



Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas  
Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica

Priscila Alves Martins

Diminuição do percentual de perda de substrato por contaminação no processo produtivo de inseticida biológico à base do microrganismo *Beauveria bassiana* com uso do PDCA

Uberaba  
2021



Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas  
Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica

Diminuição do percentual de perda de substrato por contaminação no processo produtivo de inseticida biológico à base do microrganismo *Beauveria bassiana* com uso do PDCA

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro**

M345d Martins, Priscila Alves  
Diminuição do percentual de perda de substrato por contaminação no processo produtivo de inseticida biológico à base do microrganismo *Beauveria bassiana* com uso do PDCA / Priscila Alves Martins. -- 2021. 65 f. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2021  
Orientador: Prof. Dr. Lauro Osiro

1. Processos de fabricação - Melhoria contínua. 2. Inseticidas - Produtos biológicos. 3. Agricultura molecular. 4. Fungos - Agentes de controle biológico. 5. Ferramentas da qualidade. I. Osiro, Lauro. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 602:632.951

**PRISCILA ALVES MARTINS****DIMINUIÇÃO DO PERCENTUAL DE PERDA DE SUBSTRATO POR CONTAMINAÇÃO NO  
PROCESSO PRODUTIVO DE INSETICIDA BIOLÓGICO À BASE DO MICRORGANISMO  
BEAVERIA BASSIANA COM USO DO PDCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de mestre..

Uberaba, 26 de fevereiro de 2021

**Banca Examinadora:**

Dr. Lauro Osiro – Orientador  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Douglas Moura Miranda  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dra. Jaqueline Nascimento Silva Rodrigues  
Biovalens



Documento assinado eletronicamente por **LAURO OSIRO, Professor do Magistério Superior**, em 26/02/2021, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#) e no art. 14 da [Resolução nº 34, de 28 de dezembro de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **DOUGLAS MOURA MIRANDA, Professor do Magistério Superior**, em 26/02/2021, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#) e no art. 14 da [Resolução nº 34, de 28 de dezembro de 2017](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **JAQUELINE DO NASCIMENTO SILVA RODRIGUES, Usuário Externo**, em 26/02/2021, às 16:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#) e no art. 14 da [Resolução nº 34, de 28 de dezembro de 2017](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufm.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0482597** e o código CRC **BC9667BA**.

---

**DEDICO** este trabalho aos meus pais, Devanir e Sandra, que fazem a diferença em minha vida, que me apoiam e incentivam a todo o momento e que tanto me ensinaram durante a vida; à minha irmã, Gleice e aos meus sobrinhos Felipe e Manuela, pelo apoio, carinho e atenção, e especialmente a minha noiva Cibele Medeiros, que sempre me motivou e é a fonte de inspiração para a conclusão desta dissertação

**AGREDEÇO** primeiramente a Deus,; a todos os professores que passaram em minha vida, principalmente ao meu orientador Lauro, que muito me ensinaram e orientaram e a quem devo me espelhar; aos meus pais, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade e respeito, e que não há palavras para fazê-lo, então vou começar com muito obrigada, aos nobres colegas de curso, que tanto contribuíram durante esta jornada; aos colegas de trabalho, que se tornaram amigos, e proporcionaram inesquecíveis momentos de alegria e conhecimento, a empresa, que disponibilizou todos os recursos necessários, a UFTM que sempre esteve a disposição de todos os alunos, garantindo toda a estrutura necessárias para as aulas, enfim, a todos que me apoiaram, ajudaram, estimularam e souberam compreender meus momentos de ausência e impaciência.

## RESUMO

Com o crescimento do capitalismo, houve o aumento do consumo de alimentos e do número de empresas oferecendo soluções mais sustentáveis para aumentar a produção dos mesmos. Devido a isso, os consumidores começaram a ficar cada vez mais exigentes com relação à qualidade dos produtos/serviços, forçando tais empresas a uma busca por melhorias nos seus produtos e processos, visando a satisfação dos mesmos.

Uma das formas de produzir alimentos maneira mais sustentável, é substituir parte da aplicação de produtos químicos pela aplicação de produtos biológicos. Tais produtos são utilizados no controle biológico de pragas, que por sua vez, retrata que todas as espécies de plantas e animais têm inimigos naturais, os quais atacam vários estágios de vida de seus alvos. Dentre os inimigos naturais existem grupos diversificados como: insetos, vírus, fungos e bactérias. O Segundo microrganismo mais utilizado na fabricação de inseticidas biológicos é o fungo *Beauveria bassiana*, porém, sua produção é complexa, manual e delicada, ocasionando um alto índice de contaminação do substrato utilizado para a multiplicação desse fungo.

Na tentativa de reduzir o percentual de perdas, este trabalho apresenta a aplicação do ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Act) em conjunto das principais ferramentas da qualidade, para redução do índice de perda de substrato contaminado, em uma fábrica de produtos biológicos no estado de Minas Gerais. A empresa apresentava um índice de perda de 40,17%, e com a aplicação da metodologia PDCA, a fábrica reduziu sua perda para menos de 15,00% nos três últimos meses de 2020, indicando que a metodologia foi eficaz para redução da perda de substrato contaminado e dos gastos com o substrato descartado, melhorando o resultado financeiro da empresa.

**Palavras-chave:** melhoria contínua; bioinseticida; biofábrica; fungo entomopatogênico; ferramentas da qualidade.

## ABSTRACT

With the growth of capitalism, there was an increase in food consumption and the number of companies offering more sustainable solutions to increase their production. Because of this, consumers began to become increasingly demanding in relation to the quality of products / services, forcing such companies to seek improvements in their products and processes, aiming at their satisfaction.

One of the ways to produce food in a more sustainable way is to replace part of the application of chemicals with application of organic products. Such products are used in biological pest control, which in turn portrays that all species of plants and animals have natural enemies, which attack various stages of life of their targets. Among the natural enemies there are diverse groups such as: insects, viruses, fungi and bacteria. The second most used microorganism in the manufacture of biological insecticides is the fungus *Beauveria bassiana*, however, its production is complex, manual and delicate, causing a high level of contamination of the substrate used for the multiplication of this fungus.

In an attempt to reduce the percentage of losses, this work presents the application of the PDCA cycle (Plan, Do, Check and Act) together with the main quality tools, to reduce the loss rate of contaminated substrate, in a biological products factory in the state of Minas Gerais. The company had a loss rate of 40.17%, and with the application of the PDCA methodology, the plant reduced its loss to less than 15.00% in the last three months of 2020, indicating that the methodology was effective in reducing the loss of substrate contaminated waste and expenses with the discarded substrate, improving the company's financial results.

**Keywords:** continuous improvement; bioinsecticide; bio-factory; entomopathogenic fungus; quality tools.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo PDCA segundo Deming.....	22
Figura 2 - Detalhamento do PDCA e sugestão de tempo que cada etapa deve demandar do projeto.....	28
Figura 3 - Ilustração do Ciclo PDCA .....	29
Figura 4 - Diagrama de Ishikawa .....	30
Figura 5 - Modelo de Histograma ou distribuição de frequências .....	31
Figura 6 - Símbolos padrão para Fluxograma .....	32
Figura 7 - Quadro Comparativo entre os métodos 5W e 1H.....	32
Figura 8 - Modelo de Folha de Verificação ou Checklist.....	33
Figura 9 - Tendência de agravamento da situação .....	34
Figura 10 – Exemplo de como usar a Matriz GUT na resolução dos problemas.....	35
Figura 11 - Ciclo de crescimento de <i>Beauveria bassiana</i> .....	38
Figura 12 - Fungo <i>B. bassiana</i> colonizando vários hospedeiros .....	38
Figura 13 - Fluxograma para o processo de fabricação do inseticida biológico .....	43
Figura 14 - Comparativo entre volume de produção total e volume de substrato descartado..	47
Figura 15 - Ideias apresentadas durante o Brainstorming segregadas por setor.....	49
Figura 16 - Diagrama de Ishikawa .....	51
Figura 17 - Plano de ação 5W1H .....	55
Figura 18 - Comparativo entre volume de produção total e volume de substrato descartado após o início do projeto .....	58
Figura 19 - Percentual de substrato descartado ao longo de 2020.....	58

Figura 20 – Evolução do indicador SDC.....59

Figura 21 – Valor mensal gasto com o descarte de substrato contaminado entre o período de maio de 2019 à dezembro de 2020 .....60

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Dados levantados em 2019 e 2020 .....	47
Tabela 2 - Possíveis causas classificadas de acordo o resultado da multiplicação entre gravidade, urgência e tendência.....	53
Tabela 3 - Dados levantados após o início do projeto.....	57

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1	A QUALIDADE NAS ORGANIZAÇÕES – INOVAÇÃO E COMPETIÇÃO .....	18
2.2	EVOLUÇÃO HISTÓRIA DA GESTÃO DA QUALIDADE.....	20
2.3	GESTÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO .....	24
2.4	PDCA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	25
<b>2.4.1</b>	<b>Brainstorming</b> .....	30
<b>2.4.2</b>	<b>Diagrama de Ishikawa</b> .....	30
<b>2.4.3</b>	<b>Histograma</b> .....	31
<b>2.4.4</b>	<b>Fluxograma</b> .....	31
<b>2.4.5</b>	<b>5W1H</b> .....	32
<b>2.4.6</b>	<b>Folha de Verificação</b> .....	33
<b>2.4.7</b>	<b>Matriz GUT</b> .....	34
2.5	CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL: CONCEITOS E FORMAS DE UTILIZAÇÃO .....	36
2.6	HISTÓRIA E PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO MASSAL DO BIOINSETICIDA A BASE DO FUNGO <i>Beauveria bassiana</i> .....	37
<b>2.6.1</b>	<b>A industria de Biodefensivos no Brasil</b> .....	39
<b>2.6.2</b>	<b>Formas de produção de <i>Beauveria bassiana sp</i></b> .....	40
<b>3</b>	<b>PROPOSTA PARA APLICAÇÃO DO PROJETO</b> .....	41
3.1	A EMPRESA.....	41

3.2	PROCESSO PRODUTIVO E TÉCNICAS DE PRODUÇÃO.....	
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PDCA EM CADA ETAPA.....	45
4.1.1	Planejar (P).....	45
4.1.2	Fazer (D).....	56
4.1.3	Verificar (C).....	56
4.1.4	Agir (A).....	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os insetos correspondem a classe de animais mais diversificada existente na Terra. Como a maior e mais largamente distribuída classe dos artrópodes, os insetos representam mais que 70,00% de todas espécies de seres vivos descritos. Segundo Azevedo (1998), insetos podem ser benéficos ou causar danos aos humanos dependendo da espécie, seja como pragas na agricultura, seja como vetores de doenças. Em relação a ação de insetos-praga na agricultura, estes causam enormes prejuízos e são manejados principalmente com defensivos químicos, que na maioria das vezes são utilizados, pelos produtores, de maneira incorreta. A utilização incorreta dos defensivos químicos, pode induzir resistência de determinadas pragas, causar mortalidade de insetos benéficos ao ecossistema e provocar uma intoxicação grave, podendo levar seres humanos e animais à morte (SILVA e FAY, 2004).

Já os inseticidas microbiológicos podem ser uma ótima estratégia para controle de insetos-pragas e também a insetos vetores de doenças. O biocontrole apresenta vantagens econômicas e ambientais em relação ao uso de inseticidas químicos, além de poder ser associado aos defensivos químicos aumentando a taxa de controle. A taxa de sucesso no controle biológico é de 1:10, enquanto no controle químico é 1:140.000. Além disso, a utilização de agentes biológicos oferece alta especificidade quanto ao alvo, sem interferir no desenvolvimento de insetos benéficos. Não há efeitos colaterais, e seu custo de desenvolvimento é 1,00% do custo de controles químicos (VAN LENTEREN, 2012).

A espécie *Beauveria bassiana* é a segunda mais utilizada para o controle de pragas de plantas no Brasil. É um agente de controle biológico que pode ser empregado contra diversas pragas importantes no país. Esse fungo é utilizado na produção de inseticidas biológicos, também chamados de bioinseticidas ou biodefensivos e no mundo são encontrados diversos produtos comerciais para controle biológico contendo-o como princípio ativo (CROPLIFE, 2020).

A produção em escala industrial brasileira ocorre em biofábricas, que por definição, são fábricas especializadas em produção em larga escala de mudas de plantas e microrganismos vivos, que caminham para a obtenção de um produto econômica e ambientalmente sustentável. O processo de produção utiliza basicamente arroz como substrato para multiplicação do fungo e produção de esporos que são as estruturas infectivas (CAPALBO et, al, 1999). Inicialmente ocorre a esterilização do arroz, em seguida os pacotes com arroz estéril são enviados para as chamadas salas de crescimento onde ocorre a colonização do arroz pelo microrganismo, após o período de crescimento a mistura de arroz e esporos é seca, triturada e comercializada na forma

de pó-molhável (FARIA; MAGALHÃES, 2000). Este processo de produção empregado atualmente no país em sua maior parte, é considerada de forma sólida e pouco automatizado, necessitando de muita mão-de-obra, por ser quase 100,00% manual. Desta forma apresenta algumas desvantagens e desafios a serem confrontados como: a dificuldade de controlar o crescimento microbiano (COUTO; SANROMÁN, 2006; HOLKER; LENZ, 2005). As chances de contaminar o produto desejado são aumentadas nos processos de transferência do inóculo para o substrato e no tempo de crescimento – que pode chegar a 15 dias – podendo abrir espaço para a propagação de bactérias e/ou fungos indesejados. Caso ocorra a contaminação, todo o substrato contaminado, considerado perda por falha de qualidade, é separado do restante da batelada e segue para o descarte. As perdas por fabricação de produtos defeituosos por falha de qualidade, originam-se na confecção de itens fora dos padrões de qualidade e é o tipo mais fácil de ser identificado e mensurado, porém, não é o menos importante (SHINGO, 1981).

Assim, o assunto qualidade tem assumido diferentes acepções ao longo da sua evolução, principalmente, para o consumidor. Por essa razão, na última década as palavras “qualidade” e “gestão da qualidade” são as mais discutidas dentro das organizações empresariais e instituições, além de serem termos muito presentes no nosso vocabulário do dia-a-dia. Em uma análise, do ponto de vista do processo produtivo, qualidade são os esforços para eliminar ou minimizar os desperdícios que determinam a otimização do processo e a redução de custos, refletindo na definição de preços mais competitivos, criando um diferencial em épocas de crise (BRAVO, 2003).

Para se ter sucesso na Gestão da Qualidade, é necessário a adoção de metodologias adequadas e cabíveis aos processos. Dentre as metodologias existentes, é possível citar: MASP (Metodologia de Análise e Solução de Problemas), 8D (8 Disciplinas), DMAIC (Definir – Medir – Analisar – Implementar – Controlar), PDCA (Plan – Do – Check – Act), entre outros. O PDCA pode ser utilizado em qualquer ramo de atividade e tem por objetivo principal a melhoria de processos de forma contínua através de quatro passos: Plan (Planejar) – Do (fazer) – Check (checar) – Act (agir) que utilizam das chamadas ferramentas da qualidade para monitorar os processos e analisar os resultados (VERAS, 2009).

Segundo Ishikawa (1993) as ferramentas da qualidade são técnicas estatísticas e gerenciais que auxiliam na obtenção, organização e análises das informações necessárias para resolução de problemas.

De acordo com os dados que serão apresentados ao longo do trabalho, é possível notar que, para os dados levantados no ano de 2019, entre os meses de maio a dezembro, a média do substrato descartado foi de 40,17%, devido as contaminações citadas acima. A denominação

escolhida para a perda neste estudo é perda por produção defeituosa, onde as perdas são de substrato e a contaminação das bateladas são os defeitos de qualidade.

Considerando o contexto apresentado, o presente trabalho tem por objetivo principal, diminuir o percentual de perda de substrato por contaminação durante o processo de produção de inseticida biológico a base do microrganismo *Beauveria bassiana* por meio do ciclo PDCA em uma fábrica de produtos biológicos, localizada no Estado de Minas Gerais.

Mediante a importância do tema, para obtermos êxito na aplicação do PDCA, o objetivo principal será dividido nos seguintes objetivos específicos:

- 1) Revisar modelos e métodos de aplicação do ciclo PDCA e suas ferramentas da qualidade;
- 2) Observar a ocorrência e frequência das perdas;
- 3) Coletar dados para análise;
- 4) Estratificar a causa principal da perda de substrato;
- 5) Elaborar o plano de ação;
- 6) Executar o plano de ação;
- 7) Verificar os resultados obtidos;
- 8) Concluir o projeto e padronizar os processos

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: a primeira seção apresenta a revisão bibliográfica sobre Qualidade nas Organizações, Evolução Histórica da Gestão da Qualidade e sua aplicação no Processo Produtivo, PDCA e ferramentas da qualidade, além dos conceitos de Controle Biológico e perspectivas de produção para o inseticida biológico. Em seguida é relacionado à metodologia utilizada para aplicação do projeto. Posteriormente será apresentado a pesquisa-ação baseada na empresa de produtos biológicos; os principais resultados e por fim, as discussões.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica ficou dividida em sete tópicos, sendo eles: a qualidade nas organizações – inovação e competição; evolução histórica da gestão da qualidade; gestão da qualidade no processo produtivo; PDCA e ferramentas da qualidade; controle biológico no Brasil: conceitos e formas de utilização; a indústria de biodefensivos no Brasil e percentual de contaminação na produção de inseticida biológico a base do fungo *Beauveria bassiana*.

### 2.1 A QUALIDADE NAS ORGANIZAÇÕES – INOVAÇÃO E COMPETIÇÃO

Segundo Mary e Longo (1996) a competição entre mercados força cada vez mais as empresas a buscarem aperfeiçoamento de seus processos produtivos a fim de aumentar o valor agregado de seus produtos, ao mesmo tempo que visam um menor impacto ambiental. Atualmente, fala-se muito em Qualidade de Produtos, Qualidade de Serviços, Qualidade de Ensino, Qualidade de Vida, dentre outros. Como a concorrência não para de aumentar, a melhoria de processos através da Gestão da Qualidade torna-se uma das atividades mais importantes em qualquer organização empresarial, pois, por meio de melhorias, é possível reduzir desperdícios, aumentar a lucratividade e o valor agregado dos produtos e/ou serviços (MARY e LONGO, 1996).

Como a concorrência não para de aumentar, a melhoria de processos através da Gestão da Qualidade torna-se uma das atividades mais importantes em qualquer organização empresarial, pois, através de melhorias, é possível reduzir desperdícios, aumentar a lucratividade e o valor agregado dos produtos e/ou serviços (MARY e LONGO, 1996).

Para alcançar o sucesso em um processo de qualidade é necessário que seja fornecido e mantido pela gestão um ambiente voltado para a qualidade. Também são necessários informar e educar todos os níveis de funcionários através de treinamentos sobre o que é a qualidade e como pode ser alcançada. Cada colaborador deve assumir a responsabilidade pela qualidade do seu serviço, pois, a melhoria da qualidade é um processo que não tem fim e busca continuamente um trabalho sem deficiências e desperdícios (OLIVEIRA, 2003).

Sempre que se atua em uma nova frente, em um novo processo industrial, ocorrem os insucessos e certamente os desperdícios e para reverter ou evitar demandas de fracassos, os estudiosos, consultores e as próprias organizações estabelecem programas de ação que vão sendo modificados conforme o acúmulo de experiências, ocasionadas por falhas de implementação, estabelecidas em planos, por pessoas que desconheciam a realidade específica e geral da organização. Tais erros alimentam a resistência de pessoas céticas, que já não

acreditam nas possíveis melhorias e o descrédito é o pior que pode acontecer para a qualidade (OLIVEIRA, 2003).

Com foco nos “resultados esperados” novas técnicas vão surgindo ao longo dos anos e permitem às organizações trilharem caminhos que as levem a melhorias constantes e progressivas nas áreas de interesse, resultando em um maior desempenho.

Considerando que as organizações são sistemas abertos sempre sujeitos a variáveis externas, a gestão, no desempenho do seu papel organizacional e informacional, tem de lidar com as consequências das variáveis do próprio ambiente interno, especialmente os que surgem quando ocorrem transformações sociais e afetam atitudes e comportamentos dos colaboradores envolvidos. Por esse motivo, é preciso investir na reeducação, abandonando conceitos e valores antigos que muitas vezes refletem na forma de preconceito e estereótipos ineficazes no trabalho. Educar é uma variável de grande força que ajuda na revisão de paradigmas, muitas vezes enraizados na cultura vigente. É preciso compreender o que é trabalho na concepção dos processos de qualidade (OLIVEIRA, 2003).

Outro fator importante para a organização durante a implantação de processos de gestão da qualidade, é a promoção conjunta, ou seja, cada colaborador se sente parte do todo, não como um número, mas com responsabilidade e satisfação. O envolvimento de toda a organização (“chão de fábrica” até o topo da pirâmide organizacional) é necessário para eliminar a resistência natural que o ser humano tem com relação a qualquer mudança (VERAS, 2009).

Segundo Oliveira (2003), mudar está ligado a inovar, que por sua vez está ligado a antecipar e, portanto, é necessário aceitar que sua aplicação ocorre tanto em questões de ajuste – adaptar ou renovar algo – como de criação – antecipar ações.

A medida em que as necessidades das pessoas mudam, os produtos também mudam, mudam os processos e a tecnologia. Por fim, a inovação força as organizações e os seus métodos e modelos de trabalho a moldarem, tendo como consequência uma nova demanda. Tal fato coloca o tema Inovação na “moda do mundo corporativo”, com a tendência de se tornar objetivo estratégico e central das companhias que desejam superar a concorrência. A alta produtividade está atrelada a fatores intangíveis como: processos otimizados em custo, tempo, recursos, profissionais treinados e capacitados para exercer melhor sua função e a um ambiente propício ao surgimento da inovação (CAMPANÁRIO, 2012).

## 2.2 EVOLUÇÃO HISTÓRIA DA GESTÃO DA QUALIDADE

Como dito anteriormente, o “mundo moderno” vem sendo objeto de aceleradas transformações inovadoras, tanto econômica, políticas quanto sociais, que têm levado os governos de todas as nações a adotarem estratégias diferenciadas e criativas para elevar a qualidade de vida de suas populações. Para entender o conceito de Gestão da Qualidade, é preciso voltar na história, pontuar algumas passagens importantes e interpretar a sua evolução, levando em consideração o ambiente produtivo da época (MARY; LONGO, 1996).

Até o Século XVIII a qualidade estava fortemente centrada no artesão que era um especialista que adquiria a matéria-prima, projetava, fabricava o produto, controlava a qualidade e possuía um domínio completo do ciclo de produção. O contato era realizado direto com os compradores, “clientes”, entendendo as especificações desejadas para a fabricação e possíveis reclamações para o melhoramento do produto, portanto, cuidava desde a fabricação do produto até o pós-venda.

Pode-se contextualizar que a história da qualidade começou com a Revolução Industrial (entre os séculos XVIII e XIX), quando o artesão perdeu grande parte da clientela, devido a substituição da customização pela padronização e produção em larga escala. Como a mão de obra dos trabalhadores foi em grande parte substituída por máquinas, deu início ao modelo de produção em série, já nessa época surgiu a função do inspetor juntamente dos departamentos de controle de qualidade para garantir a qualidade dos produtos, porém, a inspeção era sobre o produto acabado e só separava as peças “defeituosas” das “não defeituosas” (PALADINI, 2004). Com a produção em massa o trabalho foi fragmentado, cada operário tinha domínio apenas de uma pequena fração do trabalho, que era repetida muitas vezes ao longo do dia. Devido a essa fragmentação, as peças cada vez mais precisavam seguir especificações de produção, pois se cada peça fosse fabricada de um modo diferente elas não encaixariam nas demais peças e a concretização do produto se tornaria impossível.

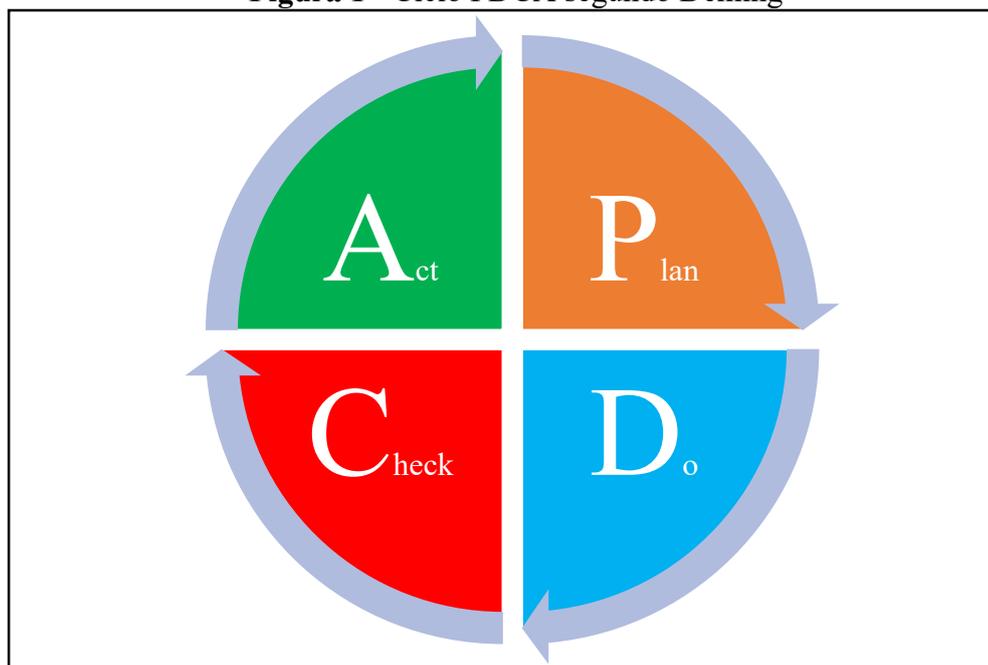
Na Primeira Guerra Mundial (1914-1918), mesmo havendo pessoas responsáveis pela supervisão e inspeção da qualidade dos produtos, foram encontrados inúmeros defeitos sobre os produtos bélicos usados no período

Um pouco depois, em 1924, foi que o conceito de controle da qualidade deu mais um salto, Walter Andrew Shewhart, físico, engenheiro e estatístico estadunidense divulgou novas técnicas estatísticas para o controle de qualidade através dos gráficos de controle, chamado de Controle Estatístico de Processo e conhecido até hoje como CEP. Shewhart também propôs o

Ciclo PDCA, método mais utilizado para identificar e resolver problemas, controlar e melhorar processos de forma contínua (NETTO, 2017).

Na década de 1930, o controle da qualidade evoluiu muito com o desenvolvimento do sistema de medidas, de ferramentas de controle estatístico de processo e com o surgimento de normas específicas para a qualidade. Surgiram também novas técnicas de avaliação, substituindo a inspeção individual de cada produto pela inspeção por amostragem, reduzindo drasticamente o número de inspeções diárias. A qualidade como é conhecida hoje, surgiu devido a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). O Estados Unidos incentivou a utilização dos métodos estatísticos de Shewhart pelos seus fornecedores, para que eles se tornassem capazes de produzir materiais bélicos de qualidade. Nessa época as conquistas do controle estatístico da qualidade se difundiram pelo mundo, mas, foi no período pós-guerra que surgiram novos elementos para a Gestão da Qualidade (PALADINI, 2006).

Findo a Segunda Guerra Mundial, o Japão tinha uma dívida enorme para pagar devido à derrota e precisava se reerguer economicamente, então, começaram investindo em suas indústrias, assim, os japoneses desenvolveram um método de controle de qualidade que ao invés de eliminar as peças defeituosas, buscavam evitar a ocorrência dos erros, foi quando o ciclo PDCA ficou mundialmente conhecido. Nos anos 50, o professor W. Edwards Deming ao chegar no país, trabalhou forte com o método até então desenvolvido por Shewhart, adequando o processo as necessidades dos Japoneses, identificando e reduzindo as variações dos processos, essa nova etapa foi chamada de PLAN, sendo assim, o PDCA ficou conhecido como P-Plan, D-Do, C-Check e A-Act. Segundo Paladini (2010), a prevenção que era apenas corretiva, começa a se tornar preventiva. A **Figura 1** mostra de uma forma bem simples como a divisão do Ciclo PDCA está organizada.

**Figura 1 - Ciclo PDCA segundo Deming**

Fonte: Da autora, 2020

Dando continuidade à evolução histórica da qualidade, Deming e Joseph Moses Juran, em meados de 1954, foram responsáveis por ministrar um conjunto de palestras a empresários Japoneses que acreditaram e confiaram em todos os tópicos, princípios e vantagens apresentados por eles. Nessa mesma época Kaoru Ishikawa apoiou Deming e Juran e foi nesse período que se iniciou um grande movimento da qualidade no Japão (NETTO, 2017).

Kaoru Ishikawa, nascido em Tóquio e graduado em Química, foi um dos grandes “tradutores” da cultura norte-americana de Deming e Juran, desenvolvendo uma estratégia especificamente japonesa de qualidade. Ishikawa ficou conhecido especialmente pela difusão dos CCQ - Círculos de Controle da Qualidade (conjunto de trabalhadores que se reúnem regularmente buscando qualidade em suas organizações), pela criação do diagrama de Ishikawa (Diagrama de causa e efeito) e também por acreditar que TODAS as pessoas envolvidas em uma organização podem (e devem) contribuir com a qualidade e precisam conhecer técnicas estatísticas básicas. Ishikawa também foi importante na difusão de ferramentas e técnicas de análise e solução de problemas e gerenciamento da rotina que atualmente ainda estão em uso em diversas organizações, conhecidas como as sete ferramentas da qualidade: diagrama de Pareto, diagrama de causa-efeito, histograma, folhas de verificação, gráficos de dispersão, fluxograma e cartas controle (CARPINETTI, 2012).

Armand Vallin Feigenbaum, Doutor em Ciências pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, nomeado Diretor Mundial da General Electric (GE) em 1958, foi o criador do

termo *Total quality management* ou Controle Total da Qualidade (TQC), que se trata de um sistema efetivo para integrar os esforços dos vários grupos ou setores dentro de uma organização, no desenvolvimento, na manutenção e no melhoramento da qualidade, permitindo uma completa satisfação do cliente.

Feigenbaum estabeleceu alguns passos para a gestão total da qualidade, como:

- 1º Estabelecimento de padrões (aonde se quer chegar?);
- 2º Avaliação das conformidades (qual a situação atual?);
- 3º Agir quando necessário (se houver alguma lacuna a ser preenchida);
- 4º Planejar para o melhoramento.

Também é importante citarmos Taiichi Ohno, nascido na China, de pais japoneses e Engenheiro Mecânico, considerado o principal responsável pela criação do Sistema Toyota de Produção (Just in Time) e pai do Sistema Kanban. O conceito de melhoria contínua era fundamental na busca da perfeição (Kaizen) e em sua luta contra o desperdício, o alvo principal foi a eliminação da inspeção e, para tal, foi preciso desenvolver os trabalhadores para a responsabilidade pela qualidade do que produziam, a fim de interromper a produção assim que uma não-conformidade ocorresse no sistema, intervindo em tempo real, evitando a produção de peças defeituosas. Shigeo Shingo também teve sua parcela de colaboração para a eliminação dos desperdícios da qualidade propondo dispositivos à prova de erros (poka yoke), bem como desperdício de tempos de preparação com seu modelo de troca rápida de ferramenta (SMED – Single Minute Exchange os Die).

O próximo grande passo da história da qualidade pode ser chamado de “normalização”. A partir de 1987, com a criação da ISO 9000, o que houve foi nem tanto uma mudança de conceitos ou abordagem (embora tenha havido), mas uma popularização impressionante em meio às indústrias das certificações dos “sistemas de garantia da qualidade” segundo padrões adotados internacionalmente. A expressão ISO 9000 designa um grupo de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para organizações em geral, independente do seu tipo ou dimensão e visa o gerenciamento de processos e a qualidade dos produtos (GARVIN, 1992).

### 2.3 GESTÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO

Para Werkema (1995) processo é uma combinação de equipamentos, insumos, métodos, condições ambientais, pessoas e dados.

Uma organização pode ser vista e caracterizada como um processo e dentro dela pode-se perceber a existência de conjuntos de processos menores, que compõem o fluxo de produção de bens ou o fornecimento de serviços, que exigem acompanhamento constante.

O acompanhamento constante é o controle de processo e para Campos (1992) esse controle é essencial para o gerenciamento de todos os níveis da empresa. É necessário compreender o relacionamento causa-efeito que podem influenciar o produto ou serviço final. A gestão da qualidade é fundamental para garantir competitividade. A concorrência não está mais baseada unicamente no custo. Hoje outros fatores como qualidade, flexibilidade, entrega e inovação, são levados em conta. Além disso é possível conseguir grandes reduções de custo com a padronização da qualidade dos produtos. No presente trabalho a gestão da qualidade se torna importante para padronizar os processos, controlá-los estaticamente, aumentar a qualidade do produto, a competição com outras empresas do mesmo segmento, bem como, reduzir os índices de contaminação presentes no atual processo produtivo, onde cerca de 40,00% de tudo o que é produzido é descartado (CAMPOS, 1992).

O próximo tópico apresenta o conceito PDCA, algumas das principais ferramentas da qualidade e como a aplicação da metodologia pode ajudar a melhorar e controlar índices de processos existentes.

## 2.4 PDCA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Como dito anteriormente, para se ter sucesso na Gestão da Qualidade, é necessário a adoção de metodologias adequadas e cabíveis aos processos. Dentre as metodologias existentes, é possível citar diversas abordagens e ferramentas distintas, que podem ser encontradas facilmente na literatura, portanto, as mais relevantes para este projeto, inclusive a metodologia escolhida, estão listadas abaixo:

- a) **DMAIC:** tem como princípio atingir processos perfeitos. Avalia os defeitos com base nas especificações técnicas, podendo ser aplicada em diversos setores, tanto em processos produtivos como em processos administrativos. A representação estatística do Six Sigma descreve quantitativamente a forma como um processo é executado. Ao atingir o nível seis sigma, o processo obtém a capacidade de apresentar, no máximo, 3,4 defeitos a cada milhão de oportunidades para defeito (COUTINHO, 2020);
- b) **MAASP:** Metodologia de análise e solução de problemas que tem por objetivo, eliminar a probabilidade de reincidência das anomalias, ou seja, diminuir o aparecimento de não conformidades, garantir o aumento da qualidade no desempenho dos processos (CAMPOS, 2004);
- c) **8D:** A ferramenta 8D é uma metodologia que engloba disciplinas para chegar na resolução de um problema. Tem por objetivo encontrar a causa raiz de um problema, planejar uma solução a curto prazo e implementar ações a longo prazo para evitar reincidências. Quando um produto não está atendendo aos requisitos dos clientes, a ferramenta 8D mostra-se uma excelente ação inicial para melhorar a qualidade e a confiabilidade dos itens fornecidos (BLENS, 2018);
- d) **PDCA:** pode ser utilizado em qualquer ramo de atividade e tem por objetivo principal, a melhoria de processos de forma contínua através de quatro passos: Plan (Planejar) – Do (fazer) – Check (checar) – Act (agir). Os quatro passos utilizam as chamadas ferramentas da qualidade para monitorar os processos e analisar os resultados. Geralmente é utilizado para melhorias que não requeiram uma ação emergencial imediata em processos de produção (VERAS, 2009). De acordo com Andrade (2003), o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Além disso, o mesmo afirma que, o processo sempre pode ter uma nova análise, o que implica em novo processo de mudança. Essa

metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, é extremamente útil para a solução de problemas. Poucos instrumentos se mostram tão efetivos para a busca do aperfeiçoamento quanto este método de melhoria contínua, tendo em vista que ele conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (QUINQUIOLO, 2002).

Devido ao objetivo, facilidade de aplicação e resultados esperados, a metodologia PDCA foi a escolhida e aplicada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Cada vez que o ciclo PDCA se repete para solucionar um problema ou obter melhoria contínua, o próximo ciclo tende a ser mais complexo. O plano e as metas passam a ser mais ousados e tudo fica mais difícil de aplicar. É necessário que toda a equipe seja bem treinada e esteja preparada para alcançar objetivos ambiciosos.

O Ciclo PDCA – conhecido como Ciclo da Melhoria Contínua - é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo promover melhorias de processos por meio da metodologia representada por quatro palavras em inglês, quatro passos: **Plan** (planejar), **Do** (fazer), **Check** (cheçar) e **Act** (agir) (Gestão da Qualidade, 2017).

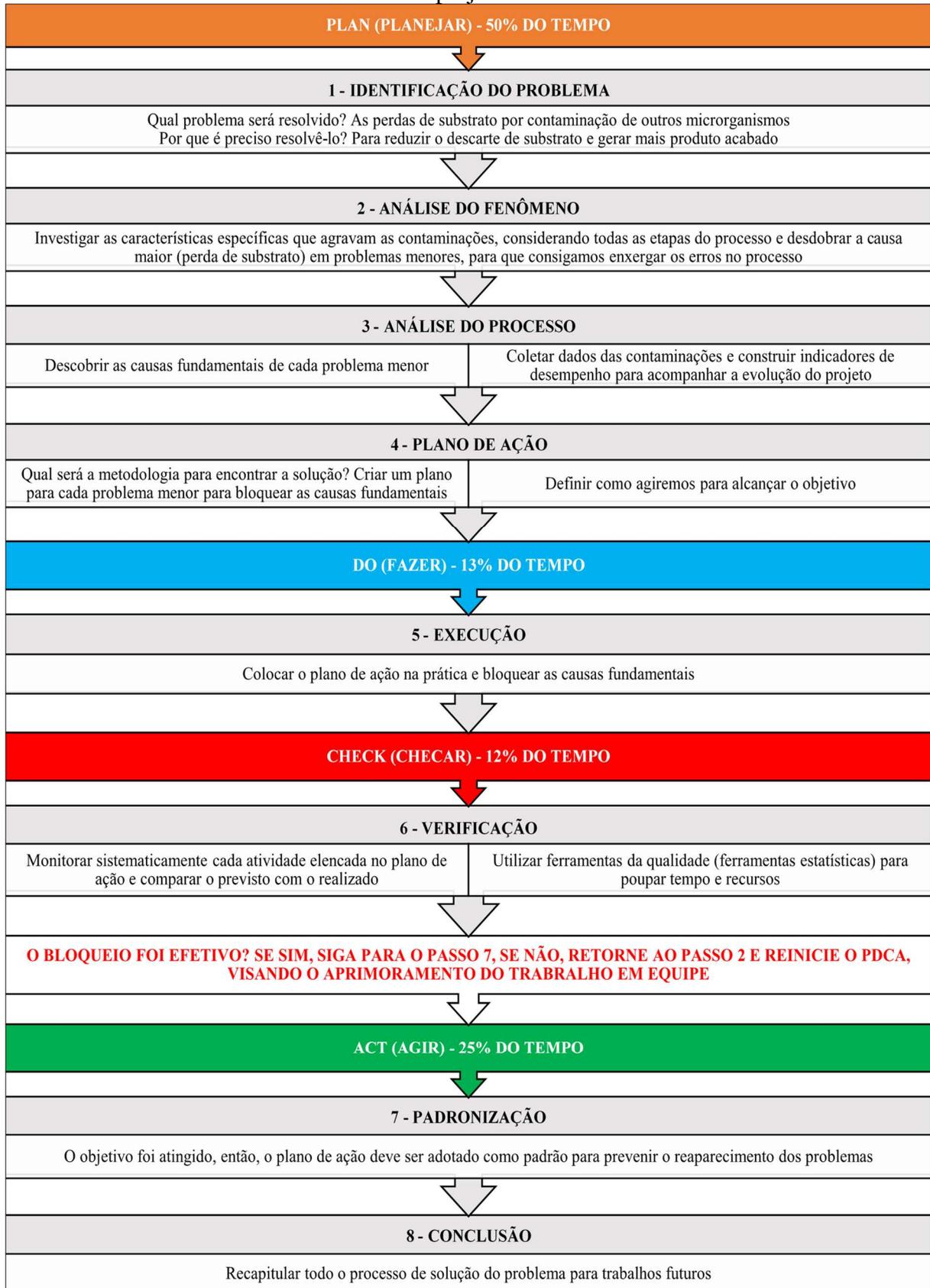
Com o pensamento de que é sempre possível melhorar, o objetivo do PDCA é ajudar os usuários não só a entender como os problemas surgem, mas também demonstra como devem ser solucionados, focando nas causas e não nas consequências. Assim que identificado uma oportunidade de melhoria é possível colocar em ação atitudes para promover a mudança necessária para atingir resultados almejados com qualidade e eficiência (FONSECA; MIYAKE, 2006).

O método de análise e melhoria de processos proposto pelo PDCA parte do pressuposto de que o planejamento não acontece uma única vez, no decorrer do projeto pode ser preciso mudar o planejamento e seguir os passos propostos ajuda a fazer exatamente esse controle, que é contínuo, contribuindo para que cada processo se desenvolva da melhor maneira possível, o uso correto da metodologia evita erros nas análises e padroniza informações do controle de qualidade.

Por mais que a metodologia de aplicação divida o ciclo em quatro passos, não significa que elas aconteçam linearmente, cada passo precisa ocupar uma porcentagem do total de tempo estipulado para a duração do projeto (JIMENO BERNAL, 2013).

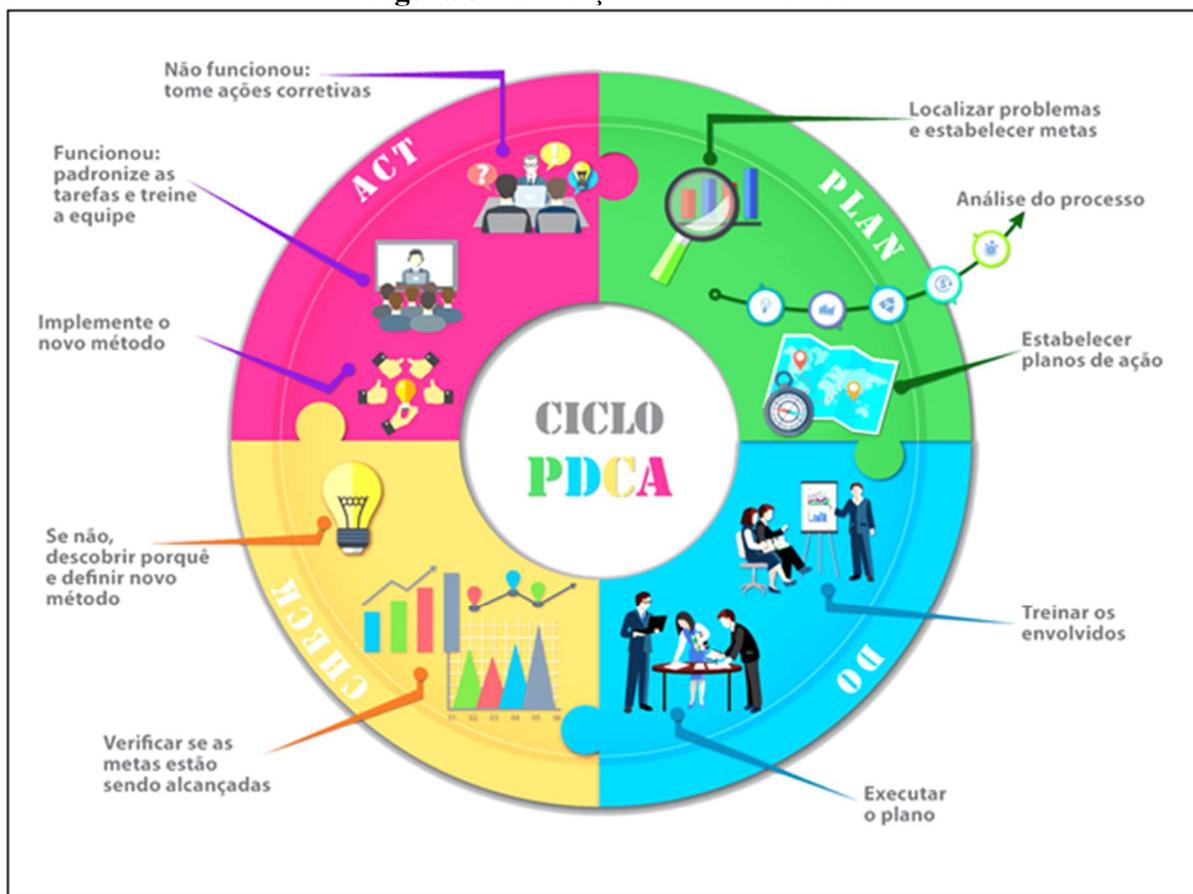
A **Figura 2** a seguir segrega os passos, sugere o tempo que cada etapa deve demandar e o que deve ser executado em cada etapa. Já a **Figura 3** ilustra as quatro etapas do ciclo PDCA.

**Figura 2** - Detalhamento do PDCA e sugestão de tempo que cada etapa deve demandar do projeto



Fonte: Adaptado de Falconi, 2004

**Figura 3 - Ilustração do Ciclo PDCA**



Fonte: Venki, 2019

Para obter o máximo de qualidade e eficiência em um projeto de melhoria, a utilização das ferramentas da qualidade é indispensável. Ferramentas da qualidade são essenciais e indispensáveis para a melhoria dos processos (OLIVEIRA et al., 2011). Em cada etapa do PDCA pode-se usar uma ou mais ferramentas e a mesma ferramenta pode ser utilizada em mais de uma etapa, porém, não se torna uma obrigatoriedade a utilização de todas, fica a critério dos usuários. Segundo Bravo (2003), o uso das técnicas da qualidade é essencial para determinar as causas raízes de um problema e identificar ações a serem tomadas para eliminá-lo. Em outras palavras, sua aplicabilidade está voltada principalmente para a análise de processos e estruturação do plano de ação.

Foi descoberto que as ferramentas da qualidade mais utilizadas em empresas de diferentes países são: 5S; 5W1H ou 5W2H; Análise do Método e Efeito das Falhas (FMEA); Ficha de Controle; Controle Estatístico de Processos (CEP); Gráfico de Pareto; Histograma; Poka Yoke; SMED e Six Sigma (KHANNA et al., 2010).

No presente trabalho, as ferramentas utilizadas em apoio ao PDCA foram: Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, Histograma, Fluxograma e 5W1H no desenho do plano de ação. Todos utilizados na parte de planejamento do PDCA.

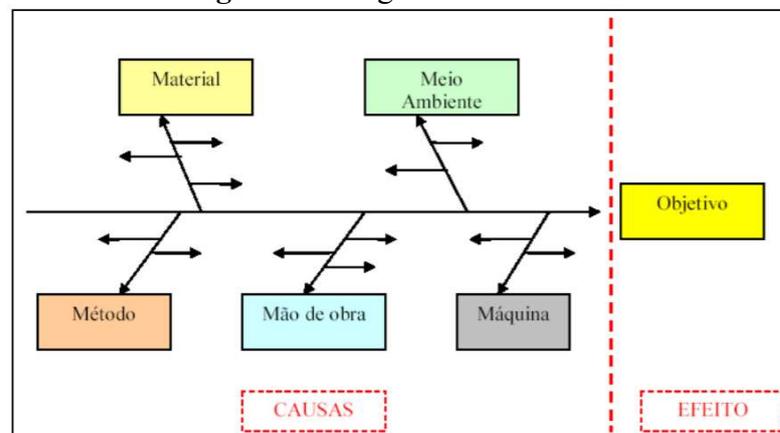
#### 2.4.1 BRAINSTORMING

Ferramenta utilizada para que os indivíduos sejam motivados a apresentarem suas ideias sem pré-julgamento. O objetivo é ter um ambiente irrestrito, livre de críticas, que incentive o processo criativo (MEIRELES, 2001). As principais vantagens dessa ferramenta são o envolvimento de todos os membros da equipe para uma produção rápida de inúmeras ideias criativas e inspiradoras.

#### 2.4.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O Diagrama de Ishikawa também conhecido como diagrama espinha de peixe, é utilizado para análise de processo e busca de causas raízes de um problema, por meio de brainstorming. A partir de um resultado indesejável, possíveis causas são levantadas e discutidas para identificar as causas raízes (VERGUEIRO, 2002). O Diagrama de Causa e Efeito visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Cada efeito possui várias categorias de causas, que podem ser compostas por outras causas, que por sua vez podem ser classificadas em 6 tipos: máquina, materiais, mão-de-obra, meio ambiente, medida e método (RODRIGUES, 2006). A **Figura 4** mostra em detalhe o Diagrama de Ishikawa que tem por objetivo organizar o raciocínio na identificação de causas raiz de problemas relacionando o efeito a ser analisado com as causas mais influentes.

**Figura 4 - Diagrama de Ishikawa**

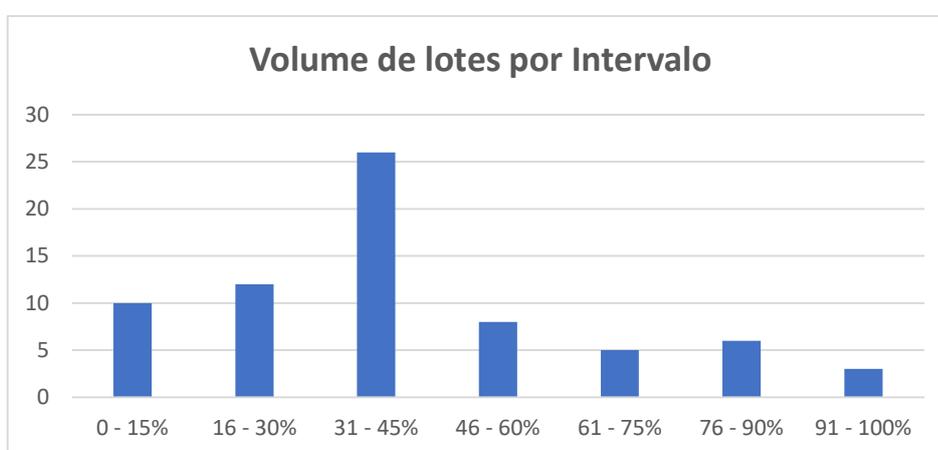


Fonte: PORTAL DO ADMINISTRADOR, 2010

### 2.4.3 HISTOGRAMA

Histograma é a representação gráfica em colunas ou em barras de um conjunto de dados previamente tabulado e dividido em classes. A base de cada retângulo representa uma classe, a altura de cada retângulo representa a quantidade ou a frequência absoluta com que o valor da classe ocorre no conjunto de dados para classes uniformes ou a densidade de frequência para classes não uniformes (BRAZ, 2002). A **Figura 5** exemplifica o modelo de histograma gerado pelo programa editor de planilhas EXCEL, versão 2016.

**Figura 5** - Modelo de Histograma ou distribuição de frequências

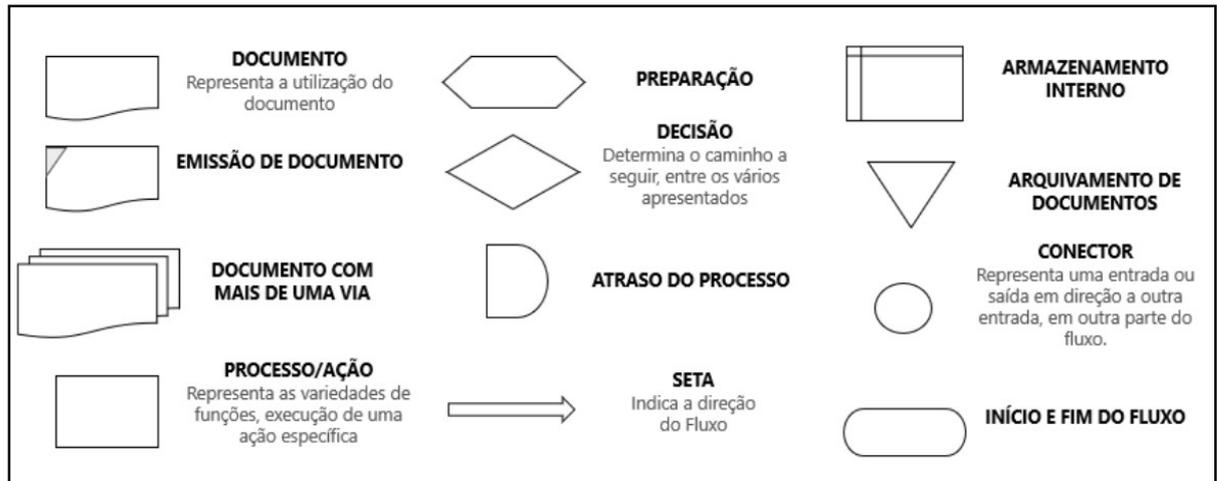


Fonte: Da autora, 2020

### 2.4.4 FLUXOGRAMA

Ferramenta que simboliza graficamente um procedimento, problema ou sistema que pode ser um processo de decisão ou apenas o processo sequencial. A existência de fluxogramas para cada um dos processos é fundamental para a simplificação e racionalização do trabalho, permitindo a compreensão e posterior otimização dos processos desenvolvidos em cada departamento ou área da organização. Sua elaboração é relativamente simples. Inicialmente, é necessário estudar e entender o processo a ser mapeado. Uma vez entendido, deve-se descrever esse processo em forma de macro tópicos e descrever sua sequência lógica. Por fim, é preciso montar essa sequência de atividades de forma ilustrativa, para que fique claro a todos a sequência lógica do processo (LUCINDA, 2010). A **Figura 6** mostra diversos símbolos que podem ser utilizados nas representações de ações e decisões a serem tomadas durante o processo. Os símbolos apresentados fazem parte de um padrão pré-estabelecido para a elaboração de fluxogramas e permite o fácil entendimento do processo por parte daqueles que irão realizar possíveis alterações e melhorias no processo.

**Figura 6** - Símbolos padrão para Fluxograma



Fonte: Coutinho, 2020

#### 2.4.5 5W1H

A técnica 5W1H é uma ferramenta prática que permite, a qualquer momento, identificar dados e rotinas mais importantes de um projeto ou de uma unidade de produção. Também possibilita identificar quem é quem dentro da organização, o que faz e porque realiza tais atividades. O método é constituído de seis perguntas, utilizadas para implementar soluções: O quê? Quem? Onde? Por quê? Quando? Como? e que estão organizadas e estruturadas na **Figura 7** para melhor entendimento (PEINADO e GRAEML, 2007).

**Figura 7** - Quadro Comparativo entre os métodos 5W e 1H

		<b>Método dos 5W1H</b>	
<b>5W</b>	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por Quê?	Por que a ação será executada?
<b>1H</b>	How	Como?	Como será executada a ação?

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml, 2007

## 2.4.6 FOLHA DE VERIFICAÇÃO

A folha de verificação é a ferramenta mais simples das ferramentas da qualidade. São formulários com os itens que precisam ser verificados diariamente, semanalmente, mensalmente, ou anualmente, de acordo com as necessidades do projeto e da empresa, são mais conhecidos como Checklist e tem por objetivo facilitar a coleta de dados para a verificação dos resultados. Podem ser estruturadas em tabelas, planilhas ou quadros. Apesar de simples, a utilização da folha de verificação economiza tempo, eliminando o trabalho de se desenhar figuras ou escrever números repetitivos (VENKATRAMAN, 2007). A **Figura 8** demonstra a simplicidade e funcionalidade de uma folha de verificação ou checklist.

**Figura 8 - Modelo de Folha de Verificação ou Checklist**

<b>FOLHA DE VERIFICAÇÃO</b>						
<b>ETAPA DE FABRICAÇÃO:</b> Crescimento						
<b>TIPO DE NÃO CONFORMIDADE:</b> Descarte de residuo						
<b>PERÍODO:</b> Maio a Dezembro de 2019						
<b>RESPONSÁVEL:</b> Priscila Alves Martins						
<b>DEFEITO:</b> Lotes que apresentaram percetual de contaminação						
<b>CONTAGEM</b>						
0 - 15%	16 - 30%	31 - 45%	46 - 60%	61 - 75%	76 - 90%	91 - 100%
<b>Total de lotes inspecionados no período: 70</b>						

Fonte: Adaptado de Venkatraman, 2007

### 2.4.7 MATRIZ GUT

A sigla GUT representa respectivamente a abreviatura das iniciais de gravidade, urgência e tendência, que são os parâmetros de análise da matriz. O objetivo desta ferramenta é ranquear a importância das ações pela sua gravidade, pela sua urgência e pela sua tendência, permitindo escolher a tomada de ação prioritária. Essa ferramenta auxilia na formação de estratégias, projetos e também na coleta de dados (FÁVERI e SILVA, 2016).

Para Fáveri e Silva (2016), através da matriz GUT o gestor pode agir com base em um escalonamento, identificando quais problemas devem ser solucionados primeiro, atribuindo valores para cada situação de maneira objetiva. Essa ferramenta pode ser usada em diversas situações como auxílio para tomada de decisão, sendo aplicada muitas vezes como instrumento complementar a outras ferramentas da Gestão da Qualidade como: Diagrama de Pareto, Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, 5W1H, dentre outros. A **Figura 9** demonstra a tendência de agravamento da situação e indica os problemas possivelmente mais graves em caso de não receberem a devida atenção e posterior tratamento. Cada problema deve ser avaliado de 1 a 5, sendo: 1 para sem gravidade, 2 para pouco grave, 3 grave, 4 muito grave e 5 extremamente grave.

**Figura 9** - Tendência de agravamento da situação

<b>Nota</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Urgência</b>	<b>Tendência</b>
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar
4	Muito grave	É urgente	Irá piorar a curto prazo
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente

Fonte: Egestor, 2018

Contudo, segundo Periard (2011), a aplicação prática da Matriz GUT se divide em três etapas: a listagem dos problemas, a divisão de acordo com a gravidade, urgência e tendência de agravamento de cada um. E por último, a avaliação da soma das pontuações para identificar os principais problemas, como demonstrado na **Figura 10**.

**Figura 10** – Exemplo de como usar a Matriz GUT na resolução dos problemas

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Prioridade
Problema 1	3	1	4	12
Problema 2	5	2	3	30
Problema 3	1	4	2	8

Fonte: Periard, 2011

## 2.5 CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL: CONCEITOS E FORMAS DE UTILIZAÇÃO

Como dito anteriormente a melhoria contínua pode ser adotada em todos os tipos de processos. Será apresentado abaixo, conceito, formas de utilização, uma breve explicação sobre o controle biológico no Brasil e como será a introdução do processo de melhoria contínua na fabricação do bioinseticida (BETTIOL & GHINI, 2003).

Muitos são os fatores que limitam a produção agrícola, dentre eles, estão as pragas e doenças, cujo manejo baseia-se na utilização de produtos sintéticos, a base de moléculas químicas, também conhecidos como agrotóxicos (BETTIOL & GHINI, 2003).

O uso dessas substâncias possibilitou manejar não somente pragas e doenças, mas também plantas invasoras, e assim, avançar com a agricultura em áreas cada vez maiores, porém o seu uso intenso e desordenado tem promovido diversos problemas, como por exemplo: contaminação de águas, alimentos e animais, intoxicação dos agricultores, resistência de patógenos e pragas às moléculas químicas, dentre outros (BETTIOL & GHINI, 2003).

Com a preocupação em produzir de forma mais sustentável, o produtor tem assimilado outras formas de manejo, visando a redução no uso de agrotóxicos e maximização dos resultados. Dessa forma, o uso do controle biológico na agricultura tem crescido exponencialmente no país (ABCBIO, 2019). O controle biológico faz parte do chamado Manejo Integrado de Pragas (MIP) e permite o uso de organismos vivos ou obtidos por manipulação genética para combater pragas e doenças, podendo ser aplicado nas mais diversas culturas e em qualquer fase do seu desenvolvimento. Esses organismos vivos são multiplicados em larga escala, e dão origem aos chamados biodefensivos, ou defensivos biológicos (MAPA, 2019).

Existem dois tipos de biodefensivos: os macrobiológicos, que consistem no uso de macroorganismos, como insetos, ácaros e outros inimigos naturais das pragas; ou microbiológicos, que se baseiam em bactérias, fungos e vírus (MAPA, 2019).

No ano de 2018, a produção de produtos biológicos para controle de pragas e doenças agrícolas cresceu mais de 70% no Brasil, movimentando R\$ 464,5 milhões ante R\$ 262,4 milhões em 2017 e este resultado nacional é considerado o mais expressivo da história do setor e supera o percentual apresentado pelo mercado internacional (ABCBIO, 2019).

Este crescimento deve-se a diversos fatores, dentre eles, a disponibilidade de produtos de qualidade ofertados pelo mercado nacional, uma vez que o Brasil está entre os dez países com a melhor performance na produção de biodefensivos (ABCBIO, 2019). Visando atender essa demanda que é crescente, as indústrias brasileiras estão se estruturando cada vez mais,

tanto com a aquisição de novos equipamentos e tecnologias, como na especialização dos profissionais envolvidos, bem como na modernização e aprimoramento dos processos de multiplicação de microrganismos como bactérias e fungos, que consiste na maior parte dos agentes utilizados para controle biológico no país (ABC BIO, 2019).

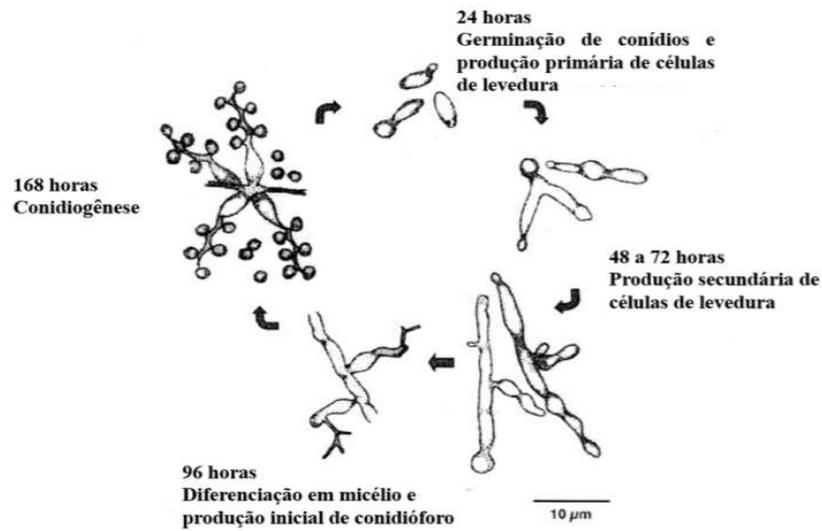
## **2.6 HISTÓRIA E PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO MASSAL DO BIOINSETICIDA A BASE DO FUNGO *Beauveria bassiana***

A produção massal de fungos está em constante desenvolvimento no Brasil desde a década de 60. Para a multiplicação de fungos e produção de esporos são utilizados cereais como o arroz, que geralmente são pré-cozidos em autoclave para que haja colonização do microrganismo sobre o substrato e após a colonização o substrato é seco, moído e formulado para fornecer aos esporos proteção e estabilidade durante meses, desde que armazenados conforme as instruções do fabricante (DALZOTO e UHRY, 2009)).

São várias as formas de produzir o fungo *Beauveria bassiana*, portanto, é necessário descrever a história de descoberta do fungo, seu ciclo de vida e os mecanismos de ação.

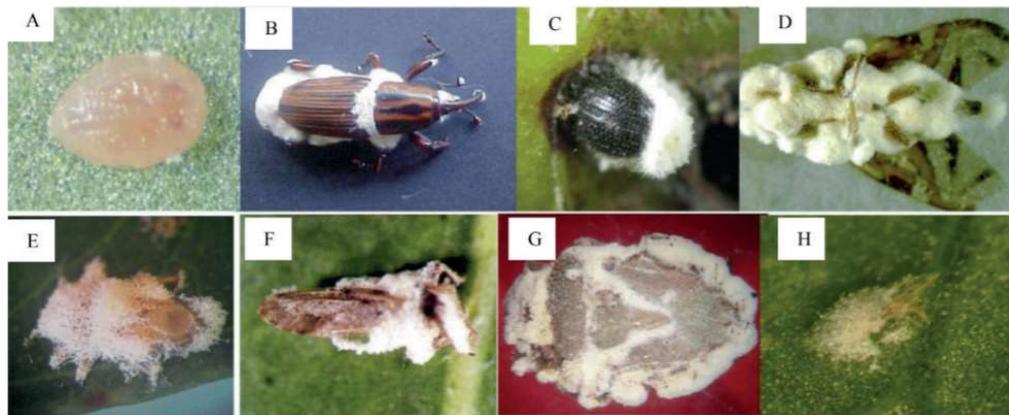
Foi observado por Agostinho Bassi em 1835, que as culturas do bicho-da-seda eram atacadas por um fungo, nomeado por Giusepp Balsamo-Crivelli como *Beauveria bassiana*, porém, em 1726, na Itália, já havia registro evidenciando o fungo, onde Reaumur observou a infecção em um inseto (REHNER & BUCKLEY, 2005). *Beauveria bassiana* é um fungo entomopatogênico encontrado no solo e também em inúmeros insetos-praga, utilizado como princípio ativo de muitos produtos comerciais para o combate de diversas pragas (DALZOTO e UHRY, 2009). Existem mais de 45 produtos que utilizam *Beauveria bassiana* como ingrediente ativo (MAPA, 2020). O ciclo biológico da *B. bassiana* (evidenciado na **Figura 11**) o caracteriza como um parasita facultativo, onde seus conídios têm a capacidade de penetrar a cutícula do inseto mediado, e também podem aparecer no sistema respiratório e digestório. Os conídios geram tubos germinativos e hifas que transpassam o tegumento do inseto. Logo, o fungo se propaga na hemolinfa do hospedeiro criando uma vasta massa de hifas, levando o inseto a morte devido à doença chamada muscardine branca (evidenciado na **Figura 12**), que causa a perda de sensibilidade do inseto juntamente com a perda de coordenação dos movimentos e paralisia, matando-os por falta de nutriente. Em condições favoráveis, o fungo aflora, externando suas hifas e formando uma massa branca na superfície do cadáver (DALZOTO e UHRY, 2009).

**Figura 11** - Ciclo de crescimento de *Beauveria bassiana*



Fonte: Alves et al., 2002

**Figura 12** - Fungo *B. bassiana* colonizando vários hospedeiros



Fonte: Mascarin e Jaronski, 2016

O ciclo da doença no hospedeiro dura de 8 a 10 dias tornando os insetos duros e revestido por uma massa branca (GUIMARÃES et al., 2016). A espécie *Beauveria bassiana* é um dos fungos mais empregados para controlar pragas na agricultura já que é patogênico a várias espécies e também pela facilidade de produção in vitro.

### 2.6.1 A INDÚSTRIA DE BIODEFENSIVOS NO BRASIL

O Brasil, além de apresentar um crescimento acentuado no uso do controle biológico, também apresenta performance destacada na produção de biodefensivos. Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019) mostram que o Brasil é o quarto país com melhor performance na produção de produtos biológicos, respondendo por 7% da comercialização mundial. O setor é liderado por Estados Unidos (37%), Espanha (14%) e Itália (10%) (MAPA, 2019) e isso se deve, dentre outros fatores ao maior investimento em estrutura fabril, capacitação de mão de obra especializada, pesquisa e desenvolvimento em bioprocessos, maiores estudos em multiplicação e formulação de macro e micro organismos utilizados no controle biológico.

Quando se trata de fungos, bactérias e vírus, a multiplicação desses microrganismos podem ocorrer de duas formas: *in vivo* ou *in vitro*.

Na multiplicação *in vivo*, os microrganismos se multiplicam sobre o hospedeiro alvo ou alternativo. Alguns fungos e bactérias são de difícil produção em meios artificiais, principalmente os vírus, que são patógenos obrigatórios. Nesse caso, é necessário o hospedeiro para sua multiplicação. De acordo com Bettioli e Morandi (2009), A produção massal *in vivo* ocorre quando se pretende utilizar patógenos obrigatórios visando o controle de alguma praga ou doença. São poucos os casos em que se aplica esse método industrialmente no Brasil e normalmente estão relacionados aos vírus e alguns nematoides de insetos.

Já na produção *in vitro*, é utilizado meios artificiais em condições especiais de cultivo. Diversos fungos, bactérias e nematoides podem se desenvolver em sistemas específicos de cultivo, utilizando-se normalmente meios artificiais.

A produção *in vitro* pode ser feita por meio de fermentações líquidas, sólidas ou semissólidas e em sistemas bifásicos. Para a produção de bactérias, o mais usual é a multiplicação em meio líquido, em biorreatores, porém hoje no Brasil já existem diversos estudos e até mesmo biodefensivos registrados a base de fungos multiplicados exclusivamente em meio líquido. Normalmente, os meios líquidos mais complexos são constituídos de extratos de proteínas, açúcares e sais, misturados em água, em proporções que assegurem um balanço adequado de carbono e nitrogênio (CAPALBO et al., 1999).

Para a produção de fungos comumente é empregada a fermentação sólida ou semissólida e o processo bifásico, que envolve as etapas de fermentação líquida e sólida. O desenvolvimento dos processos de produção de fungos no país iniciou-se no final da década de 1960, com a introdução de uma técnica de Trinidad & Tobago, que consiste no uso de cereais ou grãos pré-cozidos como substrato, principalmente arroz (substrato utilizado no

presente trabalho). Durante as décadas seguintes, adaptações no sistema tornaram o processo mais prático e a produção mais eficiente (Aquino *et al.*, 1977; Allard, 1987; Alves & Pereira, 1989; Leite *et al.* 2003).

Toda a evolução do sistema de Controle Biológico ocorreu em função da necessidade de estabelecer o programa baseado no uso de *Metarhizium anisopliae* para o controle de cigarrinhas em cana-de-açúcar e pastagens. Atualmente, utiliza-se a mesma técnica com pequenas modificações para a produção de outros fungos que controlam insetos e ácaros, como *Beauveria bassiana* (Bettiol, 2009).

### **2.6.2 FORMAS DE PRODUÇÃO DE *Beauveria* sp.**

Para que os fungos entomopatogênicos sejam utilizados como inseticidas biológicos, é necessário estar acessível em grandes quantidades, visto que para as pragas serem colonizadas pelo patógeno é importante uma alta concentração de inóculo. Sendo então fundamental a produção de fungos em larga escala por meio de processos “in vitro (SANTORO *et al.*, 2005). A produção de biomassa em larga escala pode ser feita basicamente por três processos fermentativos: a fermentação líquida ou submersa (FSub), a fermentação em estado sólido (FES) ou a fermentação bifásica (MASCARIN e JARONSKI, 2016). O processo de biorreator de saco de polipropileno apresenta um investimento inicial baixo e pode ser implementado independentemente do nível de avanço tecnológico da região. Requer pouco equipamento com substratos adquiridos na localidade. No entanto, apresenta variações de tempo de processo, produção e qualidade de conídios (JENKINS e GRZYWACZ, 2000), que são causadas regularmente por variações nos parâmetros do processo (temperatura, umidade do substrato, nutrientes, luz, pH, contaminantes, entre outros) (LUZ e FARGUES, 1998).

Enquanto a fermentação submersa acontece em meio líquido agitado, a fermentação em estado sólido é caracterizada pela baixa quantidade de água livre. A matriz sólida é responsável por ser o suporte para o desenvolvimento da reação e fornecer os nutrientes necessários (THOMAS; LARROCHE; PANDEY, 2013). Já a fermentação bifásica consiste em um processo em duas etapas, com uma FSub para produção inicial de micélio ou esporos, que são então inoculados em um substrato sólido (MASCARIN e JARONSKI, 2016). A FES é a metodologia comumente empregada para a multiplicação e crescimento de fungos, como o *B. bassiana*. Como o substrato simula as condições naturais para o crescimento fúngico, a FES apresenta esporos com melhores propriedades, como eficácia e estabilidade (JACKSON e CLIQUET, 2003), porém, desvantagens como tempo alto de fermentação e dificuldade no escalonamento do processo devido ao alto risco de contaminação.

### **3 PROPOSTA PARA APLICAÇÃO DO PROJETO**

A técnica utilizada foi a pesquisa-ação, que de acordo com Thiollent (2007), é utilizada para identificar problemas relevantes dentro da situação investigada, definir um plano de ação e acompanhamento dos resultados obtidos. Em uma pesquisa-ação, os pesquisadores e participantes da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

#### **3.1 A EMPRESA**

O projeto foi realizado em uma empresa nacional, que possui excelência em soluções em biodefensivos. O propósito da empresa é gerar soluções biológicas eficientes e de qualidade para o empresário rural, visando o aumento da qualidade e produção sustentável de alimentos. Pertence a um Grupo com seis unidades fabris e o presente trabalho foi executado apenas na unidade responsável pelo bioinseticida, que está em funcionamento há apenas três anos, na região do Triângulo Mineiro. O Grupo atua em diversos segmentos, com mais de 460 produtos, oferecendo sais, fertilizantes foliares, fertilizantes organominerais, condicionadores de solo, inoculantes, adjuvantes, biofertilizantes, bioinseticidas, biofungicidas e tem por missão ser reconhecida como a melhor empresa na entrega de produtividade, principalmente via desempenho de culturas, gerando, capturando e partilhando valor para clientes, acionistas, colaboradores e para o planeta.

A multiplicação dos microrganismos e a produção dos biodefensivos não é uma atividade simples, são necessários vários procedimentos de esterilização e assepsia durante o processo, pois, todo o material contaminado por outros microrganismos que não sejam o objeto da produção, precisam ser separados e descartados, acarretando uma enorme perda de substrato que poderiam gerar quilos ou até mesmo toneladas a mais de produto acabado. A coleta do descarte é feita por empresa licenciada para recolher resíduos perigosos e cada quilo descartado gera uma despesa de R\$ 1,00.

Atualmente, a maior parte da produção é manual e não há controle estatístico sobre o processo, desse modo, as causas das contaminações não são claramente conhecidas, tudo o que existe a respeito das perdas de substrato, são baseadas em suposições.

Nesse contexto, o objetivo desse estudo é aplicar o ciclo PDCA e suas ferramentas da qualidade, a fim de reduzir o índice de substrato contaminado, contribuindo assim com a pouca literatura existente sobre o tema.

O estudo foi autorizado pela direção da empresa, havendo consentimento dos dados coletados. A autora dessa dissertação trabalha no setor de Processos Industriais da empresa e possui contatos com todos os setores, desse modo, o acesso para consulta documental, procedimentos, entrevistas e treinamentos com os colaboradores foi bem simples.

## **3.2 PROCESSO PRODUTIVO E TÉCNICAS DE PRODUÇÃO**

A empresa em questão, é responsável por determinar seus próprios protocolos de fabricação e o método de produção do fungo *Beauveria bassiana* em escala industrial foi determinado de acordo com os interesses comerciais do Grupo. O protocolo que será apresentado foi discutido e adaptado ao longo dos anos baseado nos erros e acertos vivenciados por toda a equipe no dia-a-dia.

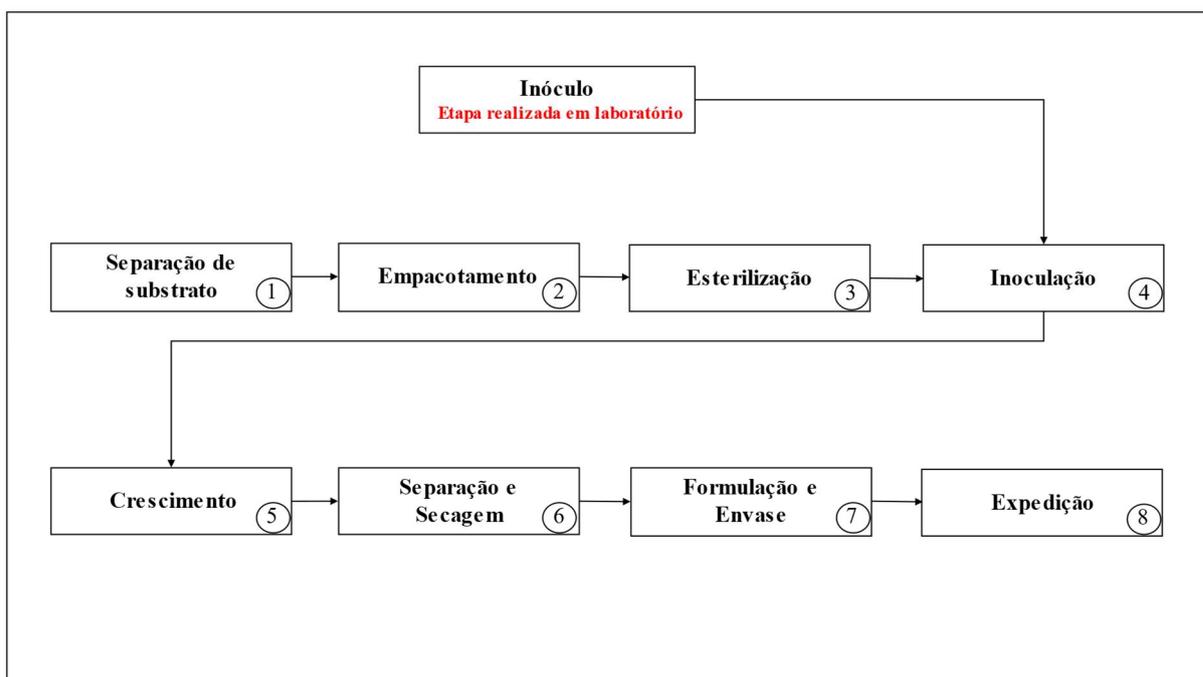
### **3.2.1 OBTENÇÃO DA MATRIZ DO FUNGO *Beauveria bassiana***

A cultura considerada matriz é fundamental para a produção em escala industrial e deve ser obtida de um laboratório especializado, que conduzida a produção em ambiente asséptico, por pessoas treinadas, garantindo a qualidade do fungo produzido e a ausência total de microrganismos contaminantes no produto comercializado. No presente trabalho, todas as matrizes são fornecidas pelo próprio laboratório de pesquisa e desenvolvimento. As culturas com melhor desempenho, em termos de velocidade de crescimento e pureza, são selecionadas e preparadas em suspensão para dar início as matrizes que servirão de fonte de inóculo para a produção massal.

### **3.2.2 PRODUÇÃO DO FUNGO EM ESCALA INDUSTRIAL**

A suspensão de conídios do fungo *Beauveria bassiana* é preparada com meio de cultura específico para o fungo, através da raspagem com espátula de uma placa matriz. Fica sobre agitação em uma mesa orbital durante 5 dias, sob condições de temperatura e umidade controladas e após esse período, fica armazenado em geladeira aguardando o processo de inoculação. Para dar início a fabricação do bioinseticida, todos os utensílios que serão utilizados até a etapa de crescimento precisam ser esterilizados, evitando dessa forma a proliferação de agentes contaminantes ao longo do processo. A **Figura 13** ilustra o processo de produção estudado.

**Figura 13** - Fluxograma para o processo de fabricação do inseticida biológico



Na **etapa 1**, assim que substrato é entregue na empresa pelo fornecedor, é separado e armazenado em um barracão estoque. No último dia de trabalho da semana, geralmente as sextas-feiras, a quantidade a ser utilizada na semana seguinte, é transferida para área de processos e utilizada diariamente de acordo com a produção planejada. Na **etapa 2**, o substrato é colocado em bandejas, coberto com água, deixado em repouso até a completa absorção do líquido e posteriormente, com o auxílio de copos dosadores, o material é fracionado saquinhos de polipropileno, acomodado em cestos de aço inox e segue para a etapa de esterilização. O processo de esterilização (**etapa 3**) ocorre em autoclaves industriais à 121° C e 1 kgf durante 40 minutos. Os saquinhos de substrato saem do equipamento com temperatura próxima a 80°C e são levados para uma câmara fria, onde permanecem em resfriamento até a dia seguinte. Após o resfriamento, o substrato estéril é retirado da câmara fria e segue para a Inoculação (**etapa 4**). O processo é realizado em uma sala limpa - previamente limpa com produtos sanitizantes - e com ajuda de uma mangueira estéril e uma bomba peristáltica, os saquinhos contendo o substrato estéril resfriado são inoculados com a suspensão concentrado do fungo *B. bassiana*, também chamada de inóculo e encaminhados para o processo seguinte. Na **etapa 5**, os sacos são dispostos lado a lado, na vertical, em estantes de aço por cinco dias. Após esse período, com o auxílio de uma tesoura estéril, a ponta dos saquinhos devem ser cortadas para elevar o oxigênio disponível em seu interior e aumentar o crescimento do fungo em volta dos grãos de substrato. Com dez dias de crescimento é feito um segundo corte nos saquinhos, de forma com

que toda a parte superior fique aberta, o objetivo é elevar ainda mais o volume de oxigênio disponível para o fungo, bem como induzir um maior rendimento de esporos. O crescimento se completa no décimo quinto dia e avança para a **etapa 6**. Findo o crescimento, inicia-se o processo de separação e secagem, onde todos os saquinhos que contenham algum tipo de contaminação aparente, são separados do restante da batelada e seguem para o descarte em aterro sanitário. Já os saquinhos contendo substrato classificado como livre de contaminantes, seguem para o secador industrial rotativo, a fim de reduzir a umidade dos grãos de 35,00% para uma faixa entre 5,00% e 9,00%. A baixa umidade é responsável por estabilizar o crescimento do fungo *B. bassiana* na forma de esporos e mantê-los viáveis até a aplicação em campo. Após a secagem, o substrato já não é passível de contaminações, microrganismos indesejados já não se proliferam devido à baixa umidade, portanto, os grãos de substrato secos, seguem para as **etapas 7 e 8**, respectivamente.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da pesquisa-ação apresentam o passo a passo do método aplicado na empresa; as análises gráficas do indicador e suas considerações; a descrição em cada etapa do ciclo de todas as atividades; e ainda, os resultados obtidos após a aplicação do PDCA. Para melhor acompanhamento da aplicação e desenvolvimento do projeto, vale ressaltar que o PDCA aplicado, seguiu o passo-a-passo descrito na **Figura 2**.

### **4.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PDCA EM CADA ETAPA**

#### **4.1.1 PLANEJAR (P)**

O Planejamento é a etapa na qual o que será feito é planejado, portanto, nesta etapa o cenário do problema foi analisado, e diante disso, foi construído um plano contendo os passos que deveriam ser realizados na tentativa de controlar o problema. O planejamento foi dividido entre identificação do problema, análise do fenômeno, análise do processo e plano de ação. Ferramentas da qualidade como: histograma, diagrama de Ishikawa e matriz GUT foram utilizadas como apoio durante o desenvolvimento desta etapa.

##### **4.1.1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

Na identificação do problema foi definido o objetivo para o desenvolvimento do trabalho. O objetivo era reduzir o percentual crítico de substrato descartado por contaminação, buscando atingir a meta estipulada pela diretoria da empresa de apenas 15,00%. O alto índice de descarte de substrato contaminado, era responsável, não só por gerar um gasto além do esperado com o descarte de resíduo, mas também pelo alto volume de produção e baixa produtividade de produto acabado. Atingindo a meta, a produção seria capaz de entregar mais produto acabado para comercialização no mesmo período de tempo, com isso, o faturamento da empresa aumentaria, gerando recursos que poderiam ser investidos em melhorias de processos, ou até mesmo no bem estar dos colaboradores da empresa em questão.

Com o envolvimento dos gestores e colaboradores, foi organizada uma equipe responsável pela coordenação do projeto, avaliação dos setores e organização das propostas de melhorias utilizando o Ciclo PDCA e as ferramentas da qualidade. A equipe foi formada por nove membros, sendo eles: o Gerente de Produção, a Supervisora de Produção, a Líder de Bioprocessos e autora da pesquisa, duas Assistentes de Controle de Qualidade, uma Auxiliar

de Controle de Qualidade, o Inspetor de Produção, a Assistente Administrativo da Produção e a Auxiliar de Planejamento e Controle da Produção.

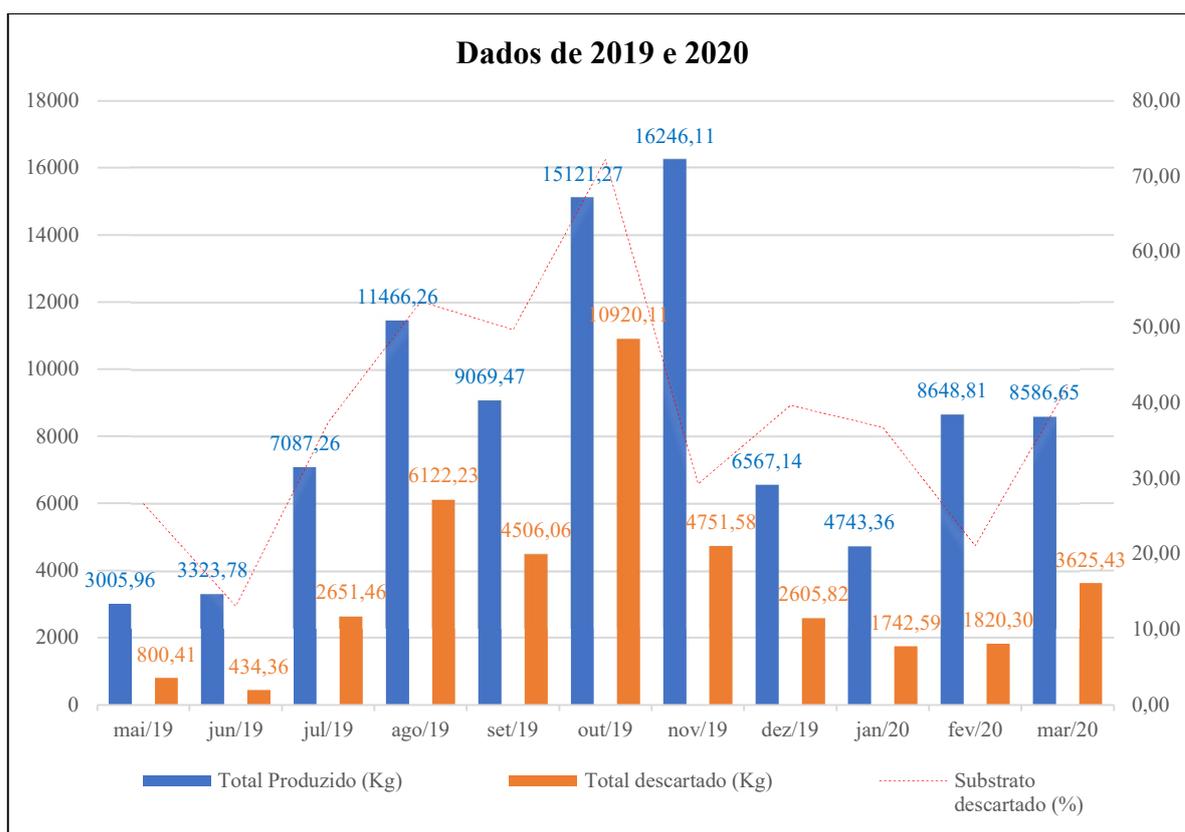
#### 4.1.1.2 ANÁLISE DO FENÔMENO

A análise do fenômeno é uma etapa investigativa e tem como objetivo dividir o desvio em fragmentos menores e entender verdadeiramente as características do problema, identificando seus focos, geralmente com o auxílio da ferramenta Gráfico de Pareto. Para elaborar o Gráfico de Pareto, é necessário categorizar o problema e classificá-las em barras diferentes no gráfico, também é preciso apresentar o percentual acumulado da representatividade de cada fragmento, ou seja, é necessário identificar as categorias responsáveis por elevar o indicador escolhido e mensurar o impacto de cada uma sobre o problema.

Devido à falta de padronização e inexistência de indicadores por se tratar de um processo de fabricação incipiente, não foi possível realizar estratificações em níveis mais específicos do problema. Não houveram dados suficientes para identificar e classificar as causas potenciais do problema em categorias, então, para acompanhamento e análise do fenômeno, foi criado o indicador SDC (substrato descartado por contaminação) e os únicos dados conhecidos antes da elaboração do projeto, foram levantados e organizados em uma tabela da seguinte forma: a **Tabela 1** apresenta quatro colunas, sendo elas: os meses levados em consideração, o total em quilos de substrato produzido, o total em quilos de substrato descartado devido à presença de contaminantes e a porcentagem do total descartado em relação ao total produzido, respectivamente. Após a confecção da tabela, os dados referentes a quantidade total de substrato retirado das salas de crescimento e a quantidade em quilos de substrato descartado, foram distribuídos e representados graficamente em um histograma, como demonstra **Figura 14**.

**Tabela 1 - Dados levantados em 2019 e 2020**

Meses	Total Produzido (Kg)	Total descartado (Kg)	Substrato descartado (%)
mai/19	3005,96	800,41	26,63
jun/19	3323,78	434,36	13,07
jul/19	7087,26	2651,46	37,41
ago/19	11466,26	6122,23	53,39
set/19	9069,47	4506,06	49,68
out/19	15121,27	10920,11	72,22
nov/19	16246,11	4751,58	29,25
dez/19	6567,14	2605,82	39,68
jan/20	4743,36	1742,59	36,74
fev/20	8648,81	1820,30	21,05
mar/20	8586,65	3625,43	42,22

**Figura 14 - Comparativo entre volume de produção total e volume de substrato descartado**

Após analisar o gráfico, é possível notar que os resultados não estão relacionados entre quantidade produzida e quantidade descartada, portanto, as variações não seguem um padrão. Como exemplo é possível citar inicialmente, os meses de maio e junho, onde a produção de junho foi superior a produção de maio, porém, o descarte de junho ficou abaixo dos descartes

de maio. Outro exemplo claro da falta de padrão e de controle do processo, são os meses de fevereiro e março, onde os volumes produzidos para os dois meses são números muito próximos, porém, o descarte de março foi quase o dobro de fevereiro, superou o resultado do mês anterior em mais de 99,00%.

#### **4.1.1.3 ANÁLISE DO PROCESSO**

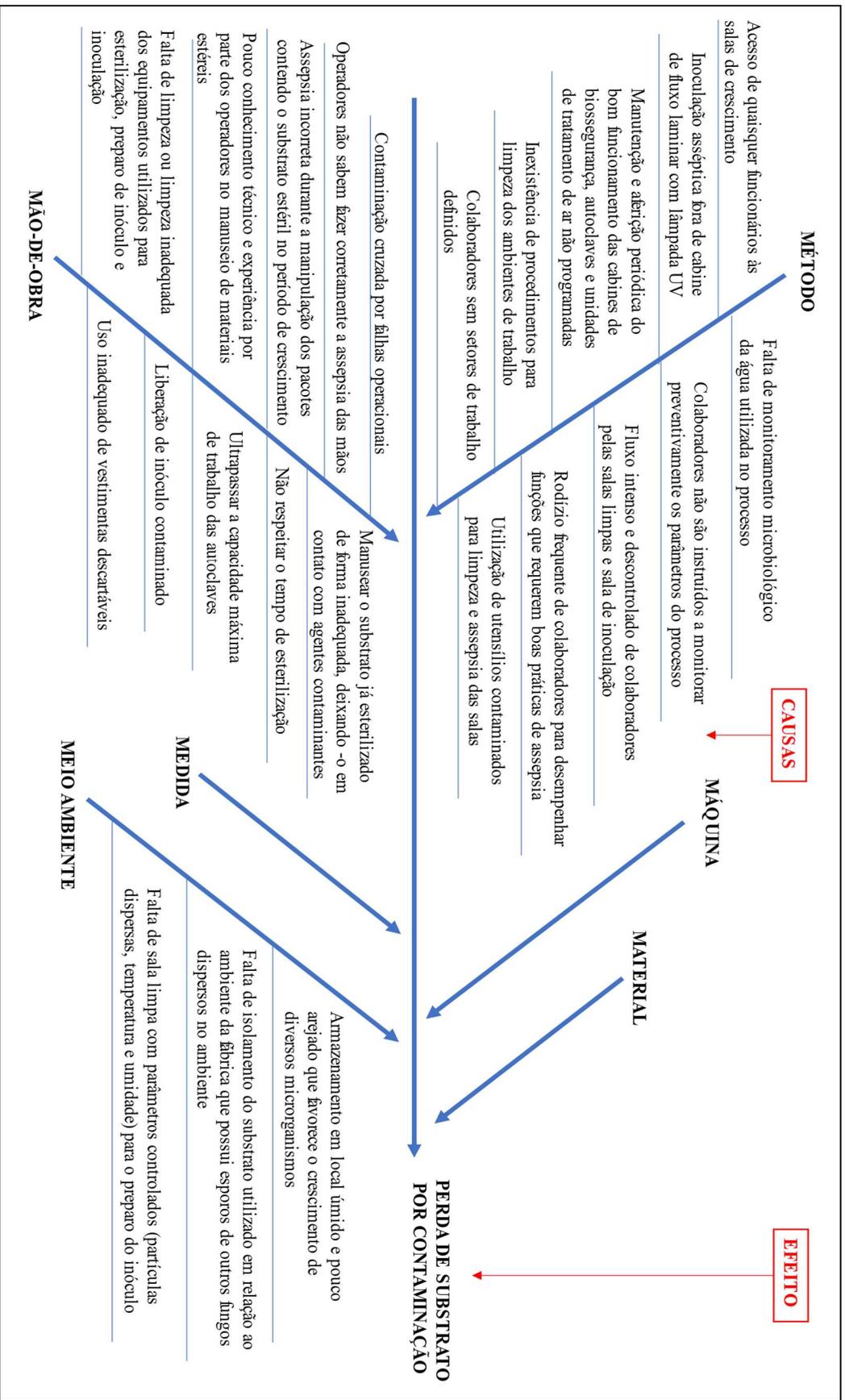
Com a determinação da meta específica de 15,00%, o levantamento dos dados e a equipe constituída, organizou-se uma reunião a fim de levantar as possíveis causas fundamentais do problema, através da ferramenta de qualidade brainstorming. A **Figura 15** apresenta todas as ideias levantadas, divididas pelos setores do processo de fabricação.

**Figura 15 - Ideias apresentadas durante o Brainstorming segregadas por setor**

<b>BRAINSTORMING</b>	
<b>Área: Separação de substrato</b>	
1	Falta de isolamento do substrato utilizado em relação ao ambiente da fábrica que possui esporos de outros fungos
2	Armazenamento em local úmido e pouco arejado que favorece o crescimento de diversos microrganismos
3	Manuseio incorreto e rompimento da embalagem do substrato
<b>Área: Empacotamento</b>	
4	Falta de assepsia das mãos dos operadores
5	Falta de limpeza dos utensílios utilizados
6	Falta de limpeza no ambiente de trabalho
7	Falta de monitoramento microbiológico da água utilizada no processo
<b>Área: Esterilização</b>	
8	Falta de manutenção nas autoclaves
9	Não respeitar o tempo de esterilização
10	Ultrapassar a capacidade máxima de trabalho das autoclaves
11	Manusear o substrato já esterilizado de forma errada, deixando-o em contato com agentes contaminantes
12	Falta de assepsia dos utensílios utilizados
13	Falta de limpeza das autoclaves
14	Falta de limpeza do ambiente de trabalho
15	Monitoramento preventivo do processo pelo operador
<b>Área: Inóculo</b>	
16	Liberação de inóculo contaminado
17	Falta de controle sobre os utensílios esterilizados utilizados na preparação do inóculo
18	Falta de limpeza das cabines de biossegurança
19	Falta de manutenção nas cabines de biossegurança
20	Falta aferição periódica do bom funcionamento das cabines de biossegurança
21	Falta de assepsia das mãos de quem prepara o inóculo
22	Falta de treinamento para o manuseio de materiais estéreis
23	Falta de limpeza no ambiente de trabalho
24	Contaminação cruzada por falta de cuidados
25	Assepsia do colaborador
26	Rastreabilidade do inóculo através de documentos
27	Sala limpa com parâmetros controlados (temperatura e umidade) para o preparo do inóculo
<b>Área: Inoculação</b>	
28	Falta de cuidados na abertura do pacote para depósito do inóculo
29	Manipulação inadequada do inóculo
30	Falta de limpeza dos equipamentos utilizados para inoculação
31	Falta de limpeza dos ares-condicionados das unidades de tratamento de ar
32	Falta de assepsia das mãos dos colaboradores
33	Uso inadequado de vestimentas descartáveis
34	Falta de limpeza do ambiente de trabalho
35	Falta de cabine de fluxo laminar com lâmpada UV para inoculação
36	Excesso de colaboradores na Sala
<b>Área: Crescimento</b>	
37	Falta de limpeza das prateleiras, paredes, luminárias e dutos de ar das salas de crescimento
38	Falta de manutenção das unidades de tratamento de ar
39	Fluxo intenso de colaboradores pelas salas limpas
40	Utilização de utensílios contaminados para assepsia das salas
41	Falta verificação diária do correto funcionamento das unidades de tratamento de ar
42	Falta de assepsia das mãos dos colaboradores
43	Falta de assepsia na manipulação dos pacotes contendo o substrato estéril durante o período de crescimento
44	Falta de cuidados na manipulação dos saquinhos para não rasgar
45	Acesso de quaisquer funcionários às salas de crescimento
46	Rodízio frequente de colaboradores para desempenhar funções que requerem boas práticas de assepsia
47	Falta de setorização dos colaboradores

Após a tempestade de ideias, findo o brainstorming, quarenta e sete ideias foram apresentadas pelos integrantes da equipe e devido a setorização do processo, foi possível observar que várias causas se repetiram em mais de um setor, portanto, todas as ideias repetidas foram sintetizadas a uma única ideia e todas as opiniões anotadas no brainstorming foram simplificadas, organizadas e listadas no Diagrama de Ishikawa, de acordo com a sua categoria de origem: materiais, meio ambiente, máquinas, mão-de-obra, métodos e medidas, como demonstrado na **Figura 16**.

Figura 16 - Diagrama de Ishikawa



Após ler e interpretar o Diagrama de Ishikawa, notou-se que, as categorias método e mão-de-obra englobavam 87,00% de todas as possíveis causas, responsáveis pelas falhas de qualidade que agravavam a contaminação e descarte do substrato, os outros 13,00% estavam relacionados a categoria meio ambiente. Como as três categorias contemplavam vinte e três possíveis causas, observou-se a necessidade de priorizar as causas de maior impacto no problema. Mediante a observação, introduziu-se a Matriz GUT – ferramenta utilizada na priorização das estratégias, tomadas de decisão e solução de problemas - por meio da qual, as causas expostas foram votadas pela equipe responsável do projeto e receberam pontuações de acordo com sua Gravidade, Urgência e Tendência. Tal ferramenta foi utilizada para que houvesse uma ordem de prioridade na hora de definir as ações preventivas. A **Tabela 2** apresenta a ordem de classificação de cada causa segundo a Matriz GUT e os critérios de avaliação e pontuação, seguiram as recomendações da **Figura 9**, citadas no tópico 2.4.7.

**Tabela 2 - Possíveis causas classificadas de acordo o resultado da multiplicação entre gravidade, urgência e tendência**

MATRIZ GUT					
PROBLEMA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	GxUxT	CLASSIFICAÇÃO
Inexistência de procedimentos para limpeza do ambientes de trabalho	5	5	5	125	1°
Fluxo intenso e descontrolado de colaboradores pelas salas limpas e sala de inoculação	5	5	5	125	1°
Utilização de utensílios contaminados para limpeza e assepsia das salas	5	5	5	125	1°
Liberação de inóculo contaminado	5	5	5	125	1°
Operadores não sabem fazer corretamente a assepsia das mãos	5	5	4	100	2°
Falta de limpeza ou limpeza inadequada dos equipamentos utilizados para esterilização, preparo de inóculo e inoculação	5	5	4	100	2°
Manusear o substrato já esterilizado de forma inadequada, deixando-o em contato com agentes contaminantes	4	5	5	100	2°
Contaminação cruzada por falhas operacionais	5	4	5	100	2°
Colaboradores sem setores de trabalho definidos	4	5	4	80	3°
Não respeitar o tempo de esterilização	5	5	3	75	4°
Ultrapassar a capacidade máxima de trabalho das autoclaves	5	5	3	75	4°
Assepsia incorreta durante a manipulação dos pacotes contendo o substrato estéril no período de crescimento	4	4	4	64	5°
Pouco conhecimento técnico e experiência por parte dos operadores no manuseio de materiais estéreis	4	4	4	64	5°
Uso inadequado de vestimentas descartáveis	4	4	4	64	5°
Rodízio frequente de colaboradores para desempenhar funções que requerem boas práticas de assepsia	5	4	3	60	6°
Manutenção e aferição periódica do bom funcionamento das cabines de biossegurança, autoclaves e unidades de tratamento de ar não programadas	5	4	2	40	7°
Acesso de quaisquer funcionários às salas de crescimento	3	3	4	36	8°
Colaboradores não são instruídos a monitorar preventivamente os parâmetros do processo	3	3	4	36	8°
Falta de monitoramento microbiológico da água utilizada no processo	2	3	3	18	9°
Inoculação asséptica fora de cabine de fluxo laminar com lâmpada UV	2	2	2	8	10°
Armazenamento em local úmido e pouco arejado, que favorece o crescimento de diversos microrganismos	2	1	1	2	11°
Falta de isolamento do substrato utilizado em relação ao ambiente da fábrica que possui esporos de outros fungos dispersos no ambiente	1	1	1	1	12°
Falta de sala limpa com parâmetros controlados (partículas dispersas, temperatura e umidade) para o preparo do inóculo	1	1	1	1	12°

#### 4.1.1.4 PLANO DE AÇÃO

O plano de ação constitui-se em um conjunto de medidas que cabe a empresa adotar, com a finalidade de tratar causas significativas. Devido ao elevado número de causas, algumas ficaram empatadas na mesma posição no ranking de priorização, portanto, como as três últimas posições, além de serem os itens com prioridades mais baixas, também requerem investimento financeiro para serem solucionados, a equipe decidiu não elaborar ações para solucioná-las neste primeiro projeto, pois, tais investimentos não foram previstos anteriormente e estourariam orçamento anual da unidade.

Uma vez que as causas priorizadas foram definidas, o plano de ação foi elaborado na tentativa de eliminar os problemas. A ferramenta da qualidade 5W1H foi escolhida por ser formada de apenas seis questionamentos diferentes, não contemplar a pergunta “How Much?” (Quanto Custa?), devido à falta de orçamento para o projeto e auxiliar no detalhamento das ações a serem implantadas, visando a elaboração do plano. A **Figura 17** apresenta o plano de ação proposto segundo o modelo 5W1H.

Figura 17 - Plano de ação 5W1H

Data da criação do plano: 06/04/2020 Data da revisão do plano: 20/04/2020		Responsável: Priscila Alves Martins Responsável: Priscila Alves Martins		Objetivo: Reduzir o percentual de perda de substrato Indicador: % mensal de perdas		
O que?	Como?	Quem?	Quando?		Onde?	Por que?
			Início	Fim		
Limitar e controlar o acesso de funcionários	Confeccionar procedimento para autorizar a entrada de funcionários selecionados nas salas limpas e limitar o acesso do restante dos colaboradores	Líder	04/05/2020	30/05/2020	Todas as salas limpas	Limitar o livre acesso dos funcionários pelas salas limpas, afim de minimizar contaminações cruzadas
Definir responsáveis pelos setores	Nomear colaboradores exemplares como responsáveis pelo seu setor	Supervisora de Produção	04/05/2020	03/07/2020	Nos setores de recebimento de matéria-prima, empacotamento, esterilização, inoculação, preparo de inóculo, inoculação, crescimento e limpeza das salas	Para nomear um líder de área, um exemplo a ser seguido e para que o mesmo possa cobrar diariamente o cumprimento das intruções elaboradas e corrigir, quando necessário, os erros operacionais
Instruções de trabalho	Elaborar intruções de trabalho padronizadas para cada processo	Líder	04/05/2020	03/07/2020	Nas etapas de recebimento de matéria-prima, empacotamento, esterilização, inoculação, preparo de inóculo, inoculação, crescimento e limpeza das salas	Para padronizar os processos e garantir que todos os funcionários trabalhem da mesma forma, seguindo os cuidados necessários com assepsia e manipulação de materiais estéreis
Monitorar a qualidade da limpeza das salas de crescimento e ambientes assépticos de trabalho	Elaborar check list para que os monitoramentos sejam feitos e nenhuma sala ou ambiente sejam esquecidos	Líder	04/05/2020	31/07/2020	Salas de crescimento e inoculação	Avaliar a qualidade da limpeza e verificar se o método é eficiente através da qualificação de microrganismos dispersos no ambiente
Análise microbiológica da água do processo	Coletar amostras de forma asséptica para análise microbiológica, analisar pH e Cloro	Coleta - Auxiliar de PCP Análise - Assistente de C.Q.	04/05/2020	16/10/2020	Na etapa de empacotamento	Analisar a presença ou ausência de contaminantes da água utilizada no processo
Reduzir o volume de substrato esterilizado	Reduzir o volume de saquinhos contendo o substrato, bem como, a quantidade de cestos esterilizados por ciclo	Líder	04/05/2020	30/10/2020	Na etapa de esterilização	Analisar a eficiência da esterilização com um volume menor de saquinhos nas autoclaves
Elaborar calendário de manutenção das autoclaves	Programar com antecedência a manutenção semestral das autoclaves	Assistente administrativo da produção	04/05/2020	30/10/2020	Planejamento e controle de manutenção	Para conseguir assistência técnica de qualidade com antecedência para manutenções preventivas e evitar utilizar equipamentos que apresentam defeitos e necessitam de manutenções corretivas
Determinar o tempo de saturação dos filtros utilizados nas unidades de tratamento de ar	Monitorar a vazão de ar insuflada nas salas limpas duas vezes ao dia	Assistente administrativo da produção	04/05/2020	30/09/2020	Salas de crescimento	Para determinar o tempo de saturação e período máximo para a troca dos filtros utilizados nas UTA's
Monitorar a qualidade do ar insuflado pelas unidades de tratamento de ar	Elaborar check list para que o monitoramento seja feito e para registro de todos os resultados obtidos	Líder	08/05/2020	31/07/2020	Salas de crescimento e inoculação	Avaliar a eficiência de filtração do ar pelos filtros HEPA através da quantificação de microrganismos coletados abaixo das grelhas de insuflamento
Instalar lâmpadas UV	Providenciar a instalação de lâmpadas ultravioletas com ação germicida no teto da sala de inoculação	Assistente administrativo da produção	08/05/2020	26/06/2020	Sala de inoculação	Lâmpadas com ação germicida são capazes de eliminar microrganismos dispostos no ambiente, potencializando a ação dos filtros HEPA
Treinar colaboradores para a separação dos contaminantes	Elaborar treinamento para que os colaboradores consigam diferenciar produtos conformes e não conformes através da identificação dos contaminantes	Líder	03/07/2020	31/07/2020	Todos os operadores destinados a função	Para capacitar os operadores e evitar que os mesmos separem produto conforme para o descarte por falta de conhecimento ou que separem produto não conforme para seguir com o processo de secagem
Treinar os funcionários sobre as novas instruções de trabalho	Elaborar treinamento sobre as novas intruções de trabalho a serem seguidas	Líder	03/07/2020	31/07/2020	Todos os operadores destinados a função	Instruir todos os colaboradores sobre as novas instruções e deixar claro a importância de cada uma delas na rotina de trabalho
Treinamento sobre como trabalhar em salas limpas	Montar treinamento e ensinar todos os colaboradores a trabalhar em salas limpas	Líder	03/07/2020	31/07/2020	Todos os operadores destinados a função	Assegurar que todos os colaboradores tenham ciência dos cuidados necessários sobre assepsia ao trabalhar em salas limpas

#### 4.1.2 FAZER (D)

O plano de ação de ação foi executado na linha de produção pelas pessoas responsáveis, no tempo programado, com exceção das ações relacionadas aos treinamentos com os funcionários. Os treinamentos foram ministrados ao longo do mês de julho, porém, o percentual de perda para o mesmo mês superou o mês anterior (junho) em apenas 1,41%. Como o resultado não foi satisfatório, os treinamentos foram ministrados novamente ao longo do mês de agosto.

A execução de 69,23% das atividades ocorreu em até quatro meses. As ações mais complexas, que exigiram acompanhamento, ou até mesmo materiais fornecidos por terceiros - como foi o caso da determinação do tempo de saturação dos filtros das unidades de tratamento de ar -, foram concluídos em até seis meses.

Em síntese, a aplicação do PDCA não foi fácil, mudar o pensamento de colaboradores que trabalharam durante três anos sem seguir procedimentos e instruções de trabalho, foi uma tarefa exaustiva. A aplicação do PDCA foi criticada e questionada por diversas vezes, porém, após os primeiros treinamentos, os funcionários conseguiram entender em quais etapas cometiam erros e puderam melhorar gradativamente a forma com que executavam as atividades. Ao fim dos treinamentos, os responsáveis pelos setores começaram a cobrar os outros colegas, para que todos seguissem o que foi ensinado. Também foi possível observar, que as discussões diárias para decidir a melhor forma de executar as tarefas, deixaram de existir, ou seja, resultados positivos não esperados, começaram a aparecer durante a execução do plano de ação. Após a aplicação completa do plano de ação, trabalhou-se a fase C (Checar ou Verificar) do PDCA.

#### 4.1.3 VERIFICAR (C)

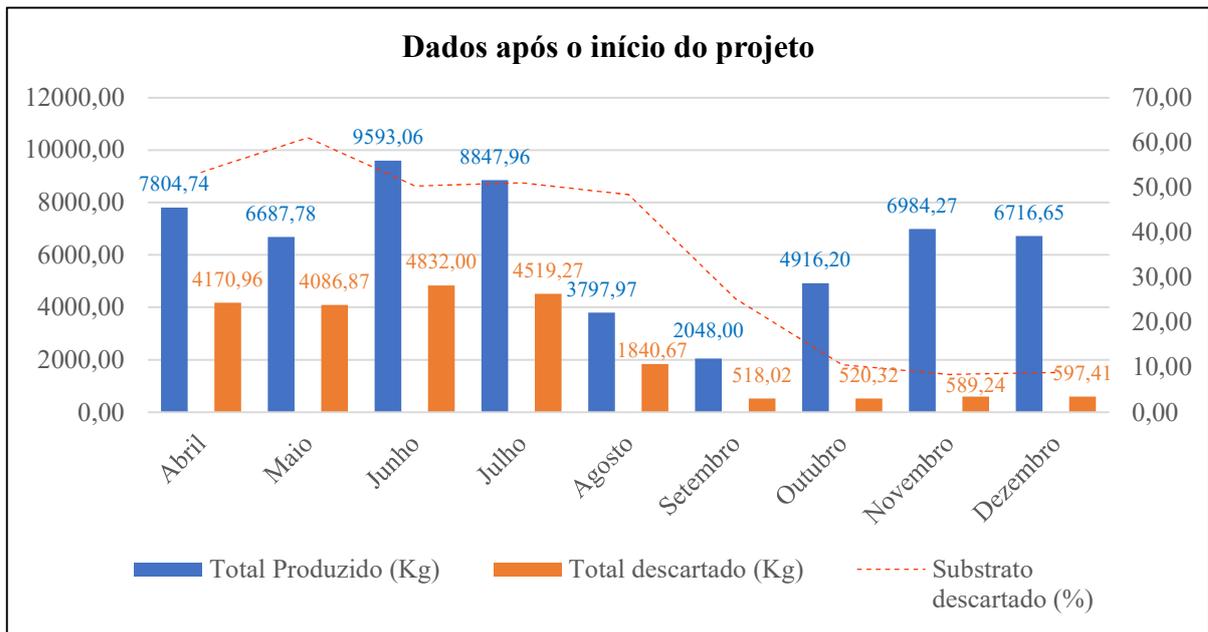
Na etapa de verificação, a metodologia sugere que avaliação das ações seja realizada através do monitoramento das ações implantadas e deve ocorrer de forma concomitante à aplicação das ações, para que seja possível corrigir o percurso caso ocorram falhas e também deve ser realizada após a conclusão do plano de ação, para apurar os resultados obtidos. No presente caso, a avaliação envolveu verificar se houve um bloqueio efetivo do problema estudado: o alto índice de substrato descartado por contaminação. A **Tabela 3** apresenta os dados utilizados para as análises, considerando o total de substrato produzido, o total de substrato descartado, bem como o percentual de substrato descartado após o início do projeto em abril de 2020, destacando os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, por serem os meses seguintes a conclusão do plano de ação.

**Tabela 3** - Dados levantados após o início do projeto

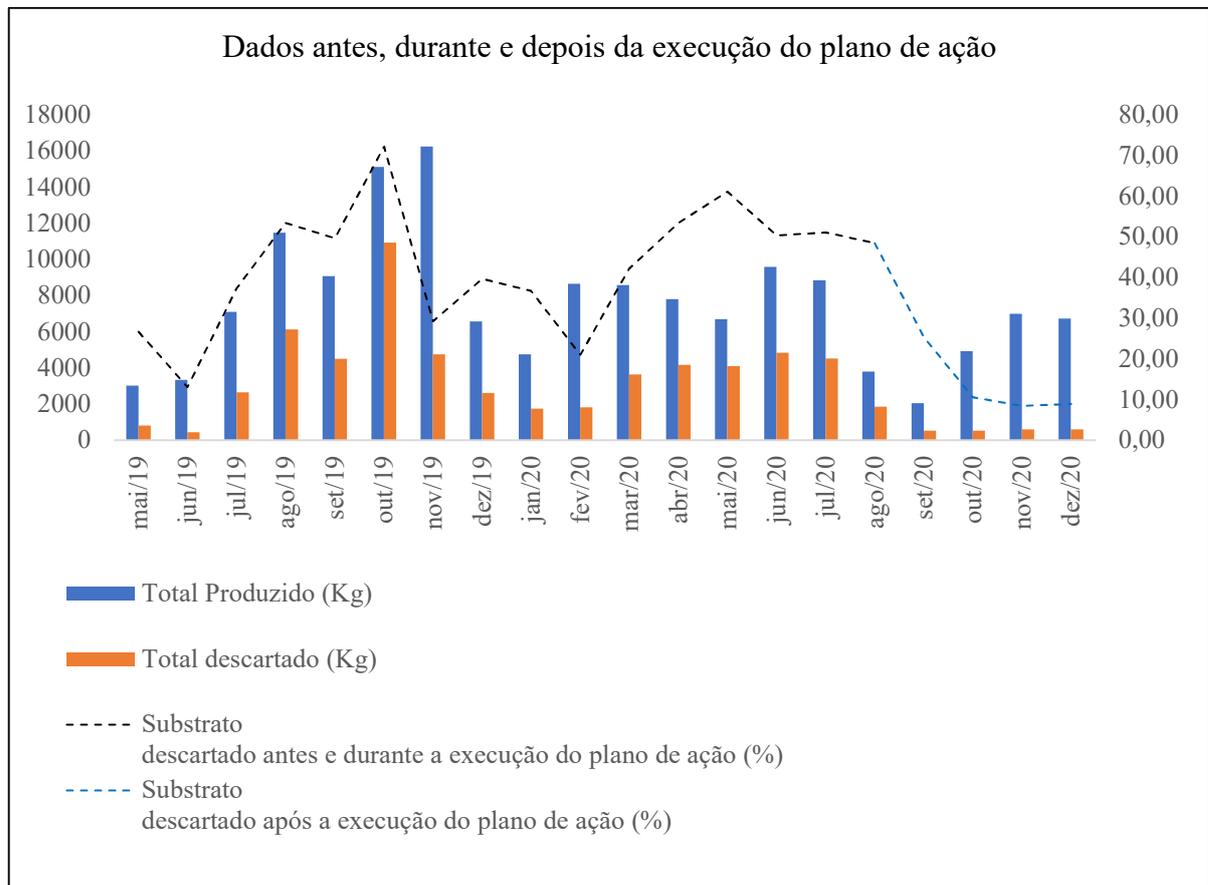
<b>Dados após o início do projeto</b>			
<b>Meses</b>	<b>Total Produzido (Kg)</b>	<b>Total descartado (Kg)</b>	<b>Substrato descartado (%)</b>
Abril	7804,74	4170,96	53,44
Maiο	6687,78	4086,87	61,11
Junho	9593,06	4832,00	50,37
Julho	8847,96	4519,27	51,08
Agosto	3797,97	1840,67	48,46
<b>Setembro</b>	<b>2048,00</b>	<b>518,02</b>	<b>25,29</b>
<b>Outubro</b>	<b>4916,20</b>	<b>520,32</b>	<b>10,58</b>
<b>Novembro</b>	<b>6984,27</b>	<b>589,24</b>	<b>8,44</b>
<b>Dezembro</b>	<b>6716,65</b>	<b>597,41</b>	<b>8,89</b>

A **Figura 18** ilustra a comparação entre o total de substrato produzido e descartado após o início do projeto. Já a **Figura 19**, ilustra a comparação entre o cenário anterior e durante a aplicação do plano de ação e o cenário após a conclusão do mesmo, levando em consideração o percentual de substrato contaminado descartado em relação ao total produzido.

**Figura 18 - Comparativo entre volume de produção total e volume de substrato descartado após o início do projeto**

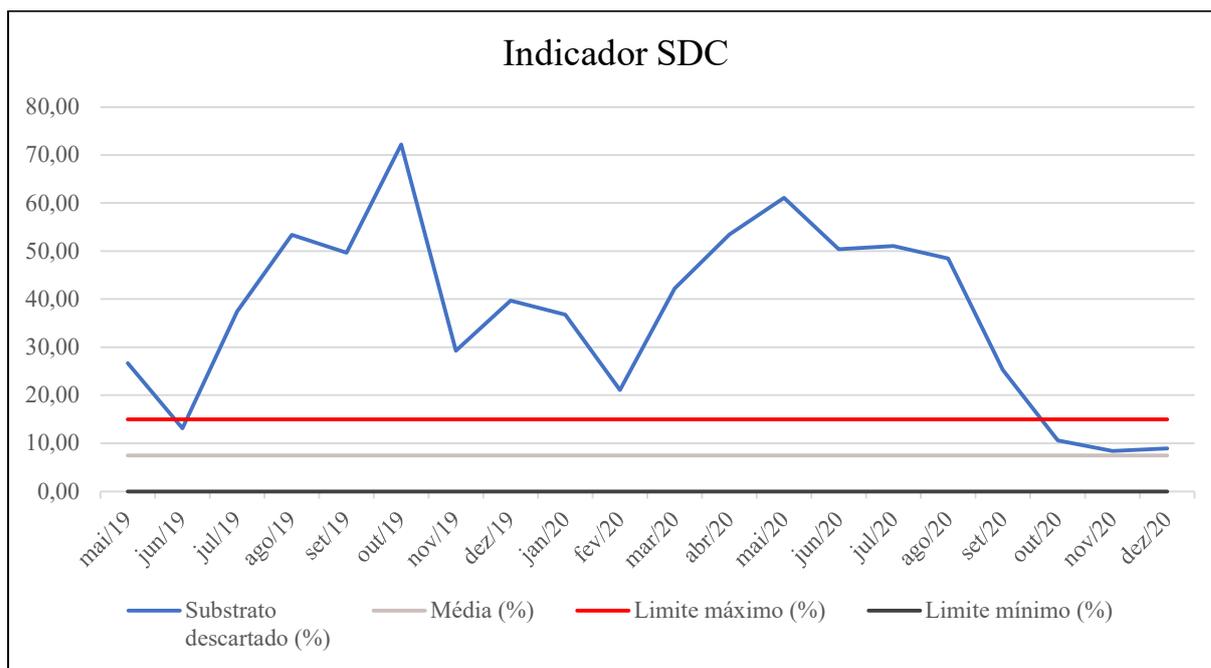


**Figura 19 - Percentual de substrato descartado ao longo de 2020**



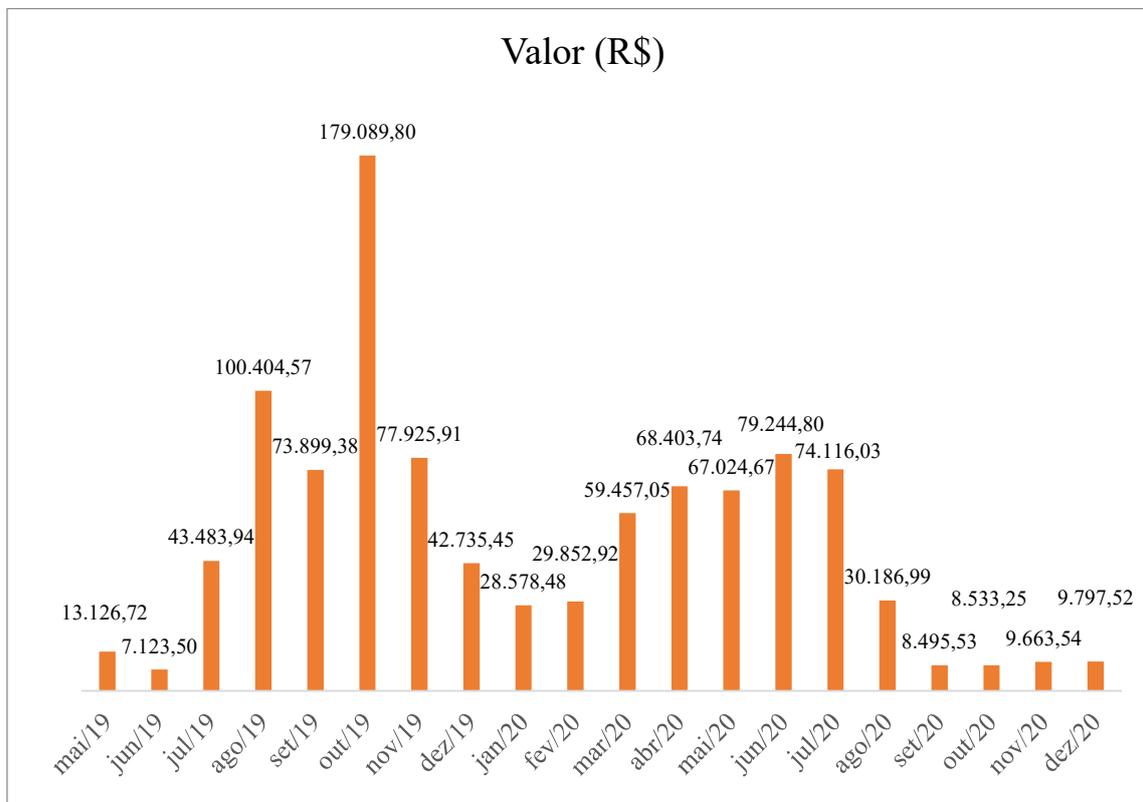
Nesta fase verificou-se que, o objetivo almejado não foi só alcançado, mas também foi superado, através da comparação do desempenho do processo antes do plano de ação e após a finalização do mesmo com a repetição dos treinamentos no mês de agosto. O gráfico da **Figura 20** demonstra a evolução do indicador criado no início do projeto, o indicador de Substrato Descartado por Contaminação.

**Figura 20** – Evolução do indicador SDC



Após a implantação de todas as medidas propostas, a meta de reduzir o percentual de perda de substrato contaminado para apenas 15,00% foi superada. Em outubro o percentual foi 29,50% inferior à meta estabelecida, em novembro o percentual foi 43,50% inferior e para o mês de dezembro o percentual foi 40,80% inferior. A **Figura 21** mostra os valores mensais gastos com o descarte de substrato contaminado somado ao seu valor de fabricação. Com a finalização dos treinamentos propostos em agosto, é possível observar a queda nos valores. A aplicação das ações necessárias controlou estatisticamente e efetivamente o problema, ajudando a reduzir o indicador nos meses de outubro, novembro e dezembro. Operacionalmente a linha ganhou produtividade e com a redução do desperdício desse insumo, a empresa conseguiu reduzir esforços e gastos incorridos na produção do bioinseticida a base do fungo *Beauveria bassiana* e aumentar os resultados financeiros. Já o plano de ação completo, foi finalizado em outubro, conforme a proposta ilustrada na **Figura 17**.

**Figura 21** – Valor mensal gasto com o descarte de substrato contaminado entre o período de maio de 2019 à dezembro de 2020



Os valores gastos com o descarte somados aos custos de produção do substrato referente ao período descrito na **Figura 21**, representam o valor de R\$ 473.354,51.

No ano de 2019, entre os meses de maio a dezembro, foram produzidos 71.887,25 Kg de substrato e 32.792,03 Kg foram descartados, sabendo que o quilo de substrato descartado equivale a R\$1,00, o valor gasto com o descarte do resíduo contaminado foi de R\$32.792,03. As toneladas de substrato contaminado descartado, poderiam ter somado a receita anual, o valor de R\$ 1.770.769. Já para o ano de 2020, entre os meses de janeiro a dezembro, foram produzidos 79.375,45 Kg de substrato e desse total, 28.863,08 Kg foram descartados, gerando uma despesa de R\$28.863,08. As toneladas descartadas em 2020 deixaram de somar de R\$1.558.606,32 a receita anual. Nos últimos dois anos, o substrato contaminado representou um déficit de R\$3.329.375,32 na receita da empresa.

#### 4.1.4 AGIR (A)

Nesta fase a metodologia sugere a padronização das principais ações realizadas na rotina do processo de fabricação para que o indicador não volte a atingir os níveis anteriores. Algumas das ações implementadas como parte desta pesquisa-ação foram adotadas como padrões operacionais e são os seguintes:

- a) Checklists de frequência de limpeza, conforme a necessidade de cada setor;
- b) Elaboração de treze instruções de trabalho;
- c) Determinar o responsável permanente de cada setor produtivo;
- d) Inspeção semana através de checklist para averiguar o cumprimento das instruções de trabalho;
- e) Planos de manutenção trimestral para os equipamentos e unidades de tratamento de ar;
- f) Programa de treinamentos trimestral para capacitação dos operadores.

Tais ações, foram acompanhadas periodicamente pelos envolvidos no processo. Além disso, o cumprimento das ações propostas passou a ser auditado semanalmente pelos responsáveis dos setores A Supervisora da linha de produção comprometeu-se a acompanhar mensalmente o cumprimento das ações padronizadas para que o indicador se tornasse sustentável.

## 5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta pesquisa-ação teve como objetivo reduzir o índice de substrato descartado por contaminação. A meta do projeto era reduzir o indicador de perda mensal para apenas 15,00% após a aplicação dos oito passos do Ciclo PDCA que foi superado. Nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2020, os valores ficaram abaixo do esperado, sendo eles: 10,58%, 8,44% e 8,89% respectivamente. Os treinamentos contendo as novas instruções foram finalizados em agosto, repetidos em setembro e a partir de outubro os resultados começaram a superar a expectativa. Se os valores gastos com o descarte em 2020 forem levados em consideração para as projeções de 2021, é possível afirmar que, se o indicador se mantiver igual a 15% durante os doze meses, a empresa deixará de gastar com descarte, a quantia de R\$ 1.454.032,06. A economia com os descartes poderá ser utilizada para a melhorias dos processos internos e das instalações da empresa onde o projeto foi aplicado, em melhorias nas outras unidades fabris, já pertencentes ao Grupo, ou até mesmo para a aquisição de novas unidades, aumentando o portfólio e competitividade do Grupo perante o mercado.

A fim de controlar os índices de contaminação a longo prazo, o indicador de perdas, após o término do projeto, passou a ser analisado mensalmente e caso os novos gráficos mostrem uma tendência no aumento das porcentagens de contaminação, o PDCA será aplicado novamente.

Por se tratar de um projeto de redução de perdas, com causas raízes pouco conhecidas, ou até mesmo desconhecidas, este projeto tornou-se um desafio muito grande a ser superado. Tanto assim, que foi necessário a implantação de procedimentos específicos e diferenciados para cada setor de trabalho, tais como, mapa de manutenção preventiva e cronogramas de limpeza para as salas limpas e para os ambientes externos. Considera-se então, que a aplicação da metodologia PDCA contribuiu para que os resultados fossem alcançados e até superados, de forma segura, organizada e principalmente consistente e sistematizada.

O trabalho ganhou destaque por ser o primeiro projeto de aplicação do Ciclo PDCA dentro da empresa e com a aplicação da metodologia, somada às ferramentas da qualidade, foi possível reduzir o indicador e melhorar o desempenho produtivo e econômico, aumentando a receita e os lucros da empresa.

Ao dar início a revisão bibliográfica presente nesta dissertação, nada encontrou-se sobre utilização do PDCA em processos de fabricação de bioinseticidas a base do fungo *Beauveria Bassiana*. A fabricação de produtos sustentáveis está diretamente relacionada com a melhoria na qualidade de vida das pessoas. Além da meta estabelecida para o projeto, a presente

dissertação também teve por finalidade a contribuição para enriquecimento da literatura existente, incentivar novos estudos sobre a melhoria contínua em processo de produção de bioinseticida, bem como, servir de exemplo para outras empresas com o mesmo problema, para que elas também possam aumentar sua produtividade e colaborar com o avanço da produção de insumos sustentáveis utilizados na agricultura, contribuindo com a sustentabilidade do planeta.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, S. B.; ROSSI, L. S.; LOPES, R. B.; TAMAI, M. A; PEREIRA, R. M. *Beauveria bassiana* yeast phase on Agar medium and its pathogenicity against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, 2002.
- AQUINO, M.L.N.; Vital, A.F.; Cavalcanti, V.L.B & Nascimento, M.G. **Cultura de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin em sacos de propileno**. Recife. Comissão Executiva de Defesa Fitossanitária da Lavoura Canavieira de Pernambuco. 1997.
- ANDRADE, F.F.D. **O método de melhorias PDCA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003.
- Avanço do controle biológico no Brasil. **ABC BIO**, 2019. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/>.. Acesso em: 05 de jun. de 2019.
- BETTIOL, W. & MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e perspectivas**, Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. 2009.
- BETTIOL, W. & GHINI, R. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**, Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. 2003.
- BLENS, Odair José. **A aplicação da metodologia 8D em uma Indústria de Fundição de Alumínio do Setor Automotivo**. Ponta Grossa: Conbrepro, 2018.
- BRAVO, I. **Gestão da Qualidade em Tempos de Mudança**, Campinas. Editora Alínea, 2003.
- BRAZ, M.A. **Ferramentas e Gráficos Básicos**. In: RONTONDORO, R.G.(Org) **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**, São Paulo. Atlas, 2002.
- CAMPANÁRIO, Milton de Abreu. **Tecnologia, Inovação e Sociedade**. Set. de 2012. Disponível em: < <http://www.oei.es/salactsi/milton.htm>. Acesso em: 05 de abr. de 2020.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês), QFCO**. Belo Horizonte, 1992.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**, Belo Horizonte: Ed. INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CAPALBO, D.M.F.; DE NARDO, E.A.B.; MORAES, G.J.; OLIVEIRA, M.C.B & CASTRO, V.L.S.S. **Avaliação de Agentes Microbianos de Controle de Pragas para Registro como Bioinseticidas**: uma proposta para órgãos federais registrantes - Informações sobre o produto e análises de resíduo. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna. 1999.

CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas, São Paulo. Atlas, 2012.

COUTINHO, Thiago. Principais ferramentas da qualidade. **VOITTO**, São Paulo, 02 de mar. de 2019. Disponível em: <<https://www.COUTINHO.com.br/blog/artigo/fluxograma>>. Acesso em: 06 de nov. de 2020.

COUTINHO, Thiago. Saiba como a metodologia Seis Sigma otimiza os processos produtivos. **VOITTO**, São Paulo, 17 de nov. de 2020. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodologia-seis-sigma>>. Acesso em: 06 de mar. de 2021.

COUTO, S. R.; SANROMÁN, M. A. Application of solid-state fermentation to food industry - A review. **Journal of Food Engineering**, 2006.

DALZOTO, P. R.; UHRY, K. F. Controle Biológico de Pragas no Brasil por meio de *Beauveria Bassiana* (BALS.) VUILL. Centro Politécnico, Curitiba, 2009.

Diagrama de dispersão. **NOVIDÁ**, São Paulo. Disponível em: <<https://www.novida.com.br/blog/diagrama-de-dispersao/>>. Acesso em: 07 de nov. de 2020.

FÁVERI, R.; SILVA, A. Método GUT aplicado à gestão de risco de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. **Revista Ordem Pública**. Disponível em: <https://rop.emnuvens.com.br/rop/article/view/112>. Acesso em: 02 de out. de 2020.

Ferramentas da qualidade. **PORTAL DO ADMINISTRADOR**. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/diagrama-de-ishikawa-causa-e-efeito.html>>. Acesso em: 07 de nov. de 2020.

FONSECA, A. V. M. DA; MIYAKE, D. I. **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade**. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 2006.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. **The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide**. World J Microbiol Biotechnol, 2016.

Garvin, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Qualitymark, Rio de Janeiro, 1992.

**Gestão da Qualidade**, 10 de mar. de 2017. Disponível em Gestão da Qualidade: <<http://gestao-de-qualidade.info/ferramentas-da-qualidade/pdca.html>>. Acesso em: 29 de set. de 2019.

GUIMARÃES, A.G.L.P. et al. **Produção de conídios e enzimas hidrolíticas por *Beauveria Bassiana* (Bals) vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) em diferentes substratos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal da Paraíba, 2016.

HÖLKER, U.; LENZ, J. Solid-state fermentation - are there any biotechnological advantages. **Current Opinion in Microbiology**, 2005.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total à maneira japonesa**. LILACS. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

FILHO, A. B. **Inimigo Natural para combater a broca-da-banana**. Croplife Brasil, São Paulo, 25 de nov. de 2020. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/inimigo-natural-para-combater-a-broca-da-banana/>>. Acesso em 01 de dez. de 2020.

JACKSON, M.A.; CLIQUET, S.; ITEN, L.B. **Media and fermentation processes for the rapid production of high concentrations of stable blastospores of the bioinsecticidal fungus *Paecilomyces fumosoroseus***. Biocontrol Sci. Technol, 2003.

JENKINS, N. E.; GRZYWACZ, D. **Quality control of fungal and viral biocontrol agents: assurance of product performance**. Biocontrol Sci. Technol, 2000.

JIMENO BERNAL, J. **Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua**. Grupo PDCA Home, 2013.

KHANNA, H. K.; LAROIYA, S. C.; SHARMA, D. D. **Quality management in Indian manufacturing organizations: some observations and results from a pilot survey**. Brazilian Journal of Operations & Production Management, 2010.