

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE E PLANEJAMENTO
PARA O CONTROLE DE PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL**

**APPLICATION OF QUALITY TOOLS AND PLANNING FOR THE
CONTROL OF ARTISANAL BEER PRODUCTION**

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y PLANIFICACIÓN
PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL**

Lucas Alves Savedra¹
Rogério Royer²
Ariane Ferreira Porto Rosa³

Universidade Federal de Pelotas

¹ lucassavedra@hotmail.com

² rogroyer@gmail.com

³ afprosa61@gmail.com

Resumo: O presente trabalho descreve passo a passo, através de um estudo de caso, a aplicação do Ciclo PDCA em conjunto com as ferramentas da qualidade e planejamento, no gerenciamento de um processo de produção artesanal de cerveja, buscando melhorias e estabilidade do processo produtivo. Tal metodologia será utilizada para obter um controle mais claro e objetivo de duas variáveis fundamentais do processo de produção de cerveja artesanal, o método padrão de referência de cor (*Standard Reference Method*, SRM) e o volume de álcool por volume total de líquido (*Alcohol by Volume*, ABV), variáveis que são necessárias para caracterização do estilo da cerveja de acordo com as diretrizes do Programa de Certificação de Cerveja (*Beer Judge Certification Program*, BJCP). O resultado da aplicação das ferramentas foi a redução da variabilidade das variáveis de processo descritas possibilitando melhorias na estabilidade do processo produtivo. Dessa forma obteve-se lotes de cerveja mais padronizados com menor variabilidade entre levas produzidas no processo de produção de cerveja artesanal.

Palavras-chave: Qualidade. Mapeamento de processo. Controle estatístico do processo. Cerveja artesanal.

Abstract: This paper describes step by step, through a case study, the application of the PDCA Cycle together with the tools of quality and planning, in the management of a artisanal process production of beer, seeking improvements and stability of the productive process. Such methodology will be used to obtain a clearer and more objective control of two fundamental variables of the artisan beer production process, the *Standard Reference Method* (SRM) and the volume of alcohol per total volume of liquid, Alcohol by Volume (ABV), variables that are required to characterize beer style according to the Beer Judge Certification Program (BJCP) guidelines. The result of the application of the tools was the reduction of the variability of the described process variables, allowing for improvements in the stability of the productive process. In this way, more standardized beer batches were obtained with lower variability between the cans produced in the craft beer production process.

Key words: Quality. Process Mapping. Statistical control of the process. Craft beer.

Resumen: El presente trabajo describe paso a paso, a través de un caso de estudio, la aplicación del Ciclo PDCA junto con las herramientas de calidad y planificación, en la

gestión de un proceso de producción de cerveza artesanal, buscando mejoras y estabilidad del proceso productivo. Dicha metodología se utilizará para obtener un control más claro y objetivo de dos variables fundamentales del proceso de producción de cerveza artesanal, el método de referencia de color estándar (*Standard Reference Method*, SRM) y el volumen de alcohol por volumen total de líquido (Alcohol por Volumen, ABV), variables que son necesarias para caracterizar el estilo de cerveza de acuerdo con los lineamientos del Programa de Certificación de Cervezas (Beer Judge Certification Program, BJCP). El resultado de la aplicación de las herramientas fue reducir la variabilidad de las variables de proceso descritas, permitiendo mejoras en la estabilidad del proceso productivo. De esta forma, se obtuvieron lotes de cerveza más estandarizados con menor variabilidad entre lotes producidos en el proceso de producción de cerveza artesanal.

Palabras llave: Calidad. Mapeo de procesos. Control estadístico de procesos (CEP). Cerveza artesanal.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas aumenta a cada dia e ter um diferencial é primordial no mercado atual. Um fator que gera vantagem competitiva para as organizações é a qualidade dos produtos e serviços. Segundo Montgomery (2016), controlar e melhorar a qualidade dos processos tornou-se uma estratégia de negócios para as organizações.

O controle de qualidade pode ser aplicado na produção que busca encontrar e reduzir as variabilidades existentes nos processos, melhorando a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido (LOUZADA et al., 2013). Situação que não é diferente nas micro cervejarias artesanais, onde se faz necessário que as levas de cerveja produzidas mantenham um determinado padrão, em função do aumento da competitividade neste mercado.

Para que ocorram melhorias, existem meios que facilitam a identificação e gestão das mesmas. Esses meios são chamados de métodos e ferramentas. O método é a sequência lógica para se atingir a meta desejada. Já as ferramentas são os recursos a serem utilizados no método.

A elaboração desse trabalho foi motivada pelo interesse em demonstrar que a utilização do Ciclo PDCA em conjunto com as ferramentas da qualidade, quando adequadamente empregadas, pode levar as empresas a obtenção de melhorias em seus processos industriais, trazendo como consequência o aumento da qualidade de seus produtos e melhores resultados econômicos.

O objetivo principal deste trabalho é a melhoria da qualidade do processo e do produto através da aplicação do Ciclo PDCA em uma micro cervejaria artesanal, localizada na cidade de Pelotas no Rio Grande do Sul. A micro cervejaria possui um processo de produção de cerveja por levas, o

Ciclo PDCA será utilizado afim de verificar algumas variáveis que influenciam no processo de produção de cerveja, de forma a diminuir a diferença entre as levas produzidas tornando o processo de produção de cerveja da micro cervejaria o mais padronizado possível.

O objetivo geral deste artigo é apresentar o estudo de caso com a aplicação Ciclo PDCA e seus resultados em um processo produtivo de cerveja artesanal. Para tanto foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) definir, coletar e analisar os dados da produção de cerveja; (ii) apresentar as técnicas e as atividades desenvolvidas, as ferramentas utilizadas e os resultados obtidos em cada etapa do processo produtivo; (iii) propor ações para a implementação de melhorias nas operações do processo produtivo; (iv) verificar as melhorias na qualidade da cerveja produzida.

Este estudo justifica-se por apresentar a aplicação do ciclo PDCA que pode ser utilizado tanto para a melhoria de um produto ou processo já existente como para a manutenção da qualidade dos mesmos, ambos com o objetivo de criar produtos e processos mais padronizados e de maior qualidade. O que é de suma importância para às cervejarias artesanais, tanto para manter a qualidade de suas cervejas ou para incorporação de novos estilos em sua carta de produtos.

O artigo detém-se a estudar aspectos relacionados à cor e amargor do estilo Pilsen, que é o estilo que representa a maior parte das vendas da cervejaria em estudo, ficando restrito somente a este estilo. Para a análise estatística serão utilizados os dados coletados durante a produção, que fazem parte do banco de dados da cervejaria em estudo, e utilização das ferramentas da qualidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta as principais variáveis de qualidade importantes na produção de cerveja artesanal, as ferramentas básicas da qualidade, as ferramentas de planejamento e o ciclo PDCA.

2.1 Variáveis de Qualidade da Cerveja Artesanal

A cerveja é uma bebida alcoólica carbonatada produzida através da fermentação de cereais, principalmente cereais maltados como a cevada e o trigo, com amido. Acredita-se que foi uma das primeiras bebidas alcoólicas que foram criadas pelo ser humano, seu preparo inclui água, malte, lúpulo e fermento, além de outros insumos como frutas, ervas e

outras plantas.

A Lei Alemã de Pureza, Lei Reinheitsgebot, é o mais antigo código de alimentos do mundo e foi instituída em 1516 pelo duque Guilherme IV, da Baviera, com o objetivo de regulamentar o processo de manufatura da cerveja. A Lei Alemã de Pureza estabelece que os únicos elementos aceitos na fabricação de cerveja são: água, malte, lúpulo e levedura, este trabalho está focado em cervejas que seguem a lei de pureza, cervejas que utilizam outros ingredientes não foram consideradas.

As cervejas variam em muitas propriedades como coloração, teor alcoólico, amargor, densidade, entre outras. Existem cervejas escuras, claras, fortes, fracas, mais amargas e lupuladas, frutadas e mais adocicadas. Esta imensa variedade fez com que as cervejas fossem classificadas em estilos, definidos pelo BJCP, este trabalho está focado no controle de 2 propriedades fundamentais para caracterização do estilo de cerveja a cor e o amargor, que serão observados para o estilo Pilsen produzido pela cervejaria onde foi aplicado o estudo de caso.

A cor é geralmente transmitida pelos maltes utilizados, embora outros ingredientes podem contribuir para a cor de alguns estilos, tais como cervejas de fruta, a intensidade da cor pode ser medida por sistemas tais como *European Brewing Convention* (EBC) ou *Standard Reference Method* (SRM). Muitas cervejas são transparentes, mas algumas cervejas, podem ser turvas devido à presença de leveduras. Uma terceira variedade é a cor opaca ou quase opaca presente em *stouts*, *porters*, *schwarzbiers* (cerveja preta) e outros estilos escuros.

Para se obter a coloração indicada pelo BJCP para determinado estilo, pode ser utilizada a equação (1.1) para estipular a quantidade de malte que utilizaremos, nesta equação já está alinhada a eficiência da brasagem em torno de 70%, e a utilização dos maltes que é fornecida pelo fabricante.

$$PTM = 5 * Vol * (OG - 1) \quad (1.1)$$

Sendo PTM o peso total de malte; Vol o volume total em litros e OG a densidade original.

Após calcular através da equação 1.1 o peso total de maltes que serão utilizados na brasagem, é calculado a quantidade de cada tipo específico de malte que será utilizado, sendo que estes são de escolha do mestre cervejeiro, através da equação 1.2.

$$COR_i = \frac{\sum pm * cor}{V_f} \quad (1.2)$$

Sendo Cor_i a cor inicial; Cor a cor do malte em SEM; Pm o peso do malte e V_f o volume final.

Atualmente existem no mercado softwares que auxiliam os cervejeiros nos cálculos, que se aproximam muito dos obtidos com as equações. Após a produção ainda é utilizado um espectrofotômetro para medir a intensidade da cor da cerveja afim de se manter um determinado padrão de qualidade.

Outro indicador de qualidade da cerveja artesanal é o amargor. A unidade internacional de caracteriza o amargor é a medida pela *International Bitterness Units scale* (IBU). Esta é uma norma mundialmente utilizada para diversas bebidas. E é calculada pela equação 1.3.

$$IBU = \frac{AA\% * m(g) * U\%}{v} \quad (1.3)$$

Sendo IBU a Unidade internacional de amargor; AA% o teor de ácidos α ; M o peso em gramas de lúpulo; U a utilização e V = volume no final da fervura.

2.2 Ferramentas Básicas da Qualidade

As ferramentas básicas da qualidade são recursos a serem utilizados na aplicação da metodologia da solução de problemas, elas são chamadas básicas porque são de fácil entendimento para pessoas com pouco treinamento formal em estatística, e porque podem ser utilizadas para resolver a maioria dos assuntos relacionados à qualidade. Algumas ferramentas básicas da qualidade são: Estratificação; Folha de Verificação; Diagrama de Causa e Efeito; Histograma; Fluxograma e Gráfico de Controle.

Segundo Werkema (2006), estratificação é a divisão de um determinado grupo de dados em diversos subgrupos de acordo com fatores desejados, os quais são conhecidos como fatores de estratificação. As causas que atuam nos processos produtivos e geram algum tipo de variação, constituem possíveis fatores de estratificação de um conjunto de dados. Ou seja, fatores como turnos, máquinas, tempo, métodos, pessoas, medidas, matéria-prima, condições ambientais, entre outros, são fatores naturais para a estratificação dos dados.

A folha de verificação é utilizada para registrar os dados. Deve ser estruturada de acordo com as exigências de cada usuário, e por isso, mostra extrema elasticidade de preparação, utilização e interpretação, no entanto, não devem ser confundidas com checklists, que são listagens de itens a serem verificados (PALADINI, 1997).

O diagrama de causa e feito é conhecido também como gráfico de Ishikawa ou como gráfico de espinha de peixe, por ter uma forma similar a uma espinha de peixe. O eixo principal mostra um fluxo de informações e as espinhas, que ligam ao fluxo, representam as contribuições secundárias ao processo que está analisando. Ele permite identificar as causas que contribuíram para determinados efeitos.

O histograma é um gráfico de barras verticais que apresenta valores de uma certa característica agrupados por faixas. É útil para identificar o comportamento típico da característica de qualidade em estudo. Usualmente permite a visualização de determinados fenômenos, dando uma noção de frequência com que ocorrem (LINS, 1993).

Os fluxogramas representam graficamente cada etapa pela qual passa um processo. Para Paladini (1997) os fluxogramas são ferramentas recomendadas em qualquer atividade de programação computacional. Sua utilização na área da qualidade refere-se à determinação de um fluxo de operações bem definido. O fluxo permite visão global do processo por onde passa o produto e, ao mesmo tempo, ressalta operações críticas ou situações em que haja cruzamento de vários fluxos, que pode, por exemplo, constituir-se em ponto de congestionamento.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma metodologia que detalha o comportamento e a variabilidade do processo e, desta forma, permite monitorá-lo, contribuindo para a melhoria contínua, produzindo assim produtos de alta confiabilidade. O CEP utiliza gráficos de controle de processo, as quais auxiliam na identificação de causas comuns ou especiais em um processo (PIRES, 2000; RIBEIRO; CATEN, 2012).

O gráfico de controle de médias representa de forma simples e visual um teste de hipótese estatística onde a cada nova amostra testa-se, através da média amostral, a estabilidade da variável em estudo no processo. O gráfico de controle pode ser usado no monitoramento da estabilidade de variáveis de processo ou características de qualidade do produto quanto a influência de causas especiais de variabilidade que possam prejudicar a qualidade do processo ou produto (MONTGOMERY e RUNGER, 2009).

2.3 Ferramentas de Planejamento

São apresentadas nesta seção as ferramentas de planejamento segundo Werkema (2013): Diagrama de Afinidades; Diagrama de Relações; Diagrama de Árvore; Diagrama Matriz; Diagrama de Priorização; Diagrama de Processo Decisório e Diagrama de Setas ou PERT/CPM.

De acordo com Werkema (2013) tanto o diagrama de afinidades

como o diagrama de relações podem ser usados para tratamento de dados não numéricos. O diagrama de afinidades utiliza as similaridades entre dados não numéricos para facilitar o entendimento, de forma sistemática, da estrutura de um problema. Em contrapartida, o diagrama de relações apresenta a intrincada estrutura das relações de causa e efeito de um conjunto de dados não numéricos, permitindo a organização da tecnologia disponível sobre o problema analisado. Tem sido utilizado quando o problema é complexo, de modo a visualização das relações de causa e efeito não é fácil, e também quando a sequência correta das ações é crítica para o alcance do objetivo.

O diagrama de árvore pode ser usado na definição da estratégia para a solução de um problema e na elucidação da essência, ponto principal, de uma área a ser aprimorada. O diagrama de árvore mostra o mapeamento detalhado dos caminhos a serem percorridos para o alcance de um objetivo.

Outra ferramenta de auxílio de planejamento é o diagrama de matriz. Essa ferramenta consiste no arranjo dos elementos que constituem um evento ou problema de interesse nas linhas e colunas de uma matriz. A existência ou a força das relações entre os elementos é mostrada, por meio de símbolos, nas intersecções das linhas e colunas é utilizado na visualização de um problema como um todo, deixando claras as áreas nas quais o problema está concentrado.

O diagrama de priorização permite processar as informações contidas em um conjunto de dados constituído por um grande número de variáveis, de modo que essas variáveis possam ser representadas por apenas duas ou três características gerais. O diagrama mostra a priorização dos fatores componentes de um problema.

O diagrama de processo decisório é utilizado para garantir o alcance de uma meta pelo estudo da lógica de todas as possibilidades de ocorrência de eventos no caminho para se atingir a meta e das soluções que podem ser adotadas. Pode auxiliar na melhoria das condições de tomada de decisão e, conseqüentemente, no aprimoramento do plano de ação a ser realizado.

Finalmente, o diagrama de setas, também chamado PERT/CPM, mostra o cronograma de execução das tarefas de um projeto bem como seu caminho crítico e como eventuais atrasos afetam o tempo de execução.

2.4 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é um método que visa controlar e conseguir resultados

eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização. É um eficiente modo de apresentar uma melhoria no processo. Padroniza as informações do controle da qualidade, evita erros lógicos nas análises e torna as informações mais fáceis de entender. Pode também ser usado para facilitar a transição para uma cultura de melhoria contínua (AGOSTINETTO, 2006).

O PDCA é usado como um ciclo eficiente na resolução de problemas. Permite realizar melhorias por etapas e repetir o ciclo de melhoria várias vezes (SHIBA et al., 1997). Segundo Deming (1990), este método de controle é composto por quatro etapas, que produzem os resultados esperados de um processo.

As etapas do PDCA são:

- *Plan* (Planejamento): consiste no estabelecimento da meta ou objetivo a ser alcançado, e do método, ou plano, para se atingir este objetivo;
- *Do* (Execução): é o trabalho de explicação da meta e do plano, de forma que todos os envolvidos entendam e concordem com o que se está propondo ou foi decidido;
- *Check* (Verificação): durante e após a execução, deve-se comparar os dados obtidos com a meta planejada, para se saber se está indo em direção certa ou se a meta foi atingida;
- *Action* (Ação): transformar o plano que deu certo na nova maneira de fazer as coisas

Campos (1992), diz que o controle de processos deve ser executado de acordo com o método PDCA, demonstrado na Figura 1, para atingir as metas necessárias para sobrevivência da empresa

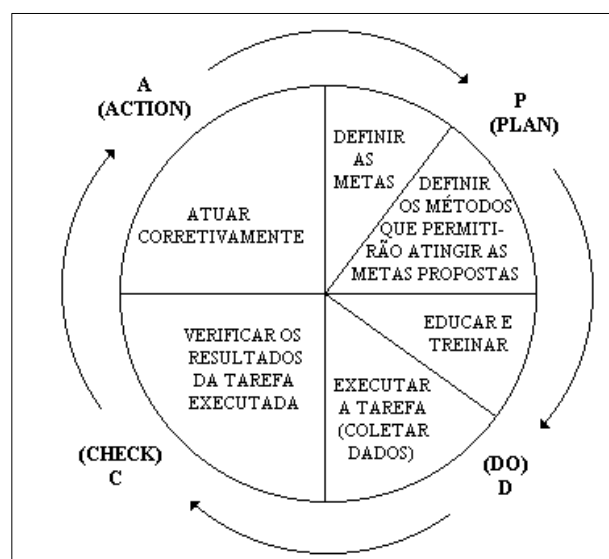


Figura 1 O Ciclo PDCA

Fonte: Adaptado de Falconi (2014).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa do presente trabalho é considerada de natureza exploratória. De acordo com Gil (2017) este tipo de pesquisa visa tornar o problema mais explícito e construir hipótese, sendo representada por meio de pesquisas bibliográficas e estudo de caso. O procedimento escolhido para a realização desta pesquisa, foi o estudo de caso, realizado em uma micro cervejaria artesanal localizada no município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul. A metodologia usada foi de natureza aplicada, com objetivo exploratório, abordagem quali-quantitativa e o método foi a realização de um estudo de caso.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema escolhido. Foram pesquisados: artigos, revistas, livros e materiais na internet. Foram tratados assuntos sobre o processo de produção da cerveja, ferramentas básicas da qualidade, as sete ferramentas do planejamento e o Ciclo PDCA. Na sequência do trabalho foi realizado o estudo de caso, com a coleta e análise dos dados. Foi aplicado o ciclo PDCA em conjunto com as ferramentas da qualidade.

A coleta de dados do estudo de caso consistiu em coletar os dados referentes as duas variáveis de processo escolhidas, coloração e amargor da cerveja, em um banco de dados da cervejaria e também na observação do processo de produção do estilo Pilsen que foi escolhido para o estudo. Após a coleta, os dados foram tratados com uso das ferramentas adequadas em cada etapa do Ciclo PDCA.

A Figura 2 apresenta as ferramentas da qualidade usadas em cada etapa do ciclo PDCA para ambas as variáveis estudadas.

	Característica analisada	Coloração da Cerveja	Amargor da Cerveja
	Etapas do PDCA	Ferramentas Utilizadas	Ferramentas Utilizadas
P	Identificação do Problema	Gráfico de Controle	Gráfico de Controle
	Análise do Fenômeno	Folha de Verificação	Folha de Verificação
	Análise do Processo	Estratificação	Diagrama de Causa e Efeito
	Plano de Ação	Estruturado segundo Werkema (2013)	Estruturado segundo Werkema (2013)
D	Execução	Folha de Verificação	Folha de Verificação
	Verificação	Histograma	Histograma
C	Padronização	Folha de Verificação	Folha de Verificação
	Conclusão	Diagrama de Arvore	Fluxograma
A			

Figura 2 Ferramentas aplicadas em cada etapa do PDCA.
Fonte: Autores (2019).

4. RESULTADOS

O primeiro estudo foi feito sobre a variação na coloração da cerveja Pilsen produzida. Inicialmente foi utilizado o gráfico de controle de médias na fase P do Ciclo PDCA que é a etapa identificação do problema. O gráfico de controle permite a visualização do nível de variabilidade do processo provocada pelas causas comuns de variação. Os valores utilizados são os valores médios de coloração da cerveja medidos em SRM para cada 15 levas produzidas.

O gráfico de controle para a coloração média da cerveja, em valores SRM é apresentado na Figura 3.

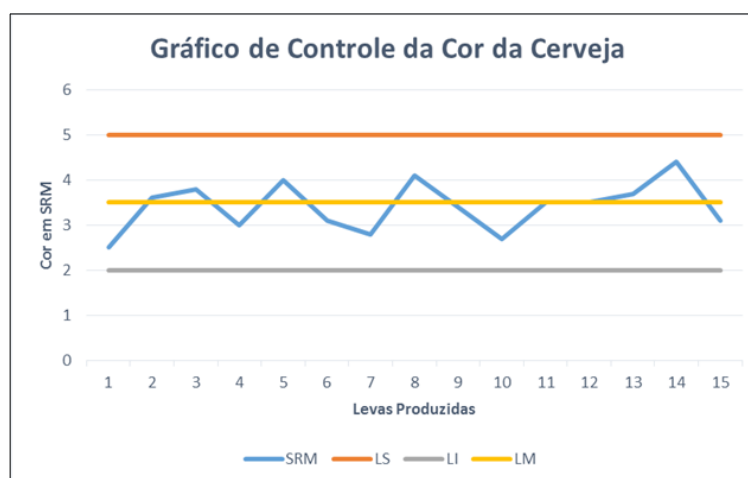


Figura 3 Gráfico de Controle da coloração da cerveja Pilsen
Fonte: Autores (2020).

Através do gráfico de controle da Figura 3 observa-se que o processo está em controle estatístico, sem a presença de causas especiais de variabilidade para a variável estudada.

Ainda na fase P do PDCA, foi utilizada folha de verificação, apresentada na Tabela 1. A folha de verificação foi utilizada para coletar os dados referentes as produções das 15 levas coletadas, com o intuito de analisar a influência do fornecedor ou da quantidade de malte na coloração da cerveja. O valor alvo para a variável coloração da cerveja é de 3,5 SRM.

Tabela 1. Folha de Verificação de coloração

Folha de Verificação			
Leva	Fornecedor	Quantidade de malte em Kg	Cor obtida em SRM
1	A	25	2,5
2	A	45	3,6
3	B	40	3,8
4	C	25	3,0
5	B	45	4,0
6	B	30	3,1
7	A	30	2,8
8	C	40	4,1
9	C	30	3,4
10	B	25	2,7
11	A	40	3,5
12	B	35	3,5
13	C	35	3,7
14	C	45	4,4
15	A	35	3,1

Fonte: Autores, 2020.

Com os dados coletados foi utilizada então a Estratificação na fase P para a etapa análise do processo. A Figura 4 apresenta o gráfico com os valores estratificados da variável coloração da cerveja por fornecedor e quantidade de malte.

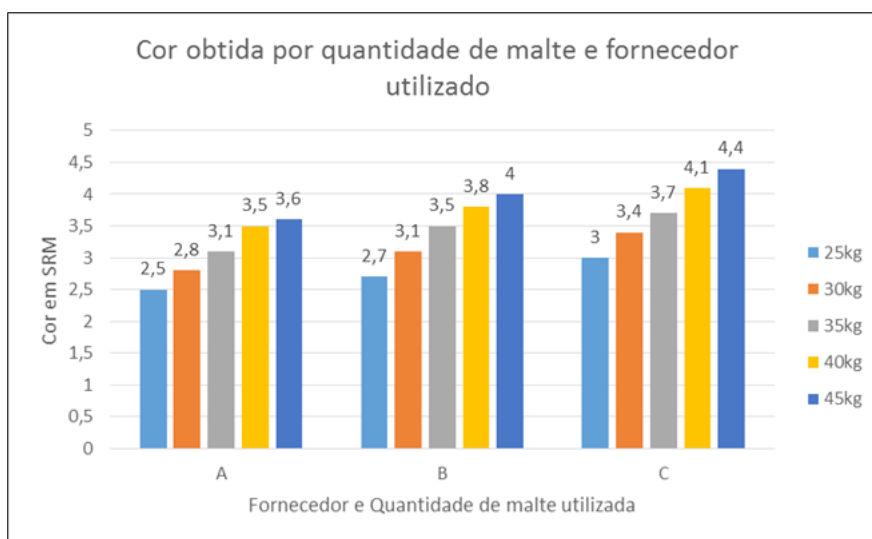


Figura 4 Gráfico da coloração da cerveja Pilsen
Fonte: Autores, 2020.

O Quadro 1 apresenta o plano de ação elaborado com relação ao fornecedor e quantidade de malte para a variável coloração da cerveja.

QUADRO 1. Plano de Ação para coloração da cerveja

Principais Causas	Ação recomendada	Resp.	Prazo	Situação
Fornecedor	Comprar com o fornecedor B	Operador	Prox. Lote	Contínua
Quantidade de Malte	Utilizar a quantidade de 35kg de malte	Operador	Prox. Lote	Contínua

Fonte: Autores, 2020.

Seguindo o estudo na fase D do Ciclo PDCA, foi utilizada novamente a folha de verificação conforme a apresentado na Tabela 2. A Tabela 2 apresenta a cor medida em SRM para quatro novas levas de cerveja Pilsen, levas 16, 17, 18 e 19, produzidas após a implementação do plano de ação do Quadro 1.

Tabela 2. Folha de Verificação de coloração para novas levas

Folha de Verificação			
Leva	Fornecedor	Quantidade de malte em Kg	Cor obtida em SRM
16	B	35	3,5
17	B	35	3,5
18	B	35	3,5
19	B	35	3,5

Fonte: Autores, 2020.

A fase C do Ciclo PDCA consiste em verificar se as medidas tomadas estão sendo efetivas. A verificação pode ser efetuada através da comparação entre os dados coletados antes e após a implementação das

ações listadas no plano de ação Quadro 1.

A Figura 5 apresenta o gráfico histograma para coloração média da cerveja em SRM para as 15 primeiras levas produzidas antes da aplicação do plano de ação do Quadro 1 e também para as 4 novas levas produzidas após a aplicação do plano de ação.

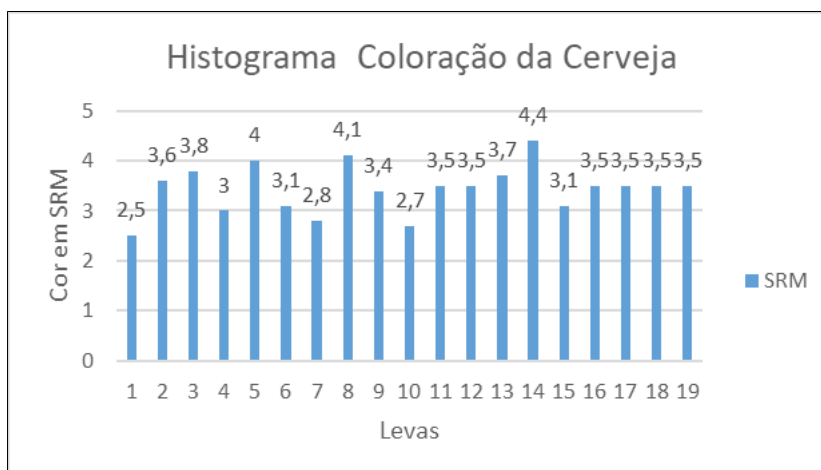


Figura 5 Gráfico da coloração da cerveja Pilsen. Fonte: Autores, 2020.

Através da análise do gráfico na figura 5 observa-se que os valores médios de coloração da cerveja para as levas 16, 17, 18 e 19 se mantiveram em 3,5 SRM atingindo a meta estabelecida no estudo.

Para a fase A do Ciclo PDCA é a etapa de padronização, que consiste na eliminação definitiva das causas influentes detectadas no problema. A Tabela 3 apresenta a folha de verificação elaborada para as medidas de coloração média em função dos operadores.

Tabela 3. Folha de Verificação de coloração por operador

Folha de Verificação			
Operador	Fornecedor	Quantidade de malte em Kg	Cor obtida em SRM
A	B	35	3,5
A	B	35	3,5
B	B	35	3,5
A	B	35	3,5

Fonte: Autores, 2020.

A fase A do PDCA foi concluída com a elaboração de um Diagrama de Árvore apresentado na Figura 6. O diagrama de árvore estabelece a padronização do fornecedor, da quantidade de malte a ser utilizada o processo de produção da cerveja Pilsen e o valor alvo da coloração média em SEM.

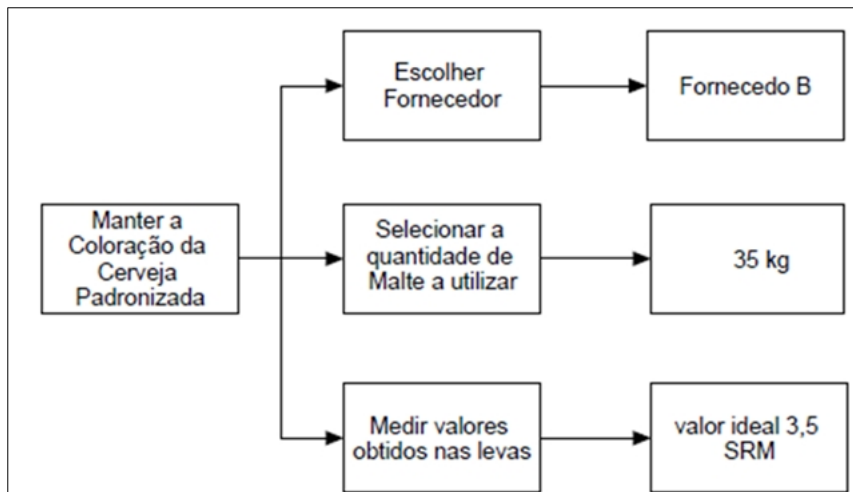


Figura 6 Diagrama de Árvore para coloração da cerveja fase A do ciclo PDCA
Fonte: Autores, 2020.

O segundo estudo foi feito sobre a variação no amargor da cerveja Pilsen produzida. Inicialmente foi utilizado o gráfico de controle de médias na fase P do Ciclo PDCA que é a etapa identificação do problema. O gráfico de controle permite a visualização do nível de variabilidade do processo provocada pelas causas comuns de variação. Os valores utilizados são os valores médios de amargor da cerveja Pilsen medidos em IBU para cada 15 levas produzidas.

O gráfico de controle para os valores médios de amargor da cerveja Pilsen, medidos em IBU é apresentado na Figura 7.

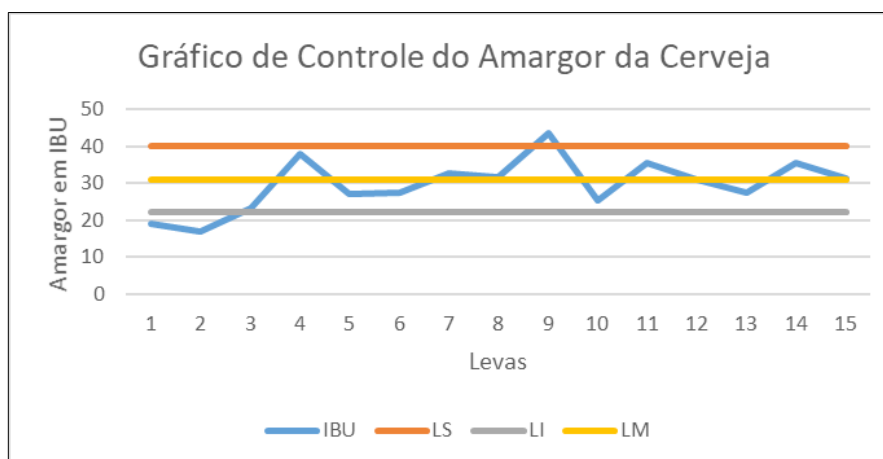


Figura 7 Gráfico de Controle do amargor da cerveja Pilsen
Fonte: Autores (2020).

Através do gráfico de controle da Figura 7 observa-se que o processo não está em controle estatístico, com a presença de pontos fora dos limites de controle, causas especiais de variabilidade, para a variável

estudada nas levas 1, 2 e 9.

As causas especiais de variabilidade da variável amargor da cerveja Pilsen nas levas 1, 2, e 9 devem ser identificadas e eliminadas do processo. Assim, ainda na fase P do PDCA, foi utilizada folha de verificação, apresentada na Tabela 4. A folha de verificação foi utilizada para coletar os dados referentes as produções das 15 levas coletadas, com o intuito de analisar a influência do teor de ácidos alfa e da quantidade de lúpulo no amargor da cerveja. O valor alvo para a variável amargor da cerveja Pilsen é de 31 IBUs.

Tabela 4. Folha de Verificação de amargor

Folha de Verificação			
Leva	Teor de Ácidos Alfa	Quantidade de lúpulo em gramas	Amargor obtido em IBU
1	3,70	300	19,0
2	2,74	350	17,0
3	2,74	500	23,3
4	3,70	650	38,1
5	3,70	450	27,2
6	2,74	600	27,4
7	3,70	550	32,7
8	2,74	700	31,5
9	3,70	750	43,6
10	2,74	550	25,4
11	3,70	600	35,4
12	3,70	520	31,0
13	2,74	600	27,4
14	3,70	600	35,4
15	3,70	525	31,3

Fonte: Autores, 2020.

Através da análise da Tabela 4 foi possível verificar que a quantidade de lúpulo utilizada e o teor de ácido alfa presente no lúpulo são características que influenciam na variabilidade do amargor da cerveja. Igualmente, foi possível verificar que na produção da leva 12 foi obtido o valor ideal de amargor para o estilo Pilsen, 31 IBUs.

A Figura 8 apresenta o diagrama de causa e efeito elaborado ainda na fase P do ciclo PDCA, para a análise das causas e efeitos da variabilidade no amargor da cerveja Pilsen.



Figura 8 Gráfico Diagrama de Causa e Efeito do amargor da cerveja fase P do ciclo PDCA
Fonte: Autores (2020).

A partir da análise do diagrama de causa e efeito elaborado foi proposto um plano de ação para eliminar as causas de variabilidade da variável amargor da cerveja Pilsen. O plano de ação é apresentado no Quadro 2.

QUADRO 2. Plano de Ação para amargor da cerveja

Principais Causas	Ação Recomendada	Responsável	Prazo	Situação
Quantidade de Lúpulo utilizada	Pesar corretamente a Quantidade de lúpulo utilizada com base no teor de ácido alfa do Lúpulo	Operador	Prox. Leva	Contínua
Desatenção do Operador	Criar folha de verificação com dados a serem preenchidos em todas as Levas e assinado pelo responsável	Operador	Prox. Leva	Contínua
Teor de ácido Alfa	Comprar sempre que possível o Lúpulo com teor de ácido Alfa próximo ou igual a 3,7%	Operador	Prox. Leva	Contínua

Fonte: Autores, 2020.

Após a aplicação do plano de ação proposto no Quadro 2 foi realizada a fase D do Ciclo PDCA, a etapa de execução. A Tabela 5 apresenta a folha de verificação elaborada para acompanhar a atuação do processo de acordo com a aplicação do plano de ação.

Tabela 5. Folha de Verificação de amargor para novas levas

Folha de Verificação			
Leva	Teor de Ácidos Alfa	Quantidade de lúpulo em gramas	Amargor obtido em IBU
16	3,70	520	31,0
17	3,70	520	31,0
18	3,70	520	31,0
19	3,70	530	31,0

Fonte: Autores, 2020.

A fase C do Ciclo PDCA consiste em verificar se as medidas tomadas estão sendo efetivas. A verificação pode ser efetuada através da comparação entre os dados coletados antes e após a implementação das ações do plano de ação.

A Figura 9 apresenta o gráfico histograma para amargor médio da cerveja em IBU para as 15 primeiras levas produzidas antes da aplicação do plano de ação e também para as 4 novas levas produzidas após a aplicação do plano de ação.

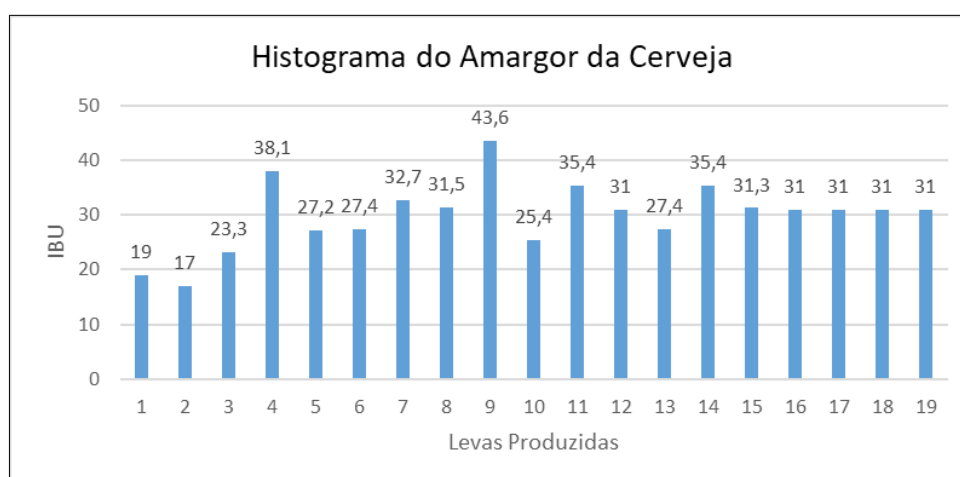


Figura 9 Gráfico do amargor da cerveja Pilsen
Fonte: Autores, 2020.

Através da análise do histograma na Figura 9 observa-se que os valores médios de amargor da cerveja para as levas 16, 17, 18 e 19 se mantiveram em 31 IBUs atingindo a meta estabelecida no estudo.

Foi elaborada uma folha de verificação para a fase A do Ciclo PDCA, etapa de padronização, que consiste na eliminação definitiva das causas influentes detectadas no problema. A Tabela 6 apresenta a folha de verificação elaborada para as medidas de amargor média em função dos operadores.

Tabela 6. Folha de Verificação de amargor por operador

Folha de Verificação			
Operador	Teor de Ácidos Alfa	Quantidade de lúpulo em gramas	Amargor obtido em IBU
A	3,70	520	31,0
A	3,70	520	31,0
B	3,70	520	31,0
A	3,70	530	31,0

Fonte: Autores, 2020.

A fase A do PDCA foi concluída com a elaboração de um fluxograma

de processo apresentado na Figura 10. O fluxograma estabelece a sequência de passos necessários para a realização de forma padronizada o processo de verificação da variável amargor nas levas de cerveja Pilsen produzidas.

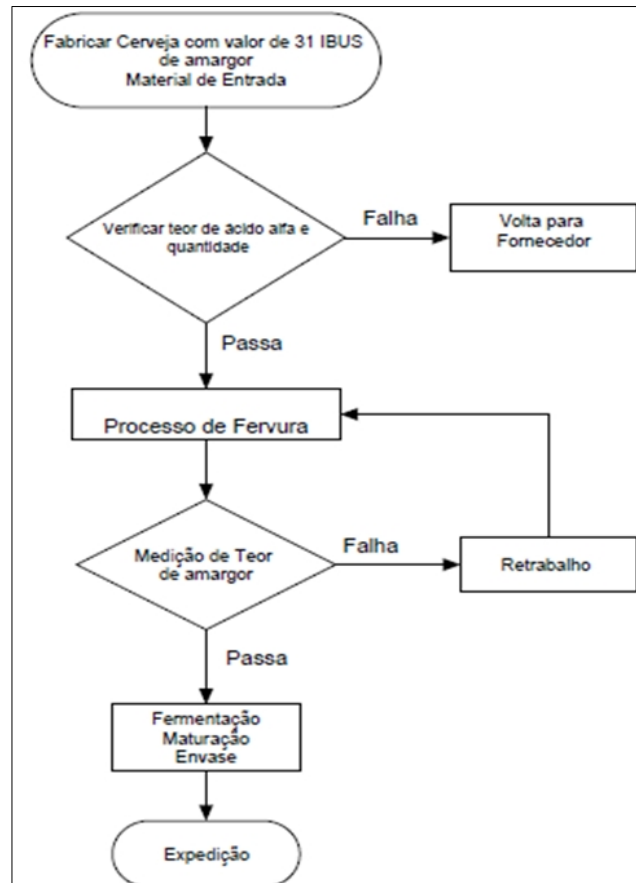


Figura 10 Fluxograma fase A do PDCA para variável amargor da cerveja Pilsen
Fonte: Autores, 2020.

5. DISCUSSÕES

O estudo de caso apresentado consistiu na aplicação do Ciclo PDCA em conjunto com as ferramentas da Qualidade e Planejamento para as duas variáveis indicadores de qualidade no processo produtivo em estudo: coloração e amargor da cerveja Pilsen. Os resultados obtidos para as variáveis de estudo coloração e amargor demonstram que as metas de processo estabelecidas para ambas variáveis foram atingidas.

Ressalta-se ainda que em relação a variável coloração da cerveja Pilsen houve uma redução de custos, através da escolha do fornecedor B como pode ser observado na Tabela 5. A Tabela 7 apresenta uma comparação dos fornecedores A e B, quantidade de malte utilizada e

preço de malte por quilograma nos meses de janeiro dos anos de 2019 e 2020. Após a aplicação do plano de ação que padronizou o fornecedor e a quantidade malte utilizada no processo, a redução do custo com compra de insumos foi de 26,3%.

Tabela 7. Quantidade de malte utilizada e preço por fornecedor

Forneced or	Preço R\$/Kg	Quantidade de malte em Kg	Total em R\$
A	7,6	30	228,0
B	4,8	35	168,0

Fonte: Autores, 2020.

6. CONCLUSÕES

O trabalho deste artigo inseriu-se na área de Qualidade de Processos de Fabricação, com a realização de um estudo de caso em uma micro cervejaria artesanal localizada no município de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul. O objeto do estudo de caso foi a cerveja tipo Pilsen, devido a ser o tipo de cerveja de maior produção na cervejaria artesanal em estudo. Foram definidas duas variáveis de processo importantes na produção da cerveja Pilsen: coloração e amargor da cerveja. Os dados, referentes as duas variáveis estudadas, foram coletados e tratados com uso de ferramentas e qualidade em cada uma das quatro etapas do Ciclo PDCA. Planos de ação foram propostos e realizados para solucionar os problemas de variabilidade das variáveis estudadas.

Foram apresentados os principais resultados das análises realizadas para ambas as variáveis estudadas no estudo de caso. Os resultados obtidos para as variáveis coloração e amargor da cerveja Pilsen demonstram que as metas de processo estabelecidas para ambas variáveis foram atingidas. Ressalta-se ainda que para a após a aplicação do plano de ação que padronizou o fornecedor e a quantidade malte utilizada no processo de fabricação da cerveja Pilsen, a redução do custo com compra de insumos foi de 26%.

Foi sugerido a empresa, como trabalho futuro, a realização de um estudo de capacidade de processo para ambas as variáveis coloração e amargor da cerveja Pilsen. Além disso, foi sugerido a elaboração de um plano de monitoramento de desempenho mensal para ambas as variáveis estudadas nas etapas do processo produtivo. A técnica estatística sugerida foi o Controle Estatístico de Processos através do uso de ferramentas como elaboração de índices de capacidade e cartas de controle a fim de monitorar ambas as variáveis nos processos.

Finalmente, este trabalho apresentou aplicações de ferramentas da qualidade conhecidas e consolidadas do ponto de vista teórico, podendo parecer, por isso, de contribuição reduzida para construção de novas abordagens teóricas. Entretanto, é importante ressaltar que a pesquisa contribui para demonstrar a importância da correta aplicação da abordagem sistemática do Ciclo PDCA com uso de ferramentas da qualidade na melhoria dos processos produtivos e solução de problemas. Assim, conclui-se que o estudo de caso exploratório realizado apresenta uma contribuição significativa como exemplo real e aplicado do uso da abordagem sistemática do Ciclo PDCA na prática gerencial.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, J. S. Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total: no estilo japonês**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

FALCONI, V. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 9. ed. São Paulo: Falconi, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.

LINS, B F. E. **Ferramentas básicas de qualidade**. 1993. Disponível em: <<http://www.belins.eng.br/ac01/papers/ferrbas03.pdf>>. Acessado em Maio de 2018

LOUZADA, F. *et al.*, **Controle estatístico de processos: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

PALADINI, E. P. **Qualidade Total na Prática - Implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total**. 2 ed. São Paulo: Atlas S.A, 1997.

PERIARD, G. **O Ciclo PDCA e a melhoria contínua.** sobreadministracao.com. 1 de Junho de 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoria-continua/>> Acessado em Outubro de 2018.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007.

PIRES, V.T. **Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz** – Dissertação de mestrado profissionalizante. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T. **Controle estatístico do processo. Série monográfica.** Porto Alegre: UFRGS, 2012.

SHEWHART, W. **Economic control of quality of manufactured product.** New York: D. Van Nostrand Company, 1931.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 8 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2018.

SASHKIN, Marshal e KISER, Kenneth J. **Gestão da Qualidade Total na Prática.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM - Quatro revoluções na gestão da qualidade.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SILVA, C. M. **Descritivo como calcular o álcool na cerveja.** Alquimiadacerveja.com.br. 2013. Disponível em: <https://www.alquimiadacerveja.com.br/apostilas/Descritivo_Como_Calcular_o_alcool_na_Cerveja.pdf> Acessado em Maio de 2016.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, UFMG, 2006.

WERKEMA, M. C. C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.