**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS POR MEIO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE PROJETOS**

OLIVEIRA, Tatiane Alves[[1]](#footnote-1)

**RESUMO**

**Palavras-Chave:**

1. **INTRODUÇÃO**

O ramo industrial está cada vez mais vencendo etapas e desafios para montagem de *startups* e construção de linhas de produção, com isso, o aumento de pessoas e processos sobe de forma considerável, uma vez que, o início de uma empresa ou projeto, significa mais recursos a investir e consequentemente, mais planos para elaborar.

Diante desse cenário cada dia mais tomando forma, faz-se necessário, o planejamento assertivo de processos, envolvendo pessoas, recursos, programas e portfólios para gerar produtos ou serviços. O objetivo é simples, desenvolver produtos de maneira rentável e significativa para o mercado. Mas como garantir que o planejamento seja o mais preciso e rentável a longo prazo? Elaborar um projeto, reunir dados precisos e conscientizar a organização de adotar padrões cada vez mais claros e objetivos, leva-se tempo, estudos e testes, dessa forma, o planejamento estratégico torna-se fundamental para que os objetivos e resultados de uma organização sejam alcançados.

O guia PMBOOK®(2012) define projeto como sendo um esforço temporário com início e término definidos, tendo com o objetivo, alcançar um determinado produto. Para tal, existem ferramentas que auxiliam em tomada de decisões, gestão de equipes, organização de cenários e recursos. Um projeto pode criar desde um produto, este que pode ser o complemento de um outro processo, a um serviço ou melhorias em linhas de produção.

De acordo com estudos demonstram que as empresas que aplicam metodologias de qualidade em suas organizações, apresentam melhores resultados em suas operações, do que as que não dispõem de tais metodologias. Uma dessas metodologias de qualidade que pode ser citada é a *Lean e Sig Sigma*, estas que em conjunto, buscam a produtividade evitando desperdícios e variações em suas operações. (MAYORGA & VÁSQUEZ, 2016)

No presente artigo, é apresentado forma de otimização de processos, utilizando a metodologia *Lean Six Sigma*. A ideia é aperfeiçoar a produtividade nas industrias por meio de um planejamento estratégico de projetos, envolvendo a integração das duas metodologias de qualidade, para que o processo se torne mais eficaz, com a remoção de desperdícios (*Lean*) e a redução das variações (*Six Sigma*).

1. **METODOLOGIA**

O presente artigo é constituído em uma revisão bibliográfica, baseada em frentes como o guia PMBOOK 5ª edição, este que orienta desde o que vem a ser projeto, até a como aplicar ferramentas que possam auxiliar na elaboração de um projeto, e em artigos que abordam formas de otimizar os processos no ramo industrial.

A metodologia presente em artigos correlacionando a metodologia *Lean Six Sigma*, demonstra que os passos fundamentais para o sucesso de um projeto, começa com a elaboração de todo o planejamento do mesmo, tendo como base, atender os requisitos do ciclo de vida do projeto para que se desenvolva de forma bem estruturada.

Os artigos selecionados para comparação de otimização de projetos, foram cuidadosamente comparados e observados a repetição de ferramentas e técnicas que auxiliam no alcance do tema abordado. Estes foram correlacionados e integrados a metodologias de qualidade citada, mostrados no presente trabalho em forma de tabelas e diagramas.

Ademais, foram feitas análises comparativas de projetos em busca da otimização de processos, desde a comunicação, até a contribuição da metodologia Lean Six Sigma no planejamento do projeto e o auxílio na tomada de decisões citados no PMBOOK®(2012).

Para este trabalho, foram envolvidas comparações entre projetos com e sem a integração das metodologias para melhoria contínua. Segundo o PMBOOK®(2012), a metodologia *Lean Six Sigma* busca a melhoria da qualidade do produto ou serviço a ser entregue, com foco em eliminar desperdícios, reduzir custos, buscando aumentar a satisfação do cliente. De maneira integrada, a metodologia utiliza ferramentas estatísticas do *Six Sigma* para análise de dados em prol de evitar variações e a filosofia Lean para eliminar atividades que não agregam valor ao processo. A combinação dessas abordagens resultam em melhorias sustentáveis e eficazes nos processos organizacionais.

1. **DISCUSSÃO**

Os fundamentos sobre *Lean Manufacture* alcançaram destaque na década de 1980 com a divulgação dos resultados de um estudo realizado pelo MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) que investigou as práticas gerenciais e os programas de aprimoramento adotados por empresas líderes na indústria automotiva. O estudo constatou que a implementação desses princípios desempenhou um papel significativo no fortalecimento da competitividade dessas empresas (WOMACK; JONES; ROOS, 2001).

A essência primordial da metodologia LM é focalizar a redução do intervalo entre a solicitação do cliente e a entrega, eliminando os desperdícios. A abordagem incentiva a identificação do que agrega valor (e do que não agrega) do ponto de vista do cliente; a integração das etapas essenciais na produção de bens no fluxo de valor, de modo a promover um avanço contínuo, livre de interrupções, desvios, retornos, esperas ou rejeições; e a condução desse fluxo de forma orientada pela demanda. Citar a ref ‘ os autores do artigo ‘’integrando...’’

De acordo com o estudo, as principais características da metodologia, que difere das práticas tradicionais das organizações seguem em tabela abaixo:

**Tabela 1: Comparação entre ferramentas tradicionais com a metodologia** *Lean Manufacture.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Característica** | **Manufatura tradicional** | ***Lean Manufacturing*** |
| Planejamento e controle das operações | Objetivo gerencial | Busca da eficiência pela maximização do  uso de recursos e aumento da produção | Busca da eficácia e eficiência com foco na  criação de valor e redução de desperdícios |
| Gestão de estoques | Manutenção de estoques suficientes  para proteger a produção | Redução de estoques para evidenciar os problemas da produção |
| Acionamento da produção | Produção empurrada (*push*) por ordens de produção e previsões de demanda | Produção puxada (*pull*) pela demanda e entrega  *Just-in-Time* (JIT) |
| Configuração física do  sistema produtivo | Arranjo físico | Limitado a arranjos do tipo linear (por produto) ou funcional (por processo) | Agrupamento de produtos por famílias para implantação de células de manufatura |
| Tipo de equipamentos | Equipamentos com baixa flexibilidade  devido a tempos de *setup* longos | Equipamentos com alta flexibilidade que  incorporam sistemas de Troca Rápida (TR) |
| Fluxo de material | *Lead time* longo por falta de conexão entre as etapas de processo | Manufatura de Fluxo Contínuo (MFC) com *lead time* curto |
| Tamanho do lote | Lotes grandes dimensionados pelo modelo do lote econômico | Lotes pequenos e  *one piece flow* |
| Processo de melhoria | Procedimentos de trabalho | Variação e ineficiência devido à falta de atualização dos procedimentos e falta de aderência aos padrões | Aderência aos procedimentos melhorados e formalizados como Trabalho Padrão (TP) |
| Controle da qualidade | Inspeção no embarque, controle sob responsabilidade do departamento de controle de qualidade | Inspeção na fonte, cultura da qualidade total (TQM), aplicação de *Poka Yoke* (PY) em sistemas à prova de erro |
| Gestão da manutenção | Predominantemente corretiva, responsabilidade dos técnicos de manutenção | Promoção da Manutenção Produtiva Total (MPT) |
| Visão do processo de melhoria | Foco na eficiência de recursos limita a abrangência dos resultados | Visão sistêmica das necessidades de melhoria pelo Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) |

(Fonte: adaptada de Mann, 2005, p. 13)

A metodologia *Lean Manifacture* possui ainda ferramentas que são aplicadas nos sistemas de produção. Tais ferramentas frequentemente utilizadas, estão listadas a seguir:

1. Cinco Esses (5S): Representam uma ação crucial tanto para incentivar a transformação quanto para instaurar a disciplina. Nesse sentido, cada um dos "esses" considerados fomenta uma postura essencial para a otimização do trabalho da seguinte forma: 1º S: Seiri, arrumação; 2º S: Seiton, organização; 3º S: Seiso, higiene; 4º S: Seiketsu, padronização/saúde; e 5º S: Shitsuke, controle (RIBEIRO, 2006);
2. Poka Yoke (PY): São mecanismos simples, geralmente constituídos por elementos mecânicos, que cessam a operação em processos de fabricação quando um defeito surge, ou mesmo para prevenir sua ocorrência, colaborando assim para a automação e tornando o controle de processos mais independente (SHINGO, 1986);
3. Just-in-Time (JIT): cujo propósito é habilitar o sistema produtivo a realizar "cada peça, a cada momento", proporcionando maior flexibilidade à organização e permitindo a redução do inventário. No JIT, o processo cliente se desloca até o "supermercado" e adquire o necessário, enquanto o processo fornecedor produz para repor o que foi retirado do "supermercado". O kanban é uma forma de cartão utilizada para autorizar essas retiradas e reposições no estabelecimento (CORRÊA; GIANESI, 1993)
4. Manufatura de Fluxo Contínuo (MFC): Explora a configuração física do fluxo de valor para permitir que o material seja transferido de um processo que adiciona valor a outro de maneira contínua, ou seja, sem perda de tempo na transferência e sem formação de estoques entre processos (LIKER, 2004). O planejamento e controle da MFC e do JIT devem se apoiar no takt time, que indica o ritmo pelo qual o processo deve ser acionado para atender às demandas necessárias.
5. Trabalho Padrão (TP): Representa a combinação mais eficiente de elementos como operadores, máquinas, ferramentas e instrumentos de medição, garantindo que uma tarefa seja executada de maneira consistente (PERIN, 2005);
6. Troca Rápida (TR): preparo engloba as atividades realizadas em máquinas toda vez que é necessário trocar a peça ou produto produzido em lotes, e a demora em sua execução incentiva a produção em grandes lotes. A aplicação de estratégias de otimização do preparo, como o Single Minute Exchange of Dies (SMED), permite implementar sistemas de Troca Rápida (TR), que, por sua vez, facilitam a produção em lotes reduzidos (SHINGO, 2003; SUGAI; McINTOSH; NOVASKI, 2007);
7. Manutenção Produtiva Total (MPT): Estrutura a atividade de manutenção visando aprimorar a eficácia (eficiência e eficácia) na utilização dos equipamentos, apoiando-se em uma conjunção de métodos como a manutenção autônoma e a manutenção planejada (NAKAJIMA, 1989).

ARTIGO INTEGRANDOOO

Essa ferramentas, auxiliam...........

Segundo Harry; Schroeder 1998, na mesma década, a abordagem *Six Sigma* foi apresenta pela empresa Motorola, com a finalidade de elevar os padrões de qualidade do nível convencional de três para seis sigma, aplicando técnicas estatísticas voltadas para otimização de processos produtivos. Essa metodologia tem como foco central, buscar aprimoramentos nos processos e produtos, reduzindo as variações que resultam em defeitos por meio da compreensão das necessidades dos clientes, visão por processos, uso preciso de medições e sustentação por uma estrutura de gerenciamento e condução de projetos (ROWLANDS, 2003).

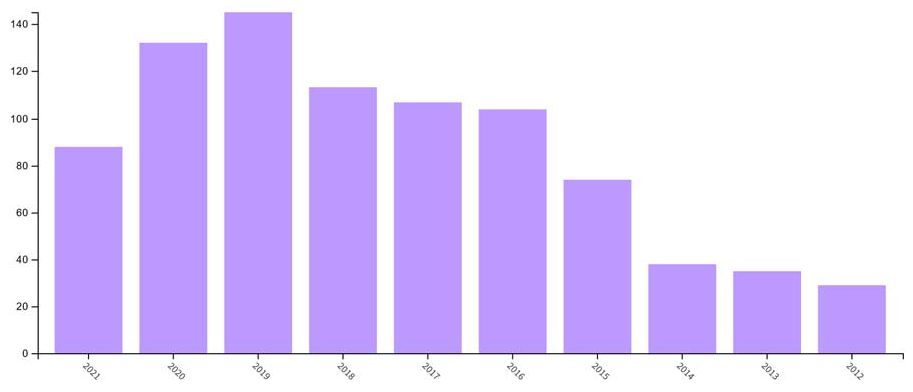
De acordo com Perez-Wilson 2000, para que um projeto seja realizado utilizando a metodologia *Six Sigma*, este deve ser conduzido de maneira estruturada, seguindo uma sequência dividida em cinco fases. Quando o projeto de melhoria visa aprimorar um processo já existente, a sequência adotada é o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), cujas as etapas são detalhadas abaixo:

* Definir: Consiste na identificação do problema;
* Medir: Inclui medir e registrar todas as informações necessárias para avaliar a eficácia dos processos, baseando-se no princípio de Peter Druker de que o que não pode ser medido não pode ser aprimorado.
* Analisar: Nesta etapa, analisam-se os detalhes das tarefas do processo, utilizando as estatísticas da fase anterior, com o objetivo de identificar as atividades que agregam valor.
* Melhorar: Após realizar a identificação das atividades que agregam valor, a etapa seguinte é otimizá-las para aumentar sua eficácia, envolvendo a redução ou eliminação de desperdícios como defeitos, esperas, superprodução, talento não utilizado e estoque.
* Controlar: Por fim, a última etapa, consiste no monitoramento e controle constante dos resultados, com o objetivo de mantê-los e aprimorá-los ao longo do tempo, para o alcance da melhoria contínua.

Desse modo, a metodologia Lean Six Sigma nasce da complementação do Six Sigma e do Lean Manufacturing para a otimização e melhoria contínua dos processos organizacionais, com o objetivo de alcançar a excelência operacional (Laureani & Antony, 2019; Patel & Patel, 2021). A utilização conjunta dessas metodologias possibilita às empresas obter benefícios duplos, combinando melhorias na qualidade e redução da variabilidade alcançadas com o Six Sigma, com melhorias de velocidade e redução de desperdícios obtidas com o Lean Manufacturing (da Silva, Filho, Agostinho & Junior, 2019).

ARTIGO ARGENTINOOO, ABAIXO TAMBEM

Embora a gestão de operações tenha raízes na produção de bens e serviços ao longo da história humana, seus principais avanços são mais evidentes nos últimos 250 anos, conforme afirmado por Monterroso (2014). Um estudo bibliométrico na Web of Sciences de 2017 a 2021, usando termos como "competitividade", "Indústria 4.0", "Lean Manufacturing", "gestão de operações", "produtividade" e "Six Sigma", buscou caracterizar os principais estudos na área. A Figura 1 apresenta 1015 pesquisas identificadas com os termos-chave de 2012 a 2021, permitindo avaliar a evolução global do tema.

.

**Figura 1.** Evolución del tratamiento del *Lean Six Sigma* en la *Web of Sciences* para el periodo

2012-2021. Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de *Clarivate Analytics*.

1. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em vista da análise realizada, percebe-se o quanto as....., colaboram para a otimização

Embora projetos que não as apliquem consigam prosseguir, é notória a melhoria quando.....

The benefits of Six Sigma from

a market perspective can therefore

include an enhanced company reputation,

new customer opportunities,

improved market position relative to the competition,

and improved ability to serve customers,

increased competitiveness,

and the ability to charge a premium in some markets.

Studies show that manufacturing companies

operating at a Three Sigma level of quality will weigh

somewhere between 25-40 percent of

their sales on costs associated with poor quality,

where companies operating at a Six Sigma level of

quality incur costs of

poor quality below one percent of sales.

The early Six Sigma adopters also

reported significant savings from Six Sigma.

For example, Motorola reported

cumulative manufacturing cost savings of

over $11 billion in its first 10 years.

GE claimed that Six Sigma had generated over

$10 billion in cost savings within its first five-years.

JPMorgan Chase reported more than $400 million

in financial benefits in 2002,

the first year they use Six Sigma.

American Express claimed that their

first-year Six Sigma activities produce

nearly $200 million in

financial benefits and

delivered important quality enhancements,

but most organizations are not

as large as these companies.

What about them? Studies show

that most organizations report savings of

at least one-and-a-half to four-and-a-half percent

of sales per year with Six Sigma.

For a $10 million a year company,

that's at least 150,000-$450,000 in bottom-line,

impacting savings per year.

Because the Lean methodology focuses on reducing waste,

which includes defects and mistakes,

cost savings and higher profits

through quality improvement,

are benefit of both approaches.

However, the Lean emphasis on other types of

wastes such as wasted time, movement,

and inventory, results in additional benefits such

as a reduction in non-value-added activities.

Improved use of workspace,

so less space is required,

which can lower overhead costs.

Increased employee and process productivity,

reductions in cycle time and

lead time, improved delivery performance,

simplified processes and fewer workflow steps,

lower levels of inventory and

higher levels of inventory turnover,

faster development cycles,

fewer machine and process breakdowns.

Increase sustainability from less waste

and increased employee satisfaction,

morale, and engagement for

more efficient processes and higher quality outputs.

The Six Sigma process improvement model is known as DMAIC.

It provides the framework needed to ensure a consistent and

thorough approach to process improvement.

Reproduza o vídeo começando em :5:13 e siga a transcrição5:13

Domestic stands for define measure, analyze, improve and control.

Reproduza o vídeo começando em :5:24 e siga a transcrição5:24

The first step in domestic is to define the problem by identifying how

a strategically important process is not meeting the organisation's objectives for

it and why this project should be undertaken.

This step also typically includes setting initial objectives for the project.

Reproduza o vídeo começando em :5:43 e siga a transcrição5:43

In the measure stage, the team will use appropriate statistical tools to evaluate

the processes current level of performance and

to determine the level of improvement required.

This stage also typically includes identifying the current process flow.

Reproduza o vídeo começando em :6:1 e siga a transcrição6:01

During the analyze stage, project teams will first use proven process analysis and

experimentation tools to identify the root causes of the problem.

They will then identify process changes that they believe will bring

about the needed results.

Reproduza o vídeo começando em :6:17 e siga a transcrição6:17

The recommended solutions are tested during the improve stage,

preferably on a trial basis, and the results are evaluated using financial and

statistical tools to verify that the changes should be made permanent

before the team presents their recommendations to management.

If the team's recommendations are approved,

their implemented during the stage during the final stage control

sensitive statistical tools such as statistical process control.

Charts are used to monitor the ongoing performance of the change process to

ensure that the anticipated results are occurring and to provide early warning of

problems so that the team could take action to get the results back on track.

Despite all of the rigor of the domestic model process,

changes don't always work out as planned, and the team may need to modify

the new process or even change it back to its original form.

In rare cases throughout the domestic process, the project team will

provide management and the process owner with reports on the project status so

that everyone stays informed and shares the same understandings and expectations.

Approval for movement to the next stage of the project is obtained through these

meetings, and any problems can also be identified in cases where the team needs

additional support from management.

These status meetings are typically referred to as tollgate meetings,

and they occur at least after every stage of the domestic model.

Lean

Lean manufacturing.

Lean manufacturing, which is

sometimes referred to as lean thinking or

lean processes is based on Toyota's approach to creating

efficient processes that are free of

any form of non-value-added activity or waste.

Value-added activities make the product

or service more valuable to the end customer.

They are something the customer is willing to pay for.

Non-value-added activities or waste,

are anything more than the minimum required

to add value to a product in the eyes of the customer.

Waste includes; defects, overproduction which is

producing more than is needed at that time, waiting,

unused potential of the workforce,

unnecessary transportation or movement

of products and materials,

excess inventory, unnecessary motions,

and any processing that does not add value.

In order to achieve the benefits of lean thinking,

several foundation concepts must

first be understood and achieved.

These are known as the lean building blocks.

The first is Kaizen.

Key to lean thinking is the concept of Kaizen,

which is a Japanese term for

improvement or change for the better.

Kaizen is a focus on continuous improvement.

It is generally interpreted as meaning

continuous incremental improvement that

involves everyone in the organization.

5s or workplace organization.

5s includes the following steps.

First, sort; get rid of anything that isn't needed,

then set an order;

put everything in its place.

Next is shine; clean and

inspect everything and make any needed repairs.

After that, standardize; set

the expectations for ongoing organization,

and make them clear to everyone.

Finally, sustain; monitor the process for compliance,

and reinforce the standard.

Reproduza o vídeo começando em :2:37 e siga a transcrição2:37

Plant layout. A good plant layout

can improve the flow of material and information,

reduce excess movement, travel distance,

and transportation,

reduce excess work-in-process inventory,

improve opportunities for communication,

and optimize the use of floor space.

Visual controls or visual management.

With visual control, information is communicated using

visual signals instead of written instructions or signs.

Examples of visual signals include marks or

color-coded lines on the floor that

defined spaces or paths.

Red, yellow, and green traffic light systems on

machines that identify the state

of the operation or process,

and boards for tools with

outlines that show which tool belongs where,

so that missing tools can easily be seen.

Effective use of visual signals can

simplify and speed up the communication of information,

provide faster and more accurate decision-making,

improve communication across language or

cultural barriers, and improve safety.

Reproduza o vídeo começando em :3:47 e siga a transcrição3:47

Standardized work. Standardizing requires determining

the best way to perform a task and then

making sure that everyone does it that way.

Standardized work helps maximize

productivity, quality, and safety.

It reduces variation, facilitates and improves training,

makes it easier to measure process performance,

and it provides

a starting point for improvement activities.

Reproduza o vídeo começando em :4:16 e siga a transcrição4:16

Quality at the source

means making sure that the work is done

right before it is passed to

the next operation or customer.

Techniques for ensuring quality at

the source include designing for manufacturability,

inspecting at the source,

learning more about how

the customer uses the end product,

process standardization, effective feedback,

and implementing mistake proofing,

also known as Poka-Yoke.

Reproduza o vídeo começando em :4:47 e siga a transcrição4:47

Poka-Yoke is a Japanese term that means

mistake proofing or inadvertent error prevention.

A Poka-Yoke is anything that prevents mistakes,

such as electrical plugs that can only

be inserted one way to avoid shocks,

and being asked if you want to save

your work before you close out a word file.

Mistake proofing is an important tool for ensuring

quality of the source by making

it difficult to make mistakes.

Point-of-use storage involves making

available and storing all materials, tools,

and instructions right where they

are needed and keeping them

replenish through visual management

so that they're always available when needed.

Point-of-use storage reduces or eliminates kidding time,

reduces excess motion from sorting

through kidding bins or tool storage cabinets,

helps reduce defects from the use of incorrect materials,

and simplifies inventory tracking and storing.

Reproduza o vídeo começando em :5:47 e siga a transcrição5:47

One-piece flow means that product is moved from

step to step in the production process

one piece at a time,

or at least in very small batches,

with no work-in-process in between.

One-piece flow works best in

combination with a cellular layout in which

all necessary equipment is located within

the same work shelf

in the order in which it will be used.

This requires a balanced process in

which each step takes

the same amount of time to complete.

The benefits of one-piece flow

include faster customer response time,

increase process flexibility, less work-in-process,

lower inventory carrying costs,

the need for less space,

less damage to product from Storage,

fewer defects and rework, and increased productivity.

Finally, push versus pull systems.

In a push system, production is

based on forecasts and schedules.

There is no connection between

customer demand and what the process produces.

The process continues to produce

regardless of inventory levels,

potential bottlenecks down the line or customer demand.

In a pull system, production

is linked to customer demand.

This includes internal customers,

so that product is not produced

unless the next operation is ready for it.

Customer needs are converted into

production orders through

visual signals called compounds.

Pull systems are more flexible than push systems.

They connect the whole process with

internal and external customer demand and

provide better control of materials and resources.

Pull systems also help

eliminate waste from excess handling,

excess work in process,

unfinished goods, excess obsolescence,

defects, and rework.

This lean building blocks are the way in which

the benefits of Lean thinking are achieved.

They may take years to accomplish,

but the end result is a more efficient operation.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

HARRY, M.; SCHROEDER, R. Six Sigma: a Breakthrough Strategy for Profitability. New York: Quality Progress, 1998

MANN, D. W. Creating a lean culture: tools to sustain lean conversions. New York: Productivity Press, 2005. 224p

Mayorga, M. J., & Vásquez, V. E. (2016). Organización: El rol estratégico de la administración de las operaciones, estratégica de operaciones y su excelencia operacional mediante la innovación y el mejoramiento continuo en los procesos (Disertación doctoral). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos – Guia PMBoK. 5. ed. Pennsylvania: PMI, 2013

PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

ROWLANDS, H. Six Sigma: a new philosophy or repackaging of old ideas? Engineering Management, v. 13, n. 2, p. 18-21, 2003. http://dx.doi.org/10.1049/ em:20030201

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A Máquina Que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

1. Graduada em Engenharia de Petróleo e Gás pela Universidade Tiradentes – UNIT. [↑](#footnote-ref-1)