

Desenvolvimento de software para controle estatístico de processos

Guilherme de Carvalho Monteiro (UNESP)
guilherme.c.monteiro@unesp.br

Marcela Aparecida Guerreiro Machado (UNESP)
marcela.freitas@unesp.br

Fabício Maciel Gomes (EEL/USP)
fmgomes@usp.br

Wagner Antunes da Silva (UNESP)
wagner.a.silva@unesp.br

As cartas de controle são uma poderosa ferramenta estatística que nos permite monitorar os processos a estabilidade dos processos de fabricação, porém nem sempre esta ferramenta é explorada com intuito de fazer parte da rotina de produção de uma empresa. Muitas vezes, o controle estatístico é realizado de maneira reativa, deste modo, são realizadas correções apenas depois de um longo período com o processo em descontrole, o que pode acarretar em diversos problemas, tais como: a venda de produtos fora das especificações do cliente final, intervenções desnecessárias no processo, as quais diminuem a eficiência na produção ou o desperdício de matéria prima e de mão de obra produtiva. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e implementação de um software para controle estatístico do processo em linha de envase.

Palavras-chave: Controle estatístico de processos, Gráficos de controle, Chão de fábrica, Digitalização.



1. Introdução

Visando aumentar a confiabilidade de suas operações, empresas desenvolvem diariamente, melhorias em seus processos e metodologias de controle, as quais visam diminuir a variação de seus equipamentos, contudo conforme cita Montgomery (2016), sempre existirá uma variância que não poderá ser eliminada, mesmo que todas as manutenções e intervenções sejam realizadas adequadamente. Estas variações no equipamento ou processo, são consideradas naturais e pode-se definir que um processo apenas com estas variações, está sob controle. No entanto, quando o processo é afetado por fatores distintos aos previamente citados, considera-se a existência de uma “causa especial”.

Segundo Montgomery (2016), a “causa especial” pode ser resultado de um mal funcionamento do equipamento, erro operacional, alterações climáticas, matéria prima não conforme, entre outros motivos. Um processo no qual estão integradas causas especiais é considerado estatisticamente um processo fora de controle e estas precisam ser estudadas e eliminadas a fim de reestabelecer o controle do mesmo.

Com o intuito de facilitar a identificação destas causas especiais nos processos, neste trabalho, utiliza-se as cartas de controle em conjunto com tecnologia e digitalização, as quais segundo ZAMBON *et al.*, (2019), transformam desafios em oportunidades.

Segundo Montgomery (2016), um bom controle estatístico dos processos (CEP) pode resultar na redução de retrabalhos e no aumento da produtividade. Este ainda, pode otimizar significativamente a qualidade do produto final e ainda reduzir custos resultando em vantagens competitivas aos que o utilizam.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Qualidade e controle estatístico de processos

Segundo Montgomery (2016), a qualidade se tornou um dos fatores mais importantes no momento da escolha de um produto ou serviço. Garvin (1987) fornece uma discussão sobre oito componentes da qualidade, os quais serão descritos abaixo:

i) Desempenho: Tal característica está relacionada com o quão eficiente o produto em análise será para a execução de uma tarefa. Por exemplo, um usuário de computador que tem interesse em utilizar programas de renderização e modelagem, visa uma máquina com elevado poder de processamento de dados para obter maior desempenho.

ii) Confiabilidade: Tal característica é adquirida por uma empresa através da ausência de falhas ou necessidades de reparo no produto final.

iii) Durabilidade: A durabilidade está diretamente ligada a quanto tempo o produto durará. Ao comprar um carro ou uma televisão, o cliente deseja que o produto tenha uma vida útil considerável e não apresente defeitos por um longo período de tempo.

iv) Assistência Técnica: Este componente tem como base a agilidade e eficácia na solução de possíveis problemas relacionados a um produto adquirido pelo cliente. Peças defeituosas não existir em algum momento do processo e, por este motivo, é dever de uma empresa que visa a qualidade garantir que o cliente tenha um suporte rápido e eficaz.

v) Estética: Este componente faz relação ao apelo visual empregado por diversas indústrias durante a exposição de seus produtos.

vi) Características: Todos os produtos tem uma função básica embutida em sua essência. Entretanto, visando ser mais competitivas, algumas empresas introduzem características extras em seus produtos, como por exemplo os carregamentos via indução e leitores NFC em smartphones.

vii) Qualidade Percebida: A qualidade percebida é um componente que está relacionado à reputação da empresa em relação a qualidade do produto. Esta reputação, está ligada à ausência de falhas do produto, bem como à maneira com que o cliente é tratado quando evidencia um problema de qualidade no produto adquirido.

viii) Conformidade com as especificações: Um produto de qualidade, precisa atender as especificações requeridas pelo cliente final.

A fim de garantir que tais componentes da qualidade sejam atendidos, as empresas

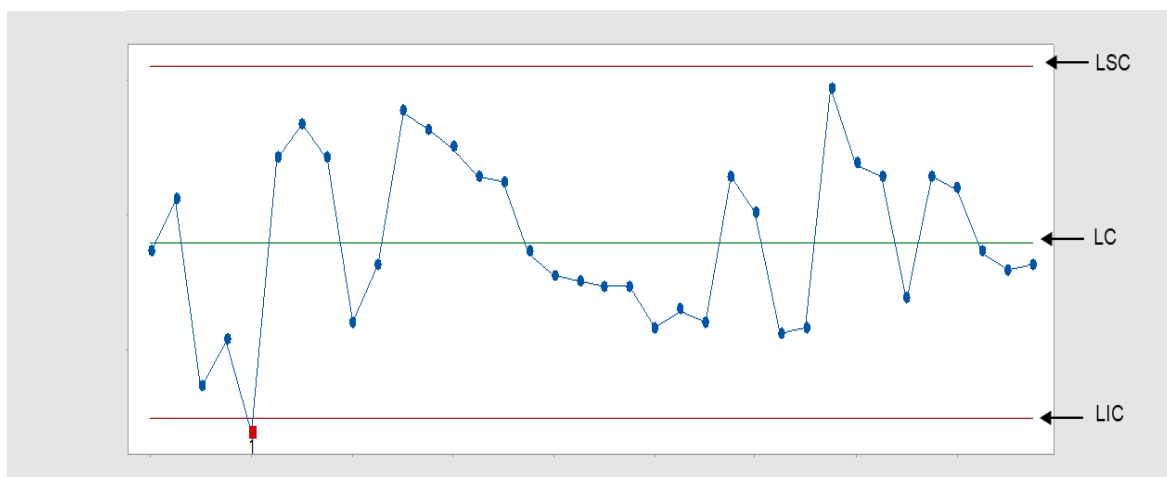
frequentemente utilizam algumas ferramentas estatísticas, sendo que uma das mais conhecidas e utilizadas são as cartas de controle.

2.2 Cartas de controle

As cartas de controle, também conhecidas como “Shewhart Control Charts”, fazem parte de um conjunto de ferramentas que pode ser empregadas no monitoramento de processos. Estas cartas, são amplamente utilizadas nas indústrias como principal objetivo garantir a estabilidade do processo estudado, identificando rapidamente a presença de eventuais causas especiais (SALEH et al., 2015).

Estas cartas, conforme a Figura 1, são compostas pelo limite superior de controle LSC, limite inferior de controle LIC e da linha central LC. (DEMING. W. E.; SHEWHART. W. A., 1940).

Figura 1 – Modelo de carta de controle



Fonte: próprios autores.

Tendo “ μ_0 ” como a média do processo, “ σ_0 ” como o desvio padrão do processo, “ n ” como o tamanho do subgrupo utilizado e “ k ” como o número de desvios padrão a serem considerados na análise, os limites de controle e a linha central podem ser facilmente calculados utilizando-se as equações 1, 2 e 3 abaixo:

$$LSC = \mu_0 + \frac{k\sigma_0}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

$$LC = \mu_0 \quad (2)$$

$$LIC = \mu_0 - \frac{k\sigma_0}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Após o cálculo destes valores é possível acompanhar de forma gráfica e visual a estabilidade do processo com uma regra muito simples: pontos dispostos fora dos limites superior ou inferior de controle, indicam que o processo está fora de controle e pontos distribuídos aleatoriamente dentro dos limites superior e inferior de controle, indicam o processo encontra-se sob controle estatístico.

3. Delimitação da pesquisa

O presente trabalho se limita ao estudo de possíveis melhorias em um processo de envase de uma empresa de defensivos agrícolas em período definido, utilizando ferramentas estatísticas e o software Microsoft® Excel 365.

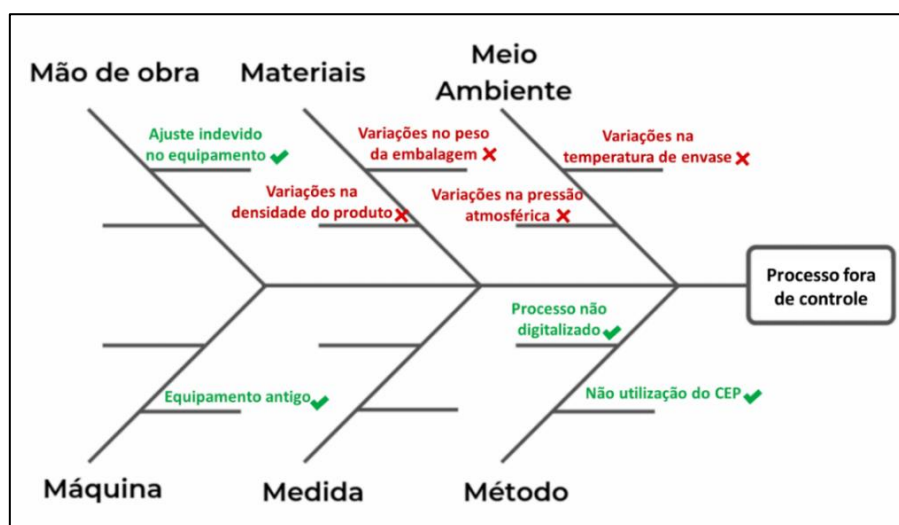
4. Resultados

4.1 Identificação de melhorias rápidas para o processo

Realizou-se a investigação de possíveis melhorias que poderiam ser implementadas rapidamente no processo em reuniões de um time multidisciplinar.

Como resultado do primeiro encontro, foi gerado o diagrama de Ishikawa apresentado na Figura 2:

Figura 2 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: próprios autores.

Após a criação do diagrama, cada área validou as causas inseridas. Foram avaliadas melhorias rápidas e de baixo custo que pudessem mitigar os problemas existentes. As melhorias identificadas estão listadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Melhorias identificadas

Tipo de Causa	Possíveis causas do descontrole do processo	Proposta de melhoria	Facilidade de implementação	Impacto
Pessoas	Ajuste indevido no equipamento	Criação de software para implementação do CEP em linha de envase de forma digital.	9	7
Método	Processo não digitalizado			
Método	Ausência de utilização do CEP			
Máquina	Equipamento de envase antigo e pouco automatizado (sem controle de volume envasado por bombona)	Criação de árvore de falhas com base nas causas especiais identificadas nas cartas de controle criadas	6	9
		Substituição do equipamento de envase	1	10

Fonte: próprios autores

As colunas “Facilidade na implementação” e “Impacto”, presentes na Tabela 1 foram definidas em conjunto com o time multidisciplinar em uma escala Likert de 1 a 10, as quais são amplamente utilizadas em diversas áreas para auxiliar a tomada de decisão (MATTHEW CARLYLE; MONTGOMERY; RUNGER, 2000). Os detalhes da escala utilizada para esta avaliação constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Melhorias identificadas

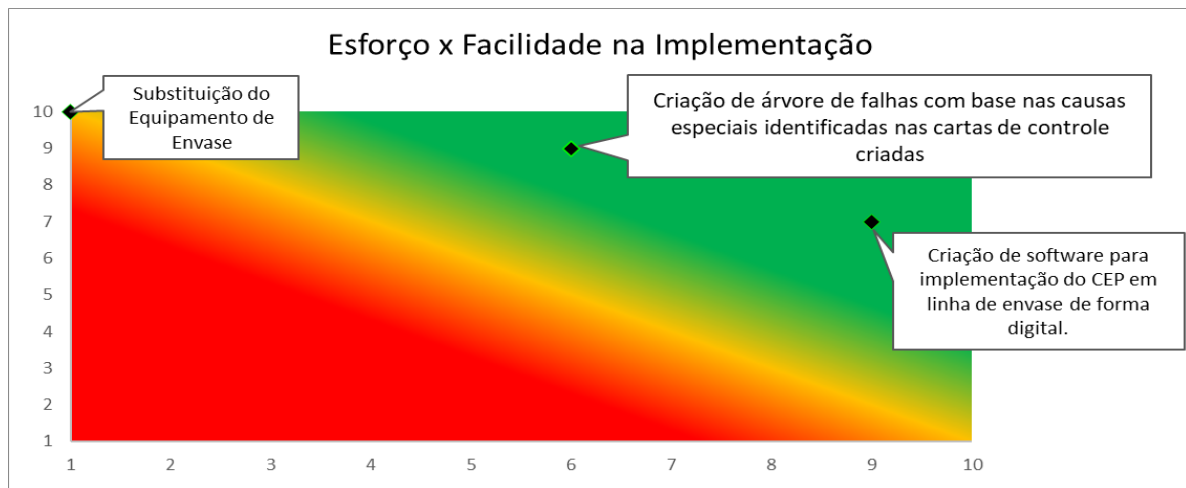
Valor	Descrição
1	Muito Baixo
3	Baixo
5	Médio
7	Alto
10	Muito Alto

Fonte: próprios autores

4.2 Planejamento das melhorias identificadas

Com base nos dados presentes na Tabela 1, foi gerado o diagrama ilustrado na Figura 3, com intuito de facilitar a tomada de decisão no momento de decisão da priorização das atividades a serem executadas.

Figura 3 – Matriz Esforço x Impacto



Fonte: próprios autores.

Os dados em questão foram apresentados para a gerência sênior da empresa, a qual indeferiu a melhoria “Substituição do Equipamento de Envase”, devido ao elevado custo para implementação.

Deste modo, visando-se a assertividade na priorização das melhorias, criou-se o “Índice de Priorização”, o qual é resultado da multiplicação dos fatores “Facilidade na implementação” e “Impacto”. O objetivo deste índice é classificar em ordem crescente as propostas de melhorias sendo que quanto maior o valor deste índice, mais prioritária será a implementação da melhoria conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Priorização das melhorias elegíveis

Proposta de Melhoria	Facilidade na Implementação	Impacto	Índice de Priorização
Criação de software para implementação do CEP em linha de envase de forma digital.	9	7	63
Criação de árvore de falhas com base nas causas especiais identificadas nas cartas de controle criadas	6	9	54
Substituição do Equipamento de Envase	1	10	10

Fonte: próprios autores.

Com base nisso, a melhoria “Criação de Software para implementação do CEP em linha de envase de forma digital” é a que deve ser realizada primeiro. Isto, pois é uma melhoria de fácil implementação e com elevado fator de impacto no processo. Deste modo, seguiu-se com o desenvolvimento desta melhoria.

4.3 Software para CEP em linha de envase

Visando criar uma interface com baixo custo de desenvolvimento que atendesse a agilidade necessária durante o dia a dia operacional em linha de envase, e que também fosse de comum uso na linha de envase, utilizou-se o Software Microsoft® Excel 365, combinado com a linguagem de programação “Visual Basic for Applications” (VBA).

4.3.1 Página inicial

Composta pelos campos “Motivação”, “Comandos” e “Barra de Navegação”, tem como objetivo informar ao usuário o motivo da utilização do aplicativo e servir como apresentação da solução. O layout desta página é exibido na Figura 4.

Figura 4 – Página Inicial (Solução em Excel)



Fonte: próprios autores.

4.3.2 Central de controle estatístico do processo

A Central de controle estatístico contém as principais funções da ferramenta desenvolvida como proposta de melhoria. O layout desta página é exibido na Figura 5.

Figura 5 – Central de CEP (Solução em Excel)

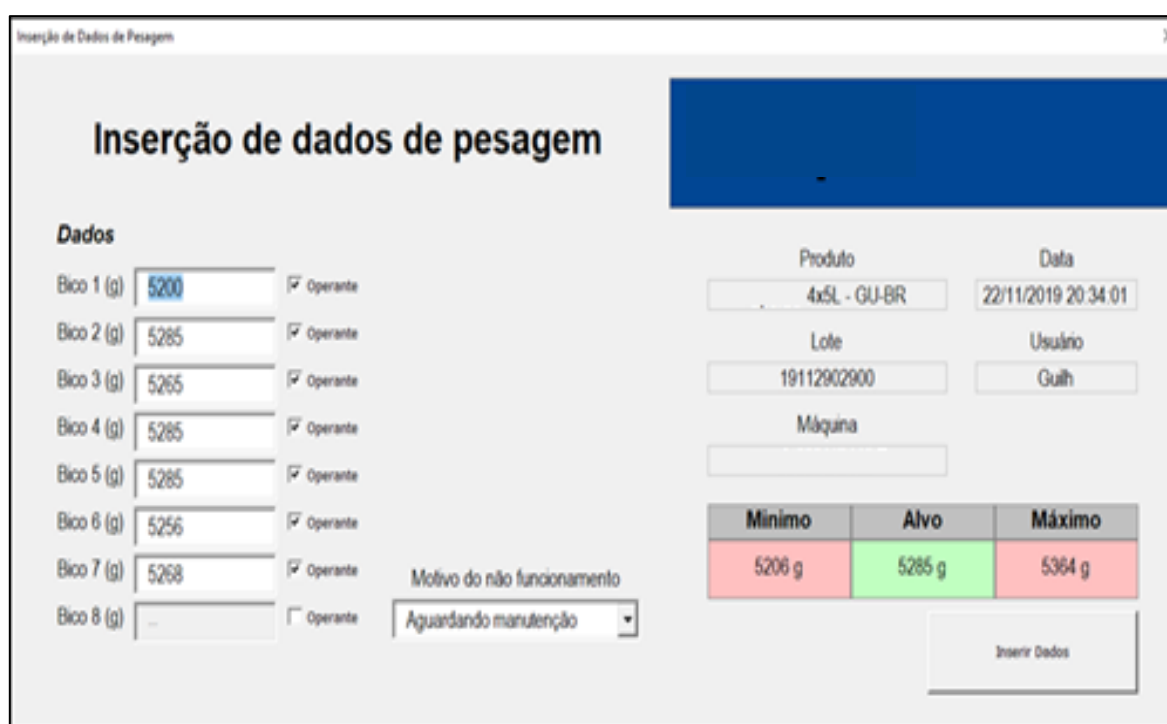


Fonte: próprios autores.

Nesta, buscou-se a criação de uma interface rápida, visual e amigável, de modo a auxiliar o operador de envase na tomada de decisão, informando-o quando intervir no processo através da carta de controle, a qual é plotada em tempo real.

Ao selecionar o botão “Nova Pesagem”, uma janela para inserção de dados é exibida e é solicitado ao usuário a inserção das medições coletadas em cada um dos 8 bicos de envase, de 1 em 1 hora, na linha de envase. Nesta janela, os limites de controle são exibidos ao usuário de forma a orientá-lo quanto aos parâmetros de controle do processo. Em adicional, é possível que o operador informe se um bico está desativado devido à manutenção, neste caso o volume envasado pelo mesmo é igual a zero. O layout da janela em questão é exibido na Figura 6.

Figura 6 – Inserção de dados de pesagem



Inserção de dados de pesagem

Dados

Bico 1 (g) Operante

Bico 2 (g) Operante

Bico 3 (g) Operante

Bico 4 (g) Operante

Bico 5 (g) Operante

Bico 6 (g) Operante

Bico 7 (g) Operante

Bico 8 (g) Operante

Motivo do não funcionamento:

Produto: Data:

Lote: Usuário:

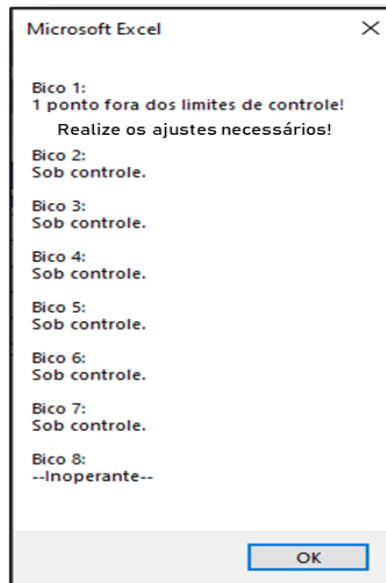
Máquina:

Minimo	Alvo	Máximo
5206 g	5285 g	5364 g

Fonte: próprios autores.

Após a inserção dos dados na aplicação, a carta de controle é atualizada com os valores inseridos, e uma nova janela, conforme Figura 7, é exibida ao usuário. Esta, informa quais bicos se encontram sob controle estatístico e quais não se encontram sob controle estatístico no momento da medição. Em adicional, é solicitado que os ajustes necessários para reestabelecimento do controle sejam executados.

Figura 7 – Pop-Up



Fonte: próprios autores.

4.3.2 Base de dados

A base de dados utilizada para a criação da solução foi armazenada dentro do software Microsoft® Excel 365 e encontra-se disponível para consulta conforme Figura 8. Esta base simplifica o processo de coleta de dados para próximas análises históricas do processo, pois não será necessária a consulta de registros em papel e transcrição dos mesmos para o Excel®.

Figura 8 – Base de dados

		Tela Inicial	Inserção de Dados	Base de Dados	Configurações			
Numero de Pesagens:		20						
Data	Operador	Máquina	Cód. Produto	Lote Produto	Densidade	Tara Bombona	Bico 1 (g)	Bico 2 (g)
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5296	5300
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5286	5292
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5306	5302
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5308	5286
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5308	5302
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5308	5300
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5310	5306
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5310	5300
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5308	5286
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5302	5322
06/09/2019 23:26	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5322	5327
06/10/2019 00:27	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5320	5322
06/10/2019 00:29	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5306	5331
06/10/2019 00:31	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5317	5308
07/03/2019 22:53	Guilherme	X	Y	19112902900	1,057	272	5326	5324

Fonte: próprios autores.

4.3.3 Configurações

A página nomeada como “Configurações” tem como objetivo permitir que o usuário administrador da solução consiga de forma rápida alterar qualquer parâmetro das demais páginas apresentadas nas sessões 4.3.1 4.8.1.2 e 4.8.1.3 do presente trabalho.

4.3.3 Relatório gerencial

O relatório gerencial, mostrado na Figura 9, foi desenvolvido com auxílio do software Microsoft® Power BI, e tem como principal objetivo, fornecer à liderança das operações, a agilidade na tomada de decisão, exibindo de forma gráfica e visual, os detalhes do processo de envase em tempo real em dispositivos móveis ou computadores corporativos.

Figura 9 – Relatório gerencial (Power BI)



Fonte: próprios autores.

4.3.4 Treinamentos e procedimentos

Após a validação do desenvolvimento da proposta de melhoria utilizando o software, foi ministrado à 100% dos operadores, um treinamento em formato digital e presencial. Em adicional, foi criado um procedimento de utilização da solução, o qual foi disponibilizado digitalmente e na forma impressa para casos de necessidade de consulta em linha de envase.

4.3.5 Teste piloto

Após desenvolvimento da solução e treinamento dos operadores, foi realizado um teste piloto na linha de envase X. O principal objetivo do teste foi validar a funcionalidade da aplicação na rotina de operação da linha de envase.

Como resultados do teste, constatou-se que os operadores não enfrentaram dificuldades durante a utilização do software e os alertas de detecção de pontos fora de controle funcionaram de acordo com as expectativas.

5. Conclusão

Com base no estudo realizado, pode-se concluir que a proposta de melhoria “Software para Controle Estatístico em linha de envase” leva o conhecimento estatístico ao chão de fábrica de maneira simplificada e suporta o operador nas tomadas de decisão necessárias durante o envase dos defensivos agrícolas. Permitindo que os ajustes no equipamento que controla o volume envasado nas bombonas, sejam realizados de maneira mais assertiva, padronizada e com menor frequência, deixando o processo mais ágil e confiável.

Além dos ganhos na qualidade e agilidade do processo, vale ressaltar que com a eliminação de 100% dos papéis impressos em linha de envase, a empresa em questão, torna-se ainda mais sustentável e em adicional, com esta digitalização, facilitou-se o acesso à informação dos processos.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. F. B. Gráficos de controle de Shewhart: Duas década de pesquisa. **Aleph**, p. 163 f. : il., 2007.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico De Qualidade**. 2. ed, São Paulo: Atlas, 2005

DEMING, W. E.; SHEWHART, W. A. **Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control**. Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society, 1940.

MATTHEW CARLYLE, W.; MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Optimization problems and methods in quality control and improvement. **Journal of Quality Technology**, v. 32, n. 1, p. 1–17, 2000.

MONTGOMERY, D. C. **INTRODUCTION TO STATISTICAL QUALITY CONTROL, SEVENTH EDITION**. [s.l: s.n.]. v. 7, 2016

ZAMBON, I. *et al.* Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. **Processes**, v. 7, n. 1, 2019.