

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

NATÁLIA PEREIRA DOS ANJOS SILVA

INDÚSTRIA 4.0: APLICAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL
EM UMA ENVASADORA DE LÍQUIDOS

ITUIUTABA

2018

NATÁLIA PEREIRA DOS ANJOS SILVA

INDÚSTRIA 4.0: APLICAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL EM UMA
ENVASADORA DE LÍQUIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção, da Faculdade de Ciências Integradas do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo.

ITUIUTABA

2018

NATÁLIA PEREIRA DOS ANJOS SILVA

INDÚSTRIA 4.0: APLICAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL EM UMA
ENVASADORA DE LÍQUIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção, da Faculdade de Ciências
Integradas do Pontal da Universidade
Federal de Uberlândia, aprovado como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção,
pela banca examinadora formada por:

Ituiutaba, 17 de Abril de 2018.

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo (orientador),
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Fernando de Araújo,
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida,
Universidade Federal de Uberlândia

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus,
Ao meu pai César, minha mãe Suely
E minha irmã Marianne.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, autor da minha história, pelo seu amor incondicional pela minha vida e a sua fidelidade, sendo o meu guia e refúgio que me fortalece.

Agradeço aos meus pais César e Suely, e minha irmã Marianne, pelo apoio, companheirismo e por me mostrarem que as dificuldades encontradas foram feitas para serem superadas. Aos meus pais sou eternamente grata por ser filha.

Ao meu orientador anterior, Prof. Dr. Antônio Álvaro de Assis Moura, agradeço pelos conhecimentos compartilhados e sua relevante contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador atual, Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo, sou grata pela compreensão ao concordar em assumir a orientação com o estudo em andamento, pelas instruções e dedicação ao ensino.

Aos membros da Banca, Prof. Dr. Fernando de Araújo e Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida, sou grata pela disponibilidade em me avaliar.

Agradeço aos meus mestres e amigos que me acompanharam nestes anos de aprendizagem, somando e dividindo conhecimento e experiência.

RESUMO

O presente trabalho visa desenvolver a fase do projeto conceitual, como parte do processo de desenvolvimento do produto, aplicado a uma envasadora de líquidos seguindo os lineamentos da indústria 4.0, a fim de propor recursos e ferramentas que alinhem essas duas áreas de estudo. Num mercado cada vez mais exigente e flexível as empresas têm adotado tecnologias cada vez mais inovadoras. Neste cenário, a revolução da indústria 4.0 propicia a adaptação das organizações a este novo ambiente de alta competição. Para atingir este objetivo desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica de caráter descritiva qualitativa, e com base na informação analisada sobre projeto do produto, indústria 4.0 e envasadoras, elaborou-se o projeto conceitual. Dessa forma, este estudo definiu as funções e subfunções que constituem o produto, considerado inicialmente abstrato e complexo. O trabalho evidencia as vantagens dessa nova abordagem industrial e o seu impacto na indústria tradicional, auxiliando na concretização de um produto complexo.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Projeto do Produto. Envasadora.

ABSTRACT

The present work aims to develop the conceptual project phase, as part of the product development process, applied to a bottling machine following guidelines of 4.0 industry, in order to propose resources and tools that align these two areas of study. In an increasingly demanding and flexible market, companies have adopted increasingly innovative technologies. In this scenario, the 4.0 industry revolution allows organizations to adapt to this new environment of high competition. To achieve this objective a qualitative descriptive bibliographic research was developed, and based on the information analyzed on project of product, 4.0 industry and bottling machines, the conceptual project was elaborated. In this way, this study defined the functions and subfunctions that constitute the product, considered initially abstract and complex. The work shows the advantages of this new industrial approach and its impact on traditional industry, helping to achieve a complex product.

Keywords: 4.0 Industry. Project of Product. Bottling Machine.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Processo de desenvolvimento de produto	20
Figura 2- Matriz de avaliação de novidade e complexidade para avaliação do projeto do produto	22
Figura 3- Desdobramento da função total	24
Figura 4- Método <i>FAST</i>	25
Figura 5- Alternativas e solução	27
Figura 6- Matriz morfológica	28
Figura 7- Fluxograma do processo de envasamento	40
Figura 8- Funcionamento envasadora	44
Figura 9- Fluxograma do método <i>FAST</i>	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Matriz morfológica	50
------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CIP	<i>Clean In Place</i>
CPS	<i>Cyber-physical Systems</i>
EPC	<i>Eletronic Product Code</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPv4	<i>Internet Protocol version 4</i>
IPv6	<i>Internet Protocol version 6</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MUR	Modelo Unificado de Referência
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
Wi-max	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA	15
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
1.3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	15
1.4	RELEVÂNCIA DA PESQUISA	16
1.5	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	17
2.1.1	<i>Características do projeto de produtos</i>	18
2.1.2	<i>Escopo do projeto de produtos</i>	19
2.2	MACRO FASES E FASES DO MODELO	20
2.3	PROJETO CONCEITUAL	23
2.3.1	<i>Desdobramento da função total</i>	23
2.3.2	<i>Método FAST</i>	25
2.3.3	<i>Desenvolver alternativas e solução para o produto</i>	26
2.3.4	<i>Matriz morfológica</i>	27
2.4	INDÚSTRIA 4.0	28
2.4.1	<i>Revolução industrial</i>	28
2.4.2	<i>Conceitos base da indústria 4.0</i>	30
2.4.3	<i>Cyber-physical Systems</i>	31
2.4.4	<i>Radio-Frequency Identification</i>	32
2.4.5	<i>Internet of Things</i>	33
2.4.6	<i>IPv6</i>	33
2.4.7	<i>Wireless</i>	34
2.4.8	<i>Big Data</i>	34
2.4.9	<i>Cloud Computing</i>	35
2.4.10	<i>Desafios da Indústria 4.0</i>	35
2.5	ENVASADORAS	36
2.5.1	<i>História</i>	36
2.5.2	<i>Mercado</i>	38
2.5.3	<i>Máquinas e processo de envasamento</i>	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	41
3.2	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	42
3.3	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS	42
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
4	RESULTADOS	43
4.1	FUNCIONAMENTO DA ENVASADORA	43

4.2	UTILIZAÇÃO DO MÉTODO <i>FAST</i>	46
4.3	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO.....	49
4.4	ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO.....	55
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	56
5.3	TRABALHOS FUTUROS	56
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

O presente estudo relaciona os conceitos da Indústria 4.0 com o processo de desenvolvimento do produto, especificamente a fase de projeto conceitual. O relacionamento entre estas duas áreas é evidenciado através de sua aplicação em um caso pontual, uma envasadora de líquidos, ressaltando novas características deste modelo, que incluem alta tecnologia, automação para execução de funções, maior flexibilidade entre outras.

Com relação à indústria 4.0, segundo Banzato (2016), a quarta revolução industrial resultou na integração da rede de internet à produção industrial, controlando as operações através de sensores e máquinas conectadas em rede, comunicando entre si, interligando assim, a realidade com a tecnologia de rede. A tecnologia 4.0 foi implantada juntamente com a automação a fim de otimizar os processos produtivos, aumentando a flexibilidade de produção, através da adaptação das máquinas, agora interligadas à *internet* para a produção diversificada conforme a demanda, e reduzindo o trabalho manual, substituindo a mão de obra humana pela automatizada e exigindo qualificação para a criação e manutenção deste novo processo inovador na indústria.

Segundo CNI (2016) as principais tecnologias utilizadas neste novo processo de produção incluem a internet das coisas, o *big data*, a computação em nuvem, a robótica avançada, a inteligência artificial, novos materiais e a inovação da manufatura aditiva e híbrida. Portanto, esta nova revolução industrial envolve a maior flexibilidade das linhas de produção, o aumento da produtividade e da eficiência no uso de recursos e, até mesmo, a capacidade das empresas de se integrarem em cadeias globais de valor.

Com relação ao desenvolvimento de produtos, para Rozenfeld et al. (2006) este processo inclui as atividades que visam alcançar às especificações do projeto de um produto e de seu processo de produção, a fim de que a manufatura consiga produzir, de acordo com as exigências do mercado e restrições tecnológicas, considerando as estratégias competitivas e de portfólio da empresa. O processo também abrange o acompanhamento do produto após o lançamento no mercado, realizando assim, as eventuais mudanças necessárias nessas especificações, implementando a sua

descontinuidade no mercado, conforme o planejado e incorporando as lições aprendidas durante o seu ciclo.

Especificamente, a fase de Projeto Conceitual, foco deste trabalho, compreende atividades como pesquisa, criação, e seleção de soluções para a questão do projeto, visando assim estabelecer uma programação para a construção do produto. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) a busca por soluções pode ser de patentes, ou até mesmo por *benchmarking*. A criação de soluções é baseada nas especificações do projeto do produto, auxiliado por métodos de criatividade. A seleção de soluções é baseada em métodos que abordam os requisitos predefinidos.

A relação dos dois campos de estudo apresentados, indústria 4.0 e desenvolvimento de produto, tem sido ainda pouco explorada na literatura, motivação para a proposta deste trabalho, o qual usa da aplicação em um contexto específico de uma envasadora de líquidos para explicitar o referido relacionamento.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver a fase do projeto conceitual para uma envasadora de líquidos seguindo os conceitos da indústria 4.0.

1.2.2 Objetivos específicos

Propor ferramentas alinhadas com a indústria 4.0 para a fase do projeto conceitual no processo de desenvolvimento de produtos, a fim de estabelecer as funções do produto, assim como as alternativas e solução para a execução das funções e evidenciar as vantagens do uso da indústria 4.0 para a melhoria organizacional.

1.3 Procedimento metodológico

O trabalho é caracterizado como uma pesquisa de natureza aplicada, por meio da definição do problema é considerada uma pesquisa qualitativa, de acordo com seu objetivo, uma pesquisa exploratória e descritiva; finalmente baseado nos procedimentos metodológicos uma pesquisa bibliográfica teórica conceitual.

1.4 Relevância da pesquisa

O estudo realizado sugere o uso dos princípios da Indústria 4.0 para o desenvolvimento do projeto conceitual de uma envasadora, evidenciando as vantagens desta nova abordagem e seu impacto na indústria tradicional com um todo. A pesquisa também é considerada relevante por auxiliar na concretização de um produto complexo devido à utilização das tecnologias da indústria 4.0, através das ferramentas sugeridas para o desenvolvimento do projeto conceitual.

Adicionalmente, a abordagem do relacionamento entre a indústria 4.0 e o desenvolvimento de produtos mostrou-se recente, sendo o aprofundamento desta relação um dos objetivos deste trabalho, chamando a atenção para futuras pesquisas e sua concretização no setor empresarial.

1.5 Delimitação do trabalho

O trabalho abrange duas áreas de conhecimento e uma aplicação específica. A primeira, o desenvolvimento de produtos, especificamente a fase de projeto conceitual; a segunda, a indústria 4.0; as duas aplicadas em conjunto à realidade de uma envasadora de líquidos.

1.6 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo é elaborada a introdução, descrevendo a pesquisa proposta, assim como o problema a ser resolvido ao longo do estudo, seus objetivos e procedimentos utilizados, informando do que se trata o respectivo trabalho. O segundo capítulo diz respeito ao referencial teórico, com o levantamento de informações e dados, que mais adiante serão analisados e utilizados no desenvolvimento do estudo. O terceiro capítulo se refere aos procedimentos realizados desde o início até o fim do trabalho para que este seja concluído conforme o objetivo proposto inicialmente. O quarto capítulo diz respeito ao desenvolvimento do estudo, demonstrando a aplicabilidade do tema abordado. O quinto capítulo destaca os resultados obtidos através do trabalho, assim como as suas limitações e sugestões para estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desenvolvimento de produtos

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006) o processo de desenvolvimento de produtos engloba as atividades que buscam chegar às especificações do projeto de um produto e de seu processo de produção, para que assim a manufatura possa produzi-lo, a partir das exigências do mercado e das restrições tecnológicas, considerando também as estratégias competitivas da empresa. Envolve também o acompanhamento do produto após o lançamento para que sejam realizadas as eventuais mudanças necessárias nessas especificações, a sua descontinuidade no mercado e a incorporação, no processo de desenvolvimento, das lições aprendidas ao longo do ciclo.

Na literatura são propostas metodologias variadas para o desenvolvimento de novos produtos, de forma que as empresas devem encontrar a que melhor se adeque à sua organização. Segundo Montgomery e Porter (1998), o mercado exige uma metodologia eficaz do desenvolvimento de produto, reduzindo assim os riscos que compõem esta atividade, otimizando o seu planejamento. Entretanto, para Takahashi e Takahashi (2007) a mesma empresa pode definir e seguir diversos processos para cada variedade de projeto de desenvolvimento de produto.

Segundo Faria *et al.* (2008), conclui-se que em uma economia globalizada, a vantagem competitiva de uma empresa está relacionada ao seu potencial de inclusão de novos produtos e serviços no mercado, utilizando-se de tecnologia, qualidade, desempenho, custo e distribuição da cadeia de suprimentos que satisfaçam as especificações dos consumidores. Assim, desenvolver novos produtos que atendam as expectativas dos clientes, ou que as precedam, é essencial para a competitividade das organizações no mercado.

2.1.1 Características do projeto de produtos

Para Rozenfeld *et al.* (2006) as características que diferenciam o desenvolvimento de produtos dos outros processos de negócio envolvem o alto grau de incertezas e riscos dos procedimentos e dos resultados que provém dos mesmos; decisões relevantes devem ser tomadas no começo do processo; dificuldade de alterar as decisões iniciais; as atividades seguem um ciclo composto pelas fases projetar, construir, testar e otimizar; manipulação e geração de grande quantidade de informações, que provém de várias fontes e a diversidade de requisitos a serem satisfeitos no processo.

Conforme Takahashi e Takahashi (2007), é necessário garantir a participação da gerência no planejamento do projeto, cujo momento ainda se pode diagnosticar com antecedência os problemas futuros, solucionando-os enquanto o custo ainda não é elevado. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) nas fases iniciais do projeto são determinadas as soluções construtivas e as especificações do produto, determinando assim, os recursos e as tecnologias necessários, os processos de fabricação, entre outros. Logo, o grupo de desenvolvimento deve estabelecer os parâmetros das peças, construir e examinar o protótipo, definindo assim, os fornecedores e parceiros da cadeia de suprimentos, organizando também o layout do ambiente de produção, a campanha de marketing, a assistência técnica, etc. A seleção de alternativas efetuadas no início da fase de desenvolvimento, refletem em aproximadamente 85% do custo do produto final.

De acordo com Ulrich (1995), pela concepção dos acionistas de uma empresa, o desenvolvimento com êxito reflete em produtos lucrativos em produção e venda. Assim, existem cinco aspectos relacionados ao lucro que são utilizados a fim de classificar o desempenho do desenvolvimento de produto: qualidade do produto, custo do produto, duração do desenvolvimento, custo do desenvolvimento e o aprendizado do desenvolvimento.

2.1.2 Escopo do projeto de produtos

Segundo Takahashi e Takahashi (2007) existem diversas metodologias para o desenvolvimento de produtos, propostas na literatura, constituídas de diversas fases. O desenvolvimento de novos produtos pode ser definido como uma passagem do abstrato e intangível, que constitui as ideias ainda subjetivas, para o concreto e tangível, resultando no produto físico.

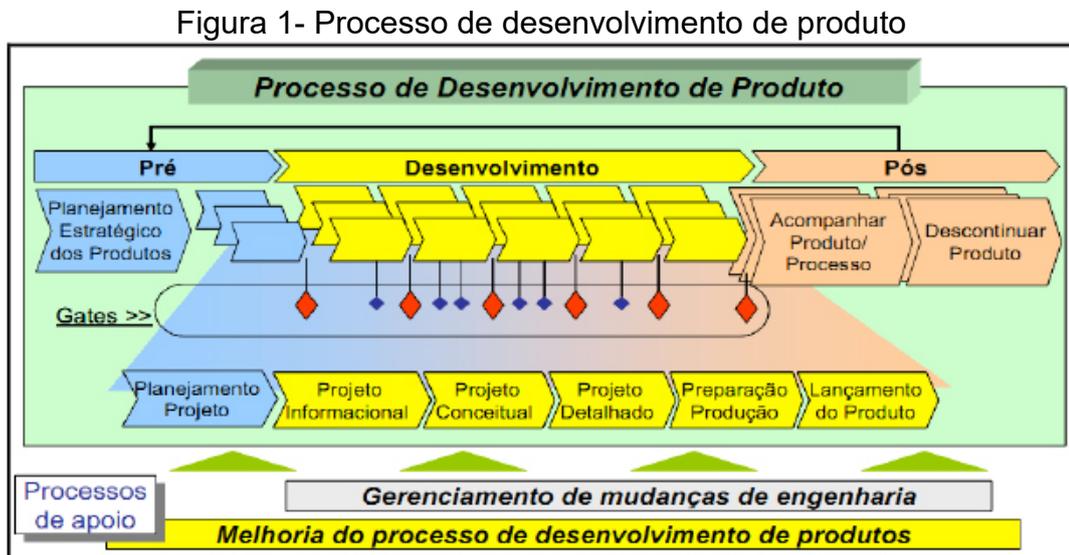
De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006) a Gestão do Desenvolvimento de Produtos refere-se à necessidade de envolver diversas áreas funcionais que incluem atividades de *Marketing*, Pesquisa & Desenvolvimento, Engenharia do Produto, Suprimentos, Manufatura e Distribuição. O modelo de Projeto do Produto apresentado considera a integração com todos esses processos e funções, recebendo e fornecendo informações de produção, distribuição, uso, manutenção e descarte do produto, considerando todo o seu ciclo de vida, compartilhando conhecimentos e atividades.

O Projeto do Produto é usualmente dividido em várias fases, buscando simplificar a compreensão e o controle do processo, em que uma fase é marcada pela conclusão de resultados importantes do projeto. Assim, deve ser baseado em um modelo de referência que alcance a estruturação e integração das atividades, recursos e informações em um plano comum, auxiliando a equipe envolvida no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento.

Portanto Rozenfeld *et al.* (2006) elaborou o Modelo Unificado de Referência (MUR) que foi utilizado como padrão no presente trabalho, pois representa uma metodologia de desenvolvimento do produto com alto nível de detalhamento do processo, sustentando o conhecimento necessário e o estudo mais aprofundado da fase do projeto conceitual apresentado pelo mesmo autor, cuja fase se destaca neste estudo devido ao grau de relevância para se comprovar a importância da utilização dos métodos apropriados desta fase, a fim de construir um produto ainda abstrato, tornando-o concreto.

2.2 Macro fases e fases do modelo

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) o modelo é dividido em macro fases, subdividida em fases e atividades. As macro fases são: Pré- Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós- Desenvolvimento. Os resultados obtidos em cada uma permanecerão fixos quando finalizadas as fases, de forma que a equipe possui acesso às informações de solução, porém não são permitidas alterações a partir de então. Qualquer mudança ocorrerá por um processo controlado, garantindo que a repercussão da mudança seja verificada e os participantes que utilizam daquele resultado sejam avisados. As macro fases e fases do modelo estão representadas na Figura 1.



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

De acordo com Batista *et al.* (2017), na fase de planejamento estratégico, são consideradas as estratégias de mercado e tecnológicas da empresa. O planejamento inclui o conjunto de produtos da empresa e sua ligação com os mercados almejados. Cada mercado é constituído pelo seu respectivo portfólio de produtos da empresa, contendo os produtos em planejamento, os em desenvolvimento e aqueles que já são comercializados, a fim de sustentar um conjunto de produtos qualificados para satisfazer às necessidades dos clientes.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) a fase de planejamento estratégico resulta em dois documentos principais. O primeiro é o portfólio de produtos com a descrição dos produtos que o compõe, as datas de início de desenvolvimento e lançamento,

conforme as perspectivas de mercado e tecnológicas. O segundo constitui um projeto específico, a Minuta do Projeto, contendo a descrição detalhada do produto que determina o projeto, fornecendo a entrada para a fase de planejamento, elaborando assim, um plano detalhado com atividades, prazos, recursos necessários, riscos e uma análise econômico-financeira do projeto.

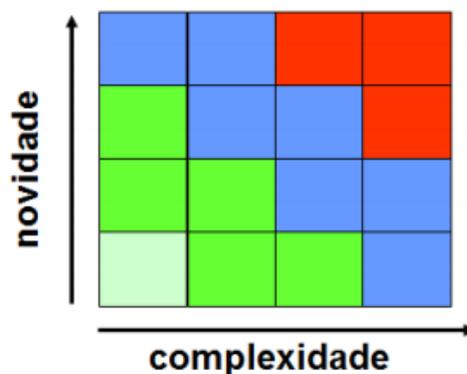
De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006) a macrofase de desenvolvimento apresenta a capacidade tecnológica relacionada ao produto, as características atribuídas e a configuração de produção. A primeira fase do desenvolvimento, o projeto informacional, gera, através do Plano do Projeto, as Especificações-Meta do futuro produto, que são aquelas que se almeja alcançar no final das atividades de engenharia, relacionadas aos requisitos do planejamento do projeto. A seguir, na fase de concepção do produto, as soluções de projeto são estruturadas detalhadamente, a fim de alcançar a melhor solução de forma que atendam às Especificações-Meta estabelecidas. Estas soluções de projeto resultam em documentos, recebendo o nome de Concepção do Produto.

Para Rozenfeld *et al.* (2006) na fase do projeto detalhado, a Concepção do Produto será detalhada e convertida em Especificações Finais, constituídas por documentos, com a descrição dos recursos integrados e seus respectivos processos de fabricação. Assim, são gerados documentos como Protótipo Funcional, Projeto dos recursos e o Plano de fim de vida, determinando os requisitos para descontinuidade e a reciclagem dos produtos. Logo o protótipo é aprovado, o produto pode ser homologado e as especificações finais são revigoradas. Durante a preparação da produção, o produto é certificado baseado em avaliação dos resultados dos lotes piloto, ocorrendo também a homologação da produção, resultando na sua liberação. Logo, sucede a fase de lançamento do produto, finalizando com a emissão oficial de lançamento.

Conforme Mari *et al.* (2017) após o lançamento do produto, inicia-se a sua produção e comercialização sob responsabilidade de outros processos da empresa, assim como de outras áreas e pessoas. No entanto, o desenvolvimento de produtos ainda não finalizou, pois é necessário o acompanhamento do ciclo de vida do produto. Durante a fabricação, esse acompanhamento será garantir a execução de alterações necessárias para aprimorar ou reparar os defeitos identificados, utilizando a assistência técnica e o atendimento ao cliente para este fim. Logo, será necessário auxiliar na descontinuação do produto, isto é, a sua retirada do mercado.

Segundo Freitas *et al.* (2014), os modelos de referência específicos são ajustados a cada tipo de projeto de produto da empresa, submetendo às particularidades do desenvolvimento. A fim de avaliar quão minucioso o modelo de projeto do produto precisa ser, é elaborada uma matriz que classifique a novidade e a complexidade do projeto estruturado, mostrada na Figura 2.

Figura 2- Matriz de avaliação de novidade e complexidade para avaliação do projeto do produto



Fonte: Freitas *et al.* (2014).

De acordo com Freitas *et al.* (2014), os projetos com elevado grau de novidade para a empresa e alto grau de complexidade de tecnologia de inovação a ser implementada, requerem modelos de Projeto do Produto completos e detalhados, representados na Figura 2 pelos quadrados vermelhos do canto superior direito da matriz. Por fim, os projetos de produto mais simples necessitam de modelos mais enxutos, de baixa complexidade, representados pelo quadrado branco do canto inferior esquerdo da matriz.

2.3 Projeto Conceitual

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) diferentemente da fase de Projeto Informacional, que trata da aquisição e conversão de informações, na fase de Projeto Conceitual, a equipe de projeto realiza atividades que se relacionam com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A busca por soluções já existentes pode ser por patentes, ou até mesmo por *benchmarking*. A criação de soluções é livre de restrições, porém direcionada pelas especificações de projeto do produto, e auxiliado por métodos de criatividade. A escolha de soluções é feita baseada em métodos adequados que se apoiam nos requisitos predefinidos.

Conforme Rozenfeld *et al.* (2006) as funções descrevem as capacidades desejadas ou necessárias que tornarão um produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações. Portanto, deve ser definida a função global, que é obtida através da análise dos requisitos funcionais contidos nas especificações-meta do produto. Assim, a função global é desdobrada em subfunções. Após a definição da estrutura de funções do produto, as alternativas de solução são propostas a fim de atender cada uma das funções. Logo, para cada uma dessas opções geradas, é definida a arquitetura composta pela estrutura do produto em termos dos componentes e conexões, originando as concepções que associam informações de estilo e fornecedores. São apresentados a seguir os diversos métodos na literatura para modularizar as funções complexas.

2.3.1 Desdobramento da função total

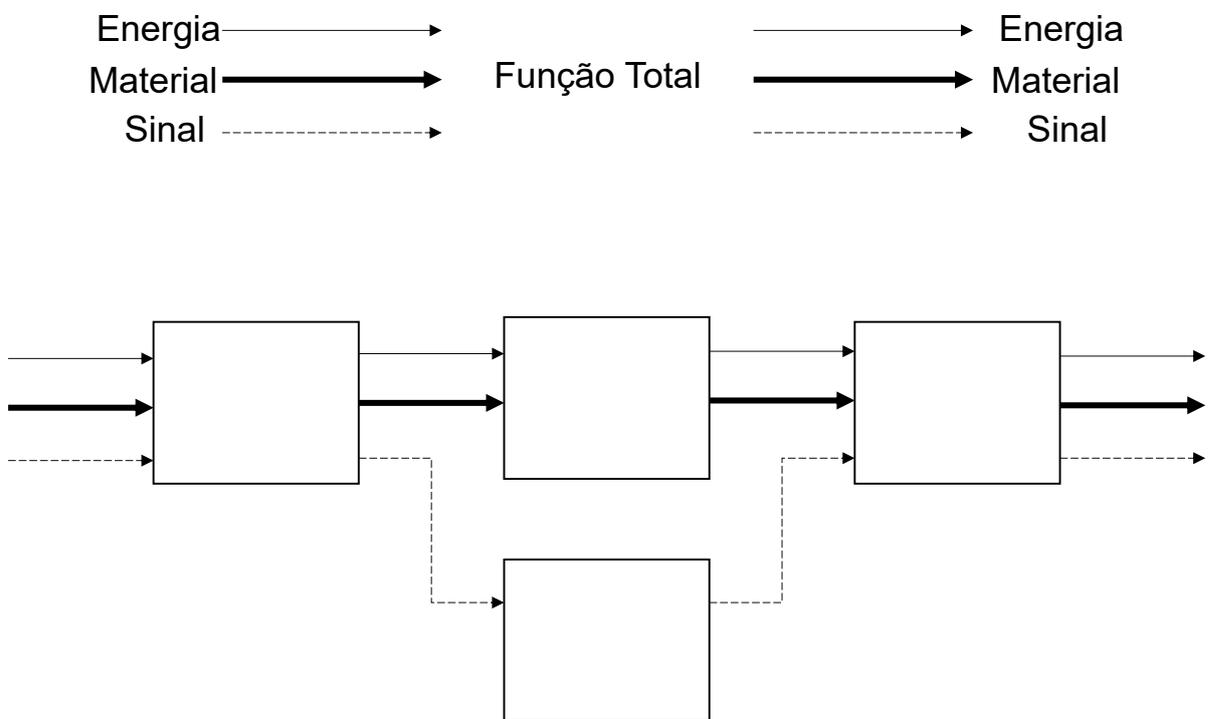
De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006) a elaboração da função total do produto auxilia a equipe de desenvolvimento a resumir as expectativas do produto projetado, contribuindo também com o processo de estruturação funcional do produto. A decomposição da função global possibilita a realização de diferentes estruturas funcionais que satisfaçam a função global. Essas estruturas funcionais alternativas podem ser alcançadas pela divisão ou combinação de funções, alteração da disposição ou ligação de funções individuais.

Para Simon *et al.* (2011) pode-se utilizar uma matriz de decisão para escolher a melhor alternativa entre as estruturas funcionais geradas. A principal dificuldade é estabelecer os critérios de seleção para um modelo do produto ainda abstrato. A lista

de especificações-meta do produto é o principal critério; porém, é raro que as estruturas de função sejam livres de pressuposições físicas, permitindo o confronto entre as diferentes estruturas funcionais.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) a função principal do produto é decomposta hierarquicamente em subfunções, de forma que, quando todas elas são executadas, a função global do produto é realizada. Assim, cada subfunção é realizada por um diferente componente, representado na Figura 3.

Figura 3- Desdobramento da função total



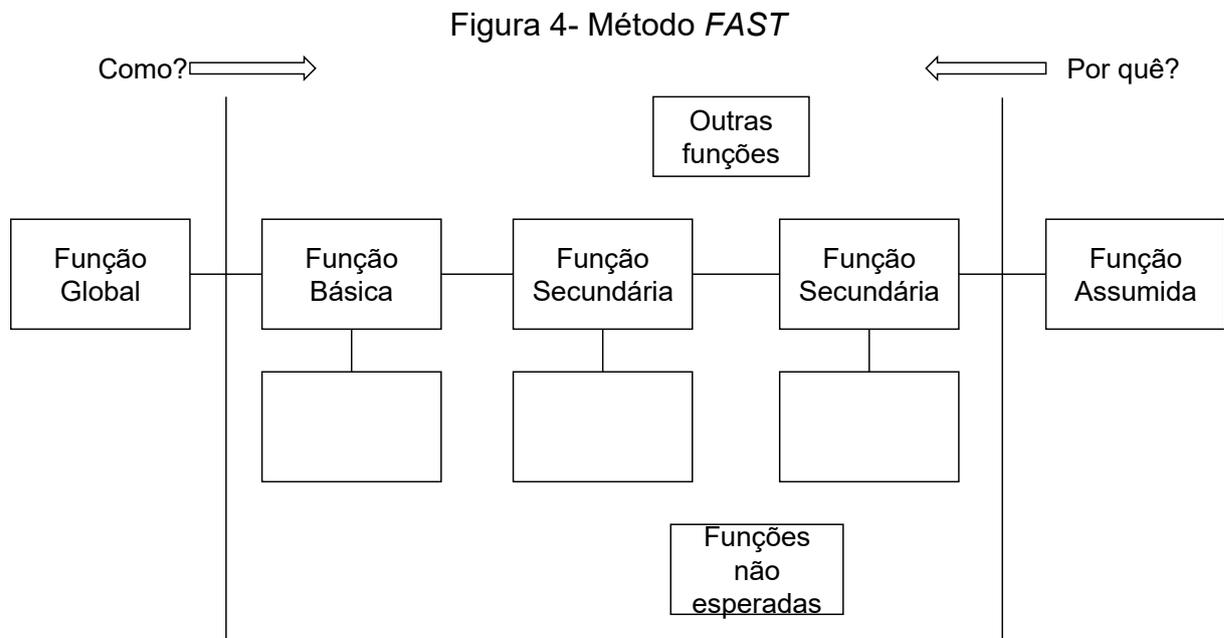
Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Para Rozenfeld *et al.* (2006) as árvores de função se caracterizam pela simplicidade e rapidez de construção; porém, não oferecem uma representação das interações entre as funções decompostas.

2.3.2 Método FAST

Trata-se de um método que foi criado por Charles W. Bytheway em 1963, que é utilizado para definir, analisar, entender as funções do produto e a sua interação. Para *Value Analysis Canada* (2017) esta é uma técnica utilizada para representar graficamente as relações lógicas entre as funções de um produto, baseado nas perguntas "Como" e "Por que" com orientação horizontal, conforme indicado na Figura 4. A técnica do sistema de análise de funções contribui para o pensamento objetivo do problema e a identificação do escopo do projeto mostrando as relações lógicas entre funções. A organização das funções em um diagrama de função lógica, permite que a equipe identifique todas as funções necessárias. O diagrama *FAST* pode ser usado para verificar e ilustrar, como as funções propostas atendem as necessidades do projeto e identificar as funções desnecessárias, duplicadas ou ausentes.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), inicia-se com a função global, questionando “como” a função será obtida, buscando-se uma perspectiva mais específica. Essa linha de pensamento é lida da esquerda para a direita. A fim de concentrar o problema em um nível mais elevado, pergunta-se o “por que” a função é realizada. Essa linha de lógica é lida da direita para a esquerda.



Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006) a função global do produto é colocada na parte superior esquerda do diagrama, e a função colocada à direita da função global representa o propósito do produto, designada função básica. As subfunções obtidas através dos questionamentos “como” são adicionadas à direita da função básica. Entretanto, a realização de cada função secundária pode introduzir efeitos indesejáveis, exigindo a criação de novas funções para aliviar tais efeitos, considerando que essas funções são colocadas na direção vertical. Existem, ainda, as funções que o produto pode possuir e que não aparecem no processo de decomposição, as quais são colocadas na parte superior do diagrama.

De acordo com *Value Analysis Canada* (2017), três perguntas-chave são abordadas em um diagrama rápido, são elas:

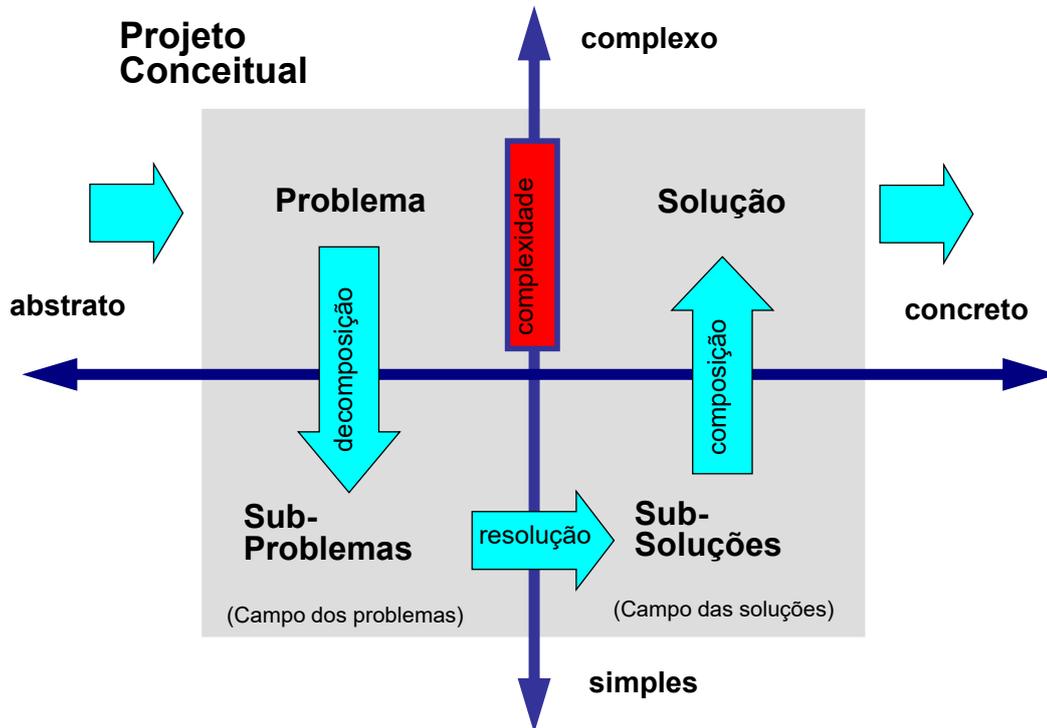
1. Como se consegue essa função?
2. Por que realiza essa função?
3. Quando essa função é executada, quais outras funções devem ser realizadas?

Segundo *Value Analysis Canada* (2017) o desenvolvimento de um diagrama *FAST* é um processo criativo que permite a comunicação entre os membros da equipe, possibilitando uma compreensão compartilhada do projeto, facilitando assim, a identificação das funções que faltam; definição, simplificação e esclarecimento do problema. Não existe um diagrama *FAST* correto, mas sim um método válido para simbolizar a lógica em um diagrama.

2.3.3 Desenvolver alternativas e solução para o produto

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), assim que as alternativas de princípios de solução são desenvolvidas para as diversas funções selecionadas para o sistema, é realizada a combinação dos princípios de solução individuais, resultando nos princípios de solução totais para o produto, representando o modelo conceitual, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5- Alternativas e solução



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Logo, uma ferramenta relevante para a combinação de princípios de solução individuais em princípios de solução totais para o produto é a matriz morfológica.

2.3.4 Matriz morfológica

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) a matriz morfológica ordena as funções que compõem a estrutura funcional selecionada para o produto e as várias possibilidades de solução que satisfazem a realização das funções. A matriz morfológica permite uma análise das possíveis configurações para o produto projetado. Assim, é construída com a primeira coluna possuindo as funções identificadas anteriormente, na atividade de estruturação funcional. Então é gerada a maior quantidade possível de princípios de solução para cada uma das funções do modelo. Logo, esses princípios de solução são combinados, resultando nos princípios de solução totais para o produto. A representação dos princípios de solução é tipicamente abstrata, não possuindo uma geometria específica. A Figura 6 mostra um exemplo com alternativas de solução para o produto. Os princípios de solução totais criados podem ser

representados por esboços, croquis, diagramas de blocos, descrições textuais, entre outros.

Figura 6- Matriz morfológica

Agrupar mexilhões											
Agitar mexilhões											
Extrair detritos dos mexilhões											
Lavar mexilhões											
Separar detritos											
Guiar água com detritos											
Coletar água com detritos											
Pegar mexilhões											

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Para Rozenfeld *et al.* (2006), após a geração dos princípios de solução, deve-se integrá-los. Assim, um grande número de combinações é possível; entretanto, existem restrições em razão da compatibilidade física entre os princípios de solução e o próprio compartilhamento de funções.

2.4 Indústria 4.0

2.4.1 Revolução industrial

Segundo Dathein (2003) o avanço tecnológico tem promovido diversas modificações nos processos produtivos, com repercussões amplas não somente na indústria como também na sociedade, que foram chamadas de revoluções. A fim de facilitar e otimizar a produtividade, elas se aproveitaram da tecnologia, expandindo-se pelo mundo.

Para Machado (2016) a primeira revolução tecnológica, que é reconhecida como revolução industrial, ocorreu no final do século XVIII, com o pioneirismo da Inglaterra. Para Machado, o marco desta revolução é a utilização da energia a vapor,

extraída do carvão vegetal, como fonte energética básica, em substituição às formas tradicionais de energia mais utilizadas até então, como energia movida a tração animal e energia hidráulica. Também é enfatizada a introdução de máquinas, transformando processos até então artesanais ou manuais, em mecânicos e, por fim, a disseminação da divisão do trabalho.

De acordo com Machado (2016) a segunda revolução tecnológica, também chamada de segunda revolução industrial, ocorreu na metade final do século XIX, simbolizada pela alteração da energia a vapor pelo petróleo e pela eletricidade como fontes energéticas básicas e pelo surgimento da linha de montagem, proporcionando a produção em massa. Essas novas fontes energéticas favoreceram às empresas uma capacidade superior, ampliando o potencial produtivo dos países que se aderiram à essa revolução. Surgiu em sequência, outra fonte energética, a energia nuclear. Porém, por seu elevado poder de destruição, comprovado nos bombardeios de *Hiroshima e Nagasaki*, foi permitida com utilização limitada, não promovendo, assim, outra revolução tecnológica.

A terceira revolução industrial, que se propagou na segunda metade do século XX, é constituída pelas tecnologias destinadas à geração e transmissão de informações e também pela engenharia genética. Schwab (2016) afirma que esta é chamada de revolução digital, pois foi impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação e da *internet*, redução do tamanho dos computadores, associada ao fenômeno da globalização, acompanhada pela criação de áreas de livre comércio, blocos econômicos integrados e pela interligação dos mercados internacionais. Conforme BDI (2013), é marcada pela introdução do computador no chão de fábrica, utilizando dispositivos que permitem a gestão do processo de produção, favorecendo a tomada de decisões.

A quarta revolução industrial, também chamada de indústria 4.0, ocorre nas primeiras décadas do século XXI e, segundo Schwab (2016) baseia-se na revolução digital, caracterizando-se pela maior mobilidade da *internet* e a sua globalização, por sensores reduzidos e mais eficientes que se tornaram mais baratos, e também pela inteligência artificial e aprendizagem automática.

2.4.2 Conceitos base da indústria 4.0

Segundo Banzato (2016) o termo indústria 4.0, reconhecido como “fábrica inteligente”, foi utilizado primeiramente na Alemanha, que se tornou pioneira nesta revolução industrial. Assim, foi desenvolvido e apresentado um projeto pela primeira vez em 2011 na feira de *Hannover*, e, em 2012 foi recomendado ao governo federal Alemão a sua implantação, conforme as orientações planejadas. Logo, em 2013, foi publicado um trabalho relacionado ao desenvolvimento da indústria 4.0.

Segundo CNI (2016) a integração da digitalização à produção industrial desencadeou o conceito de Indústria 4.0, isto é, a 4ª revolução industrial, reconhecida pelo controle da produção realizado através de sensores e equipamentos conectados em rede e da junção do real com o virtual, constituindo assim, o sistema ciber-físico e possibilitando o emprego da inteligência artificial. A fim de otimizar os processos produtivos, a “Indústria 4.0” surge introduzindo inteligência nas máquinas, integrando-as com o sistema de *internet* para que assim, tenham acesso a informações necessárias para a produção de cada produto. Esse sistema juntamente com a automação, torna a produção mais flexível para o mercado consumidor.

Tagliani (2015) ressalta que a indústria 4.0 realiza a conexão entre as informações reais da rede com a produção das máquinas, contribuindo para a comunicação instantânea da execução de atividades do processo e da cadeia de suprimentos, facilitando o seu planejamento e gerenciamento. Os sistemas centralizados de controle das fábricas são substituídos pela inteligência descentralizada através da comunicação máquina a máquina (*Machine to Machine*). O conceito de Indústria 4.0, engloba também as etapas da cadeia de valor do desenvolvimento de produtos, como projeto, desenvolvimento, experimentos, tanto quanto a simulação das possibilidades de produção até o pós-venda. Nesse novo cenário industrial os sistemas embutidos espertos trabalham juntos comunicando-se sem fio, revolucionando assim a produção.

Segundo CNI (2016) a indústria 4.0 é composta por maior número de componentes tecnológicos para a integração deste novo sistema que inclui a *internet* como inovação na indústria, substituindo ainda mais a mão-de-obra humana pela automatizada na operação da fábrica. As principais tecnologias habilitadoras por trás dessa revolução incluem a internet das coisas, o *big data*, a computação em nuvem, a robótica avançada, a inteligência artificial, novos materiais e tecnologias de

manufatura aditiva (impressão 3D) e manufatura híbrida (funções aditivas e de usinagem em uma mesma máquina).

De acordo com CNI (2016), a indústria 4.0 possibilita a redução dos prazos de lançamento de produtos no mercado, a ampliação da flexibilidade das fábricas, expandindo a produtividade e eficiência na utilização de recursos, assim como, o potencial de integração das empresas em cadeias globais de valor. Assim, o aumento da flexibilidade das fábricas permite a customização em massa, conforme os requisitos dos diversos consumidores.

Na sequência são descritas as ferramentas geralmente envolvidas na indústria 4.0, visando o melhor entendimento e aprofundamento no assunto.

2.4.3 Cyber-physical Systems

Para Frazzon *et al.* (2015) é necessário integrar as tecnologias inovadoras que estão inseridas na cadeia produtiva, aos procedimentos de planejamento e controle da produção, e também à otimização da relação homem-máquina. A comunicação da informação necessária, com o horário e formato adequado, é relevante para o gerenciamento do processo, a fim de aumentar a produtividade, tornando-a mais eficiente. O planejamento e controle do processo produtivo, juntamente com a sua cadeia de suprimentos, recebem o auxílio de tecnologias fornecidas por *Cyber-physical Systems* (CPS), tornando-se um desafio a ser atingido. Tais sistemas possibilitam a sincronização e supervisão das funções executadas pelos membros do processo, resultando em uma adaptação eficiente a fim de solucionar perturbações internas e externas.

De acordo com Frazzon *et al.* (2015), um CPS integra o potencial dos sistemas embarcados e a capacidade de comunicação por uma diversidade de tecnologias, permitindo a incorporação de sistemas ciber-físicos. Portanto, o CPS realiza a conexão entre as tecnologias do processo produtivo com a informação e a comunicação; integrando com o planejamento e controle inteligentes.

Para Rajkumar (2012) o CPS integra os componentes cibernéticos de processamento e comunicação com os recursos de sistemas físicos. Segundo Kannengiesser & Muller (2013), o potencial de se atualizar ao ambiente e a sua situação é um dos seus princípios. Portanto, é necessário a utilização de sensores

para se obter as informações espontâneas a respeito do ambiente produtivo, compondo a estrutura da implantação dos sistemas ciber-físicos.

2.4.4 Radio-Frequency Identification

Para Silveira (2016) o sistema *Radio-Frequency Identification* RFID (Identificação por radiofrequência) trabalha com o envio de informações de radiofrequência, sem fios, de um dispositivo móvel para um leitor. O sistema de identificação por radiofrequência tem conquistado espaço no mercado devido às diversas vantagens que oferece, com estrutura composta por *transceiver* (leitor com antena), *transponder* (etiqueta, *tag*) e computador.

Segundo Boechat *et al.* (2009) o princípio de funcionamento do RFID se refere à emissão de um sinal de radiofrequência pelo leitor, através da antena, incorporada ao leitor ou a um fio ligado à este, a fim de identificar as *tags* que captam o sinal e o transmite, quando está inserido na área de cobertura pelo leitor. Assim, a *tag* responde ao leitor por radiofrequência, emitindo os dados contidos na etiqueta, relacionados ao produto. Logo, o leitor encaminha essas informações para o sistema computacional que possui um *software* específico instalado para reconhecer a *tag* e identificar os dados inseridos nesta.

Conforme Boechat *et al.* (2009) o desempenho do leitor não depende de um contato visual com o produto, já que este funciona através da emissão de radiofrequência, induzindo assim, as ondas eletromagnéticas. Existem dois tipos de leitores, o de leitura e o de leitura e escrita, cuja escolha depende da *tag* utilizada, juntamente com a sua finalidade. O *transponder*, conhecido como *tag* ou etiqueta, possui três componentes que incluem o *chip*, que é o circuito integrado responsável pela comunicação com o leitor; a antena (bobina), que recebe e transmite o sinal das ondas para o leitor; e o encapsulamento, que protege o *chip* e a antena. Assim, cada etiqueta possui um número de identificação único chamado de *Electronic Product Code* (EPC). As *tags* podem ser ativas ou passivas; as ativas possuem bateria interna e maior alcance, já as passivas são alimentadas pelo campo magnético, com alcance reduzido, porém é mais durável.

Para Boechat *et al.* (2009) a maior vantagem desse sistema é a independência de contato físico para abastecer as etiquetas e a leitura dos dados, realizado somente por indução eletromagnética. Assim, possui ampla capacidade de armazenamento de

dados relacionados ao produto, facilitando o recebimento de informações a respeito da data de fabricação e venda, quantidade em estoque, validade, entre outros.

2.4.5 Internet of Things

Conforme Roberto *et al.* (2017) *internet of things* (internet das coisas) é denominado uma revolução tecnológica que possui a finalidade de integrar as máquinas à rede mundial de computadores, através da *internet*. Assim, esta permite que a tecnologia desenvolvida para as máquinas ative outros mecanismos, sem incorporar o envolvimento humano com a interface, cuja realidade é comum com a *internet*, resultando em um volume de dados mais amplo e relevante. Portanto, *internet of things* favorece a conexão de todas as máquinas e dispositivos com a *internet*, a fim de combinar o mundo digital com o físico, empregando para isto, *Cyber-Physical Systems* com sensores inteligentes, de forma que os equipamentos se comuniquem sem a interferência humana.

2.4.6 IPv6

Segundo Roberto *et al.* (2017) embora as empresas desenvolvam diferentes tipos de protocolos, todos necessitam utilizar a *internet* como rede de comunicação. Para conduzir os dados produzidos, é necessário a utilização o IP (*Internet Protocol*), protocolo designado ao endereçamento das máquinas, conectando assim à *internet* e, identificando o percurso que transmite a informação ao seu destino, através dos algoritmos de roteamento. Portanto, devido ao aumento da quantidade de dispositivos conectados à *internet*, faz-se necessário a transição do protocolo IP para sua versão 6, conhecido como IPv6.

Para Roberto *et al.* (2017), com o avanço da *internet* devido ao crescimento de rede, surgiu o impasse da escassez dos endereços computacionais IPv4, gerando uma nova concepção do protocolo IP. Para Roberto *et al.* (s.d.), a solução seria a aplicação do protocolo IP na versão 6 (IPv6), sigla para *Internet Protocol version 6*, ampliando o espaço para o endereçamento. O IPv6 contém um número que representa o endereçamento, que, conforme Pierini (2014), satisfaz a demanda de *internet* até então. Este apresenta 128 bits disponíveis no endereço, que resulta em $3,4 \times 10^{38}$ IPs, permitindo assim, a alocação de até $3,4 \times 10^{38}$ endereços diferentes.

2.4.7 Wireless

De acordo com Rede Linux IME-USP (2005) a palavra *wireless* origina-se do inglês: *wire* (fio); *less* (sem); traduzindo: sem fios. Logo, *wireless* constitui a conexão para transferência de informação, independente da utilização de fios. O funcionamento da rede sem fio ocorre por um conjunto de sistemas conectados através da tecnologia de rádio pelo ar. O sistema *wireless* tem se desenvolvido rapidamente, devido à facilidade de instalação e utilização. Este modelo de comunicação é composto por tecnologias como Wi-Fi, *InfraRed* (infravermelho), *bluetooth* e Wi-Max, que é a interface sem fio para redes metropolitanas.

Rede Linux IME-USP (2005) aponta que as WLANs transmitem as informações entre os pontos da rede por meio do uso de portadoras de rádio ou infravermelho. Assim, na sua estrutura, as informações são moduladas na portadora de rádio e enviados por meio de ondas eletromagnéticas. A fim de extrair os dados, o receptor se conecta à frequência específica e exclui as outras. Assim, o dispositivo transmissor/receptor é conectado a uma rede local *Ethernet* convencional com fio. Logo, os pontos de acesso, possibilitam a comunicação com a rede convencional, assim como mediam o tráfego com os pontos de acesso vizinhos.

2.4.8 Big Data

Intel IT Center (2014) afirma que houve uma expansão sem igual na quantidade de dados utilizados nas corporações mundiais. O conceito de *big data* diz respeito ao amplo volume de informações variadas, que são encaminhadas com uma rapidez excepcional. Existem três características, chamadas de “Vs”, que apresentam o que é o *big data*, que são volume, variedade e velocidade. Assim, a movimentação de dados é iniciada através de máquinas conectadas a computadores e *smartphones*, sensores e câmeras de trânsito; possuindo características diversas, com formatos que incluem documento, imagem, vídeo, entre outros.

2.4.9 Cloud Computing

Segundo Silva (2010) a computação na nuvem ou *Cloud Computing* permite ao usuário a utilização de serviços, independente do local e da estrutura, necessitando somente de um terminal conectado à “nuvem”. O conceito de nuvem apresenta característica de espaço desconhecido, que possui somente início e fim. Portanto, essa nomenclatura foi empregada neste novo sistema, a fim de representar que a infraestrutura e recursos computacionais permanecem “escondidos”, possibilitando o acesso ao usuário através de uma interface padrão que proporciona a utilização dos diversos serviços.

Para Hurwitz *et al.* (2010) a nuvem é composta pela *internet*, envolvendo a infraestrutura de comunicação, constituída por *hardwares*, *softwares*, interfaces, redes de telecomunicação, mecanismos de controle e de armazenamento que possibilitam a utilização da computação aplicada ao serviço. Portanto, a computação na nuvem constitui um novo sistema de serviço que oferece os diversos tipos de processamentos, infraestrutura e armazenamento de dados por meio da *internet* (como elementos isolados ou plataforma completa), atendendo a necessidade do usuário.

De acordo com Silva (2010) é preciso coletar todas as informações dos usuários em núcleos de armazenamento, denominados *data centers*, transmitidos em formato de serviços fornecidos através da *internet*. O provedor é encarregado de coordenar a infraestrutura da nuvem, assegurando o nível do serviço e a segurança de informações. Assim, o desenvolvedor é responsável pelo fornecimento de serviços para o usuário, por meio da infraestrutura concedida pelo provedor, que utilizará os recursos disponibilizados pela nuvem.

2.4.10 Desafios da Indústria 4.0

Segundo CNI (2016) a incorporação da Indústria 4.0 no Brasil enfrenta desafios que incluem os investimentos em equipamentos de alto nível tecnológico, a adaptação de *layouts* no ambiente produtivo para a interligação das máquinas, adequação de processos e ligação entre empresas na cadeia produtiva, inovação e formação de competências, entre outros. A fim de que as informações que conciliam a solicitação de compra, a fabricação e a logística, sejam transmitidas de maneira autônoma,

através das próprias máquinas, é necessário um maior gerenciamento do sistema produtivo e a aplicação da engenharia em níveis mais complexos, de forma que atenda às necessidades de produção.

De acordo com McKinsey (2015) a incorporação do sistema produtivo da Indústria 4.0 nas empresas, possibilita, até 2015, a redução de 10% a 40% de custos relacionados à manutenção de máquinas, diminuição de 10% a 20% do consumo de energia e aumento de 10% a 25% da eficiência produtiva, além de outros impactos resultantes de sua implantação, exigindo um novo quadro de política industrial no Brasil, de forma que se adapte à essas mudanças. As inovações tecnológicas no sistema produtivo da indústria 4.0 requerem profissionais com alto nível de conhecimento técnico, integrando as diversas áreas de conhecimento, de forma que atendam aos requisitos de competência necessários para a execução das atividades do processo.

CNI (2016) afirma que as soluções para estes desafios envolvem a incorporação de experimentos das tecnologias aplicadas à indústria 4.0, a melhoria na tributação designada às áreas específicas, a fim de possibilitar a aprovação do investimento necessário para a sua implantação, assim como o desenvolvimento de novos recursos, permitindo a adoção das tecnologias inovadoras deste contexto.

2.5 Envasadoras

2.5.1 História

Segundo Pedroso (2014) a revolução industrial impulsionou o enriquecimento da classe média, assim o luxo ocupou as festas da burguesia, com a utilização do vinho como principal bebida. A crescente demanda da bebida propiciou a sua produção em maior escala, e no final do século XIX foi criado o método *Charmat*, que compreende em provocar a segunda fermentação em recipientes grandes de aço inoxidável, denominados autoclaves, para assim, realizar o engarrafamento em alta pressão. Apesar de ser patenteada pelo francês Eugène Charmat, em 1907, os italianos reivindicam a autoria da inovação, alegando ser criada pelo enólogo piemontês Federico Martinotti.

No caso da água mineral, de acordo com Santos e Bressan (2011) a indústria de envasamento se iniciou ao longo do século XIX, devido às suas propriedades

medicinais. Logo, eram vendidos em frascos cheios, a fim de serem levados para casa. Assim, com o desenvolvimento dos transportes, principalmente ferrovias, efetuou-se a abertura do comércio para os países vizinhos.

Com relação à cerveja, de acordo com Pedroso (2014) no final do século XVIII, o engenheiro escocês James Watt criou a máquina a vapor. Logo, aproximadamente um século depois, o francês Louis Pasteur descobriu o método da pasteurização, através de seus estudos relacionados ao fermento e micro-organismos, proporcionando à indústria maneiras mais eficientes de preservação do produto, e através do alemão Carl von Linde surgiu a refrigeração artificial. Assim, essas evoluções impactaram na fabricação da cerveja. Em 1892, a tampinha metálica denominada coroa foi patenteada por um irlandês nos Estados Unidos, William Painter, o que, aliado ao crescimento da indústria do vidro, possibilitou a comercialização da cerveja em garrafas, permitindo a sua locomoção até as residências.

Logo, cevadas melhores surgiram e a tecnologia foi aprimorada para a obtenção da levedura pura, influenciando desde a indústria farmacêutica até a viticultura, utilizando a biotecnologia. Segundo Pedroso (2014) as técnicas utilizadas na aceleração da maltagem, fermentação e maturação revolucionaram os processos de fabricação, preservando também a qualidade da cerveja. Contudo, os cervejeiros buscavam a inovação mais do que os vinicultores e utilizavam um equipamento higiênico com temperatura controlada. Assim, durante o século XX, foi criada a primeira cerveja em lata de alumínio nos Estados Unidos, resultando no crescimento do consumo.

Segundo Júnior *et al.* (2018) no Brasil, a produção de refrigerantes possui a maior demanda do mercado de bebidas, seguido pela produção de cervejas. Assim, este setor tem gerado milhares de postos de trabalho. A cadeia produtiva das bebidas industrializadas é composta pela fabricação, pelo fornecimento de insumos e pela distribuição do produto até o ponto de venda. Os principais recursos utilizados nas cervejarias são silos de armazenagem, moinhos, filtros, tanques, caldeiras, trocadores de calor e esteiras. Assim, a produção possui um nível maduro de tecnologia, com pontos de melhoria relacionados à redução do consumo de água e de energia, como também à diminuição da emissão de CO₂ e de resíduos.

De acordo com Júnior *et al.* (2018) as grandes empresas que produzem por linhas de envase com alta velocidade de enchimento de latas e garrafas, possuem poucas alternativas para escolha de fornecedores já que estas máquinas dispõem de tecnologia dominada por poucos fabricantes de atuação mundial. O suprimento para as embalagens utilizadas é composto de garrafas de vidro, rótulos, rolhas metálicas (tampas) e latas de alumínio. As empresas líderes do setor de bebidas verticalizam sua demanda de rótulos, rolhas metálicas e uma parte dos recipientes. O envase pode ser feito em garrafas, latas ou barris. O canal de distribuição pode incluir os próprios centros de distribuição e contratos com empresas terceirizadas.

2.5.2 Mercado

Segundo Júnior *et al.* (2018) o mercado de bebidas no Brasil é caracterizado pela sua alta concentração de fabricantes e comerciantes do seguimento. Assim, existem grandes obstáculos para a inserção de novos concorrentes, principalmente devido à necessidade de se obter cadeias produtivas com demanda em larga escala, a fim de reduzir os custos, oferecendo preços competitivos para explorar as oportunidades de economias. Esta tendência de concentração é uma característica do mercado global do setor, cujas transformações ocorridas nos últimos anos resultaram em fusões, aquisições e licenciamentos de marcas entre companhias de atuação mundial, demonstrando o dinamismo.

Júnior *et al.* (s.d.) afirma que a empresa que mais se destaca no mercado brasileiro de bebidas é a *Ambev*, fundada em 1999 através da fusão das companhias rivais, *Cervejaria Brahma* e *Antarctica Paulista*, sendo assim, transformada posteriormente na maior empresa de produção e comercialização de bebidas do mundo, a *AB Inbev*, formada após comprar a maior cervejaria americana em 2008, a *Anheuser-Busch* (fabricante da cerveja *Budweiser*, entre outras), e se juntar à belga *Interbrew*. Com amplo portfólio de produtos, é responsável pela produção de cervejas, refrigerantes, sucos, energéticos, isotônicos, água e chás das marcas mais conhecidas e consumidas no mundo, utilizando linhas de envase com alta velocidade de enchimento de latas e garrafas.

De acordo com Santos e Bressan (2011) as empresas que fabricam envasadoras com maior representatividade no mercado, conhecidas como

fornecedoras para as indústrias de bebidas que as utilizam são ZELGA©, DELGO© e CarbonaTech©.

2.5.3 Máquinas e processo de envasamento

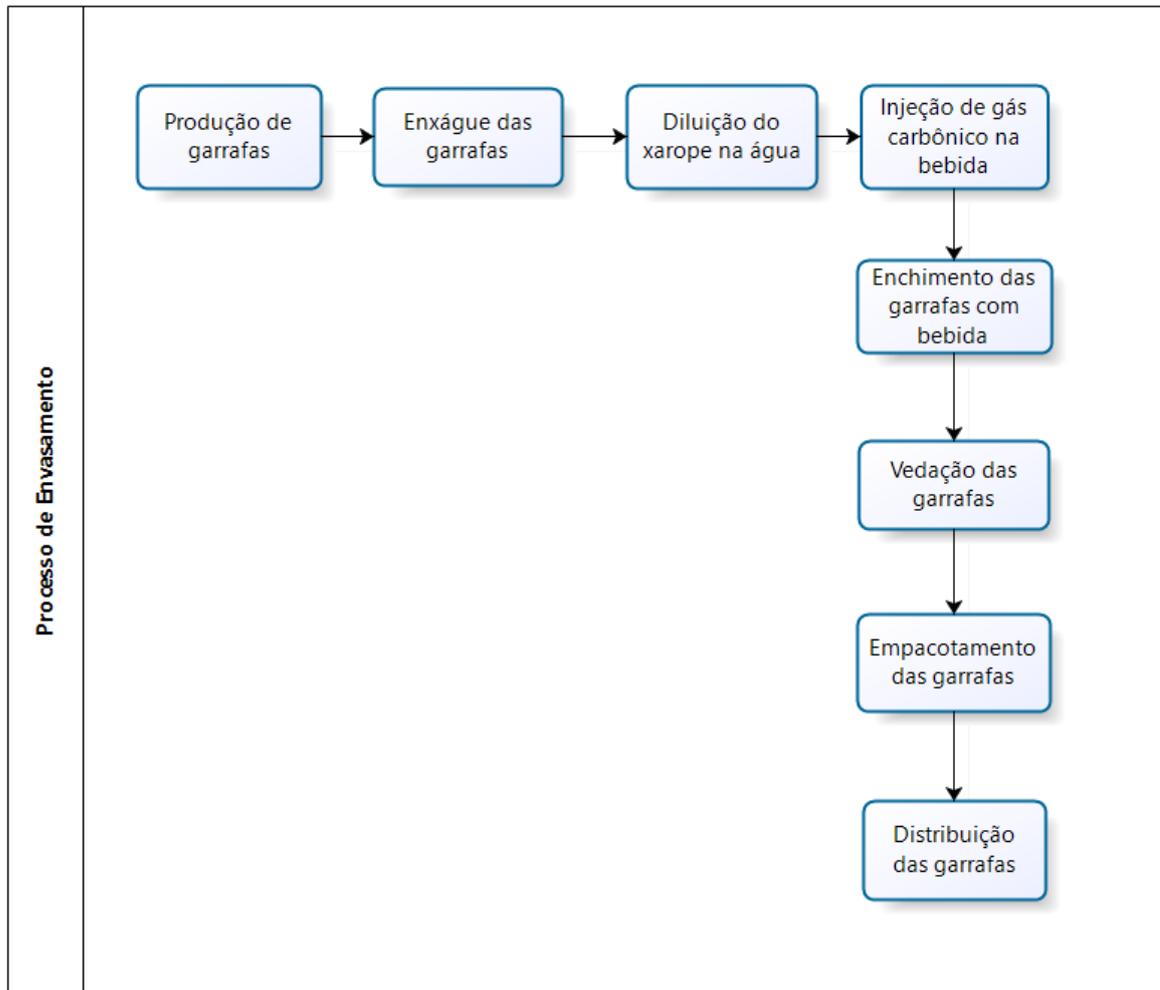
Segundo Santos e Bressan (2011) a linha de envase de refrigerantes é composta pela máquina sopradora de pré-formas, pelo sistema pré-mix unimix automático com desaerador (constituído pelo misturador, carbonatador, desaerador), pelo conjunto blocado *rinsers*, enchedora, tampadora e pela empacotadora automática.

Existem algumas soluções para realizar o processo de envasamento, assim será definido o processo padrão, incluindo o que há em comum nos processos pesquisados, mostrado na Figura 7. De acordo com Santos e Bressan (2011) a máquina sopradora de pré-formas, é responsável pela produção de garrafas. O sistema pré-mix unimix automático com desaerador é constituído pelo misturador, carbonatador, desaerador, e realiza a diluição do xarope, composto em água declorada e desaerada gelada, e injeção de gás carbônico na bebida, de forma que o misturador de água e xarope possui três recipientes destinados à água, xarope e mistura, ajustando a coluna de água e calibrando a placa orifício para o xarope, que encaminha o produto ao trocador de calor e carbonatador. O tanque carbonatador abastece a bebida com gás carbônico. Este conjunto inclui o sistema de lavagem para sanitização CIP (*Clean in Place*) incorporado no tanque carbonatador.

Segundo Santos e Bressan (2011) no conjunto blocado *rinsers*, enchedora, tampadora, o *rinsers* rotativo com pinças pegadoras de garrafas é a máquina de enxágue que detecta a presença de garrafas para só então, liberar o jato. A enchedora possui o tubo de alimentação e distribuição do produto. A torre tampadora constitui o canal de descida das tampas para o sistema *pick and place*, com cabeçotes tampadores roscadores a fim de ajustar o torque através do sensor da presença de tampas. Assim, este conjunto é preparado para um diâmetro específico de tampa.

Logo, os vasilhames dirigem-se à máquina, transferidos pela esteira a ar que transportam as garrafas de um bloco para outro, conforme Santos e Bressan (2011). Assim, a máquina é preparada para produzir um tipo específico de garrafa. A empacotadora automática é responsável pela fabricação de pacotes. Assim, a máquina é composta pela unidade formadora de pacotes, alimentador automático de filme e uma unidade seladora.

Figura 7- Fluxograma do processo de envasamento



Fonte: Autoria Própria (2018).

3 METODOLOGIA

Segundo Chafee (2000), o conhecimento científico é baseado na proposição de que o mundo é criado a partir de uma rede complexa de relações de causa e efeito, podendo ser dividido em etapas que serão descritas. São apresentados a seguir os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste estudo, realizando a classificação da pesquisa, e identificando os métodos e instrumentos aplicados na elaboração do trabalho.

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente estudo caracteriza-se de natureza aplicada pelo desenvolvimento de conhecimento destinado à sua aplicação prática. Baseado no problema e objetivo, a pesquisa é classificada como qualitativa de caráter exploratória/descritiva.

A pesquisa qualitativa, segundo Denzin e Lincoln (2006), destaca as qualidades dos componentes e processos que não podem ser examinados ou medidos experimentalmente em termos de quantidade. Godoy (2005) destaca os aspectos essenciais para uma eficaz pesquisa qualitativa, tais como: credibilidade, transferibilidade, confiança, confiabilidade dos resultados, explicitação cuidadosa da metodologia e relevância das questões de pesquisa.

O objetivo descritivo, conforme Hymann (1967), descreve um fenômeno e registra a forma que ocorre, e, segundo Richardson (1989) busca descobrir e classificar a relação entre as variáveis, que procura investigar “o que é”, determinando as características de um fenômeno.

Em relação aos procedimentos metodológicos, o estudo realiza pesquisa bibliográfica, que, de acordo com Hymann (1967), ocorre quando há interpretações e avaliações na aplicação de fatores ou dos resultados já existentes dos fenômenos, consistindo na utilização da coleta de informações para elaboração do método estudado.

3.2 Técnicas de coleta de dados

Foi utilizada a análise de documentos como técnica de coleta de dados, focada na revisão da literatura. Segundo Cellard (2008) a análise documental contribui para a observação do processo de evolução de conceitos, conhecimentos, grupos, mentalidades, práticas, entre outros. As informações valiosas que podem ser extraídas defendem a sua utilização nas diversas áreas científicas, já que permitem a expansão da compreensão de objetos cujo entendimento necessita de contextualização histórica e sociocultural.

3.3 Técnicas de análise de dados

A técnica de análise de dados utilizada foi a análise de conteúdo. Segundo Bardim (2004), a análise do conteúdo se refere a um conjunto de técnicas de análise das comunicações, buscando, através de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo do tema, adquirir indicadores quantitativos ou não, que permitam a dedução de conhecimentos relacionados às condições de recepção e produção das mensagens. De acordo com Richardson (1999), a análise de conteúdo procura apresentar o texto conforme o seu formato, verificando as orientações dos textos e a adaptação do conteúdo.

3.4 Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento da pesquisa consiste nas seguintes etapas respectivamente:

1. Revisão bibliográfica nas áreas de conhecimento de projeto do produto, da indústria 4.0 e de envasadoras;
2. Identificação da sequência de ações que podem ser aplicadas no desenvolvimento de produto;
3. Levantamento e análise dos métodos de projetos existentes dos autores de projeto do produto;
4. Elaboração da proposta do método escolhido para estabelecer as funções do produto, utilizando a envasadora personalizada de acordo com o modelo da indústria 4.0;

5. Elaboração da proposta de alternativas e solução para execução das funções do produto;
6. Conclusão e definição do método utilizado no projeto conceitual, como também das alternativas e solução para a construção da envasadora.

4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentadas as etapas que compõem a construção da envasadora, aplicando os conceitos estudados na teoria, com o foco voltado à utilização da fase do projeto conceitual aliada à tecnologia da indústria 4.0, apresentando o projeto realizado para o funcionamento da função global do produto, assim como a configuração final elaborada para a estrutura da envasadora.

Dado o elevado grau de complexidade do produto, por estar aplicado aos conceitos da indústria 4.0, possuindo assim, tecnologia de inovação, é necessário elaborar um minucioso projeto do produto, segundo Freitas *et al.* (2014), visando a estruturação mais completa e detalhada possível para que seja compreendido e implementado na produção, descrevendo os componentes e processos interligados para a criação do produto.

Portanto é necessário criar o projeto, de forma que se torne possível a produção da envasadora de acordo com as suas especificações. Para que as expectativas sejam atendidas e o projeto seja realizado, concretizando o produto, são definidas as suas funções a partir da função global, determinando também os recursos necessários para a composição de sua estrutura.

4.1 Funcionamento da envasadora

Os recursos envolvidos no processo serão citados a seguir. O Multisim foi utilizado como *software* de simulação; a placa eletrônica, chamada de Arduino®, detecta a presença dos objetos, realiza o acionamento da bomba e produz as informações visuais; o sensor de fluxo mede o volume do líquido liberado no recipiente; o *display* LCD transmite as informações ao usuário e a identificação por radiofrequência RFID realiza a leitura da *tag*.

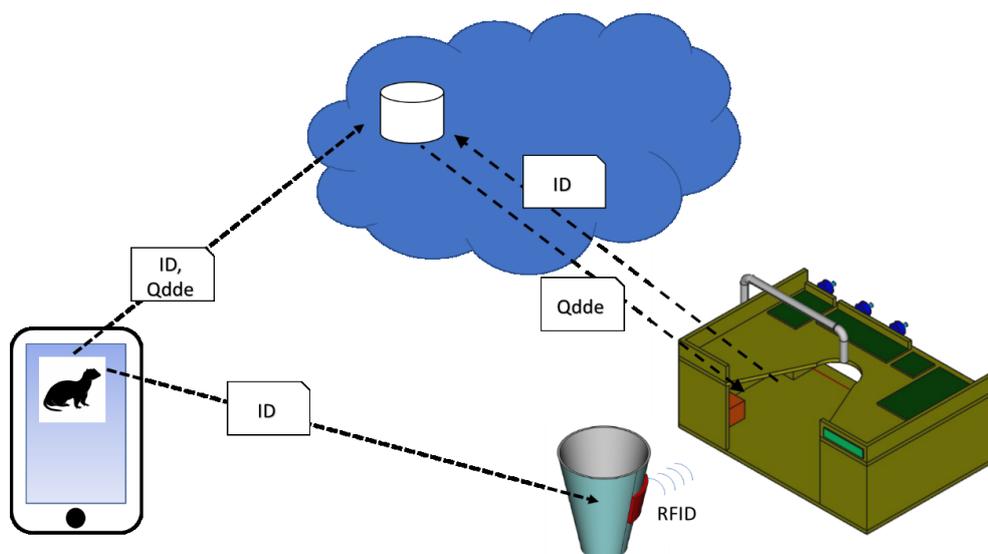
O sistema de tecnologia da indústria 4.0 instalado na envasadora a diferencia das demais, já que em cada recipiente é envasada a bebida conforme o sabor e a quantidade escolhida pelos clientes, evidenciando a sua flexibilidade. Nas

envasadoras mais comuns, as máquinas são programadas para a produção em larga escala de produtos semelhantes. Contudo, neste modelo proposto, as informações relacionadas ao sabor e quantidade a ser envasada da bebida estão na nuvem, podendo ser alcançadas através da *internet*. Assim, é necessário instalar a rede *wireless*, aplicando a tecnologia de *internet of things*, utilizando as etiquetas e os sistemas RFID, *big data* e *cloud computing* para executar o envase.

O pedido seria inicialmente realizado pelo usuário através do aplicativo disponível para ser baixado pelo celular, de forma que a pessoa seja identificada, juntamente com o sabor da bebida e a quantidade de volume solicitado. O pedido seria computado somente com a utilização da *internet*, armazenando as informações na nuvem. Portanto, assim que realizar a leitura da *tag* conhecida, através do código contido na mesma, seria buscada a informação pertencente àquela etiqueta na nuvem.

Então foi implantado o sistema ciber-físico, para realizar a conexão entre as tecnologias do processo produtivo, integrando com o planejamento e controle inteligentes, conforme Frazzon *et al.* (2015), a fim de conectar a placa do circuito com os demais componentes de atuação da envasadora, incluindo os sensores e recursos integrados para que seja feito o controle e a atualização das informações. A Figura 8 descreve graficamente o processo, com os principais elementos da envasadora.

Figura 8- Funcionamento envasadora



Fonte: Grupo de Pesquisa Indústria 4.0 UFU (2017).

A identificação por radiofrequência, que, de acordo com Silveira (2016) envolve o envio de informações de radiofrequência, sem fios, de um dispositivo móvel para um leitor, foi utilizada com a finalidade da leitura da *tag* que contém as informações do respectivo cliente, enviando as informações de solicitação através da radiofrequência, na qual a etiqueta inserida no recipiente é lida pelo leitor contido na envasadora. Foi utilizada a *tag* passiva, que, conforme Boechat *et al.* (2009) é alimentada pelo campo magnético e são mais duráveis, de baixo custo.

As informações são transmitidas do aplicativo para a nuvem através da *internet*, utilizando-se *big data* para enviar este amplo volume de informações variadas com uma rapidez excepcional, possuindo códigos nas etiquetas que as identificam de acordo com o cliente. O sistema *internet of things*, assim como *big data* e *cloud computing*, estão diretamente ligados à *internet*. Portanto, é necessário implantar a rede *wireless* na envasadora, possibilitando a utilização destes. Os componentes do produto são interligados à *internet*, com o protocolo IPv6.

Quando o botão é ativado, o circuito é energizado, assim, o LED 1 é ligado para mostrar que o sistema está energizado, atualizando também o LCD. Logo, o *laser* identifica se foi detectada a presença de algum objeto, e caso tenha detectado, o LED 2 é ligado para mostrar que existe um objeto no respectivo local, caso não tenha detectado, o LED 2 continua desligado.

Logo é verificado se o recipiente foi detectado, se for verificado, é analisado se a *tag* contida nele é conhecida, através do RFID, e caso seja, o LED 3 é ligado por 2 segundos, realizando então, a leitura da *tag* e, caso não seja conhecida, o LED 3 permanece desligado. A bomba é acionada e o seu funcionamento continua até verificar que o pedido foi concluído. Quando o pedido for concluído, a bomba é desligada e o LCD é atualizado com as novas informações de bebida e volume adicionados, quantidade de recipientes e tempo gasto para a sua produção até o presente momento, através da leitura dos componentes que o Arduino© realiza.

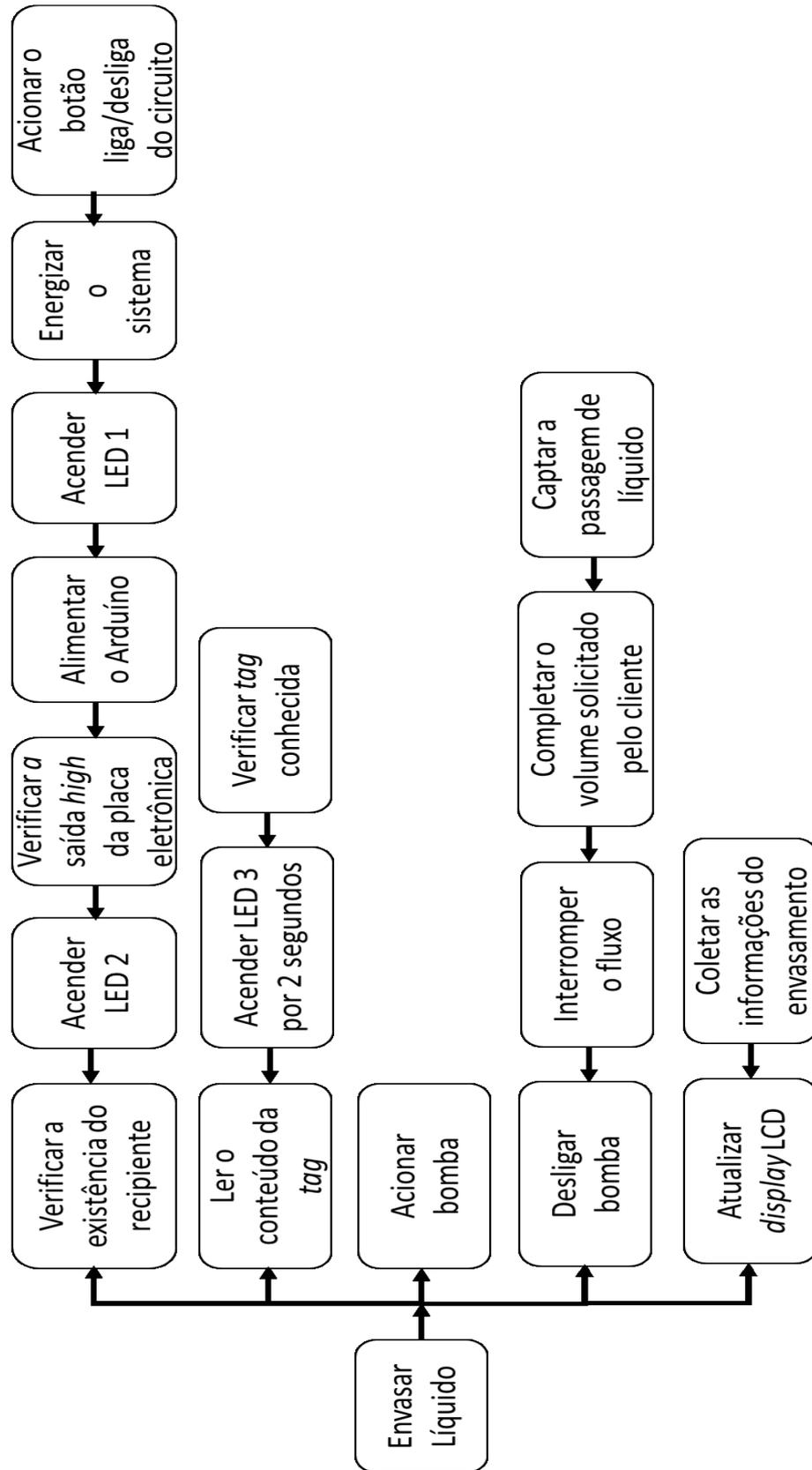
4.2 Utilização do método *FAST*

O estudo realizado permite verificar que a partir de um projeto complexo e abstrato, podem ser definidas as funções e subfunções do produto através do método do projeto conceitual, e desenvolvidas alternativas e soluções para o produto, conforme Rozenfeld *et al.* (2006). Foi escolhido o método *FAST* no desenvolvimento do produto, devido à sua praticidade e ao seu nível de detalhamento apresentado, que oferece uma representação das interações entre as funções, de forma que projeta a execução das funções básicas, determinadas para o funcionamento da função global, através das subfunções, abordando a sequência utilizada no método. O método *FAST* permite combinar a tecnologia da indústria 4.0 com o processo de desenvolvimento do produto, constituindo assim a envasadora.

Portanto foi definido que a função global é envasar a bebida no sabor e quantidade solicitada pelo cliente através do aplicativo. Assim, foi utilizado o método *FAST* para a decomposição da função global em funções básicas, e, logo, em subfunções, compreendendo assim, as necessidades de recursos e a programação de construção da envasadora, a fim de atingir o principal objetivo que é o envasamento do líquido de acordo com o pedido do cliente.

Dessa forma, foi necessário analisar a função global, sendo posteriormente desdobrada em funções básicas e em subfunções essenciais para o correto funcionamento, conforme mostra a Figura 9. As funções básicas identificadas foram verificar a existência do recipiente, ler o conteúdo da *tag*, acionar bomba, desligar bomba e atualizar *display* LCD.

Figura 9- Fluxograma do método FAST



As subfunções de acionar o botão liga/desliga do circuito, energizar o sistema, acender LED 1, alimentar o Arduino®, verificar a saída *high* da placa eletrônica, e acender LED 2, executam juntas a função básica de verificar a existência do recipiente, iniciando assim, o seu funcionamento.

Quando o botão liga/desliga do circuito é acionado, o sistema é energizado e logo ocorre o apontamento do indicador visual, através do LED 1, mostrando que o sistema está em funcionamento. Então, a energização alimenta o Arduino® e quando é realizada a verificação *high* da saída da placa eletrônica, significa que existe um objeto entre o *laser* e o LDR, assim o LED 2 é aceso, mostrando que existe um recipiente e, caso não tenha, o LED 2 continua desligado.

As subfunções de verificar a *tag* conhecida e acender LED 3 por 2 segundos, realizam a função básica de ler o conteúdo da *tag*. Assim que é detectada a presença de um objeto entre o *laser* e o LDR, o leitor RFID verifica se este objeto contém uma *tag* conhecida. Caso seja conhecida, o LED 3 acende por 2 segundos e é feita a leitura do conteúdo da *tag* pelo leitor RFID. Se a *tag* for desconhecida, o LED 3 permanece desligado e o sistema retorna à verificação do estado da placa eletrônica.

Assim que a *tag* é lida, a bomba é acionada, realizando esta terceira função básica. As subfunções de captar a passagem de líquido, completar o volume solicitado pelo cliente e interromper o fluxo, executam a função de desligar a bomba. Neste processo, a bomba permanece ativada até que seja preenchido o volume solicitado na *tag*, através do sensor de vazão que capta o volume transportado do líquido e interrompe o fluxo quando é completado o volume solicitado. E, por fim, a subfunção de coletar as informações do envasamento, transmite os dados para realizar a última função, atualizar o *display* LCD quando o Arduino® realiza a leitura dos componentes.

4.3 Alternativas de Solução

As alternativas de solução criadas, possibilitam a execução de cada função que compõe a estrutura de funções selecionada para o sistema. É utilizada a matriz morfológica para gerar as combinações dos princípios de solução, considerando que existem restrições de compatibilidade física entre as soluções e o compartimento de funções, segundo Rozenfeld *et al.* (2006). Assim, são estabelecidos os métodos mais adequados para a implantação de cada função, de modo que permita o correto funcionamento do produto, identificando dessa forma, como será o processo, juntamente com os elementos necessários para a realização de cada função requisitada, representado no Quadro 1.

Quadro 1- Matriz morfológica

(continua)

FUNÇÃO	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO	ALTERNATIVA ESCOLHIDA	JUSTIFICATIVA
Verificar a existência do recipiente	Pressionamento com botão mecânico	Sensor de luz com laser e LDR	Simplicidade, confiabilidade e rapidez
	Sensor de luz com <i>laser</i> e <i>LDR</i>		
	Utilização de sensor ultrassônico		
Acionar o botão liga/desliga do circuito	Chave <i>push button</i>	Chave gangorra	Simplificação de verificação
	Chave gangorra		
Energizar o sistema	Bateria	Rede elétrica	Facilidade e tempo ilimitado de utilização
	Rede elétrica		
Acender LED1	Emitir pulso pelo Arduino® quando o sistema estiver energizado	Emitir pulso pelo Arduino® quando o sistema estiver energizado	Ação de resposta mais lógica
Alimentar o Arduino®	Bateria	Rede elétrica	Facilidade e tempo ilimitado de utilização
	Associação de pilhas		
	Rede elétrica		
Verificar a saída HIGH da placa eletrônica	Arduino®	Arduino®	Preço mais acessível
	<i>Raspberry pi</i>		
Acender LED 2	Emitir pulso pelo Arduino® quando existir um recipiente	Emitir pulso pelo Arduino® quando existir um recipiente	Ação de resposta mais lógica
Ler o conteúdo da tag	Utilização da etiqueta RFID Mfrc522 13.56mhz	Utilização da etiqueta RFID Mfrc522 13.56mhz	Independência de contato físico
Verificar tag conhecida	Comparar o que está escrito na tag com o banco de dados, através de comandos do código fonte	Comparar o que está escrito na tag com o banco de dados, através de comandos do código fonte	Única solução cogitada
Acender LED 3 por 2 segundos	Emitir pulso pelo Arduino® quando for uma tag conhecida	Emitir pulso pelo Arduino® quando for uma tag conhecida	Ação de resposta mais lógica
Acionar bomba	Emitir pulso direto do Arduino® em um relé	Direcionamento do pulso para a parte da placa desenvolvida para essa função	Maior segurança
	Direcionamento do pulso para a parte da placa desenvolvida para essa função		
Envasar líquido	Válvula solenoide	Bomba submersa	Maior facilidade na busca por precisão de envase
	Bomba submersa		

Quadro 1- Matriz morfológica

(conclusão)

FUNÇÃO	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO	ALTERNATIVA ESCOLHIDA	JUSTIFICATIVA
Desligar bomba	Interromper pulso direto do Arduino® em um relé	Interromper pulso direcionado para a parte da placa desenvolvida para essa função	Maior segurança
	Interromper pulso direcionado para a parte da placa desenvolvida para essa função		
Captar a passagem de líquido	Controlar o tempo de bombeamento com o auxílio do comando de código do Arduino®	Medição do volume pelo sensor de fluxo	Confiabilidade, facilidade e preço acessível
	Medição da coluna d'água por ultrassom		
	Controlar o peso do líquido envasado com o auxílio de uma balança		
	Medição do volume pelo sensor de fluxo		
Completar o volume solicitado pelo cliente	Controlar o bombeamento de acordo com o tempo	Leitura da quantidade liberada através do sensor de fluxo	Confiabilidade e facilidade
	Leitura da quantidade liberada através do sensor de fluxo		
	Controlar o bombeamento de acordo com o peso do líquido envasado		
Interromper o fluxo	Interromper a alimentação da bomba	Interromper a alimentação da bomba	Devido à utilização da bomba anteriormente
	Fechar válvula solenoide		
Atualizar display LCD	Imprimir as variáveis existentes no código fonte, contendo valores para comparação e tomada de decisão	Imprimir as variáveis existentes no código fonte, contendo valores para comparação e tomada de decisão	Única solução cogitada
Coletar informações do envasamento	Criação de variáveis no código fonte do Arduino® para que este armazene as informações	Criação de variáveis no código fonte do Arduino® para que este armazene as informações	Única solução cogitada

Fonte: Autoria Própria (2018).

Assim, foram elaboradas as alternativas e soluções para cada função e subfunção identificadas anteriormente, optando pelas soluções economicamente viáveis para a aplicação em seu contexto, e considerando os recursos conhecidos até então, através das pesquisas. Portanto as alternativas e soluções serão descritas a seguir, assim como a solução escolhida para cada uma destas, e a sua justificativa.

A fim de efetivar a subfunção de acionar o botão liga/desliga do circuito, pode ser utilizada a chave *push button* ou a chave gangorra, escolhendo a chave gangorra devido à simplificação de verificação. Para realizar a subfunção de energizar o sistema, pode ser utilizada a bateria ou a rede elétrica, optando pela rede elétrica pela sua facilidade e tempo ilimitado de utilização. Para a subfunção de acender o LED 1 é necessário emitir pulso pelo Arduino® quando o sistema estiver energizado, utilizando essa solução pela ação de resposta mais lógica. A subfunção de alimentar o Arduino® pode ser desempenhada através da bateria, ou associação de pilhas ou rede elétrica, optando pela rede elétrica, devido à sua facilidade e tempo ilimitado de utilização. Ao realizar a função de verificar a saída *high* da placa eletrônica pode ser utilizado o Arduino® ou *Raspberry pi*, escolhendo o Arduino® por atender as necessidades de desenvolver a interação das máquinas, que recebem entradas de diversas chaves ou sensores, controlando luzes, motores e outras saídas, armazenando as atividades criadas e executando as funções solicitadas com autonomia, e principalmente pelo seu preço acessível, conforme Rocha *et al.* (2014). Para acender o LED 2, é necessário emitir pulso pelo Arduino® quando existir um recipiente, utilizando essa solução pela ação de resposta mais lógica. Todas essas soluções realizam as subfunções da função básica de verificar a existência do recipiente, e para esta, foi proposta a solução de utilizar o pressionamento com botão mecânico, ou sensor de luz com *laser* e LDR, ou sensor ultrassônico, optando pelo sensor de luz com *laser* e LDR, pela simplicidade, confiabilidade e rapidez, já que o LDR controla a ativação do sensor de luz, de acordo com a luminosidade do local, executando o processo com maior rapidez por ser automático, além de ser econômico, conforme Júnior e Junior (2013).

Com o intuito de gerar a subfunção de verificar a *tag* conhecida, é necessário comparar o que está escrito na *tag* com o banco de dados, através de comandos do código fonte e essa foi a única alternativa cogitada. Assim, para o funcionamento da subfunção de acender o LED 3 por dois segundos, foi escolhida a solução de emitir o pulso através do Arduino® quando for uma *tag* conhecida, por possuir uma ação de resposta mais lógica. Logo, através destas subfunções, é realizada a função básica de ler o conteúdo da *tag* que possui como solução a utilização do RFID Mfrc522 13.56mhz devido à compatibilidade com o Arduino®, possuindo a vantagem da independência de contato físico para alimentar as etiquetas e ler as informações, já que utiliza indução eletromagnética, conforme Boechat *et al.* (2009).

Logo, a função básica de acionar a bomba pode ser efetivada ao emitir o pulso direto do Arduino® em um *relé* ou pelo direcionamento do pulso para a parte da placa desenvolvida para essa função, escolhendo a solução do pulso direcionado para a parte da placa desenvolvida para isto, por ser reconhecida como a função mais segura. Assim, a função global de envasar o líquido pode ser realizada através da válvula solenoide ou da bomba submersa, optando pela bomba submersa pela maior facilidade na busca por precisão de envase.

A subfunção de captar a passagem de líquido pode ser realizada ao controlar o tempo de bombeamento com o auxílio do comando de código do Arduino®, ou através da medição da coluna d'água por ultrassom, ou controlar o peso do líquido envasado com o auxílio de uma balança, ou pela medição do volume pelo sensor de fluxo, escolhendo-se a solução de medição do volume pelo sensor de fluxo pela confiabilidade, preço acessível e facilidade na utilização já que o sensor capta cada giro completado pelo rotor, e, logo que essa volta completa é detectada, o sensor encaminha um pulso diretamente ao cabo de saída, segundo Rocha *et al.* (2014). A subfunção de completar o volume solicitado pelo cliente por ser concluída ao controlar o bombeamento de acordo com o tempo, ou ler a quantidade liberada através do sensor de fluxo, ou controlar o bombeamento de acordo com o peso do líquido envasado, escolhendo a opção de leitura da quantidade liberada através do sensor de fluxo, pela sua maior confiabilidade e facilidade. Para o funcionamento da subfunção de interromper o fluxo, podem ser utilizadas as soluções de interromper a alimentação da bomba ou fechar a válvula solenoide, optando por interromper a alimentação da bomba por já utilizá-la anteriormente. Após a execução das subfunções, a função básica de desligar a bomba pode ser concluída ao interromper o pulso direto do Arduino® em um *relé*, ou interromper o pulso direcionando para a parte da placa desenvolvida para essa função, sendo escolhida a solução de interromper o pulso direcionando para a parte da placa desenvolvida para essa função, devido à sua maior segurança.

Assim, a subfunção de coletar as informações do envasamento pode ser concedida através da criação de variáveis no código fonte do Arduino® para que este armazene as informações, sendo a única solução cogitada. Por fim, a última função básica pode ser executada por meio da solução de imprimir as variáveis existentes no código fonte, contendo valores para a comparação e tomada de decisão, como a única solução cogitada.

4.4 Análise e discussão

A envasadora apresentada no trabalho, está inserida no ambiente produtivo da indústria 4.0, com precisão na dosagem do líquido, utilizando-se de sensores que controlam a liberação e a interrupção do fluxo, permitindo também o controle sobre o recipiente em que será colocado o produto. Realizando uma análise comparativa, a envasadora apresentada e a utilizada atualmente (formato tradicional de indústria/processamento) se diferenciam principalmente devido à flexibilidade, possibilitando a adaptação do produto conforme a preferência do cliente.

O planejamento deste projeto não incluiu o tamanho do recipiente necessário para o envasamento, definindo-o como padrão. Assim, deve ser feito um estudo detalhado de como seria o recipiente, juntamente com o tamanho adequado de forma que comporte o líquido, com a medida correta para o mesmo. Para isto, é necessário reconhecer o volume que será inserido. Logo, pode-se realizar a leitura do volume da *tag* previamente ao envasamento, sendo necessário assim, uma primeira etapa do ciclo de atividades, que seria ler a *tag* para identificação do seu volume e logo, o tamanho do recipiente necessário para aquele volume. Então, quando a *tag* estiver inserida no recipiente, ocorreria a segunda etapa do ciclo que seria ler a *tag* novamente para colocar o líquido na quantidade correta.

Dessa forma, pode ser verificada a viabilidade de aplicação da indústria 4.0 no envasamento de líquidos. O maior benefício identificado no processo apresentado é a flexibilidade e a facilidade do controle em cada fase e componente do processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões do trabalho

Este trabalho visou evidenciar o relacionamento entre a indústria 4.0 e o desenvolvimento de produtos, com foco em aplicação na construção de uma envasadora de líquidos, assim como nas vantagens da utilização da indústria 4.0 na otimização da produção, propondo recursos e ferramentas que a alinham com a fase do projeto conceitual.

O trabalho se caracteriza por ser pesquisa de natureza aplicada, de caráter descritivo qualitativo, e, segundo os procedimentos metodológicos utiliza a pesquisa bibliográfica teórica conceitual. Dessa forma foram respeitados os procedimentos e técnicas ditadas pela caracterização da pesquisa, tornando o resultado robusto, alinhando objetivo, fundamentação teórica, metodologia e resultados.

A revisão da literatura abordou como temas base, o projeto do produto, dando ênfase na fase conceitual e sua relação ao assunto deste trabalho; a indústria 4.0, explicitando o uso das suas ferramentas e sua aplicação posterior ao projeto da envasadora.

O método *FAST* foi escolhido para a determinação de todas as funções que compõem a estrutura do produto, devido à sua maior praticidade, sendo relevante por apresentar a relação entre as funções. Este método mostra como seriam executadas as funções básicas determinadas inicialmente para o funcionamento do produto, através das subfunções, até então desconhecidas. Assim, foram elaboradas as alternativas de solução para a execução das funções propostas, a fim de que sejam escolhidas as opções mais adequadas de acordo com a viabilidade do projeto, compondo a fase de projeto conceitual do desenvolvimento de produtos.

5.2 Limitações do estudo

Os resultados deste trabalho são aplicados para um tipo de indústria, envasadora, com o projeto para uma unidade. No caso de produção em grande escala será necessário a abordagem de outras áreas da produção como logística, planejamento e controle da produção, etc. Dessa forma, a pesquisa limita-se na junção entre o projeto do produto, a indústria 4.0 e a envasadora.

O estudo não apresenta a fase completa do projeto conceitual pois não envolve a arquitetura do produto e o desenho de seu *layout*, como também não foram escolhidos os fornecedores e não resultou em documentos principais, limitando-se à definição das funções do produto, assim como às alternativas e soluções para execução das funções.

A literatura evidencia uma lacuna na abordagem das duas áreas de conhecimento propostas por este trabalho, dando sentido de inovador para os resultados apresentados, mas ao mesmo tempo, não sendo possível o aprofundamento do estudo por meio de análises comparativas com outras pesquisas relacionadas.

No mesmo sentido, reconhece-se à indústria 4.0 uma área relativamente nova, com acervo limitado de artigos publicados, com poucos casos de sucesso, não possuindo manuais específicos do funcionamento de suas aplicações, mostrando-se como limitante para o referencial desta pesquisa.

Por ser uma proposta conceitual, o modelo não possui aplicação real no respectivo estudo, dificultando assim, a sua análise após o funcionamento.

5.3 Trabalhos futuros

A implementação e aplicação do sistema proposto é sugerido, visando o aperfeiçoamento do projeto e o aprimoramento de funções e subfunções.

A fim de que o recipiente adequado para cada volume esteja no local, é necessário elaborar o planejamento de recursos, podendo ser um recipiente flexível, alinhados com os objetivos do projeto proposto.

É recomendado estudar a viabilidade econômica da aplicação do conceito do produto, avaliando se a implantação destas tecnologias na linha de produção seria mais vantajosa que a contratação de funcionários e, até qual nível de flexibilidade é

importante para manter seus clientes, por estar inserido em um ambiente competitivo, de forma que seja viável para a empresa.

Numa visão mais abrangente, todos os temas relacionados à Engenharia de Produção, deveriam ser revistos e analisados seguindo as bases do indústria 4.0. Deixa-se como registro de estudo futuro a abordagem do planejamento e previsão da demanda na indústria 4.0, considerando a complexidade não só do mercado, mas também do lado organizacional, com produção, pessoas e processo totalmente flexíveis.

REFERÊNCIAS

BANZATO, E. **Indústria 4.0**, 2016. Disponível em: <<https://www.imam.com.br/consultoria/artigo/pdf/industria-4.0.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2004.

BATISTA, T. et al. Aplicação do PDP no desenvolvimento de uma máquina de despalhe de cana-de-açúcar: uma pesquisa-ação em uma indústria multinacional de grande porte. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 37., 2017. Joinville. Anais... Joinville: ABEPRO, 2017.

BDI. 2013. **Cloud Computing- Wertschöpfung in der digitalen Transformation**. BDI Leitfadens – Die Industrie auf dem Weg in die Rechnerwolke. Berlin: s.n., 2013.

BOECHAT, C. et al. **Tecnologia RFID e seus benefícios**. Campos dos Goytacazes, RJ. v. 11, n. 1/3, p. 19-26, jan./dez. 2009.

CELLARD, A. **A análise documental**. In: POUPART, J. et al. A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, Vozes, 2008.

CHAFEE, J. **Pense diferente, viva criativamente**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília. 34 p. 2016.

CUSTODIO, R. **Controle de acesso utilizando Arduino, banco de dados MySql e Labview**. 2014. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica- Universidade Estadual Paulista- UNESP, Guaratinguetá, 2014.

DATHEIN, R. **Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX**. Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, Fevereiro 2003.

DENZIN, K.; LINCOLN, S. **Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa**. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.

FARIA, A. et.al. Processo de desenvolvimento de novos produtos: uma experiência didática. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 28., 2008. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

FRAZZON, E. et al. Aplicação do conceito de cyber-physical systems em manufacturing execution system. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 35., 2015. Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABEPRO, 2015.

FREITAS, F. et al. Processo de desenvolvimento de produto: aplicação em um projeto de P&D dentro do programa ANEEL. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE PARQUES TECNOLÓGICOS E INCUBADORAS DE EMPRESAS**. 24., 2014. Belém. Anais... Belém: ANPROTEC, 2014.

GODOY, S. **Refletindo sobre critérios de qualidade da pesquisa qualitativa**. Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, v. 3, n. 2, p. 81-89, mai./ago. 2005.

GRUPO DE PESQUISA INDÚSTRIA 4.0 UFU. **Envasadora 4.0**. Disponível em: <<http://www.pdp.eng.br>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

HURWITZ, J. et al. **Cloud Computing for Dummies**; 1. ed Indiana, U.S. : Wiley Publishing, Inc; 2010. 336 p. ISBN: 978-0-470- 48470-8.

HYMANN, H. **Planejamento e análise da pesquisa: princípios, casos e processos**. Rio de Janeiro: Lidaador, 1967.

Intel IT Center. **Introdução à Big Data**. 2014. Disponível em: <<https://www.intel.com.br/content/dam/www/public/lar/br/pt/documents/articles/e7-big-data-planning-guide-webready-por.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

JÚNIOR, J; JUNIOR, S. LDR e sensores de luz ambiente: funcionamento e aplicações. In: **SEMANA DE ELETRÔNICA E AUTOMAÇÃO**, Ponta Grossa, 2013.

JÚNIOR, O. et al. **O setor de bebidas no Brasil**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%20O%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2018.

KANNENGIESSER, U; MÜLLER, H. **Subject-Oriented for Human-Centred Production: A Research Agenda**. S-BPM ONE-Running Processes. Springer Berlin Heidelberg, p. 235-244, 2013.

LUDKE, M; ANDRÉ, A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, L. **Revoluções industriais: do vapor à internet das coisas**. Disponível em:<<http://www.cofecon.gov.br/2016/10/13/revolucoes-industriais-do-vapor-a-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 4 nov.2017.

MARI, F. et al. Análise do processo de desenvolvimento de produtos como estratégia para inovação em uma empresa do setor eletroeletrônico. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 37., 2017. Joinville. Anais... Joinville: ABEPRO, 2017.

MONTGOMERY, A; PORTER, E. **Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

PEDROSO, P. **Um brinde à vida- A história das bebidas**. São Paulo: Dórea Books and Art, 2014.

PIERINI, R. **IPv6: O novo protocolo chega para suprir o esgotamento de IP na América Latina**. Disponível em:<<https://www.profissionaisti.com.br/2014/11/ipv6-novo-protocolo-chega-para-suprir-o-esgotamento-de-ip-na-america-latina/>>. Acesso em: 13 dez.2017.

RAJKUMAR, R. **A Cyber-Physical Future**. Proceedings of the IEEE, 100:1309-1312, 2012.

REDE LINUX IME-USP. **O que são redes wireless?** Disponível em:<<https://www.linux.ime.usp.br/~dfreiver/programs/Desktop/Redes%20Wireless/Redes%20Wireless%20-%20O%20que%20s%C3%A3o%20redes%20wireless.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

RICHARDSON, J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1989.

ROBERTO, C. et al. **A internet das coisas: será a internet do futuro ou está prestes a se tornar a realidade do presente?** Disponível em: <www.fumec.br/revistas/eol/article/download/2961/1732>. Acesso em: 13 dez.2017.

ROCHA, C. et al. **Sistema de monitoramento de consumo de água doméstico com a utilização de um hidrômetro digital.** 2014. 46 f. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Oficina de Integração 3, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ROZENFELD, H. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, E; BRESSAN, K. **Anteprojeto indústria de refrigerantes de sabores exóticos;** 2011. 61f. Artigo científico apresentado na Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC- SC.

SANTOS, T. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais.** 2015. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00595.pdf>>. Acesso em: 23 mar.2018.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, R. **Um estudo sobre os benefícios e os riscos de segurança na utilização de cloud computing;** 2010. 15f. Artigo científico de conclusão de curso apresentado no Centro Universitário Augusto Motta, UNISUAM-RJ.

SILVEIRA, B. **O que é RFID,** 2016. Disponível em <<https://www.citisystems.com.br/rfid/>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

SIMON, F. et al. Utilização da estrutura funcional para a definição da arquitetura de um produto. In: **SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 1.,** 2011. Horizontina. Anais... Horizontina: SIEF, 2011.

TAGLIANI, F. **A Fábrica inteligente, ou indústria 4.0,** 2015. Disponível em:<http://www.abiplast.org.br/noticias/a-fabrica-inteligente-ou-industria-40/20150929102208_G_996>. Acesso em: 13 fev.2018.

TAKAHASHI, S; TAKAHASHI, P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.

ULRICH, K; EPPINGER, S. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill, 1995.

VALUE ANALYSIS CANADA. **Function Analysis System Technique (FAST)**. Disponível em: <<http://www.valueanalysis.ca/fast.php>>. Acesso em: 25 ago. 2017.