidade	Não	Sim
Alterações nas características do item implicam em um novo código	Sim	Não

Fonte: Adaptado de Oliveira (1999, p. 55)

A explicação de Oliveira (1999) para o exemplo do part number significativo apresentado na Figura 17 são os números 123 que representa o material, a letra M classifica como material fabricado e os números 456 são número do desenho de engenharia. Por outro lado, o PN (part number) não significativos possuem códigos sequenciais.

O PN significativo exige grande esforço no seu desenvolvimento e no treinamento dos usuários. O usuário está sujeito a erros de interpretação como: interpretação de um dígito de forma errada, assinalar dígitos diferentes para uma mesma característica (OLIVEIRA, 1999).

Em um cenário competitivo entre as organizações, existe a necessidade de alterações frequentes nos produtos, tornando o PN significativo menos flexível para a manutenção. Considerando, por exemplo, que foi necessária alteração da característica do projeto, o dígito correspondente ou perderá o significado, ou necessitará de manutenção, além da estrutura do produto. (OLIVEIRA, 1999).

O uso do *part number* significativo tinha grande praticidade quando os computadores possuíam capacidade muito pequena de armazenamento e baixa velocidade de processamento. O usuário obtinha acesso rápido e fácil informação apenas utilizando o uso do seu PN (OLIVEIRA, 1999).

Com o avanço tecnológico é possível relacionar banco de dados com informações e atribuir a um PN. Dessa forma, o PN passa a ser usado como um indicador para todas essas informações descritivas (OLIVEIRA, 1999).

Segundo Oliveira (1999), a literatura recomenda o uso de um sistema de números de identificação baseado em caracteres numéricos apenas, absolutamente sem significado, como o menor tamanho possível, designado sequencialmente.

2.9.2 Tecnologia de Grupo

A Tecnologia de Grupo é uma filosofia de manufatura onde os materiais similares são identificados e agrupados para se aproveitar as vantagens de suas similaridades nas atividades da empresa. Dessa forma, é possível padronizar as atividades similares e relacionadas, focando apenas nas diferenças necessárias e impedindo duplicação de esforços (OLIVEIRA, 1999).

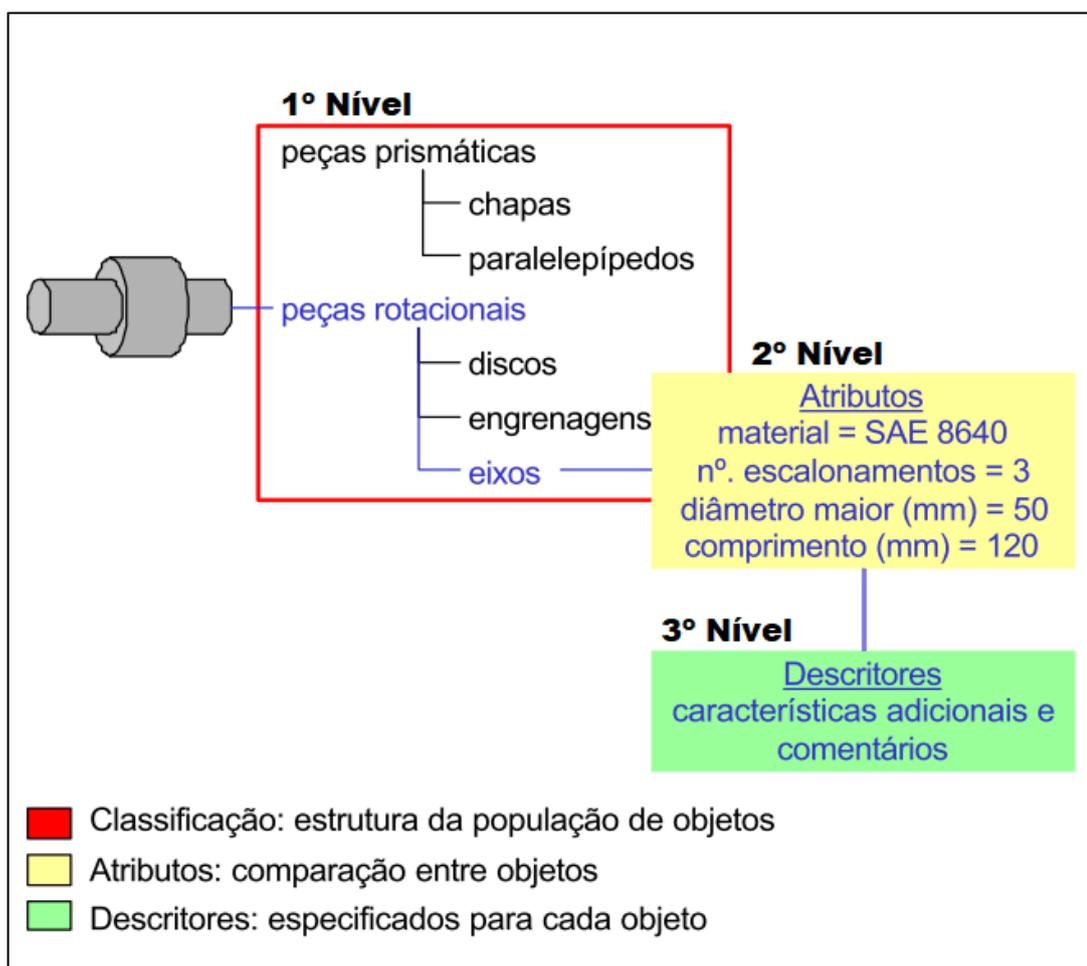
A Tecnologia de Grupo reúne objetos com atributos similares em famílias como uma coleção de peças que dividem características específicas, métodos similares de tratamento e manuseio (OLIVEIRA, 1999).

2.9.3 Classificação

O objetivo da classificação de materiais é catalogar, simplificar, especificar, normalizar, padronizar e codificar todos os materiais componentes do estoque da empresa. Assim, no caso de haver duas peças para a mesma finalidade, aconselha-se a simplificação, que é optar por apenas uso de uma delas. Ao simplificar um material, favorece sua normalização e reduz as despesas (DIAS, 2010).

Os sistemas de classificação são desenvolvidos de acordo com as necessidades de cada empresa, não existindo um sistema universal. Oliveira (1999) apresenta um sistema adaptado de classificação constituído de três níveis para catalogar o objeto na figura 18:

Figura 18 - Sistema de classificação de 3 níveis



Fonte: Oliveira (1999, p. 63)

A Figura 18 apresenta um objeto que no primeiro nível é definido como peças rotacionais do tipo eixo. Segundo Oliveira (1999) o sistema divide os componentes do tipo heterogêneo em classes de objetos com características similares.

Entre objetos similares, é possível relacionar com o segundo nível, que definem os atributos específicos de cada classe. Cada componente é definido com a característica empregada em atributos que também é denominada como classe, e permite qualificar o produto em matéria-prima e dimensões (OLIVEIRA, 1999).

O nível descritores permite, agregar informações adicionais e comentários que sejam pertinentes ao objeto (OLIVEIRA, 1999)

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória com propósito de elaborar um sistema de geração de lista de materiais para aplicação em uma empresa de pequeno porte. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior amplitude para visualização do problema podendo torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), as pesquisas exploratórias podem ser classificadas como pesquisa bibliográfica e estudo de caso. O trabalho aborda um estudo de caso que visa propor o projeto em uma empresa que atua no ramo metalmeccânico, situada na cidade de Jaraguá do Sul, Santa Catarina. A empresa desenvolve soluções para automação de processos industriais desenvolvendo e fabricando máquinas customizada.

Para formulação da *BOM*, foi necessário elaborar uma sistemática para classificar e identificar os componentes da organização. Através de visitas técnicas à empresa e conversas com os colaboradores, proporcionou o esclarecimento das dúvidas sobre o processo atual que auxiliou na elaboração da ferramenta. Observou-se que a necessidade da flexibilidade de gerenciamento de material no estoque, é necessário um sistema de identificação com uso código não significativo, para proporcionar maior autonomia ao processo. Além disso, o sistema de classificação que seja adaptado conforme a necessidade do projeto da empresa.

Para que o trabalho fosse possível foi necessário a utilização do aplicativo da Microsoft Excel. O desenvolvimento de uma sistemática utilizando VBA - *Visual Basic for Applications* – recurso que proporciona uma gama de ferramentas para a programação. Através do aplicativo Excel e do recurso VBA foram criados bancos de dados para o armazenamento das informações para administrar a *BOM*. A interface da modelagem de *BOM* foi elaborada em abas de planilhas Excel, que foram atribuídos macros - são definidos como recurso de linguagem em programação para converter entradas em comandos e ações dentro do sistema operacional. Cada dados de entradas atribuído e salvo pelo usuário é ajustado a formatação e encaminhado para o banco de dados, posteriormente resultar em uma informação final. Contudo foi possível propor um gerenciador de materiais destinado para uso de criação e elaboração de *BOM*.

Também foi utilizado programação em HTML para facilitar a visualização e impressão da *Bill of Materials*. Com os recursos do aplicativo Excel observou-se a

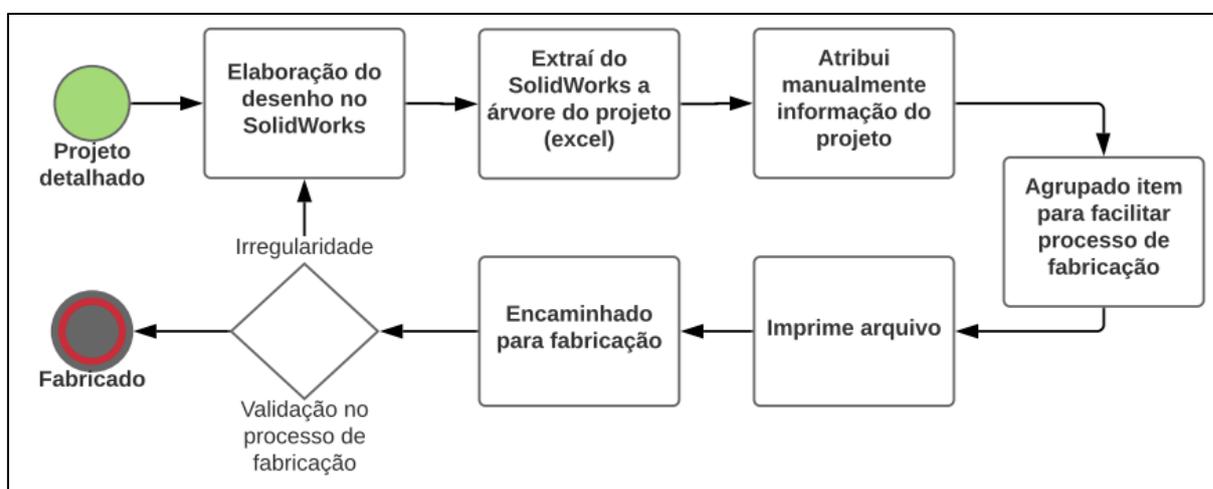
limitação para a geração de uma estrutura de lista em formato de árvore, que dificultaria o processamento das informações e manipulação do resultado. Portanto, foi programado no Excel para rescrever em linguagem HTML em formato de *TreeView* – visualização em formato de árvore, que cada nível inferior possui uma atribuição ao nível superior. A programação em VBA reescreve um arquivo que contém uma linguagem em HTML. Através desta programação permitiu criar uma janela que proporciona integração do usuário ao resultado final, disponibilizando o recurso de expansão e recolhimento da estrutura da lista de materiais conforme a necessidade no processo facilitando a consulta a informação.

4 DESENVOLVIMENTO

O trabalho proposto foi destinado para a empresa constituída por três sócios proprietários que visam desenvolver soluções com qualidade e competitividade, acompanhando a evolução tecnológica e satisfação ao cliente.

A empresa fundada em julho de 2018 elabora concepções dos produtos que melhor atendem às necessidades do cliente, que os mesmos são avaliados e selecionados para o projeto detalhado. A Figura 19 demonstra as etapas de desenvolvimento até a solicitação de fabricação do projeto.

Figura 19 - Etapas de desenvolvimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Como demonstrado na Figura 19, o projeto detalhado é iniciado com a elaboração do desenho do software *SolidWorks* – programa utilizado para modelamento de componentes em projetos mecânicos. O *SolidWorks* possui uma funcionalidade de visualização em forma de lista denominada de árvore de projeto conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20 - Exemplo árvore de projeto no SolidWorks



Fonte: SolidWorks (2012)

No programa *SolidWorks* é realizado a montagem virtual dos componentes e organizado a árvore de projeto de acordo com a necessidade do processo produtivo e posteriormente extraído para uma lista em formato de Excel como mostra a Figura 21.

Figura 21 - Lista extraída do SolidWorks em formato Excel

	A	B
1	Nome do arquivo	Quantidade
2	Peça81	1
3	RODÍZIO GL 614 PR COM FREIO	2
4	RODÍZIO GL 614 PR SEM FREIO	2
5	snr_ucp210_0	2
6	socket head cap screw_din(DIN 912 M4 x 12 --- 12N)	4
7	socket head cap screw_din(DIN 912 M6 x 16 --- 16N)	26
8	socket head cap screw_din(DIN 912 M6 x 20 --- 20N)	2
9	socket head cap screw_din(DIN 912 M6 x 30 --- 30N)	4
10	socket head cap screw_din(DIN 912 M6 x 35 --- 24N)	4
11	socket head cap screw_din(DIN 912 M8 x 20 --- 20N)	2
12	socket head cap screw_din(DIN 912 M8 x 25 --- 25N)	4
13	socket head cap screw_din.(DIN 912 M16 x 45 --- 45N)	4
14	socket head cap screw_din.(DIN 912 M8 x 20 --- 20N)	24
15	socket head cap screw_din.(DIN 912 M8 x 25 --- 25N)	4
16	socket head cap screw_din.(DIN 912 M8 x 30 --- 30N)	71
17		

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O projetista mecânico altera o design do arquivo Excel para facilitar as próximas etapas e atribui informações relevantes ao processo de fabricação, como por exemplo, nome do arquivo, correção das descrições, nome do fornecedor, tipo de tratamento superficial e data de solicitação para fabricação, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22 - Elaboração manual da lista de material

Nome do arquivo	Denominação	Quantidade	Tsuperficial	Fornecedor	Enviado Fábrica
ALB112MM8	Suporte	1			01/09/2019
ALB140MM8	RODÍZIO GL 614 PR COM FREIO	1			01/09/2019
APR033MM8	RODÍZIO GL 614 PR SEM FREIO	1			01/09/2019
APR033MM9	Base	2		FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M4X13	4	Bicromatizar	FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M6X16	26		FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M6X20	2	Bicromatizar	FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M6X30	4		FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M6X35	4	Bicromatizar	FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M8X20	2		FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M8X25	4		FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M16X45	4		FORNECEDOR Y	
ASH302N	Parafuso cabeça sext. M8X20	24		FORNECEDOR Y	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Após as adequações das informações, o arquivo Excel é enviado impresso para a fábrica, tornando-se uma lista de materiais. Em quaisquer irregularidades ou adaptações de projeto é solicitado ao projetista analisar e tomar devidas ações.

Para delimitar o escopo e possibilitar a execução deste trabalho, foi escolhido um projeto para aplicação da ferramenta. O principal foco do trabalho foi a elaboração de uma proposta de ferramenta para a geração de Lista de Materiais utilizando o programa Excel.

A ferramenta está dividida em módulos listado a seguir:

- Criar Classificação;
- Pesquisar Material;
- Gerenciar *BOM*;
- Visualizar *BOM*;
- Administrar Classes.

4.1 Sistema de navegação na ferramenta

O programa proposto para a modelagem de *BOM* está dividido em 5 módulos que são: Visualizar *BOM*, Gerenciar *BOM*, Classificar Material, Pesquisar Material,

Gerenciar Classes, e cada módulo possui uma funcionalidade.

O módulo Visualizar *BOM* é um ambiente que permite ao usuário exibir uma *Bill of Materials* de um item pai. Também este recurso possibilita o usuário realizar a impressão para utilizar no processo produtivo. E através do módulo Gerenciar *BOM* são realizadas as criações de *BOM* para o item pai.

Cada material especificado na *BOM* deve ter um *Part Number* (PN) que é gerado por intermédio do módulo Classificar Material. O módulo permite criar o código de identificação (PN) e classificar o material conforme a sua especificação. As classificações são compostas por características definidas nas classes selecionada para o material. Para administrar a classe foi construído o módulo Gerenciar Classe que permite explicar ao usuário os procedimentos necessários.

Além disso o programa dispõe do módulo Pesquisar Material, um recurso utilizado para consultar no banco de dados materiais existentes que possa ser empregado em novos projetos. A pesquisa é realizada consultando as classes, possibilitando o usuário aplicar filtros para encontrar materiais desejado ao projeto.

O programa é disposto de um menu de navegação para facilitar a interação do usuário com a ferramenta. A aba “Menu” serve como um direcionador de abas, apresentando apenas os módulos para o usuário como está destacado como Figura 23.

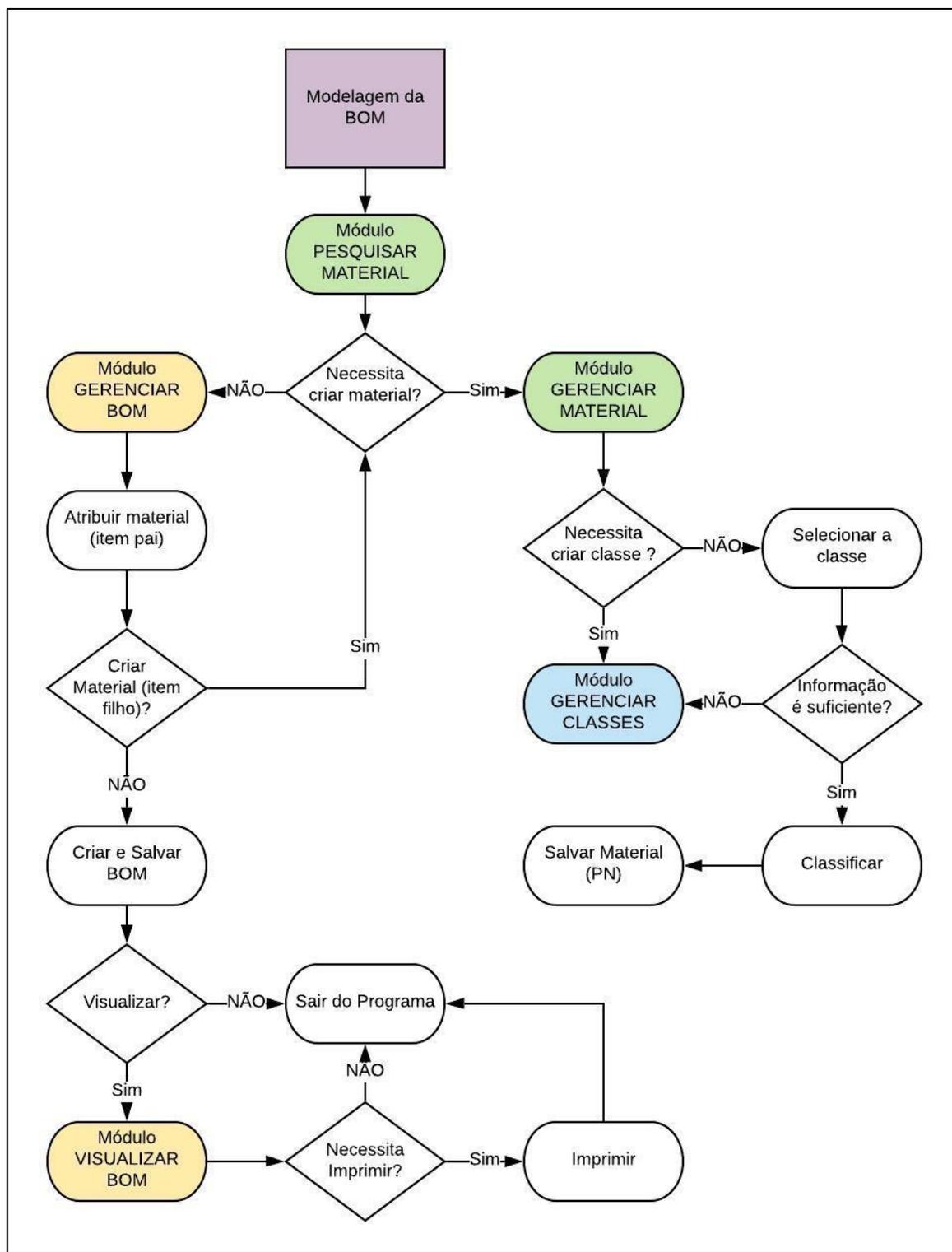
Figura 23 - Aba “Menu”



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Para o usuário realizar a modelagem da *BOM* foi definido fluxo das etapas de execução e os módulos utilizados, ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Fluxograma etapas de modelagem da *BOM*



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.2 Módulo: Classificar Material

O módulo Classificar Material está dividido em duas etapas, sendo a primeira o cabeçalho e a segunda a classificação do item.

A Figura 25 demonstra a primeira etapa.

Figura 25 - Cabeçalho do Material

A imagem mostra a interface de usuário para a criação de um material. O formulário é intitulado 'Criação de Material' e contém os seguintes elementos:

- 1. Campo de texto para 'Part Number'.
- 2. Campo de texto para 'Descrição'.
- 3. Campo de texto para 'Classe' com um botão 'OK' adjacente.
- 4. Campo de texto para 'Classe Auxiliar' com um botão 'OK' adjacente.
- 5. Campo de texto para 'Comentário'.
- 6. Campo de texto para 'Mensagem'.
- 7. Botão 'Novo' (azul).
- 8. Botão 'Salvar' (verde).
- 9. Botão 'Menu' (cinza) no canto superior direito.

Um grande ícone de seta azul apontando para a direita está visível à direita do formulário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A primeira etapa disposta de seis campos e três botões, é descrita detalhadamente a seguir.

1. Campo "Part Number": o sistema gera um número sequencial com base na verificação do último número armazenado no banco de dados;
2. Campo "Descrição": um campo preenchido manualmente pelo usuário para descrever brevemente um título de identificação para o item;

3. Campo “Classe”: possibilitar selecionar a classe de característica que define o item. No botão “OK” – ao lado do campo - confirma e carrega as informações na tela;
4. Campo “Classe Auxiliar”: similar ao campo “Classe”, porém a classe auxiliar não define o item apenas disponibiliza informações que auxiliam o processo;
5. Campo “Comentário”: um campo disponível para atribuir um texto de observação ao item criado;
6. Campo “Mensagem”: apresenta um *feedback* ao usuário ou orientando em caso de inconsistência;
7. Botão “Novo”: apresenta um novo formulário em branco;
8. Botão “Salvar”: salva no banco de dados do programa;
9. Botão “Menu” retorna ao menu.

A segunda etapa do processo é a classificação do material por meio das informações disponíveis da classe, segue o exemplo na Figura 26.

Figura 26 - Exemplo de classificação

Classe	
Característica	Valor
Forma de Acionamento	Sextavado externo
Bitola	M10x1,5
Comprimento	70 mm
Matéria-prima	Aço Inoxidável
Fabricante	XXXX

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

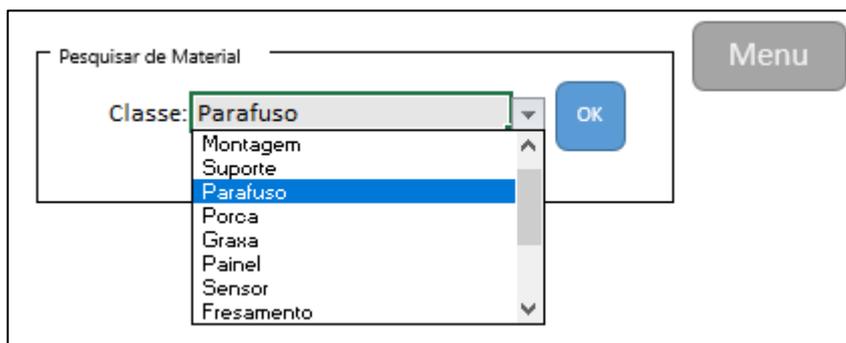
O parafuso exemplificado na Figura 26, possui uma rosca M10, passo de 1,5 mm, 70 mm de comprimento, aço inoxidável e acionamento sextavado externo, sendo

estas informações importantes para definir o componente.

4.3 Módulo: Pesquisar Material

O módulo Pesquisar Material dispõe das classes existentes, que deve ser selecionada e confirmada para realizar a consulta no banco de dados, ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Tela inicial do módulo Pesquisar Material



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Após a confirmação, a informação referente à classe selecionada é disponibilizada em tela. Na Figura 28 está exemplificado a consulta dos itens de parafusos armazenado no banco de dados do sistema, que resulta a informação do *Part Number* e os valores das características em formato de tabela para realização de filtros.

Figura 28 - Resultado da pesquisa

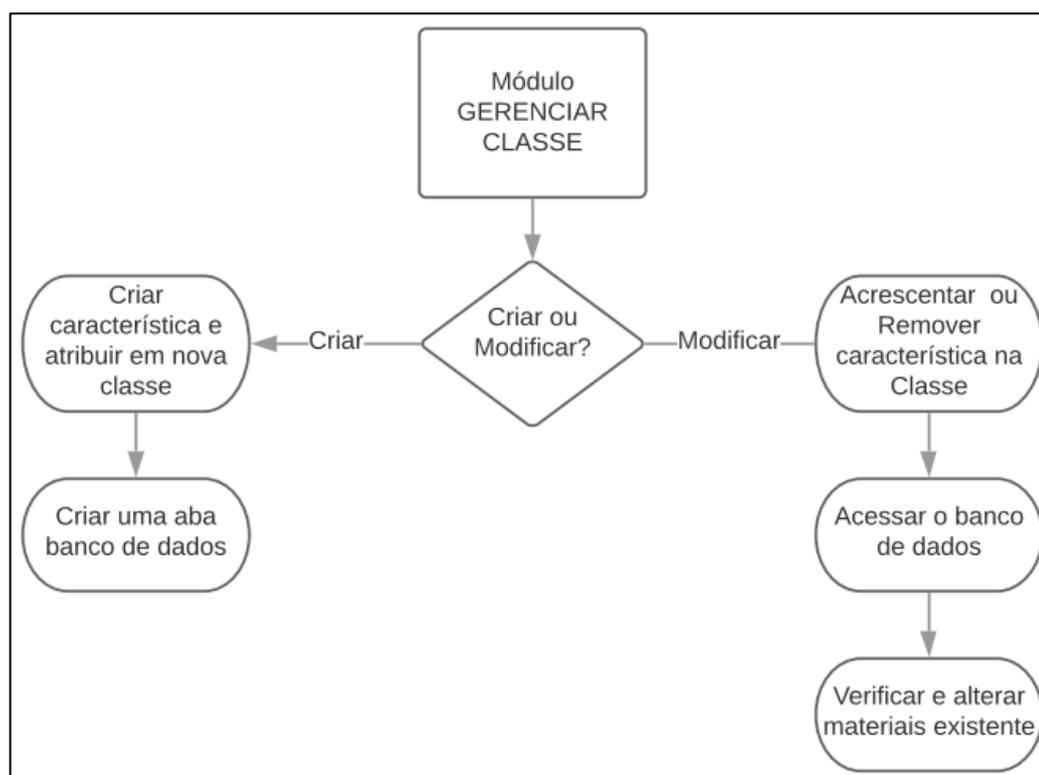
Part Number	Forma de Acionamento	Bitola	Comprimento	Matéria-prima	Fabricante
10008	Sextavado externo	M10X1,5	70 mm	Aço Inoxidável	XXXX
10009	Sextavado externo	M10X2	65 mm	Aço Inoxidável	XXXX
10010	Sextavado externo	M10X2	70 mm	Aço Inoxidável	XXXX
10011	Sextavado externo	M8x1,25	70 mm	Aço Carbono	XXXX
10012	Sextavado interno	M5x1,5	50 mm	Aço Carbono	
10013	Sextavado interno	M5x1,5	10 mm	Aço Carbono	XY
10014	Sextavado interno	M3x1	5 mm	Aço Carbono	XY
10015	Sextavado interno	M3x1	5 mm	Aço Inoxidável	XY2
10016	Sextavado interno	M12x2	100 mm	Aço Inoxidável	X1
10017	Sextavado externo	M12x2	150 mm	Aço Carbono	X1

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.4 Módulo: Gerenciar Classe

O módulo descreve o procedimento necessário para o gerenciamento de classe podendo ser: criar uma nova classe ou modificar uma classe existente. O processo de criação de uma classe são etapas diferente de modificação, na Figura 29 é possível comparar tais procedimentos.

Figura 29 - Comparação entre o processo de criar e modificar classe



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O primeiro passo de criação de classe é as definições das características e atribuição na nova classe, sendo ela classe auxiliar ou não. O usuário deve acessar a aba Classe-Characterísticas para quando classe principal, e aba Classe Aux-Characterísticas quando for classe auxiliar, através da aba permite acrescentar a característica a classe. As abas estão construídas da seguinte forma: cada coluna refere-se a uma classe, exceto a primeira coluna que é apenas orientação, primeira linha é o nome da classe e as linhas seguintes são as características da coluna que ela está empregada, como exemplificado na Figura 30.

Figura 30 - Formato da tabela que atribui classe com característica

	A	B	C	D	E	F
1	Classe	Produto Final	Montagem	Suporte	Parafuso	Porca
2	Características	Cliente	Item Filho	Modelo	Forma de Acionamento	Modelo
3		Modelo	Comentário		Bitola	Bitola
4		Código do	Nome da classe		Comprimento	Altura
5		Comentário			Matéria-prima	Matéria-prima
6					Fabricante	Fabricante
7						
8						
9						

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Após a atribuição entre classe e características, deve ser criada uma aba com o nome exato da classe. Na nova aba deve ser preenchido da seguinte forma: *Part Number* e as características, como exemplificado na classe Parafuso demonstrado na Figura 31.

Figura 31 - Formato do banco de dados

	A	B	C	D	E	F
1	Part Number	Forma de Acionamento	Bitola	Comprimento	Matéria-prima	Fabricante
2						
3						
4						
5	Part Number					
6		Características da classe				
7						

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Para modificar a classe, as metodologias são similares, entretanto, as atribuições de classe/características e o banco de dados já está criado, apenas necessitando o usuário adequar conforme as novas definições. O diferencial da modificação está na verificação das informações disponíveis no banco de dados, ou seja, deve ser avaliado se precisar ser classificados os materiais existentes com a nova informação.

4.5 Módulo: Gerenciar BOM

O gerenciamento da *Bill of Materials* pode ser realizado pelo módulo Gerenciar BOM, representado na Figura 32.

Figura 32 - Gerenciar BOM

Posição BOM	Part Number	Descrição Item	Qtd.	Unidade	Comentário
0010					
0020					
0030					
0040					

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

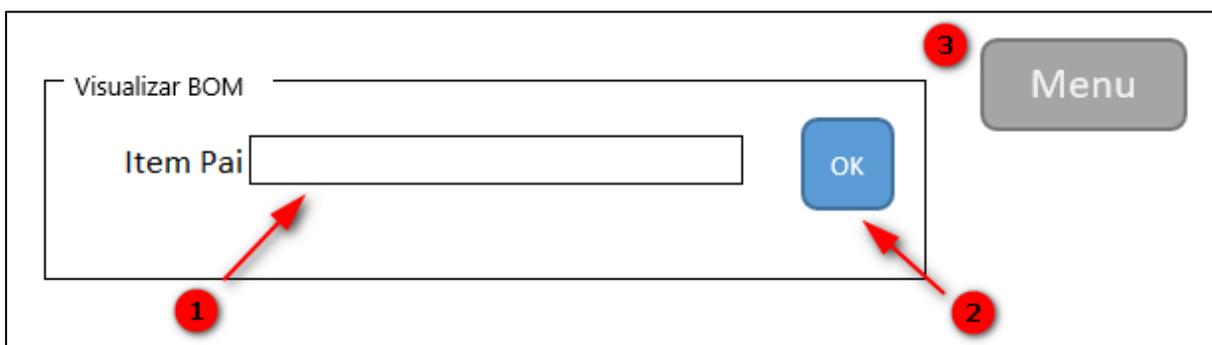
Na Figura 32 estão destacados os campos pertencentes ao módulo:

1. Item Pai: é o *part number* que será criado a lista de material;
2. Descrição do Item Pai: preenchido automático com a informação armazenada no banco de dados;
3. Mensagem: apresenta um *feedback* ao usuário ou orientando em caso de inconsistência;
4. Painel de elaboração da BOM: ambiente que possibilita ao usuário preencher a posição BOM, *part number* do item filho, quantidade e a unidade do item. Já as informações da descrição do item filho e comentário são preenchidos pelo sistema;
5. Status: é resposta sobre a verificação ao item pai informando se possui lista de materiais;
6. Botão Novo: apresenta um novo formulário em branco;
7. Botão Salvar: salva no banco de dados do programa;
8. Botão Menu retorna ao menu.

4.6 Módulo: Visualizar BOM

O módulo destinado para visualização da BOM é composto por: Campo item pai (1); Botão de confirmação (2); Botão de retorno ao Menu principal (3). Como apresentado na Figura 33.

Figura 33 - Visualizar BOM



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O módulo dispõe de um campo destinado para o Item Pai. O campo é preenchido com *Part Number* pelo usuário. Após confirmar a informação, utilizando o botão OK, o sistema consulta o banco de dados para a modelagem da *Bill of Materials*.

A *Bill of Materials* é exibida para o usuário em uma nova janela como demonstrado no Apêndice A. O arquivo é disponibilizado para o uso no processo de fabricação, permitindo a impressão para facilitar o manuseio na área fabril.

Para a empresa a informação relevante ao processo produtivo, é o formato do agrupamento dos componentes para a facilitar o processo de montagem. Entretanto, a variedade de arquitetura de BOM disponível na literatura é utilizada de acordo com a necessidade da empresa. O modelo de BOM gerado facilita o sequenciamento e agrupamento dos produtos proporcionando o aumento de produtividades, recorrente ao encaminhamento dos materiais para o posto correto na empresa estudada.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para melhor entendimento das vantagens apresentada na proposta para a empresa, a ferramenta de modelagem de *BOM* podem obter resultados tangíveis ou intangíveis, ganhando maior competitividade no mercado. Tais resultados proporciona o crescimento da empresa, além de otimizar a comunicação entre setores – projeto e fabricação.

O sistema de modelagem de *BOM* e o gerenciamento dos materiais possibilita a redução de custos no processo. Para a indústria 4.0 a tecnologia não está apenas empregada no produto final, todavia pode estar implementado no processo de fabricação ou na forma que a empresa consegue se comportar em condições adversas do mercado.

A proposta para a implementação da ferramenta desenvolvida na empresa pode auxiliar na integração do projeto com o processo produtivo, além de melhorar no processo decisório. O sistema de identificação dos componentes favorece os setores de compra permitindo eficiência na fase de elaboração de orçamento obtendo informações atualizadas e planejamento os pedidos de compra do mesmo componente para projetos diferentes.

Para a implantação do sistema de modelagem de *BOM* na empresa aconselha-se o desenvolvimento em programação HTML (*Hypertext Markup Language*) para melhor processamento das informações. Por intermédio do estudo realizado para a elaboração do gerenciador de lista de materiais observou-se um ganho potencial para a empresa, portanto sugere-se a implantação da ferramenta para trabalhos futuros. Também a elaboração e implantação de um MPS (*Master Program Schedul - Programa Mestre de Produção*) com o intuito de planejar o sequenciamento das atividades produtivas, ganhando produtividade e controle nos itens da empresa.

6 CONCLUSÃO

A implementação da Indústria 4.0 tem como objetivo otimizar processos através de sistemáticas de inovação aproveitando a questão tecnológica para integrar setores e aumentar competitividade no mercado. O sistema de gerenciamento *BOM* serve para organizar as informações agilizando o processo produtivo e proporcionando um ganho potencial.

A revisão bibliográfica possibilitou compreender que a *Bill of Materials* deve refletir a estrutura do produto, agrupar etapas através de montagem para facilitar o planejamento do processo de fabricação. Entretanto, deve ser administrada corretamente realizando as atualizações de projeto no banco de dados para retratar a realidade do produto, caso contrário pode gerar desperdício de processo e prejuízo financeiro.

A prototipagem de um sistema de modelagem de *Bill of Materials* permitiu constatar que é necessário elaborar uma sistemática de identificação e classificação para tornar possível um gerenciamento da *BOM*.

Constatou-se que o uso de sistema de identificação através de código não-significativo mostrou ser eficiente devido à flexibilidade na manutenção, pois não é necessário controlar os caracteres do *Part Number*. Também um benefício é evitar os erros de interpretação do usuário ao código. A inviabilidade do uso do *Part Number* significativo deve-se à probabilidade de erros de interpretação do usuário; caso for interpretado erroneamente ou forem assinalados dígitos diferentes para uma mesma característica, pode haver impacto na qualidade do produto.

Para os sistemas de classificação não existem conceitos normalizados para implementar na empresa. Porém, por meio de entrevistas para conhecer a necessidade da empresa, viabilizou-se a concepção para o desenvolvimento desse sistema.

Com a classificação de materiais é possível catalogar, simplificar, especificar, padronizar e codificar todos os componentes do estoque da empresa. Portanto, capacita-se a empresa a realizar o controle de estoque e favorece ao orçar componentes para mais de um projeto.

A empresa metalmecânica pesquisada apresentou interesse na ferramenta e tendem a considerar sua implantação. A proposta mostrou ser eficaz para o processo devido ser um sistema simplificado e de custo acessível para uma empresa de

pequeno porte. É válido lembrar que esse recurso deve ser considerado como situação ideal se for desenvolvido em HTML - *Hypertext Markup Language*, pois facilita a visualização e a impressão da *Bill of Materials*.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Marcelo Teixeira. **Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a Rede de Água Inteligente no Brasil**. Tese (Doutorado) USP, 2017. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-28062017-110639/pt-br.php>> Acesso em: 16 set. 2019.

BORLIDO, David José Araujo. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**. Dissertação de Mestrado - FEUP, 2017. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>> Acesso em: 12 set. 2019.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado – FCTUC, 2016. Disponível em <<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>> Acesso em: 12 set. 2019.

COX, J. F. FINCH, B. J. **Strategic of WIP inventory: The impact of bill-of-material shape and plant type**”. *Production and Inventory Management Journal*, v.30, n.1, p.63-66, 1989.

DEIS, P. **Production and Inventory Management in the technology age**, Prentice Hall Incs., Englewood Cliffs, 1993.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística – 5 ed.** - São Paulo: Editora Atlas, 2010.

FILHO, Eduardo Vila Gonçalves. MARÇOLA, Josadak Astorino. **Uma proposta de modelagem da lista de materiais**. *Gestão de Produção*. v.3, n.2, p. 156-172, 1996.

GERHARDT, Tatiana Engel. SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

KAGERMANN, H. et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. n. Abril, p. 4-7, 2013.

MACHINE, Claude. **A evolução da administração da produção nas empresas**

brasileiras nas últimas constitui autêntica revolução nos conceitos e métodos tradicionais de gestão industrial. São Paulo: Revista de Administração de Empresas, 1994.

OLIVEIRA, Caetano. RIBEIRO, José Luis Duarte. **Gestão de estoque a partir da lista de materiais (*Bill of Materials*): o caso de um hospital público universitário.** Graduação em Engenharia de Produção – UFRGS, 2017. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/170958>> Acesso em: 16 set. 2019.

OLIVEIRA, Cristiano Bevitori Maffia. **Estruturação, identificação e classificação de produtos em ambientes integrados de manufatura.** Dissertação de Mestrado – USP, 1999. Disponível em <<http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/514> > Acesso em: 6 out. 2019.

PEINADO, Jurandir, GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção – Operações Industriais e de Serviço.** Curitiba: UnicenP, 2007.

ROZENFELD, Henrique. **Estruturação e Identificação de Produtos em Ambientes Integrados.** São Paulo: Artigo Máquinas e Metais, 1999.

SERRÃO, Claudia Alexandre Coimbra. **Codificação, *Bill of Materials* e Monitorização da Produção na Indústria da Automação.** Dissertação de Mestrado – ISEC, 2015. Disponível em <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/11726>> Acesso em: 16 set. 2019.

SLACK, Nigel. JONES, Aistair Brandon, JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** Editora Atlas 8ª Edição, 2018.

SOLIDWORKS. **Figura 20,** busca rápida. Disponível em: <help.solidworks.com/2012/Portuguesebrazilian/SolidWorks/sldworks/c_LDR_FM_Tree_in_Large_Design_Review.html> Acesso em: 01/11/2019

APÊNDICE A – Visualizar BOM

BOM para o material 10044

Arquivo | C:/Users/Crystiano/Documents/Crystiano%20IFSC/2019-2/TCC%20Adm%20Produção/Protótipo/Tree/tree_output.html

[Expandir tudo](#) [Recolher tudo](#)

Posição	Part Number	Descrição Item	Qtd.	Unidade
▼	10044	Ponte Rolante	1	PÇ
▼	0010	Montagem da Estrutura	1	PÇ
0010	10023	Banzo Superior	1	PÇ
0020	10024	Banzo Inferior	1	PÇ
0030	10025	Alma	2	PÇ
0040	10026	Nervuras Verticais internas	7	PÇ
0050	10027	Nervuras horizontais internas	2	PÇ
0060	10028	Chapa união viga chanfrada	2	PÇ
0070	10029	Apoio da união vida chanfrada	2	PÇ
▼	0020	Montagem sistema de movimentação	1	PÇ
0010	10035	Eixos das rodas	4	PÇ
0020	10036	Rodas	4	PÇ
0030	10037	Engrenagem Coroa	2	PÇ
0040	10038	Engrenage Pinhão	2	PÇ
0050	10039	Encosto do pinhão	2	PÇ
0060	10040	Presilhado eixo	4	PÇ
0070	10041	Arruela de pressão	2	PÇ
0080	10042	Guia parafuso	2	PÇ
0090	10043	Espaçador dos rolamentos	4	PÇ
▼	0030	Montagem do cabeçote	1	PÇ
0010	10030	Chapa união cabeceira	2	PÇ
0020	10031	Perfil da Cabeceira	4	PÇ
0030	10032	Mancais da cabeceira	8	PÇ
0040	10033	Reforço int Cabeceira	6	PÇ
0050	10034	Tampa da cabeceira	4	PÇ
▼	0040	Montagem Painel	1	PÇ
0010	10018	Painel Partida Estrela Triangulo 10CV 220V	1	PÇ
0020	10009	Parafuso Sext ext M10X2x65 INOX	6	PÇ
▼	0050	Montagem Sensor	2	PÇ
0010	10020	Sensor Indutivo LM12-3004NA	1	PÇ
0020	10021	Suporte do Sensor Formato L	1	PÇ

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)