

# Diminuição do tempo de análise química de amostras em uma empresa siderúrgica utilizando grupo de melhoria contínua

## *Reduction of samples chemical analysis time at a steel company using a continuous improvement team*

Rodrigo Reis Leite<sup>1</sup> - Universidade Federal de Itajubá - Instituto de Engenharia de Produção e Gestão  
Kleyton Silva Teixeira<sup>2</sup> - Universidade Federal de São João del-Rei - Departamento de Engenharia Mecânica  
Wilson Trigueiro de Souza Júnior<sup>3</sup> - Universidade Federal de São João del-Rei - Departamento de Engenharia Mecânica  
Juliana Cássia de Souza Caliarí<sup>4</sup> - Universidade Federal de São João del-Rei - Departamento de Engenharia Mecânica  
Anderson Paulo de Paiva<sup>5</sup> - Universidade Federal de Itajubá - Instituto de Engenharia de Produção e Gestão

**RESUMO** No atual cenário competitivo, organizações têm recorrido às técnicas capazes de aumentar suas capacidades produtivas e manter o nível de competitividade que garanta suas sobrevivências. Uma dessas técnicas é conhecida como melhoria contínua. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo descrever como um grupo de melhoria contínua (círculo de controle da qualidade), um dos pilares do sistema integrado de gestão de uma empresa siderúrgica, pode reduzir o tempo para realizar análises químicas de amostras pelo laboratório químico na qual o projeto foi realizado. Através de ações de melhoria para mitigar as causas priorizadas pelo grupo de melhoria contínua, constatou-se a redução de 27%, entre 2014 e 2015, da quantidade de análises de amostras não atendidas dentro do tempo máximo aceitável de 4,5 minutos. No período em que todas as ações de melhoria para as causas priorizadas já tinham sido implantadas, houve redução do tempo de análises para 4,26 minutos, abaixo da meta de 4,5 minutos. As melhores práticas foram padronizadas através da revisão de padrão técnico visando manter o tempo de atendimento de análises abaixo da meta (4,5 minutos) nos anos posteriores. Segundo cálculos realizados por engenheiros, a empresa deixou de perder o valor anual de R\$ 2,2 M com a conclusão do projeto.

**Palavras-chave:** Sistema integrado de gestão. Círculo de controle da qualidade. Grupo de melhoria contínua. Tempo de análise.

**ABSTRACT** *In the current competitive scenario, organizations have been using techniques capable of increasing their production capacities and maintaining a level of competitiveness that ensures their survival. One such technique is known as continuous improvement. Following this line of reasoning, the current study aims to describe how a continuous improvement team (quality control circle), one of the pillars of the integrated management system of a steel company, can reduce the time performing chemical analyses by the chemical laboratory in which the project was carried out. Through improvement actions to mitigate the causes prioritized by the continuous improvement team, a reduction of 27% between 2014 and 2015 was obtained in the number of samples' analysis that were not within the maximum acceptable time of 4.5 minutes. In the period that all the improvement actions for the prioritized causes had already been implemented, there was a reduction of the analyses time of 4.26 minutes, below the target of 4.5 minutes. The best practices were standardized by reviewing the technical procedure in order to keep the time to perform analyses under the target (4.5 minutes) over the next years. According to the calculations made by the engineers, the company prevented the loss of an annual value of R\$ 2.2 M with the conclusion of the project.*

**Keywords:** *Integrated management system. Quality control circle. Continuous improvement team. Time of analysis.*

1. Avenida BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá, CEP 37500-903, rodrigo\_rl12@hotmail.com; 2. kleyton.engprod@gmail.com;  
3. wilson.trigueiro@ufsj.edu.br; 4. julianacassiacaliari@gmail.com; 5. andersonpaiva@unifei.edu.br

LEITE, R. R.; TEIXEIRA, K. S.; JÚNIOR, W. T. S.; CALIARI, J. C. S.; PAIVA, A. P. Diminuição do tempo de análise química de amostras em uma empresa siderúrgica utilizando grupo de melhoria contínua. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 14, nº 4, out-dez/2018, p. 168-193.

DOI: 10.15675/gepros.v13i4.1996

## 1. INTRODUÇÃO

Organizações estão em uma busca constante de melhoria para se manterem competitivas no mercado, tentando alcançar e manter a qualidade a um custo baixo, reduzir desperdícios, acelerar a produção e balancear as linhas produtivas. Assim, a competição globalizada entre as organizações faz com que a melhoria contínua se torne o centro de discussões nas mesmas (SINGH; SINGH, 2015).

Uma das ferramentas utilizadas recentemente para a melhoria contínua de processos na indústria é conhecida por Círculos de Controle da Qualidade (CCQ). As atividades dos círculos de controle da qualidade são realizadas por colaboradores com princípios de alta inspiração e cooperação, objetivando melhorar continuamente processos que não atendem padrões de qualidade (HU, 2011). Dessa maneira, visando um melhor posicionamento frente a seus concorrentes, diversos gestores têm utilizado em suas empresas a ferramenta CCQ para atingirem melhores *outputs* de processos através da implantação de projetos de melhoria contínua.

A competitividade entre empresas pode ser analisada atualmente como uma grande precursora de projetos de melhoria contínua. Nessa linha de pensamento, manter-se competitiva no mercado globalizado é uma das principais chaves para a garantia da sobrevivência de empresas.

Segundo Tanaka et al. (2012), muitas empresas não atingem bons resultados com a implantação de projetos de melhoria contínua devido a diversos fatores tais como: “[...] gestão inapropriada, definição incorreta do objetivo, falta de comprometimento da equipe, entre outros”.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo descrever como um Grupo de Melhoria Contínua (GMC) (ou círculo de controle da qualidade) de uma empresa siderúrgica, utilizando a metodologia DMAICS e outras técnicas de melhoria contínua, pode reduzir o tempo de análises químicas de amostras realizadas pelo laboratório químico na qual o projeto foi realizado. Assim, será apresentado, através dos resultados obtidos pelo projeto desenvolvido por um GMC, o impacto que o Pilar Grupos de Melhoria Contínua (GMCs) do sistema integrado de gestão (SIG) da empresa estudada tem na produtividade do laboratório químico da mesma. É importante salientar que o sistema integrado de

gestão da empresa, nomeada aqui SSP, engloba os sistemas de gestão da qualidade, do meio ambiente e de segurança e saúde ocupacional.

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira: primeiramente, são apresentados, na seção 2, referenciais teóricos sobre melhoria contínua, metodologia DMAICS e círculos de controle da qualidade. Em seguida, na seção 3, são apresentados os procedimentos metodológicos e características da empresa estudada com foco principal em seu sistema integrado de gestão visto que um de seus pilares são os GMCs. Na seção 4, são apresentados os resultados e discussões. Por fim, na seção 5, são apresentadas as conclusões do presente estudo.

Este trabalho é recomendado como objeto de estudo às comunidades acadêmica e industrial que têm como objetivo entender e transferir para a prática a aplicação de conceitos teóricos de sistema integrado de gestão, principalmente de grupos de melhoria contínua (círculos de controle da qualidade) e consequentemente melhoria contínua de processos industriais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Melhoria contínua

Para Hoem e Lodgaard (2016), melhoria contínua é um processo sistemático, que abrange a empresa em sua totalidade, desde os recursos físicos, os materiais e seres humanos, com a finalidade de replanejar suas metas e atingir seus objetivos em todos os momentos.

Martin e Osterling (2007) e Filho e Utiyama (2016) abordam o conceito de metodologia contínua como um fator contribuinte para que qualquer empresa solucione problemas alcançando flexibilidade e segurança que sirvam de base para um desenvolvimento crescente.

Segundo Schroeder e Robinson (1991, apud BHUIYAN; BAGHEL, 2005), as origens dos programas de melhoria contínua remontam aos anos de 1800 onde gestores de organizações incentivavam aperfeiçoamentos conduzidos pelos próprios funcionários, e também esquemas de recompensas aos funcionários eram configurados visando resultados benéficos às organizações. De acordo com Vivone e Junior (2017), “A filosofia de melhoria contínua ganhou

notoriedade com a divulgação dos estudos sobre práticas que explicaram a distinta e elevada competitividade das empresas japonesas na década de 1980”.

De acordo com Bhuiyan e Baghel (2005), os esforços para se desenvolver programas de melhoria contínua se concentravam em iniciativas de melhoria do trabalho; atualmente, os programas de melhoria contínua são relacionados com “[...] metodologias organizadas e abrangentes” tal como o movimento *total quality management* (TQM), o qual teve como grande disseminador Edward Deming, levando o movimento a atingir extraordinárias proporções no Japão.

A melhoria contínua, segundo Martin e Osterling (2007), pode ser implantada através de um líder, que escolhe alguma metodologia de melhoria contínua como: *Six Sigma*, *Lean Manufacturing*, *Lean Six Sigma*, *Balanced Scorecard*, *World Class Manufacturing* etc. Esse líder é responsável por desenvolver, implantar e colocar em prática um plano estratégico no cotidiano da organização para que problemas sejam solucionados.

## 2.2. DMAICS

DMAIC é uma metodologia, pertencente a algum programa de qualidade como o Seis Sigma, aplicada por organizações para solução de problemas e desenvolvimento de projetos de melhoria com base em informações, fatos e dados, tornando assim, processos mais eficientes pela eliminação de erros (HOLANDA et al., 2013; KAROUT; AWASTHI, 2017).

Segundo Gupta (2004), o DMAIC tem o objetivo de listar os recursos e informações para definir a melhoria, controlar o processo com modelos numéricos para quantificar o problema, levantar as causas raízes dos problemas, aplicar e monitorar técnicas de melhorias adequadas as necessidades do processo.

A aplicação da ferramenta é garantida por 5 etapas (KAROUT; AWASTHI, 2017; SHANKAR, 2009):

- *Define* (definir): primeiramente, deve-se identificar o problema, listando todos os pontos relativos a operação para facilitar a análise do problema e identificar partes que necessitem de melhorias, traçando cronograma para que as metas sejam cumpridas. Essa fase termina com o total entendimento do escopo do problema;

- *Measure* (medir): coletar dados e quantificar o problema, identificando em números o impacto que o processo interno pode causar, para entender qual os aspectos são relevantes na relação entre processo e seus clientes;
- *Analyze* (analisar): determinar as causas raízes do problema, através de análises quantitativas e qualitativas dos erros, variações e defeitos;
- *Improve* (melhorar): definir e implementar soluções para corrigir as causas que originam o problema identificado na primeira fase;
- *Control* (controlar): avaliar se as melhorias estão ocorrendo como previstas, mostrando às partes interessadas, e garantindo essas melhorias a longo prazo.

Vale ressaltar que a empresa SSP adicionou a fase padronizar (S), diferenciando do DMAIC tradicional, formando assim o DMAICS:

- *Standardize* (padronizar): prevenir contra o reaparecimento do problema através da padronização das melhores práticas que levaram à solução do problema.

O método DMAIC tem sido constantemente utilizado na indústria manufatureira em áreas como as de processamento de metais, manufatura de luvas, fabricação de automóveis, laminação, entre outras (JADHAV et al., 2015). Entretanto, segundo Jadhav et al. (2015), não existem trabalhos suficientes realizados na indústria siderúrgica utilizando Seis Sigma, e assim a metodologia DMAIC. Dessa maneira, os autores ressaltam a importância das ferramentas de qualidade utilizadas no DMAIC para a redução de defeitos na indústria siderúrgica, o que é evidenciado neste presente trabalho.

### 2.3. Círculos de Controle da Qualidade

A melhoria contínua pode ser planejada e gerenciada através de várias maneiras tal como círculos de controle da qualidade (CCQ). Os círculos de controle de qualidade foram criados no Japão nos anos 60 por Kaoru Ishikawa. De acordo com Ishikawa (1985), CCQ é um grupo de trabalhadores que se reúnem periodicamente e praticam atividades de controle da qualidade dentro de uma mesma área de trabalho com o intuito de solucionar problemas. Atualmente,

os círculos de controle da qualidade são também conhecidos como equipes de controle da qualidade, equipes de melhoria de processos, grupos de melhoria contínua, entre outros.

De acordo com Ishikawa (1976, apud SALAHELDIN; ZAIN, 2007), o grupo de trabalhadores participantes de um CCQ são treinados para identificar, avaliar e solucionar problemas, além de receberem treinamento a respeito de várias técnicas de melhoria contínua tal como as sete ferramentas da qualidade que são: “[...] fluxograma de processo, histograma, folha de verificação, análise de Pareto, diagrama de causa e efeito e gráficos de controle”.

Diversos aspectos são esperados pelas organizações que possuem CCQ, tais como: contribuição para o progresso do negócio; criação de um ambiente seguro e feliz que proporcione maior desempenho dos trabalhadores; exercício pleno do potencial humano e desenvolvimento dos trabalhadores (ISHIKAWA, 1985).

As organizações que utilizam CCQ como meio para se ter melhoria contínua obtém várias vantagens tais como: desenvolvimento das habilidades e conhecimento de empregados; solução de problemas de qualidade, eficiência, produtividade, custos, comunicação e competição; empregados trabalham com um objetivo em comum; melhor comunicação entre gerentes e *staff*; melhora do nível de satisfação de trabalho (PLCZAK, 1988 apud SALAHELDIN; ZAIN, 2007).

Alguns dos estudos que contribuem para a disseminação dos CCQ se encontram nos parágrafos seguintes.

Chen et al. (2016) utilizaram um programa CCQ para alcance de taxas desejáveis relativas a higiene das mãos de funcionários de um hospital na China. Os autores concluíram que o programa foi de suma importância para a melhoria significativa da higienização das mãos de funcionários do hospital. A taxa de conformidade de higienização das mãos no início do programa era de 60,1% e no final do programa essa taxa era de 97,5% para os três últimos meses avaliados.

Garlet et al. (2014) apresentam como contribuição a comparação entre “CCQ clássico” (identificado na revisão da literatura) e o “CCQ avançado” utilizado pela empresa de agronegócios considerada.

Moinhos e Mattioda (2011) mostraram através de estudos a colaboração do CCQ para a melhoria de indicadores financeiros e de qualidade na linha de embreagem magnética em empresa do setor automobilístico.



Salaheldin (2009) estudou os benefícios e dificuldades encontradas pela *Qatar Steel Company* em utilizar CCQ; dentre os benefícios encontrados, destacam-se: melhora da qualidade e do estilo de gestão, aumento da produtividade e criação de um ambiente cooperativo; a maior dificuldade pode ser sintetizada pela falta de suporte da alta direção.

Melo e Vasconcelos (2007) abordam CCQ como um programa que leva ao aprendizado organizacional e disseminação de conhecimento, e apontam fatores que levam ao sucesso do CCQ em uma siderúrgica, tais como: boa liderança, aprendizagem coletiva, persistência em atingir propósitos, ter flexibilidade no ambiente organizacional, compromisso com diretrizes da empresa e autonomia, e reconhecimento pela alta direção.

Pode-se notar que a aplicação de CCQ está presente em diversos tipos de organizações e que os resultados alcançados são de grande expressão. Observa-se que a aplicação de CCQ para melhoria de processos demanda algumas características em comum que são fatores de sucesso para melhoria de processos tais como: treinamento em técnicas de melhoria contínua; comprometimento da alta direção; presença de líderes influenciadores; equipe comprometida em atingir objetivos. Dessa maneira, o presente trabalho pode ser inserido nesse contexto visto que o mesmo tem como objetivo mostrar a melhoria alcançada por um CCQ de uma característica de qualidade para uma empresa siderúrgica.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. Objeto de estudo

O presente estudo foi uma pesquisa-ação aplicada em projeto de GMC que verificou a produtividade do laboratório químico conforme o tempo de análise de amostras.

A empresa, que teve o seu pilar GMC, um dos pilares de seu SIG, como foco de estudo, é nomeada aqui como SSP e é uma empresa siderúrgica brasileira. O pilar GMC foi escolhido como objeto de estudo, pois o mesmo tem grande impacto na empresa SSP, sobretudo em sua produtividade e na maneira como as melhorias em processos são atingidas.

A empresa SSP é classificada como de grande porte. No final de 2014, ela tinha aproximadamente 2400 empregados com Receita Líquida de Vendas (RLV) próxima de R\$ 1,8 bilhões. No final de 2015 tinha aproximadamente 2100 empregadas com RLV próxima de R\$ 1,1 bilhão. Seu Sistema Integrado de Gestão (SIG) está implantado na empresa desde 2011.

### 3.1.1. SIG

O SIG da empresa SSP estabelece guias corporativos e gerencia de uma maneira integrada: o sistema de gestão da qualidade, o meio ambiente e saúde e segurança ocupacional, baseado nos padrões de referências e guias corporativos. Tal integração é feita alinhando a política da qualidade, legislação aplicável, objetivos, metas e opiniões das partes interessadas. Os padrões de referência seguidos pela empresa são:

- Qualidade: ISO 9001, API-Q1, ISO/IEC 17025;
- Meio ambiente: ISO 14001; e
- Segurança e saúde ocupacional: OHSAS 18001.

O SIG da empresa em estudo está estruturado em três pilares:

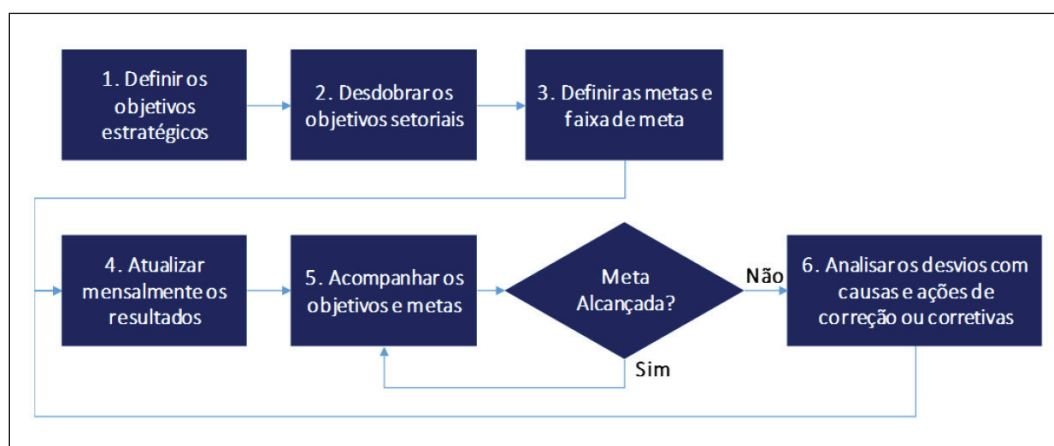
- Plano de Ação;
- Comitês de pilotagem; e
- GMC.

### 3.1.2. Pilar 1 – Plano de ação

O primeiro pilar do SIG da empresa SSP corresponde ao plano de gerenciamento da mesma utilizada pelos gestores para monitorar e avaliar o desempenho de seus processos. Tal monitoramento é feito através da gestão de indicadores conforme Figura 1.



Figura 1 - Gestão de indicadores da empresa SSP.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Na primeira etapa da avaliação e monitoramento de processos, os objetivos estratégicos são especificados a partir: dos processos chaves, das diretrizes estabelecidas na política do SIG e pela controladoria central da empresa. Em seguida tais objetivos são desdobrados por *business focus* tais como: custos, investimentos, qualidade, segurança, entre outros. Na terceira etapa, as metas e faixas de meta são definidas para os níveis intermediários e operacionais, sendo que cada nível deve desenvolver e implementar ações para atingir as metas estabelecidas, de forma que os objetivos e metas globais sejam alcançados.

Os resultados obtidos são registrados mensalmente pelas controladorias das áreas. Na quinta etapa, é feito o acompanhamento dos objetivos e metas que deve ser realizado via plano de ação ou comitê específico. Em seguida, caso as metas não sejam alcançadas, é realizada a análise das causas e são propostos planos de ações corretivas e ações de correção.

### 3.1.3. Pilar 2 – Comitês de pilotagem

Na empresa SSP, o pilar comitês de pilotagem são grupos formados por gerentes, *controllers*, coordenador de GMC da área e superintendente que tem por finalidade garantir que os GMCs trabalhem conforme os requisitos estabelecidos, mantendo-os direcionados ao foco e auxiliando-os no atendimento

dos critérios de avaliação. Além disso, os comitês possuem a função de analisar criticamente o SIG da empresa SSP. Tal análise é feita nas reuniões de análise crítica da alta direção de forma a permitir a tomada de decisões levando-se em consideração a prioridade da necessidade de ações.

O resultado da análise dos dados tem como foco principal ações que corrijam os desvios apresentados e que resultem na melhoria contínua e eficácia do sistema de gestão. Na análise destes dados, as áreas usam técnicas como gráfico de Pareto, análise de causa e efeito, análise de tendência e outros que permitam a análise adequada das informações para a tomada de decisões e ações corretivas.

### 3.1.4. Pilar 3 - GMCs

Na empresa SSP, os GMCs são equipes multidisciplinares que desenvolvem trabalhos relacionados à qualidade, segurança e produtividade com foco específico, objetivo e metas bem delineados, consolidando ações com a finalidade de alcançá-las a partir das ferramentas de análise e solução de problemas dentro da metodologia DMAICS.

Os comitês de pilotagem são as principais fontes que identificam oportunidades para abertura de um GMC pela necessidade eminente da tratativa de um problema ou oportunidade de melhoria. Além disso, um GMC pode também nascer da iniciativa dos próprios empregados quando observada a oportunidade de melhoria.

Os GMCs necessitam estar vinculados a algum indicador contido no plano de ação da superintendência e são relacionados em três famílias e em dez temas fundamentais:

- Redução de custos: produtividade, gastos, manutenção e compras;
- Qualidade e serviço: qualidade (incluindo a produtividade), vendas e *marketing* e logística; e
- Segurança e meio ambiente: saúde e segurança, meio ambiente (incluindo energia) e 5S.

Na fase inicial de um projeto, o GMC define claramente o problema ou oportunidade de melhoria. Nessa fase é declarado o cenário inicial do tema a ser abordado, evidenciando qual é o foco do projeto, escopo, justificativa, indicador do plano de ação, descrição do indicador, modo de cálculo do indicador, base inicial, fonte de dados, meta, expectativa de ganhos financeiros e previsão de término do projeto. Além disso, é importante destacar que todos os integrantes de um GMC são treinados na metodologia de análise e solução de problemas DMAICS, nos procedimentos relacionados à melhoria proposta e nas ferramentas de qualidade como: gráfico de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito, 5 por quês, matriz esforço e impacto, GUT e plano de ação. Isso garante o alinhamento e conhecimento da metodologia empregada para todos os participantes dos GMCs.

Após a fase inicial, o GMC deve analisar o problema ou possível problema utilizando os fatos e dados coletados, de maneira a conseguir determinar a causa raiz e entender quais as possíveis causas que levam àquele efeito ou problema que é percebido. Assim, as causas raízes são investigadas de uma melhor maneira e as chances de se atingir o objetivo do trabalho tornam-se mais reais.

O plano de ação deve conter ação de correção, quando aplicável, e ação corretiva para eliminar a causa de uma não-conformidade, evitando que o problema recorra pela mesma causa. Além disso, o grupo deve monitorar em suas reuniões se as ações estão sendo implementadas ou não. Nessa etapa, é recomendado avaliar, antes de implantar as ações, as possíveis consequências que ela poderá trazer em relação ao custo, qualidade, segurança, meio ambiente, etc.

Em seguida é necessário que o GMC avalie a eficácia da ação sobre o problema tratado, ou seja, se houve impacto sobre o indicador definido ou se o problema não ocorreu pelas mesmas causas. Nesta fase ocorre a avaliação do alcance do objetivo do projeto a longo prazo. Nesse sentido, os resultados obtidos devem ser monitorados para se confirmar que a solução pode ser padronizada.

Na última etapa, as ações eficazes e com bons resultados devem ser padronizadas para perpetuar seus bons efeitos. Além disso, para padronizar as ações é necessário estabelecer um novo procedimento ou rever o antigo.

## 3.2. Procedimentos de coleta de dados

Para a determinação da base de dados, foi coletado o tempo médio em minutos de análise química de amostras referentes ao ano de 2014 no laboratório químico da empresa SSP. Os dados de análises química levados em consideração foram referentes à população inteira. Portanto, não foram retiradas amostras de modo aleatório e nenhum dado da população foi ignorado; assim, a representatividade dos dados foi garantida. A melhoria foi identificada, programada e implantada unicamente pelo GMC, pois durante esse período havia somente esse projeto de melhoria no laboratório químico da empresa.

A base de dados foi coletada utilizando o *software Sample Manager*, usado pelo laboratório químico da empresa, considerando somente valores que representavam a situação real do processo, com a análise e descarte dos *outliers* através da utilização do gráfico de *Box-Plot*.

## 3.3. Procedimentos de análise de dados

Os dados foram tratados da seguinte maneira:

- **Verificação do tempo de não atendimento:** A porcentagem de não atendimento do tempo de análise foi levantada para os clientes internos: FEA (Forno a arco-elétrico), FP (Forno Panela) e VD (degaseificador a vácuo);
- **Estratificação dos dados:** Em seguida, a porcentagem de não atendimento foi estratificada por cliente interno visando obter conhecimento sobre quais clientes eram mais impactados, e por produto para se saber qual produto tinha o tempo de análise maior. Além disso, foi realizada mais uma estratificação, por turno, para verificar quais turnos eram mais produtivos; e
- **Análise das causas e ações de melhoria:** A partir desse levantamento foi realizado um estudo das causas, por meio da utilização de ferramentas da qualidade, e assim direcionadas ações de melhoria para as principais causas do não atendimento da meta de análise de amostras.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de descrever os passos seguidos pelo GMC, pilar do SIG, para reduzir o tempo de atendimento das análises químicas de amostras realizadas pelo laboratório químico da empresa siderúrgica cujo pilar GMC foi estudado, será mostrado a seguir o projeto realizado por um GMC no ano de 2015 seguindo a metodologia DMAICS.

### 4.1. Definir – Define

A meta foi definida em reunião conduzida pelo grupo do projeto e com base no know-how de engenheiros, técnicos, gerentes e superintendentes. Nessa reunião participaram engenheiros da qualidade, técnicos industriais e supervisor do laboratório.

Nesta etapa, primeiramente, foram definidos os membros e o nome do grupo, sendo escolhidos cinco integrantes e “Taiwan & Cia.” como nome para o grupo. Suas atividades se iniciaram no dia 01 de janeiro de 2015 e foram finalizadas no dia 30 de novembro de 2015. É importante salientar que os dados coletados na fase “Medir” foram referentes às amostras analisadas no ano de 2014. Além disso, o grupo se enquadra no tema custo/produktividade.

A próxima etapa foi a elaboração da carta de abertura que contém as informações do projeto conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Informações do projeto.

Projeto	Redução do não atendimento ao tempo de análises químicas das amostras do FEA, FP e VD
Justificativa	A redução do tempo tende a aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos resultados
Indicador	Percentual de não atendimento ao tempo de análise
Descrição do indicador	Quantidade de amostras que não foram liberadas dentro do tempo objetivado de 4,50 minutos
Modo de cálculo	$(\text{Amostras fora do objetivado} / \text{Total de amostras}) \times 100$
Base inicial	66,0%
Fonte de dados	Sample Manager - gerenciador de amostras
Meta	56,1%

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

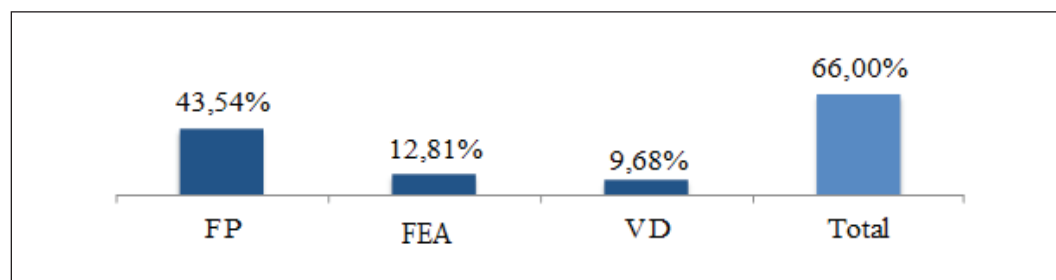
FEA, FP e VD são respectivamente: forno a arco-elétrico, forno panela e desgaseificador a vácuo, respectivamente. Tais equipamentos são clientes internos do laboratório químico da empresa SSP, responsável pela análise das amostras. O alto tempo de não atendimento das análises químicas de amostras (> 4,5 min) resulta em uma queda de produtividade do laboratório e conseqüentemente nos tempos de ajustes dos processos, gerando perdas de produtividade.

Para determinar os valores do *lead time* foram retirados da base de dados os valores menores ou iguais a 2 minutos e maiores ou iguais a 15 minutos do cálculo devido ao fato de os mesmos não representarem a situação real do processo. Estes dados são de retrabalho ou de um processo de reanálise que não foi finalizado pelo analista.

## 4.2. Medir – Measure

Nesta etapa foi medida a porcentagem de não atendimento ao tempo de análise total por cliente interno. Conforme a Figura 2, 43,54% das amostras vindas do forno panela, 12,81% das amostras vindas do forno arco-elétrico e 9,68% das amostras do desgaseificador a vácuo não eram analisadas dentro do tempo de 4,5 minutos pelo laboratório químico.

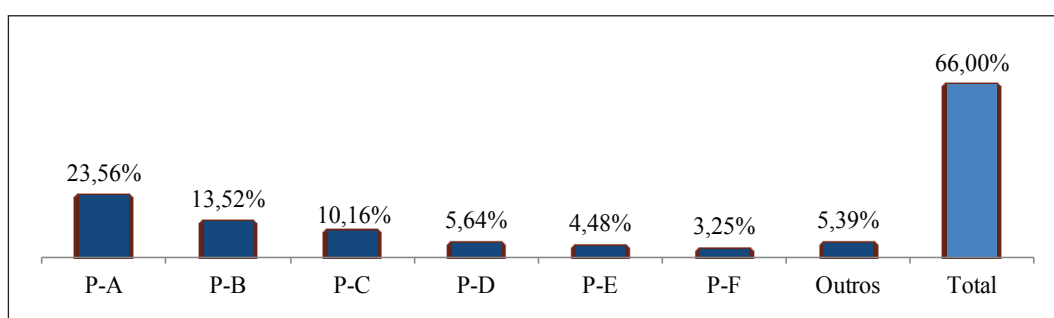
Figura 2 - Amostras não atendidas dentro do prazo de 4,5 minutos por cliente interno.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

A porcentagem de não atendimento foi estratificada por produto para se saber qual deles tinha um tempo de análise maior, conforme Figura 3. Entretanto, o grupo não achou viável tratar isoladamente o produto P-A e nem o produto P-B, de maiores representatividades, pois ações de melhorias já tinham sido propostas em outro projeto o que geraram as porcentagens para P-A e P-B vistas na Figura 3; em suma, as porcentagens de P-A e P-B já eram valores melhorados através de outro projeto. Assim, dedicar esforços novamente para diminuir os tempos de análise de P-A e P-B não remeteriam ganhos significativos. Portanto, o produto P-C foi escolhido para ser tratado devido aos fatos expostos anteriormente e ao procedimento de rotina diferenciado. Melhorando o tempo de análise do produto P-C seria gerada uma maior redução no tempo de análise geral de acordo com engenheiros e supervisor do laboratório químico. Assim, 10,16% das amostras do produto P-C não eram analisadas dentro do tempo de 4,5 minutos.

Figura 3 - Amostras não atendidas dentro do prazo de 4,5 minutos por produto.



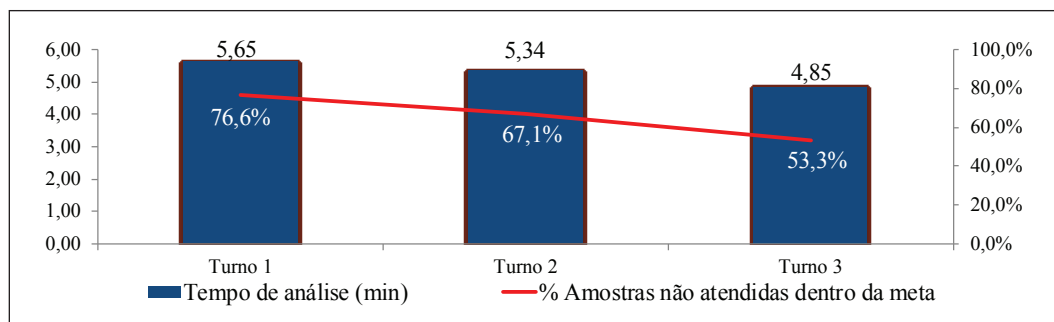
Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Além disso, foi realizada mais uma estratificação por turno. Conforme a Figura 4, o turno 1 apresentou um *lead time* para as análises químicas de 5,65 minutos em média e 76,6% das amostras apresentaram tempo de análise superior ao tempo objetivado de 4,5 minutos. Portanto, nessa fase o grupo concluiu



que o Turno 3 apresentava tempo de análise inferior aos tempos dos outros dois turnos, indicando a possibilidade de estudar quais as práticas do Turno 3 poderiam ser aproveitadas pelos outros grupos visando a redução do não atendimento ao tempo de análise.

Figura 4 - Não atendimento ao tempo de análise total estratificado por turno.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

### 4.3. Analisar – Analyze

As causas foram levantadas em reunião de *brainstorming* na qual participaram engenheiros da qualidade, técnicos e supervisor do laboratório.

Nesta etapa o grupo utilizou as ferramentas *brainstorming*, diagrama de Ishikawa, análise dos 5 por quês e GUT (grau, urgência e tendência) para levantamento, análise e priorização de causas. Foram realizadas uma análise geral, uma por turnos e uma para o produto P-C.

As análises realizadas não foram feitas somente visando as priorizações levantadas no item 4.2, pois após realizada a fase Medir (seção 4.2), os engenheiros observaram que as análises e ações de melhoria poderiam ser elaboradas para atingir, além das causas com maior impacto, as outras causas que estavam impactando o alto tempo de análise química das amostras, pois estas seriam de fáceis análises e correções.

### 4.3.1. Análise geral

Problema: percentual de amostras FEA, FP e VD que não eram atendidas no tempo máximo de resposta (4,5 min) das análises químicas.

As causas foram levantadas e priorizadas através da matriz GUT e podem ser vistas na Tabela 2. A Tabela 3 representa a legenda utilizada para se construir a matriz GUT.

Segundo Queiroz et al. (2012), a matriz GUT é uma técnica utilizada para priorização de problemas a serem solucionados de tal forma a analisá-los segundo gravidade, urgência e tendência, servindo como base para o planejamento da tomada de decisão. Desta forma os problemas são classificados em uma lista ordenada para serem resolvidos organizadamente e seja evitada sua ocorrência novamente.

Conforme ilustrado na Tabela 2 a segunda causa, demora na transmissão de dados do Sample Manager para o nível 2, apresentou um maior impacto sobre o problema.

Tabela 2 - Priorização das causas na análise geral.

Causas do problema	G	U	T	Total
Perda de tempo em atividades que não fazem parte da análise química	3	1	1	3
Demora na transmissão de dados do <i>Sample Manager</i> para o nível 2	5	5	5	125
Demora em perceber a chegada de amostras do correio pneumático e em prepará-las	5	5	3	75
Experiência do analista na preparação e análise	3	3	1	9
Más condições das amostras (amostra brocada, incrustação de escória...)	1	1	1	1
Necessidade de retirar o cabinho da amostra atrasa análise	5	1	1	5
Pegador magnético inapropriado	5	1	1	5
<i>Layout</i> da oficina de preparação favorece desperdício de tempo movimentação	5	5	3	75

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Tabela 3 - Legenda para a matriz GUT.

<b>G</b>	<b>Gravidade:</b> Representa a intensidade ou o impacto dos danos que o problema pode causar, caso ele venha a ocorrer.
5:	Dano muito grave
3:	Dano moderado
1:	Dano mínimo
<b>U</b>	<b>Urgência:</b> Representa o tempo disponível ou necessário para resolver um problema analisado.
5:	Ação imediata
3:	Ação o mais cedo possível
1:	Ação pode aguardar
<b>T</b>	<b>Tendência:</b> Representa o desenvolvimento, potencial de crescimento do problema no decorrer do tempo na ausência de ação.
5:	Agravamento imediato
3:	Agravamento em médio prazo
1:	Sem agravamento, podendo até melhorar

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

### 4.3.2. Análise por turnos

Problema: diferença de tempo de resposta entre os turnos está alta devido a diversos fatores. As causas foram levantadas e priorizadas e podem ser vistas na Tabela 4. Conforme se pode ver na Tabela 4, a quarta causa, diferentes formas de preparo pelos analistas, apresentou um maior impacto sobre o problema.

Tabela 4 - Priorização das causas na análise por turnos.

Causas do problema	G	U	T	Total
Turno 2 realiza muitas atividades administrativas	5	3	3	45
Número de provas enviadas ao laboratório no turno 1 é maior que nos demais turnos	1	3	3	9
Horários de trabalho diferentes	3	3	3	27
Diferentes formas de preparo pelos analistas (retífica e lixadeira; somente na lixadeira; água e ar comprimido)	5	5	5	125
Falta de rodízio entre turnos	5	3	3	45
As grades de aço têm nível de dificuldade de preparação diferente. (Durezas diferentes)	5	3	5	75
O aço P-C tem um nível de reclamação dos analistas alto devido à instabilidade das queimas	5	4	5	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

### 4.3.3. Análise – produto P-C

Problema: P-C apresenta tempo de análise mais alto que os demais devido a dureza do material e diferente forma de análise. As causas foram levantadas e priorizadas e podem ser vistas na Tabela 5. Conforme se pode ver na Tabela 5, a primeira causa apresentou um maior impacto sobre o problema.

Tabela 5 - Priorização das causas na análise – produto P-C.

Causas do problema	G	U	T	Total
Necessárias 3 queimas	5	5	5	125
1.1 "Relixamento" da amostra	5	3	3	45
Tempo gasto na preparação é maior que outras qualidades	5	3	3	45

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

#### 4.4. Melhorar – *Improve*

Nesta etapa foram propostas ações de melhoria para mitigar as causas levantadas pelo GMC. As ações concluídas no ano de 2015 foram somente as que apresentaram um valor total na matriz GUT maior ou igual a 75. Esse valor foi escolhido por engenheiros após reunião do grupo. Cabe ressaltar nessa seção, que outras ações foram realizadas para mitigar as causas secundárias (inferiores a 75 pontos). Porém, devido a priorização das causas com maior impacto, as ações secundárias foram realizadas no ano seguinte (2016), pois como explicado na seção 4.3, todas as ações não demandariam grandes investimentos segundo alguns engenheiros do laboratório estudado. As causas priorizadas e as ações de melhoria podem ser vistas na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais causas e ações de melhoria realizadas em 2015.

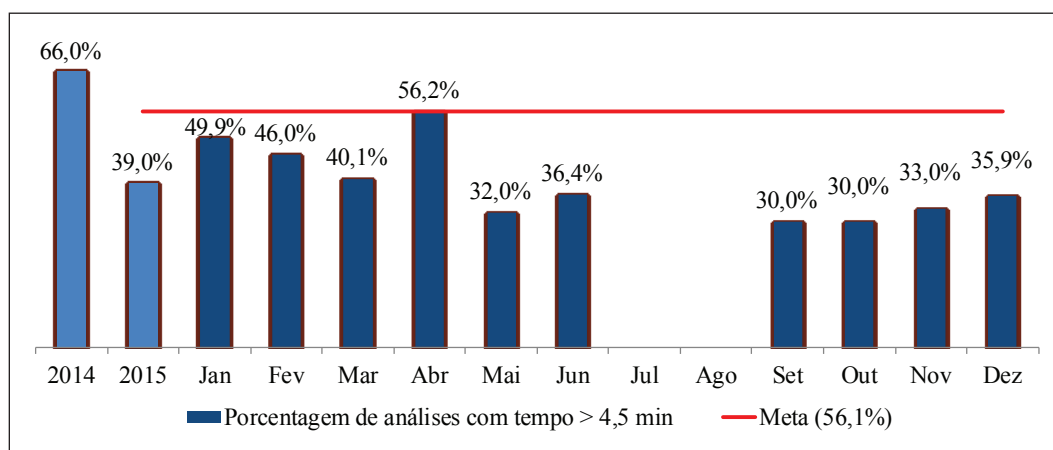
Causas	Ações
Demora na transmissão de dados do <i>Sample Manager</i> para o nível 2.	Feito levantamento do percentual de amostras de 2014 com o tempo superior acordado. Rotinas de boas práticas focadas no comportamento do analista (foco no cliente).
Demora em perceber a chegada de amostras do correio pneumático e em prepará-las.	Rotinas de boas práticas focadas no comportamento do analista (foco no cliente). Instalação de uma sirene e cronômetro atrelado ao correio pneumático.
<i>Layout</i> da oficina de preparação favorece desperdício de tempo de movimentação.	Novo <i>layout</i> desenvolvido visando reduzir tempos de movimentação de analistas entre equipamentos.
Diferentes formas de preparo pelos analistas (retífica e lixadeira; somente na lixadeira; água e ar comprimido).	Rotinas de boas práticas focadas no comportamento do analista (estabelecer foco no cliente). Repasse a todos os analistas de todos os turnos as boas práticas utilizadas no turno III.
As grades de aço têm nível de dificuldade de preparação diferente. (Dureza diferentes).	Os tempos de preparação foram otimizados para grades de aço com maior nível de dificuldade através da ferramenta <i>brainstorming</i> . Aplicada a ferramenta SMED para minimizar o tempo de preparação das amostras recebidas.
O aço P-C tem um nível de reclamação dos analistas alto devido à instabilidade das queimas.	Foram estudados os níveis de dificuldade de análise do aço P-C, e foram realizadas mudanças no procedimento de análise para correção da instabilidade.
Necessárias 3 queimas.	Redução para 2 queimas (verificado estatisticamente que não houve diferença no resultado da análise com a redução de uma queima).

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

## 4.5. Controlar – Control

Nesta etapa, o indicador foi monitorado de janeiro a dezembro de 2015. Observou-se que apenas no mês de abril o indicador não atingiu a meta de 56,1%, apresentado na Figura 5, o que pode ser justificado pela fase inicial do projeto, onde as ações de melhoria ainda não tinham sido implantadas totalmente. Destacam-se ainda os meses de julho e agosto, pois são meses referentes a um período em que não houve produção. Os meses que obtiveram a menor porcentagem foram setembro e outubro, período em que todas as ações das causas priorizadas já estavam implantadas, representando apenas 30% das análises químicas das amostras acima do tempo desejado de 4,5 minutos.

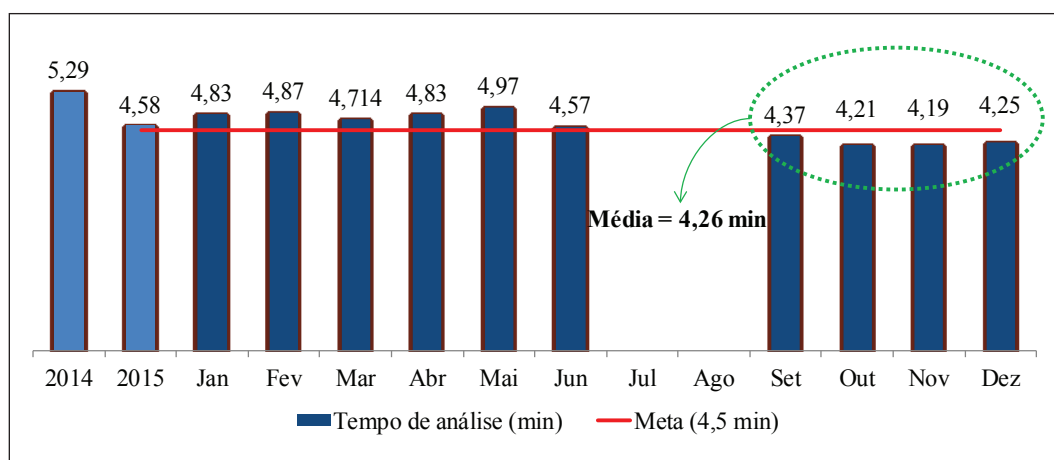
Figura 5 - Porcentagem de análises com tempo > 4,5 minutos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

No último quadrimestre todas as ações de melhoria para mitigar as causas priorizadas já estavam implantadas, o que pode ser observado pela redução do tempo de análises no período de setembro a dezembro de 2015, ilustrado na Figura 6. Dessa maneira, a causalidade do projeto inerente a melhora do tempo de análises químicas das amostras pode ser justificada pelo fato de que esse era o único projeto de melhoria em andamento no período de realização do mesmo e também devido as análises de eficácias das ações de melhorias.

Figura 6 - Tempo das análises.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Para testar a eficácia das ações, um auditor (membro do GMC) foi escolhido para realizar o *follow-up* mensal das ações corretivas visando constatar que tais ações já estavam implantadas de acordo com o prazo acordado (início das ações no segundo trimestre de 2015 e término em junho de 2015). Assim, verificando a implantação das ações de acordo com os prazos estabelecidos, concluiu-se que a queda do indicador na Figura 6 foi inerente às ações de melhoria propostas para corrigir as causas priorizadas, pois a partir de setembro todas as ações de melhorias propostas na Tabela 6 já tinham sido finalizadas. O *follow-up* caracterizou-se como uma ferramenta para verificar a eficácia das ações e para constatar a importância dada pelos analistas e engenheiros às ações corretivas propostas.

Pode-se verificar que as ações de melhoria tiveram efeito positivo e foi atingido o tempo médio de análises de 4,26 minutos para o último trimestre, conseguindo atender a meta de tempo menor ou igual a 4,5 minutos. Além disso, o tempo médio de análises químicas foi reduzido de 5,29 minutos em 2014 para 4,58 minutos em 2015; a porcentagem de amostras não atendidas dentro do tempo desejado diminuiu de 66% em 2014 para 39% em 2015.



Assim, essa redução de 27% de amostras não atendidas em 4,5 minutos representou ganho produtivo para o laboratório químico da empresa SSP, pois além da redução do *lead time* de análises químicas houveram ações de melhoria que permitiram que as análises fossem realizadas com melhor qualidade. Dessa maneira, segundo Campos (2004), oferecer produtos (análises químicas) com maior qualidade resulta em ganho de produtividade.

#### 4.6. Padronização - *Standardization*

As melhores práticas que levaram a redução da quantidade de amostras analisadas dentro do tempo de 4,5 minutos foram padronizadas de tal forma a evitar que os problemas que afetavam negativamente o tempo ocorressem novamente. As práticas padronizadas foram referentes as melhores maneiras para se analisar amostras em menor tempo através da revisão do item “Análise de itens de ensaios” do procedimento técnico do laboratório químico (PT-LAB. QUÍM. 01). Tais práticas foram padronizadas por constatar-se suas eficácias através do *follow-up* mencionado na seção 4.5.

### 5. CONCLUSÕES

Por meio do projeto realizado por um GMC, o laboratório químico da empresa estudada foi capaz de fornecer os resultados das análises químicas aos seus clientes internos a um menor tempo, o que proporcionou ganhos de produtividade.

As ações concluídas pelo grupo foram eficazes para reduzir o não atendimento ao tempo de análises químicas das amostras dos clientes internos FEA, FP e VD de 66% em 2014 para 39% em 2015 (redução de 27%) das amostras não atendidas dentro do prazo de 4,5 minutos. No período em que todas as ações de melhorias já estavam implantadas, o tempo de análises das amostras teve uma média de 4,26 minutos, ficando abaixo da meta estipulada.

De acordo com cálculos realizados por alguns engenheiros e supervisor do laboratório, a empresa deixou de perder, com a conclusão do projeto, um valor anual de R\$ 2,2 M.

Os principais fatores considerados para o sucesso do projeto foram de acordo com a equipe: domínio de todos os membros do grupo sobre a metodologia DMAICS e as ferramentas de qualidade utilizadas no projeto; comprometimento da alta direção durante a realização do projeto; e comprometimento dos analistas do laboratório em realizar as ações de melhorias propostas. A dificuldade encontrada pela equipe em alguns momentos foi a disponibilidade dos integrantes do GMC visto que os mesmos tinham outras atividades a serem realizadas além das atividades demandadas pelo projeto.

Dentre as ações tomadas, cabe destaque ao trabalho da melhoria comportamental, através da conscientização dos analistas na execução de suas atividades (exemplo: priorização das demandas e consciência do impacto de não atendimento para os clientes), agilidade na preparação das amostras e divulgação eletrônica automática semanal dos indicadores (*lead time* e não atendimento) e acompanhamento dos mesmos.

A principal contribuição do presente artigo para a comunidade acadêmica e industrial está relacionada a utilização de grupos de melhoria contínua (círculos de controle da qualidade) para melhoria processos industriais. Dessa maneira, o estudo procurou demonstrar a implicação de conceitos teóricos como círculos de controle da qualidade e ferramentas da qualidade na prática do dia-a-dia de uma siderúrgica multinacional.

## REFERÊNCIAS

BHUIYAN, N. BAGHEL, A. An overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, v. 43, n. 5, p. 761-771, 2005.

CAMPOS, V. F. TQC: Controle da Qualidade Total. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2004.

CHEN, P.; YUAN, T.; SUN, Q.; JIANG, L.; JIANG, H.; ZHU, Z.; TAO, Z.; WANG, H.; XU, A. Role of quality control circle in sustained improvement of hand hygiene compliance: an observational study in a stomatology hospital in Shandong, China. **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2016.

FILHO, M. G.; UTIYAMA, M. H. R. Comparing the effect of different strategies of continuous improvement programs on repair time to reduce lead time. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 87, n. 1, p. 315-327, 2016.

GARLET, E.; GODOY, L. P.; POLACINSKI, E. Círculos de Controle da Qualidade: uma análise comparativa entre um caso prático e a revisão de literatura. **Revista Espacios**, v. 35, n. 3, p. 15-25, 2014.

GUPTA, P. **Six Sigma Business Scorecard**. New York: McGraw-Hill, 2004.

HOEM, O. LODGAARD, E. Model for supporting lasting managerial efforts in continuous improvement: A case study in product engineering. **Procedia CIRP**, v. 50, p. 38-43, 2016.

HOLANDA, L. M. C; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 8, n. 4, p. 31-44, 2013.

HU, T. C. Quality improvement: Reducing real-time inventory errors through quality control circles. **African Journal of Business Management**, v. 5, n. 26, p. 10657-10666, 2011.

ISHIKAWA, K. **What is total quality control?: the Japanese way**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.

ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control**, Asian Productivity Organization, Tokyo, 1976.

JADHAV, G. P. JADHAV, S. B. BHAGAT, A. Six Sigma DMAIC Literature Review. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 6, n. 12, p. 117-122, 2015.

KAROUT, R.; AWASTHI, A. Improving software quality using six sigma DMAIC based approach: A case study. **Business Process Management Journal**, v. 23, n. 4, 2017.

MARTIN, K.; OSTERLING, M. **The kaizen event planner: achieving rapid improvement in office, service, and technical environments**. New York: CRC press, Taylor & Francis Group, 2007.

MELO, R. C.; VASCONCELOS, M. C. R. L. Aprendizagem e compartilhamento de conhecimento nos Círculos de Controle da Qualidade – CCQ de uma empresa siderúrgica. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 8, n. 1, 2007.

MOINHOS, C.; MATTIODA, R. A. Círculos de controle de qualidade (CCQ) na indústria de autopeças. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011. **Anais...** ENEGEP, Belo Horizonte, MG, 2011.

PLCZAK, M. W. Quality circles come home. **Quality Progress**, v. 21, n. 12, p. 37-39, 1988.

QUEIROZ, J. V.; HÉKIS, H. R.; NASCIMENTO, H. M.; NELSON, R. B.; ALMEIDA, V. D. Franchising e especialização de serviços como estratégia de crescimento e manutenção: uma análise através da Matriz SWOT e GUT na DDEx – Direct to Door Express. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 7, n. 1, p. 49-64, 2012.

SALAHELDIN, S. I.; ZAIN, M. How quality control circles enhance work safety: a case study. **The TQM Magazine**, v. 19, n. 3, p. 229-244, 2007.

SALAHELDIN, S. I. Problems, success factors and benefits of QCs implementation: a case of QASCO. **The TQM Journal**, v. 21, n. 1, p. 87-100, 2009.

SCHROEDER, D.; ROBINSON, A. America's most successful export to Japan: continuous improvement programs. **Sloan Management Review**, v. 32, n. 3, p. 67-81, 1991.

SHANKAR, R. **Process improvement using six sigma: a DMAIC guide**. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2009.

SINGH, J.; SINGH, H. Continuous improvement philosophy—literature review and directions. **Benchmarking: An International Journal**, v. 22, n. 1, p. 75-119, 2015.

TANAKA, W. Y.; MUNIZ Jr; NETO, A. F. Fatores críticos para implantação de projetos de melhoria contínua segundo líderes e consultores industriais. **Revista Eletrônica Sistemas e Gestão**, v. 7, n. 1, p. 103-12, 2012.

VIVONE, M. V. JUNIOR, A. S. T. Agentes internos de melhoria contínua: uma revisão bibliográfica. **Gestão e Sociedade**, v. 11, n. 28, p. 1611-1636, 2017.