

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATHEUS DA SILVA MATTOS**

**IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS  
EM UMA REFORMA DE COLÉGIO PÚBLICO NA REGIÃO DE CAMPO  
MOURÃO/PR**

**CAMPO MOURÃO**

**2023**

**MATHEUS DA SILVA MATTOS**

**IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS  
EM UMA REFORMA DE COLÉGIO PÚBLICO NA REGIÃO DE CAMPO  
MOURÃO/PR**

**Implementation of project management tools in a public-school  
renovation in the Campo Mourão/PR region**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Jucélia Kuchla Vieira

**CAMPO MOURÃO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS  
EM UMA REFORMA DE COLÉGIO PÚBLICO NA REGIÃO DE CAMPO  
MOURÃO/PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 20/novembro/2023

---

Jucélia Kuchla Vieira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná

---

Fabiana Goia Rosa de Oliveira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

---

Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO  
2023**

Dedico este trabalho a minha família e a todos os envolvidos que me deram apoio e incentivo a realizá-lo.

## **AGRADECIMENTOS**

A seção atual não irá ser o suficiente para agradecer com firmeza e clareza todas as pessoas que fizeram parte dessa fase da vida.

Em especial agradeço minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Jucélia Kuchla Vieira, por ser um guia nesta trajetória e por todo conhecimento compartilhado.

A família e amigos que deram forças e apoio por todo o tempo de execução do trabalho, sendo momentos bons ou ruins. Além de que todo esse trabalho só foi possível graças a oportunidade entregue a mim pelas pessoas que lutaram ao meu lado e sem eles seria muito difícil atingir e completar esse desafio.

## RESUMO

A gestão de obra sendo um aspecto fundamental no canteiro é um fator que caso bem elaborada pode beneficiar empresa e cliente, mas caso não tenha um desenvolvimento eficaz pode acarretar uma imagem não agradável da empresa e originar prejuízos. Neste sentido, o presente trabalho, realizado na reforma de um colégio público na região de Campo Mourão/PR, tem o intuito de desenvolver uma comparação de dois períodos diferentes na obra, onde um é analisado sem nenhuma ferramenta da gestão apenas com o foco na coleta de informação e outra com a busca da ferramenta ideal para a melhoria contínua do processo e sua devida implantação. Enquanto metodologia, no período inicial foi feito um acompanhamento com um planejamento mínimo sendo realizada a coleta de dados necessárias e no segundo período foi inserido o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) sendo um ciclo de atividades de aplicação da metodologia Six Sigma. Cada fase dessa ferramenta é utilizada técnicas e mecanismos que são eficazes em processos já existentes com a finalidade de definir o processo, medi-lo, analisar causas raízes, aplicar as melhorias necessárias e assim, controlar todo o desenvolvimento realizado. Concluindo, com os dados e informação coletadas e comparação foi observado que com a implantação da ferramenta da gestão a empresa teve um crescimento de rentabilidade nos serviços e uma conseqüente motivação elevada dos funcionários por verificarem a importância com os serviços e sua segurança, atribuindo aspectos que focam em melhorar o processo como um todo.

**Palavras-chave:** gestão de obras; reforma; ferramentas; Six Sigma; DMAIC.

## ABSTRACT

As a fundamental aspect of construction site management, it is a factor that, if well developed, can benefit both the company and the client, but if it is not developed effectively, it can lead to an unsatisfactory image for the company and cause losses. With this in mind, this work, carried out on the refurbishment of a public school in the Campo Mourão/PR region, aims to develop a comparison of two different periods on the construction site, where one is analyzed without any management tools just with a focus on collecting information and the other with the search for the ideal tool for continuous improvement of the process and its proper implementation. As a methodology, the initial period was monitored with minimal planning and the necessary data was collected, while the second period included DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), a cycle of activities for applying the Six Sigma methodology. Each phase of this tool uses techniques and mechanisms that are effective in existing processes in order to define the process, measure it, analyze root causes, apply the necessary improvements and thus control all the development that has taken place. In conclusion, with the data and information collected and compared, it was observed that with the implementation of the management tool, the company had an increase in profitability in services and a consequent high motivation of employees by verifying the importance of services and their safety, attributing aspects that focus on improving the process as a whole.

**Keywords:** construction management; renovation; tools; Six Sigma; DMAIC.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida de um projeto.....	22
Figura 2 – Distribuição Normal com zonas de rejeição bilaterais.....	27
Figura 3 – Hierarquia do Six Sigma baseada em cinturões.....	29
Figura 4 – Resumo de cada Cinturão .....	30
Figura 5 – Correspondência das etapas do ciclo DMAIC e PDCA .....	32
Figura 6 – Atividades na fase definir .....	33
Figura 7 – Atividades na fase medir .....	35
Figura 8 – Atividades na fase analisar .....	37
Figura 9 – Atividades na fase melhorar.....	39
Figura 10 – Atividades na fase controlar.....	40
Figura 11 – DMAIC e DMADV.....	42
Figura 12 – Base Six Sigma.....	43
Figura 13 – Banheiro do Alojamento .....	53
Figura 14 – Aplicativo de diário de obra .....	66
Figura 15 – Aplicativo de diário de obra .....	66
Figura 16 – Matriz de Prioridade .....	67
Figura 17 – Diário de obras manual.....	82
Figura 18 – Prancha da Reforma.....	86



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>Fotografia 1 – Retrabalho de colocação cerâmica .....</b>	<b>50</b>
<b>Fotografia 2 – Piso inclinado – entrada colégio .....</b>	<b>51</b>
<b>Fotografia 3 – Rampa 1 – Movimentação terra .....</b>	<b>52</b>
<b>Fotografia 4 – Rampa 1 – Bolhas na pintura.....</b>	<b>56</b>
<b>Fotografia 5 – Rampa 1 – Correção Pintura .....</b>	<b>56</b>
<b>Fotografia 6 – Rampa 2 – Movimentação terra .....</b>	<b>57</b>
<b>Fotografia 7 – Rampa 3 – Acabamentos.....</b>	<b>58</b>
<b>Fotografia 8 – Início do serviço no abaterdouro .....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dados de serviço mês 1 .....	49
Gráfico 2 - Dados de serviço mês 2 .....	52
Gráfico 3 - Dados de serviço mês 3 .....	55
Gráfico 4 - Dados de serviço mês 4 .....	59
Gráfico 5 - Dados período 1.....	60
Gráfico 6 – Diagrama de Pareto .....	62
Gráfico 7 – Histograma .....	62
Gráfico 8 – Dados de serviço mês 5 .....	70
Gráfico 9 – Dados de serviço mês 6 .....	71
Gráfico 10 – Dados de serviço mês 7 .....	72
Gráfico 11 – Resultado final .....	74
Gráfico 12 – Satisfação de trabalho por período .....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo de problemas da gestão identificados na engenharia civil	24
Quadro 2 - Função dos intervenientes no Six Sigma	31
Quadro 3 - Ferramentas para a fase definir	34
Quadro 4 - Ferramentas para a fase medir	36
Quadro 5 - Ferramentas para a fase analisar	38
Quadro 6 - Ferramentas para a fase melhorar	39
Quadro 7 - Ferramentas para a fase controlar	41
Quadro 8 – Lista de Serviços	47
Quadro 9 – Dados de serviço mês 1	48
Quadro 10 – Dados de serviço mês 2	50
Quadro 11 – Dados de serviço mês 3	54
Quadro 12 – Dados de serviço mês 4	57
Quadro 13 – Questões da fase definir	61
Quadro 14 – FMEA de Processos	64
Quadro 15 – 5W2H – Item 7	68
Quadro 16 – 5W2H – Item 17	68
Quadro 17 – Dados de serviço mês 5	69
Quadro 18 – Dados de serviço mês 6	71
Quadro 19 – Dados de serviço mês 7	72
Quadro 20 – <i>CHECKLIST</i>	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível Sigma.....	28
Tabela 2 – Escala Six Sigma.....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
LIE	Limites Inferior de Especificação
LSE	Limites Superior de Especificação
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivo Especifico .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Gestão de Projetos .....</b>	<b>21</b>
4.1.1	Origem.....	21
4.1.2	Importância na Engenharia Civil.....	23
<b>4.2</b>	<b>Compatibilização de Projetos.....</b>	<b>24</b>
4.2.1	Conceituação e Relevância .....	24
<b>4.3</b>	<b>Ferramenta Six Sigma.....</b>	<b>25</b>
4.3.1	Origem.....	25
4.3.2	Classificações organizacionais do Six Sigma.....	28
4.3.3	DMAIC e DMADV na engenharia civil .....	31
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Análise sem ferramenta de gestão .....</b>	<b>43</b>
5.1.1	Passo 1 .....	44
5.1.2	Passo 2 .....	44
<b>5.2</b>	<b>Determinação da ferramenta de gestão a ser implementada .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3</b>	<b>Implantação Six Sigma .....</b>	<b>45</b>
5.2.1	Definir, medir e analisar.....	45
5.2.2	Melhorar e controlar .....	45
<b>5.4</b>	<b>Acompanhamento geral e comparação final .....</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1</b>	<b>Período de execução 1 – Análise sem ferramenta da gestão.....</b>	<b>47</b>
<b>6.2</b>	<b>Escolha da melhor ferramenta da gestão .....</b>	<b>60</b>
<b>6.3</b>	<b>Período de execução 2 – Implantação do Six Sigma .....</b>	<b>61</b>
6.3.1	Definir, medir e analisar.....	61
6.3.2	Melhorar e controlar .....	64
<b>6.4</b>	<b>Comparação Final .....</b>	<b>73</b>
6.4.1	Rendimento de execução .....	73
6.4.2	Motivação da mão de obra .....	74

7	CONCLUSÃO .....	76
	REFERÊNCIAS.....	77
	APÊNDICE A - Modelo Diário de Obras .....	81
	APÊNDICE B - EXEMPLO DE UM DOS <i>CHECKLIST</i> .....	83
	APÊNDICE C - PRANCHA DA REFORMA .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

Reformas em geral tem sua relevância dentro da sociedade, guiadas e alinhadas com requisitos estabelecidos. São existentes dois aspectos gerais de reformas, sendo mudanças econômicas ou culturais que acarretam na origem de intervenção nas edificações. Além do próprio envelhecimento da construção com o passar do tempo gerar a necessidade de alteração, por diminuição da qualidade e perda da função estipulada para determinada edificação (ABNT, 2020).

A conceituação de reforma de uma maneira ampla, tem-se uma carga importante sobre gestão e compatibilização de projetos. Na etapa preliminar da reforma deve-se compartilhar para o responsável do local, o plano de reforma e documentações necessárias, garantindo o atendimento da legislação vigente. Já durante a reforma deve-se ter preceitos voltados a segurança, respeitando normas e regulamentos que comprovem o seguimento das mesmas. Após a reforma é necessário utilizar a ABNT NBR 14037 para atualizar ou criar o manual de operação, uso e manutenção para as novas medidas que foram inseridas na edificação (ABNT, 2020).

A reforma requer uma compatibilização dos projetos novos com a edificação existente muito detalhada para não gerar prejuízo. Na construção civil, o grande ponto de desperdício em obras de qualquer natureza está totalmente atrelado com a ausência da compatibilização, que conseqüentemente aumenta a frequência da perda de material e isso se alastra por todo o período de obra. Porém, este fato não se trata apenas de perda de material, pode ser direcionado problemas para a logística de maquinário no canteiro pela falta da compatibilização, além da própria mão de obra e o investimento local. Podem haver pontos específicos que geram retrabalho e ações inúteis que originam custos extras e o conseqüente atraso do prazo de obra (Nascimento, 2014).

Mesmo com ideais de muitos empreendedores no ramo da construção civil, que a compatibilização é um gasto desnecessário, isso seria apenas uma pequena parte do custo futuro que irá ter que gastar por conta de erros e defeitos presentes na correção dos projetos (Monteiro *et al.*, 2017).

A compatibilização é uma ferramenta indispensável na realização de projetos, desenvolvida de forma eficaz, detecta defeitos e evita problemas futuros, pois, mesmo na fase preliminar é possível eliminar erros pela compatibilização inicial. Desta forma,



acarreta-se redução de custos, retrabalho e potencializando o empreendimento perante o mercado competitivo atual (Avila, 2011)

Segundo Callegari (2007) um projeto compatibilizado, possibilita controle de materiais, tempo economizado que pode ser redirecionado para outras atividades da obra e melhora a eficiência da mão de obra.

O presente trabalho visa o acompanhamento e aprimoramento da reforma de um Colégio Estadual no Município de Campo Mourão, em dois períodos analíticos, sendo o inicial com a ausência de qualquer ferramenta da gestão e o outro com uma verificação da melhor ferramenta a ser inserida na reforma e implantação da mesma. Logo, por consequência visando atingir otimizações e acarretar soluções de possíveis problemas para ter-se uma execução eficaz.

## **2 OBJETIVO**

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

### **2.1 Objetivo Geral**

Comparar resultados obtidos na realização de uma reforma de um colégio público na região de Campo Mourão/PR, aplicando-se ferramentas de gerenciamento de projetos.

### **2.2 Objetivo Especifico**

- Avaliar o desenvolvimento de uma reforma executada sem o auxílio de ferramentas de gerenciamento de projetos, em um período de quatro meses;
- Analisar a ferramenta que mais se adequa ao processo de gestão, para otimização dos serviços da reforma;
- Implantar ferramentas de gestão de projetos após quatro meses de obra, até o fim da reforma;
- Comparar resultados obtidos na execução da edificação, considerando a utilização ou não da ferramenta Six Sigma.

### 3 JUSTIFICATIVA

Com a concorrência do mercado aumentando é necessário a usabilidade das ferramentas da gestão, além de ter profissionais capacitados com estudos para usá-las com eficácia e permitir que as mesmas evoluam, pois, a competitividade do mercado estabelece uma obrigação das construtoras usarem o gerenciamento empresarial. A garantia da segurança de um empreendimento ou obra é dever de um planejador, que domine o alto grau de conhecimento do processo ou projeto que está inserido, conectada a técnicas e ferramentas da gestão para viabilizar que o projeto tenha condições de ser executado. Os benefícios do uso da gestão, não é apenas do gestor e do empreendedor, mas sim de toda a equipe envolvida na trajetória do projeto (Gonçalves, 2016).

Para ter confiabilidade nos resultados, deve-se buscar ferramentas seguras, que por exemplo, auxiliem no acompanhamento gradativo das obras, que se possibilita observações pelos recursos investidos no processo e principalmente no planejamento da obra, sendo que o mesmo é responsável por análise técnico-econômico e pelo controle do sistema implementado, de forma que garanta os resultados obtidos (Goldman, 2014).

No canteiro de obras deve-se ter planejamentos, logística e cronogramas para atingir uma excelência nos serviços e entregar com qualidade para os clientes e seguindo as diretrizes da empresa e tudo isso dentro ou antes do prazo estabelecido. Desta forma, o gerenciamento de projetos e obras tem a função mais essencial para um bom desenvolvimento, reduzir dúvidas, erros e retrabalho e usa-se ferramentas para o gerenciamento poder melhorar e solucionar defeitos presente no processo que impeça o objetivo final (Manziona, 2013).

As obras apresentam elevados fatores que variam dentro do canteiro e caso o serviço apresenta uma dificuldade maior em cada etapa, isso gera complexidade na adequação de correções para todos os imprevistos que surgem. Porém, analisando-se de uma forma segura, preventiva e proativa o gerenciamento com uma identificação eficaz pode fornecer auxílio e contribuir com o desempenho da empresa, e justifica-se pelo simples fato de ter sido realizada uma investigação detalhada (Resende, 2013)

As vantagens de uma gestão de excelência são de fácil observação, com uma liderança que coleta dados e medidas do desenvolvimento detalhado de sua equipe

profissional. Juntos realizando um acompanhamento diário de forma organizada e com as atividades totalmente voltadas para os benefícios do processo, e por consequência diminui as taxas de retrabalho, desperdício de material e perdas dos mesmos, de mão de obra e tempo (Almeida; Andrade, 2022).

É válido ressaltar que a construção civil é uma área que se tem um número considerável de variáveis, dentro de um cenário volátil com constantes mudanças (Mattos, 2019).

Portanto, como estratégia, a metodologia Six Sigma propõe aperfeiçoar processo-chaves para a melhoria global de um produto ou serviço estudado, de maneira que os processos permaneçam estáveis e sejam assertivos nas causas-raízes, o mecanismo DMAIC, por exemplo, imerso na metodologia, aprimora o padrão requerido para alcançar o sucesso e reduzir imperfeições e valores de elementos não conformes no processo de gerenciamento de obras, que são estabelecidos nas normas vigentes (Pinto, 2016).

Considerando a competitividade do mercado, muitos aspectos devem ser levados em conta para uma determinada empresa ter vantagem, desta forma trabalhar com o aprimoramento e melhoria de processo pode colocar empresas à frente dos demais. Portanto, este trabalho tem como relevância principal demonstrar que o aprimoramento da empresa com o uso de ferramentas da gestão que permite um desenvolvimento significativo na organização como um todo, além da busca de aumentar o número de empresas que aderem à implementação de ferramentas e mecanismos que auxiliem no gerenciamento de obras.

## **4 REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo serão apresentadas origens e a importância de ferramentas da gestão de projetos na engenharia civil. Serão abordadas a conceituação e relevância da compatibilização de projetos, salienta-se fatores que são influenciados por uma compatibilização eficaz. Ao final, será explanado sobre a ferramenta escolhida para aplicação a reforma do colégio público na região de Campo Mourão/PR, metodologia SixSigma.

### **4.1 Gestão de Projetos**

A seção atual aborda respectivamente a origem da gestão de projetos inserida na construção civil, e a relevância de uma gestão eficaz, pois com a tecnologia e a competitividade inseridas no mercado, se faz necessária a utilização de gerenciamento empresarial assertivo com técnicas que atinjam os requisitos dos clientes.

#### **4.1.1 Origem**

A conceituação de gestão de projetos tem sido utilizada desde o início dos tempos, a gestão de projetos de forma significativa dá passos relevantes em sua evolução. Nos tempos antigos a maior parte dos projetos das civilizações tinha foco em poder, religião ou construções de grandes monumentos e diferente de dias atuais o custo e o tempo que são grande parte da estrutura dos projetos tinha pouco significado. Um exemplo disto, na quinta dinastia egípcia, em Abusir, uma pirâmide que teria como função acolher o tumulo de seu investidor não foi concluída a tempo de seu óbito e acabou sendo usada para restos de outros dignitários. Deste modo, a atração principal da gestão de projetos na antiguidade era dominada principalmente por beleza, demonstração de riqueza, durabilidade em estruturas e a qualidade na mão de obra. Assim os aspectos de custo e prazos foram aos poucos por necessidade crescendo na gestão de projetos (Keeling; Branco, 2012).

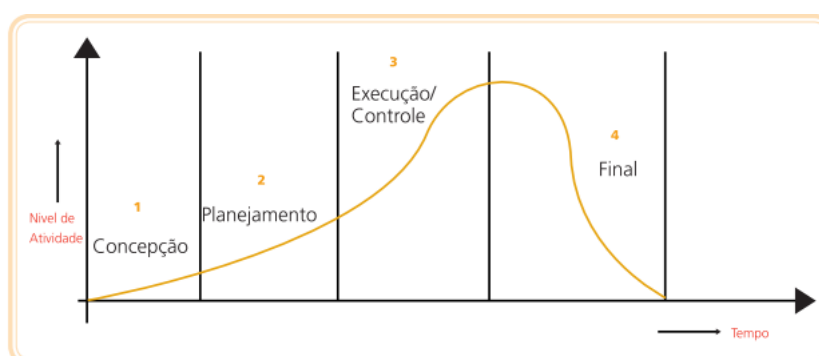
Chegando a década de 1950, a gerenciamento era chamado de planejamento financeiro, sendo autoexplicativo, trata-se de um controle de orçamentos e finanças que por sua vez eram estopim para tomadas de decisões da alta administração e estratégia. Em geral eram desenvolvidas pelo alto executivo da companhia, tendo a opção de ser chamado também de Administração Por Objetos (APO), nomenclatura

conceituado por Peter Ducker, considerado pai da gestão moderna. Já o chamado planejamento estratégico teve origem em 1960 tendo como objetivo passar planos a longo prazo para projeções de lucros. É de fácil percepção que os projetos têm uma fundamentação para alcançar uma excelência organizacional e atingir metas e resultados esperados, tanto na construção civil quanto em qualquer outro ramo fora da engenharia, como por exemplo, na abertura de um novo restaurante ou na implementação de novos processos organizacionais (Martinelli, 2009).

Na implementação do gerenciamento de projetos, há um consenso de que é aprimorado e potencializado as chances de sucesso empresarial, através de aspectos que possibilitam a utilização de análise de entradas e saídas, além de ferramentas e mecanismos usados no decorrer do ciclo de vida empreendedor, seguindo especificações e requisitos voltados ao objetivo principal a ser desenvolvido (Valle *et al.*, 2014).

Conceituado em 1969, o PMI (*Project Management Institute*), é o centro internacional de excelência na seção de gestão de projetos e está inserido em 185 países com uma quantidade de membros associados maior que 370.000 membros, inclusive no Brasil. O PMI oferta o significado de gestão de projetos, sendo um conjunto de princípios, práticas e técnicas com o intuito de guiar grupos de projetos e fiscalizando fatores como, custos, riscos, taxa de desempenhos, assim, atingindo os requisitos finais do cliente. Na Figura 1 é possível analisar o ciclo de vida de um projeto estruturado por 4 etapas principais, concepção, planejamento, execução/controle e conclusão (Campos, 2011).

**Figura 1 – Ciclo de vida de um projeto**



**Fonte: Campos (2011, p. 268)**

A concepção, primeira fase do projeto é o ato de identificar necessidades, definindo equipes e realizando cronogramas e orçamentos. Já no planejamento tem-

se o desenvolvimento de estudos e análises, obtenção de materiais e criação de protótipos para atingir a aprovação para execução. A terceira fase, execução/controle, é a ocorrência das etapas planejadas anteriormente, com a fiscalização e monitoramento, ou seja, o controle para ações corretivas necessárias. Por fim ocorre a conclusão, formada pela aceitação e finalização do projeto (Campos, 2011).

#### 4.1.2 Importância na Engenharia Civil

O gerenciamento de projetos tem por função alcançar a satisfação do cliente pelo atendimento de suas necessidades, para o funcionamento da empresa ser exemplar deve-se definir e gerenciar as etapas de forma que satisfaçam os requisitos dos clientes e realizem serviço eficaz (ABNT, 2009).

Teixeira *et al.* (2020) demonstra informações dos problemas na falta de gestão na construção civil conectada com as deficiências em implantações do cronograma de custo, dificuldades para a realização das medições, equipes sem o treinamento adequado e a falta da utilização de Tecnologia da Informação (TI).

Problemas identificados envolvendo falha na gestão de pessoas, tecnologias e informações do projeto resultam atraso nas obras, e por consequência a indústria da construção tem como característica uma gestão empresarial fragmentada (Arrotéia; Amaral; Melhado, 2014). Logo, atrasos em obras estão relacionados diretamente à não execução de planejamentos e cronogramas e como consequência origina-se uma redução na rentabilidade por falta de uma metodologia de gerenciamento (Lima; Braga, 2020). Frente a isto, pode ser verificado um resumo de problemas definidos pela falta de gestão no Quadro 1.

**Quadro 1 - Resumo de problemas da gestão identificados na engenharia civil**

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
Pessoas	Ausência de qualidade de pessoas. Falta de integração das equipes.
Estrutura Organizacional	Estrutura organizacional inadequada, fragmentada e excessivamente funcional.
Tecnologia da Informação	Uso inadequado ou falta de uso de sistemas de TI (Tecnologia da Informação) na gestão da construção civil. Apoio na integração das pessoas por uma ferramenta de TI.
Metodologia de Gestão	Metodologia de gestão e planejamento deficiente das obras. Deficiências na integração do cronograma com o custo e dificuldades nos processos de medição.

Fonte: Adaptado de Teixeira *et al.* (2020).

## 4.2 Compatibilização de Projetos

A compatibilização é um atributo fundamental do processo, gestão de projetos, sendo um mecanismo de identificação de interferências presentes nos projetos executados na engenharia, a seção a seguir exibe a definição de compatibilizar e a importância da ferramenta para reduzir os erros podem ser pertinentes desde o projeto até sua execução.

### 4.2.1 Conceituação e Relevância

Leusin (2018) afirma que a compatibilização é conceituada como a correção de erros e inconsistências, que origina retrabalho, pelo fato que ao ser realizada a compatibilização é necessário alterações nas concepções e assim em todas as etapas que estruturam o processo.

A técnica de compatibilização torna os projetos compatíveis, apresentado medidas corretivas para detectar defeitos e erros presentes no projeto e tornar o mesmo um empreendimento válido. Logo, o ato de compatibilizar se define como analisar, verificar e corrigir interferências físicas que impossibilitam a existência da edificação e assim, evitar patologias futuras dentro da construção. A função deste processo é exibir o conjunto harmônico de projetos arquitetônicos e complementares respeitando regras e normas estabelecidas (Avila, 2010).

Na compatibilização os diferentes tipos de projetos são sobrepostos para auxiliar na verificação de incoerência e exibir com facilidade os defeitos que restringem a execução. Com os problemas evidenciados a compatibilização funciona como uma “malha fina” permitindo os projetistas atuarem solucionando e possibilitando a realização do projeto. É importante ressaltar a necessidade de



compatibilizar desde a definição do projeto, pois realizado após o término da elaboração do projeto gera retrabalho (Adesse, Melhado, 2003).

Pode-se relacionar a compatibilização como uma atividade de gerenciamento de projetos, tendo o conjunto de especialidades originando correção nas distorções presentes no sistema, assim, alcançando a equalização das especialidades inseridas. O projeto arquitetônico é o inicial, tendo maior flexibilidade e melhorias iniciais na fase preliminar. Logo, com um planejamento no início bem elaborado diminui trabalho na compatibilização dos complementares (Avila, 2011).

Assim, na construção de futuros projetos tem-se uma diminuição de incoerências de elaboração, sendo que a análise dos projetos aprimora e melhora a qualidade dos projetos. As importantes ações de correção, permitem perfeitos ajustes e a melhoria continua nos projetos e construções (Callegari, 2007).

### **4.3 Ferramenta Six Sigma**

A presente seção, disserta detalhes da ferramenta Six Sigma, que dentre seus conceitos voltados a gestão, baseia-se em métricas de estatísticas para a diminuição de variabilidades no processo, seja um produto ou serviço a ser prestado (Silva, 2013). A seção se estrutura desde a origem da metodologia até o uso da mesma na engenharia civil, ou seja, pode-se observar que o uso da ferramenta não é fixo em apenas uma área de atuação, mas diversas áreas adotam o Six Sigma para implementar e melhorar a gestão organizacional.

#### **4.3.1 Origem**

No século passado, uma empresa japonesa iniciou a administração da gestão da empresa Motorola que fabricava televisões nos Estados Unidos da América. De uma forma radical alteraram o modo que a empresa operava e implantaram novas medidas de gestão e em um período curto de tempo reduziram em 20 vezes o número de defeitos. Porém, a fábrica manteve-se com a mesma mão de obra, equipamentos e tecnologia que já vigoravam e este feito gerou diminuição também no custo da produção (Pyzdek, 2003).

A criação da metodologia é dividida em diferentes opiniões, Sharma (2003) acredita que a execução foi feita por Mikel Harry na década de 80 com o intuito de aumentar o foco na solução de problemas em negócios, de maneira que fossem

identificadas causas raízes e após a solução ter um controle estratégico. Já Pirasteh e Fox (2010) acreditam que quem promoveu o Six Sigma foi Bob Galvin, presidente da Motorola que deu início a parte prática da metodologia, juntamente com o engenheiro responsável da época Bill Smith. O objetivo da Motorola era crescer a competitividade do mercado utilizando adequações de diversas ferramentas que eliminariam os desperdícios do processo produtivo (Dantas, 2015).

A usabilidade da ferramenta Six Sigma é analisada pelo dever do desvio-padrão ser proporcional a variabilidade e inversamente proporcional a uniformidade do processo em questão, ou seja, se a taxa de desvio-padrão for baixa, consequentemente a variabilidade diminuirá e assim, mais uniforme o processo será. Logo, com a redução de variabilidade, melhorias e vantagens são desenvolvidas para o processo e a porcentagem de defeitos é diminuída (Trad; Maximiano, 2009).

Com o passar dos anos, a gestão da qualidade se potencializou juntamente com métodos quantitativos, mão de obra especializada, identificação de objetivos claros e assertivos com foco em desempenho e o Six Sigma, teve amplitude atuando em áreas distintas, mas com o reconhecimento de ser uma ferramenta de estratégia para aumentar o desempenho da empresa (Santos; Martins, 2010).

A metodologia pode ser dividida em 3 vertentes, ter uma liderança de excelência com a participação do líder, ter objetivos e comunicação clara, ser assertivo na escolha do processo de análise, para usar estratégia e ferramentas que dominem a visão dos clientes e por fim, uma questão fundamental, sendo, a colaboração e dedicação global da empresa (Trad; Maximiano, 2009).

O Six Sigma apresenta uma unificação de ferramentas de gestão da qualidade para potencializar a competitividade das empresas presentes no mercado, dentre as ferramentas usadas na metodologia pode-se citar: o Brainstorming para identificar causas e origens de problemas no processo, o diagrama de Pareto para analisar as causas raízes dos defeitos, o planejamento de experimentos para realização de protótipos de teste e melhoria do sistema produtivo, gráficos de controle para junção de informação e verificação de dados, caso estejam dentro ou não dos padrões esperados, além de fluxogramas, histogramas, análise de variância, SIPOC, projeto Charter, entre outros (Schaffer, 2016).

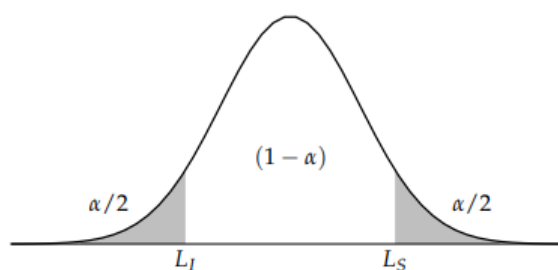
Do ponto de vista matemático, a letra do alfabeto Sigma,  $\sigma$ , tem origem na Grécia com a função na estatística de simbolizar o desvio-padrão. O Six Sigma por sua vez é uma metodologia que está relacionado com a quantidade de variáveis, ou

defeitos quando se trata de medir determinado processo, a partir do momento que é realizada uma medição ou análise o desvio-padrão tem relevância para a avaliação. Com o objetivo de obter melhor desempenho, a usabilidade do Six Sigma é pela métrica de 3,4 defeitos PPM (partes por milhão) de oportunidades, assim, garantindo 99,99966 % de chances de sucesso. É de fundamental importância a ação de evitar defeitos, falhas e erros, pois além de permitirem a complexidade do processo, acaba acarretando que o valor dos serviços fique mais caros e conseqüentemente reduz o desejo dos clientes adquirirem o produto (Rocha; Canterle; Lima, 2006).

Portanto, na análise de estatísticas, há dois tipos de limites de especificação que convergidos em valores limitantes, os mesmos apresentam a porcentagem de que o produto ou serviço está atendendo ou não os requisitos e necessidades dos clientes sendo, o limite superior de especificação (LSE) e o limite inferior de especificação (LIE), na presença de dois limites é demonstrado uma especificação unilateral, já com a existência de dois limites gera a especificação bilateral (Gaspar, 2015).

Entende-se que, a presença de limitante, origina áreas de confiança e de significância, ambos presentes na estatística, desta maneira o intervalo de confiança é definido entre dois limites, um superior e um inferior, em visão numérica  $(1 - \alpha)$ . Já fora desse intervalo, ou seja, na parte externa se encontra o nível de significância  $(\alpha)$  sendo a área além dos limites. Percebe-se que ao aumentar o nível de confiança, automaticamente o nível de significância reduz e vice-versa, como representa a Figura 2.

**Figura 2 – Distribuição Normal com zonas de rejeição bilaterais**



**Fonte: Pinto (2016, p. 22).**

Frente aos conceitos estabelecidos, um exemplo é quando limites de especificações se encontra a 3 desvio-padrão, ou seja, a probabilidade do produto não atender as especificações é de 0,27 %, isto define-se como o risco do fabricante

de realizar um produto com defeito, assim indicando que são feitos 2700 DPMO (Defeitos por milhão de oportunidades) (Pinto, 2016). Na Tabela 2 são exibidos os níveis sigmas, que quando crescem os limites de especificações afastam gerando uma área maior de confiabilidades, logo o risco do fabricante reduz.

**Tabela 1 – Nível Sigma**

<b>Nível Sigma</b>	<b>Probabilidade de produtos dentro da especificação (1 - <math>\alpha</math>) (%)</b>	<b>Defeito por milhão de oportunidade (DMPO)</b>
1 $\sigma$	68,27	317300
2 $\sigma$	95,45	45500
3 $\sigma$	99,73	2700
4 $\sigma$	99,9937	63
5 $\sigma$	99,999943	0,57
6 $\sigma$	99,9999998	0,002

**Fonte: Adaptado de Pinto (2016).**

A Tabela 3, semelhante a anterior representa os valores desenvolvidos pelo Six Sigma, a diferença está nas casas decimais mais precisas e a presença do item de custo de não qualidade que indica a porcentagem do faturamento, que seria gasto a mais por defeitos presentes no processo e em casos extremos a conclusão de não aplicação do mesmo.

**Tabela 2 – Escala Six Sigma**

<b>Nível Sigma</b>	<b>Nível de qualidade</b>	<b>Taxa de erro (%)</b>	<b>Defeito por milhão de oportunidade (DMPO)</b>	<b>Custo da não qualidade (% do faturamento)</b>
1 $\sigma$	30,90	69,10	691.462	Não se aplica
2 $\sigma$	69,10	30,90	308.538	Não se aplica
3 $\sigma$	93,30	6,70	66.807	25 a 40
4 $\sigma$	99,38	0,62	6.210	15 a 25
5 $\sigma$	99,977	0,023	233	5 a 15
6 $\sigma$	99,99966	0,00034	3,4	<1

**Fonte: Adaptado de Harry e Schraeder (2005) apud Pacheco (2014).**

#### 4.3.2 Classificações organizacionais do Six Sigma

A ferramenta Six Sigma, tem requisitos de escalas de competências e conhecimentos de resolução de problemas e análises detalhadas do processo em estudo, ou seja, requer desde indivíduos que sejam capazes de lidar com artifícios

complexos que surgirem até operários que realizem tarefas mais simples (Gygi; Willians, 2005).

Um dos criadores do sistema Six Sigma, Mikel Harry, foi no final da década de 80 realizar uma consultoria técnica na *Unisys Salt Lake Printed Circuit Facility*, onde se destacou aprimorando e solucionando defeitos no processo de circuitos elétricos. Logo, não apenas Harry participou das soluções, mas uma equipe de engenheiros teve destaque e foi quando Mikel Harry resolveu chamar tais engenheiros de “engenheiros de cinturão negro”. Originando assim, a hierarquia dos cinturões (*Belt System*) classificações que motivam seus participantes para adquirirem mais conhecimentos e solucionar todos os problemas nos processos analisados (iSixSigma, 2010). A Figura 3 apresenta a hierarquia do SixSigma, a Figura 4 exibe um resumo de cada cinturão e a Tabela 4 apresenta a hierarquia e suas respectivas funções.

**Figura 3 – Hierarquia do Six Sigma baseada em cinturões**



Fonte: Cefis (2021, p. 1)

Figura 4 – Resumo de cada Cinturão



**Fonte: Sabino (2018, p. 1)**

O papel dos líderes no sistema da metodologia organiza a proficiência dos especialistas no processo e dos mecanismos inseridos no Six Sigma. Pode-se observar a semelhança da hierarquia da ferramenta com as artes marciais, originando-se o termo *belts* (Marzagão; Carvalho, 2016).

Diferença nas empresas, que passam a usar o Six Sigma, são notadas, de forma que a uma mudança grande dentro dos recursos humanos da empresa e com relação a treinamentos com mais frequência com a participação de todos os funcionários e assim, criando consciência e conhecimentos de qualidade (Davison; Al-shaghana, 2007).

Quadro 2 - Função dos intervenientes no Six Sigma

Hierarquia	Função no projeto
<i>Executive Leadership</i>	Fornecer o alinhamento global, estabelecendo o foco estratégico do programa Six Sigma dentro do contexto da cultura e visão da organização (ASQ, 2016).
<i>Champion</i>	Faz a ligação entre a gestão de topo e a equipe Six Sigma. Remove barreiras organizacionais e fornece todos os elementos necessários à equipe Six Sigma (KUBIAK; BENBOW,2009).
<i>Master Black Belt</i>	Está o tempo todo com a equipe Six Sigma, sendo a sua principal função treinar e aconselhar os Black Belts, assim como liderar a ruma dos projetos de acordo com os objetivos estratégicos da organização (KUBIAK; BENBOW,2009).
<i>Black Belt</i>	Têm conhecimentos profundos das ferramentas estatísticas a serem aplicadas nas diversas metodologias. Grande capacidade de liderança e trabalho em equipe para o sucesso do projeto (KUBIAK; BENBOW,2009).
<i>Green Belt</i>	Trabalha sob a tutela dos <i>Black Belts</i> . Menor conhecimento das ferramentas estatísticas em toda a sua dimensão, mas com competência e treino para utilizar as ferramentas necessárias ao projeto (KUBIAK; BENBOW,2009).
<i>Yellow Belt</i>	Pode ser qualquer elemento da organização, que entenda bem o processo em estudo, que consiga identificar as melhores métricas, definir fatores críticos e recolher alguns dados que auxiliem os <i>Green Belts</i> e <i>Black Belts</i> (GYGI, WILLIANS 2005).
<i>White Belt</i>	Elementos que não faz parte da equipe Six Sigma mas que tem conhecimentos básicos que lhe possibilitam trabalhar em equipes de resolução de problemas locais que auxiliam no projeto global Six Sigma (ASQ, 2016).

Fonte: Adaptado de Pinto (2016).

#### 4.3.3 DMAIC e DMADV na engenharia civil

Abordando sobre as vantagens da utilização da estrutura do Six Sigma, pode-se analisar que a metodologia tem uma persuasão organizacional, inserida a ela tem-se mecanismos que podem ser analisados como roteiros para empresas realizarem a implementação da metodologia como o DMAIC e o DMADV.

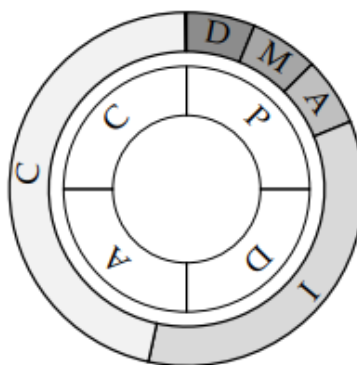
O DMAIC é um acrônimo de 5 blocos que são conectados entre si, sendo eles: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Melhorar (*Improve*) e controlar (*Control*). Cada bloco tem sua conceituação e propósitos centrais, além de atividades e ferramentas que são essenciais para a execução do mecanismo. De forma que facilite a compreensão, o ciclo DMAIC inicia a identificação e seleciona possíveis

projetos em potencial, realizando a medição de parâmetros presentes no processo em foco, analisa-se causas raízes do processo, atua com a melhoria pontual de maneira que gere desempenho positivo e finaliza-se com o controle que sustente a melhoria inserida que atuará ao longo do projeto (Sokovic; Pavletic; Pipan 2010).

O ciclo apresenta uma imagem sistemática com uma estrutura rígida, com o intuito total em atingir resultados, porém para alcançar o ponto mais alto de melhoria deve-se existir uma flexibilidade na trajetória do processo, onde o DMAIC se interligue com a real natureza e realidade do projeto (Sokovic; Pavletic; Pipan 2010).

Existe uma relação que conecta o ciclo DMAIC com o ciclo PDCA, como o mecanismo do Six Sigma tem objetivo em resultados e controle dos mesmos, o PDCA é um sistema de melhoria continua com 4 fases sendo: Planejar (*Plan*), Fazer (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*), logo estas etapas podem coexistir inseridas no DMAIC como é representado na Figura 4 (Franz; Caten, 2003).

**Figura 5 – Correspondência das etapas do ciclo DMAIC e PDCA**



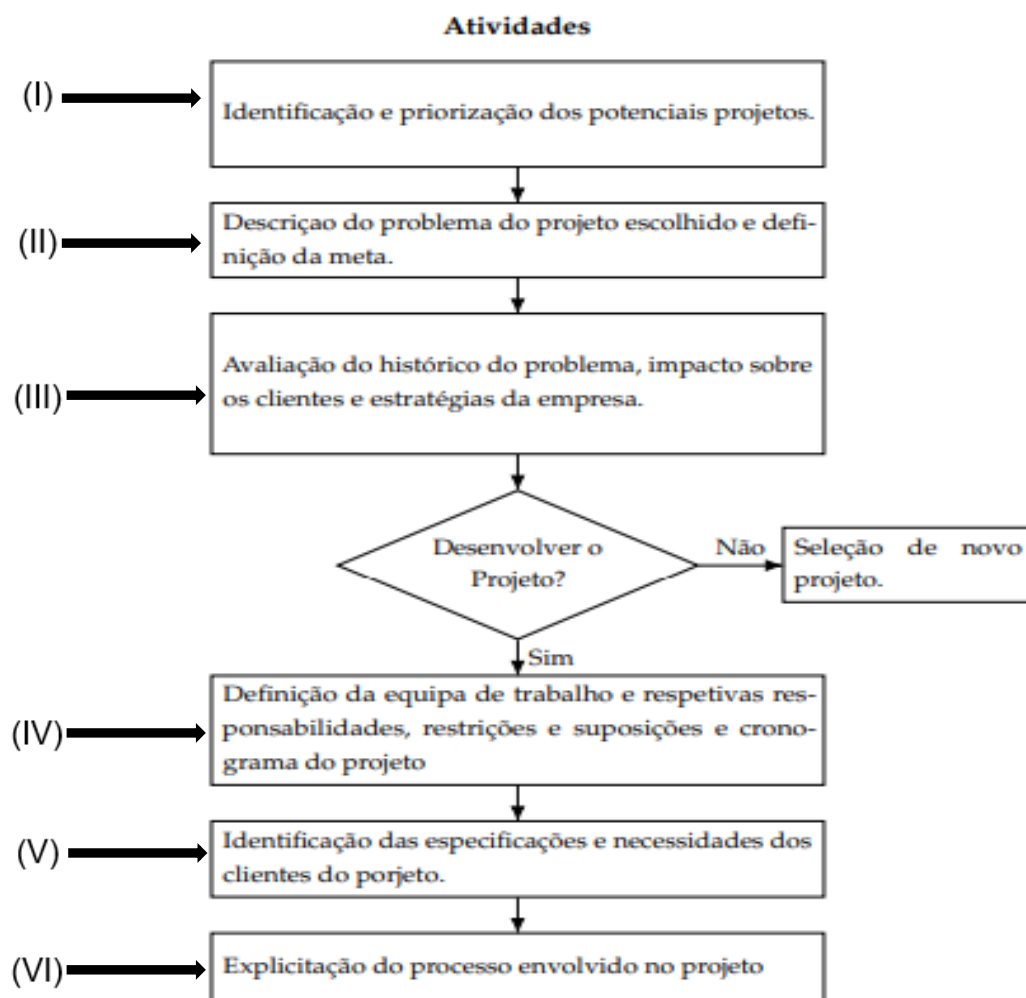
**Fonte: Pinto (2016, p. 28).**

O bloco definir tem função com grande relevância no sistema, pois deve ser realizado uma série de questões pontuais para identificar a real necessidade do cliente. Perguntas que solucionam o problema do cliente, as metas definidas, as limitações que há no trajeto, a função de cada membro e objetivos temporários definidos para o estudo (Silva, 2013).

Na Figura 5 são demonstradas as atividades voltadas a fase definir, local de realização da seleção do projeto que será analisado e para ter sucesso em sua escolha deve-se atingir os requisitos da Figura 6. Já a Quadro 3 refere-se as ferramentas que guiaram a etapa por completo, técnicas que auxiliaram e acarretaram em uma precisão maior na identificação do processo.



Figura 6 – Atividades na fase definir



Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

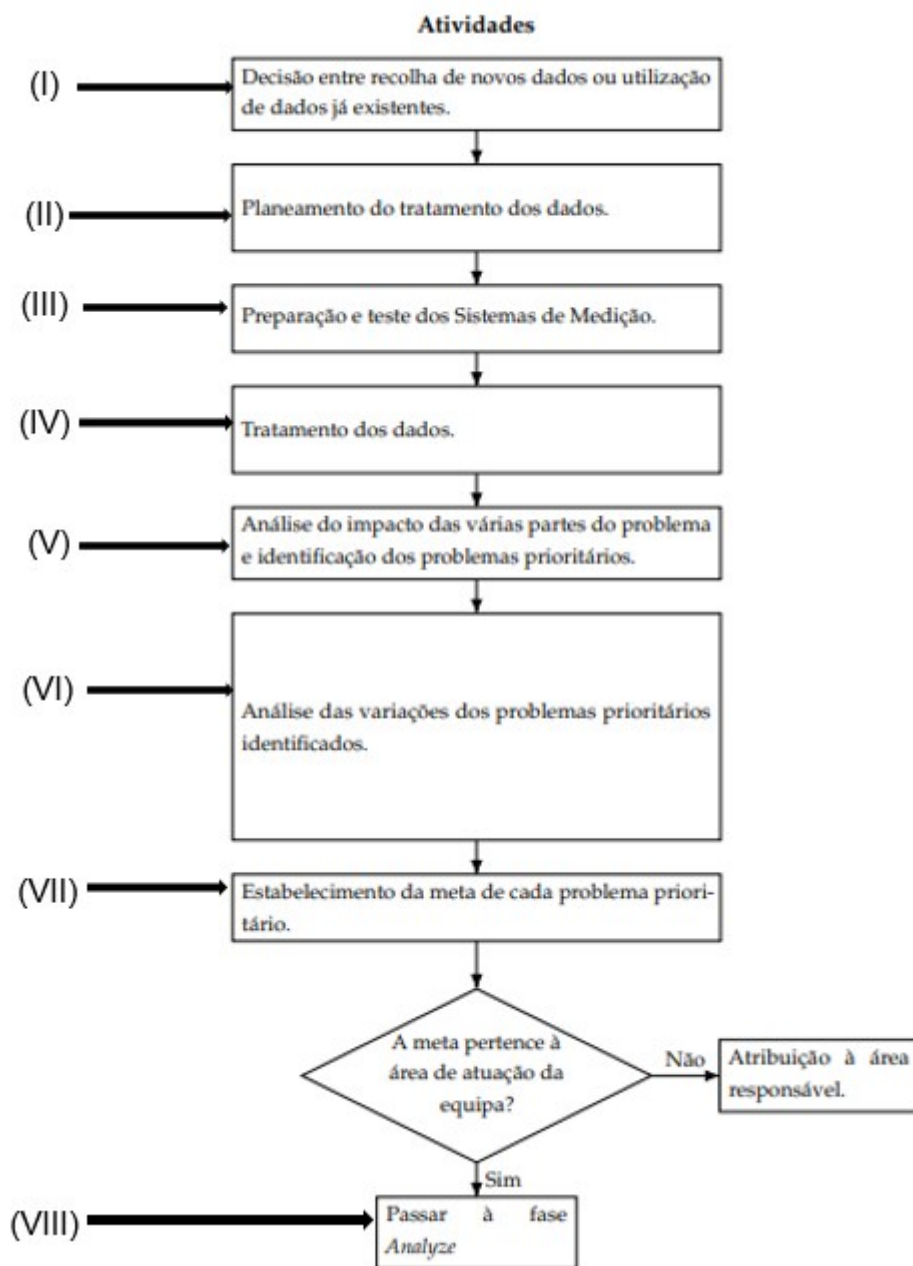
**Quadro 3 - Ferramentas para a fase definir**

<b>Itens</b>	<b>Ferramentas</b>
(I)	Matriz de Prioridades
	Diagrama de Pareto
	AHP
(II)	<i>Project Charter</i>
(III)	<i>Project Charter</i>
	Cartas de controle
	Métrica Seis Sigma
	Análise Económica
(IV)	<i>Project Charter</i>
(V)	VOC
	CTQ
(VI)	SIPOC

**Fonte: Adaptado de Werkema (2004).**

Na fase medir, é possível observar a pertinência da relação do Six Sigma com a estatística, pois a fase presente tem o objetivo de compreender todo o comportamento do processo, para que o resultado final desta fase seja conhecer causas dos defeitos identificados. Logo, é na etapa de medir que é verificada a variabilidade do sistema, sendo comum a usabilidade da métrica do Six Sigma para passar os defeitos existente em uma relação numérica, assim torna possível uma visualização mais clara do processo, e para pós melhoria, permitir uma comparação do resultado com o estado original do processo. Por fim, realizando alguns ajustes da fase anterior para assim ter uma precisão alta de qual ferramenta usar para melhoria (Pinto, 2016). Na Figura 7 e Quadro 4, pode-se encontrar as atividades e ferramenta usadas na fase de medição, respectivamente.

Figura 7 – Atividades na fase medir



Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

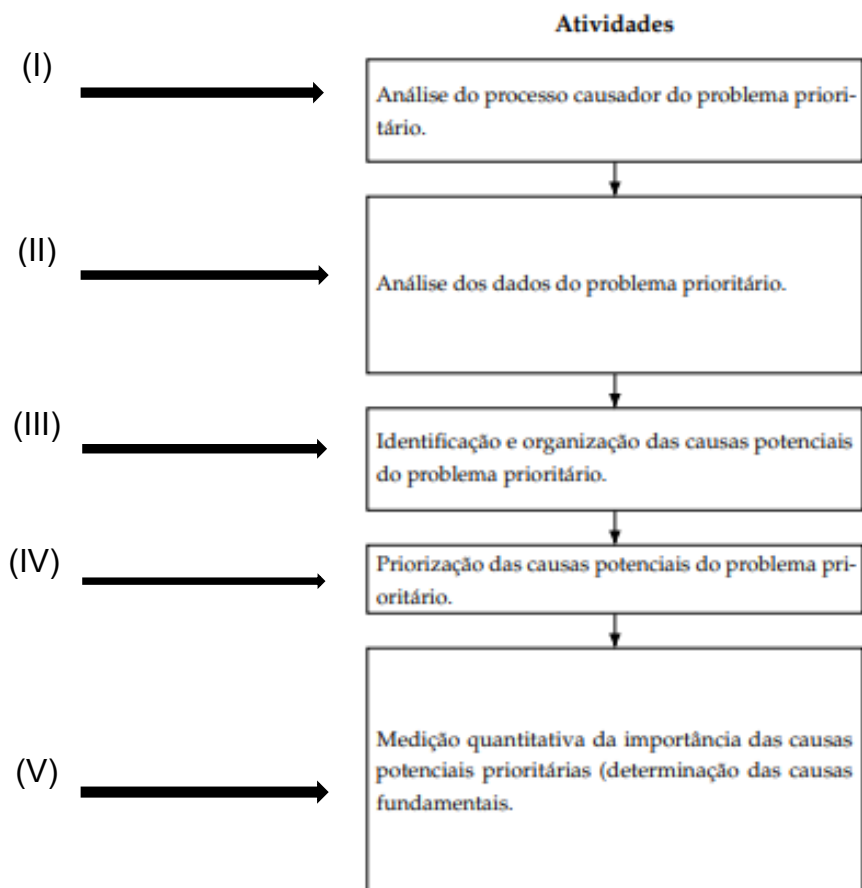
**Quadro 4 - Ferramentas para a fase medir**

<b>Itens</b>	<b>Ferramentas</b>
(I)	Avaliação de Sistemas de medição
(II)	<i>Plano para recolha de dados</i>
	<i>Folha de Verificação</i>
	<i>Amostragem</i>
(III)	Avaliação de Sistemas de medição
(IV)	<i>Plano para recolha de dados</i>
	<i>Folha de Verificação</i>
	<i>Amostragem</i>
(V)	Estratificação
	Diagrama de Pareto
(VI)	Cartas de Controle
	Análise de séries temporais
	Histograma
	Boxplot
	Índices de capacidade
	Métricas Seis Sigma
	Análise multivariada
Mapa de processos	
(VII)	<i>Project Charter</i>

**Fonte: Adaptado de Werkema (2004).**

A etapa de analisar, é coletar todos os dados e informações obtidos anteriormente, e verificar as origens de variabilidade e obter qual as causas raízes do problema. (Montgomery; Woodall, 2008). Esta fase é de imensa importância para a fase seguinte, a melhoria, por essa razão é necessário o desenvolvimento de uma triagem e assim analisar prioridades dentre as causas de interferência, que são fundamentais, realizando uma conversão de informações brutas em dados precisos e visuais (Pinto, 2016). Na Figura 8 e Quadro 5 são apresentados de forma respectiva as atividades e ferramentas da fase medir.

Figura 8 – Atividades na fase analisar



Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

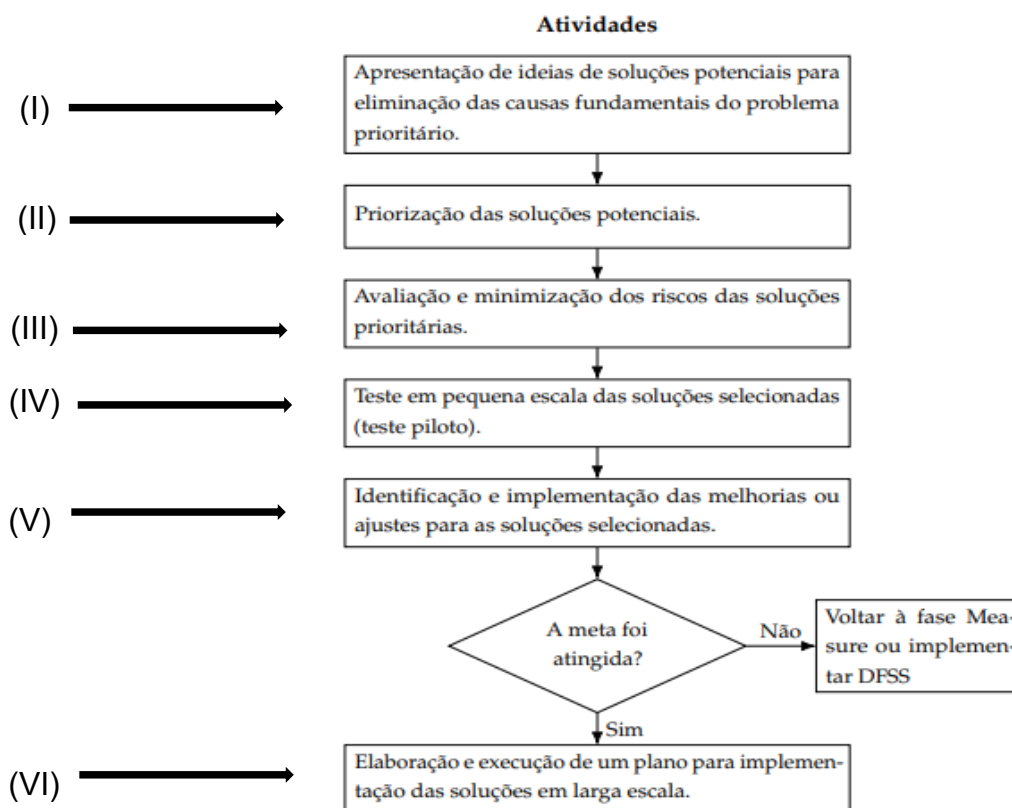
**Quadro 5 - Ferramentas para a fase analisar**

Itens	Ferramentas
(I)	Fluxograma
	Mapa de processos
	Análise do tempo de ciclo
	FMEA
(II)	Avaliação de Sistemas de medição
	Histograma
	<i>Boxplot</i>
	Estratificação
	Diagrama de Dispersão
	Cartas de controle multivariadas
(III)	<i>Brainstorming</i>
	Diagrama causa-efeito
	Diagrama de afinidades
	Diagrama de relações
(IV)	Matriz de prioridades
(V)	Avaliação de Sistemas de medição
	Cartas de controle
	Diagrama de Dispersão
	Análise de regressão
	Teste de hipótese
	Desenho de experiências
	Análise de variância
	Análise de tempos de falhas

**Fonte: Adaptado de Werkema (2004).**

O objetivo da fase de melhoria é buscar o recurso correto para resolver o defeito em questão, além disso se faz necessário a criação de um teste piloto, com a função de observar e validar a solução proposta. Isto gera um processo dinâmico, que a equipe deve redefinir, revisar e aperfeiçoar o quanto for necessário para alcançar ponto estabelecido na fase (Montgomery; Woodall, 2008). Na Figura 9, exibe a atividades da fase melhorar.

Figura 9 – Atividades na fase melhorar



Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

No Quadro 6 são demonstradas ferramentas que trazem uma melhor orientação a etapa por completo.

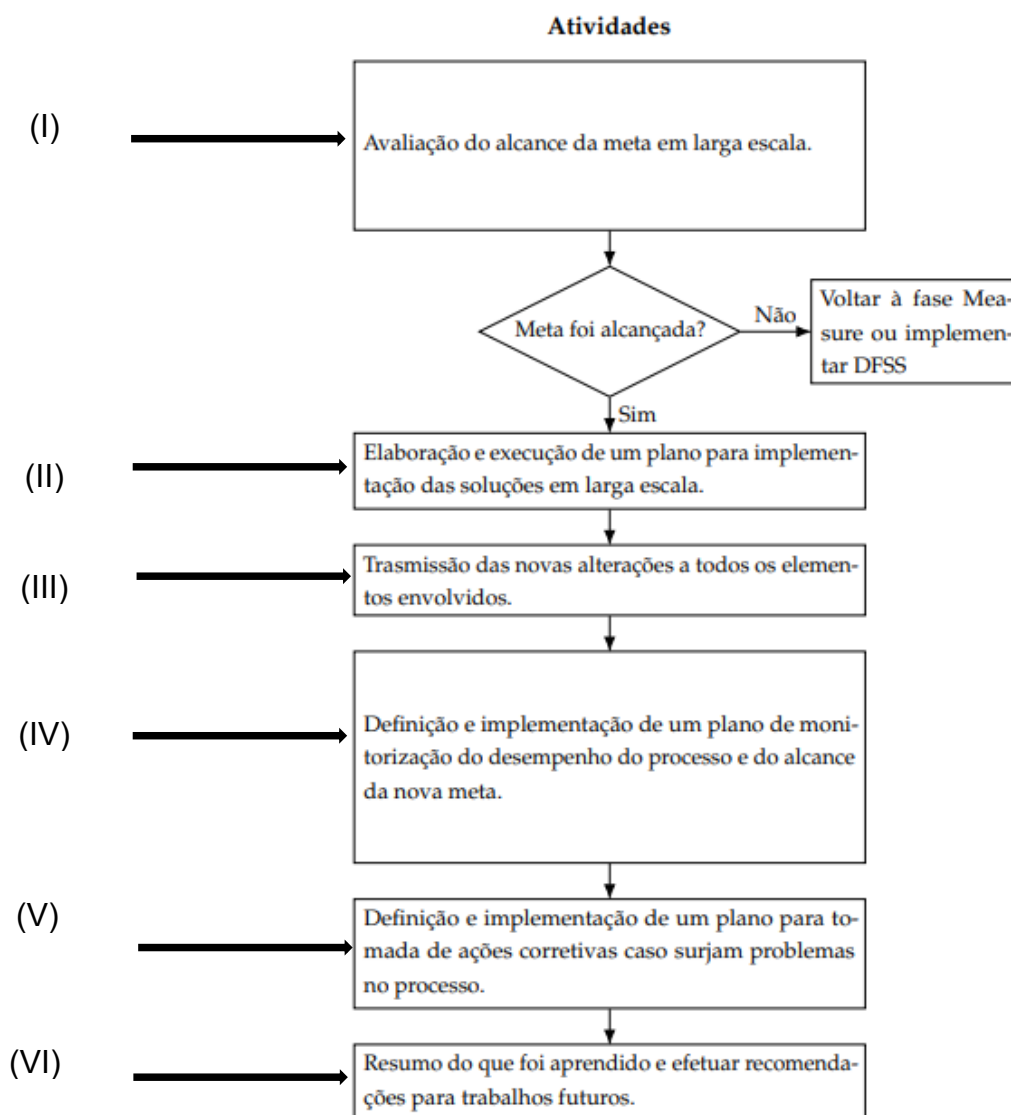
Quadro 6 - Ferramentas para a fase melhorar

Itens	Ferramentas
(I)	<i>Brainstorming</i>
	Diagrama causa-efeito
	Diagrama de afinidades
(II)	Matriz de prioridades
	AHP
(III)	FMEA
	<i>Stakeholder Analysis</i>
(IV)	Teste de operação
	Teste de mercado
	Simulação
(V)	Testes de hipóteses
(VI)	5W2H
	Diagrama de árvore
	Diagrama de Gantt
	PERT/COM

Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

A última fase do ciclo DMAIC é a fase controlar com o intuito e a responsabilidade de prever um plano de controle ou outros métodos que garantem a sustentabilidade da melhoria inserida no processo. E após uma trajetória considerável do projeto é necessária uma reavaliação para fiscalizar se os lucros e ganhos obtidos, são contínuos (Montgomery; Woodall, 2008). Na Figura 9 e na Tabela 9 encontra-se as respectivas atividades e ferramenta de auxílio da fase controle.

**Figura 10 – Atividades na fase controlar**



Fonte: Adaptado de Werkema (2004).



**Quadro 7 - Ferramentas para a fase controlar**

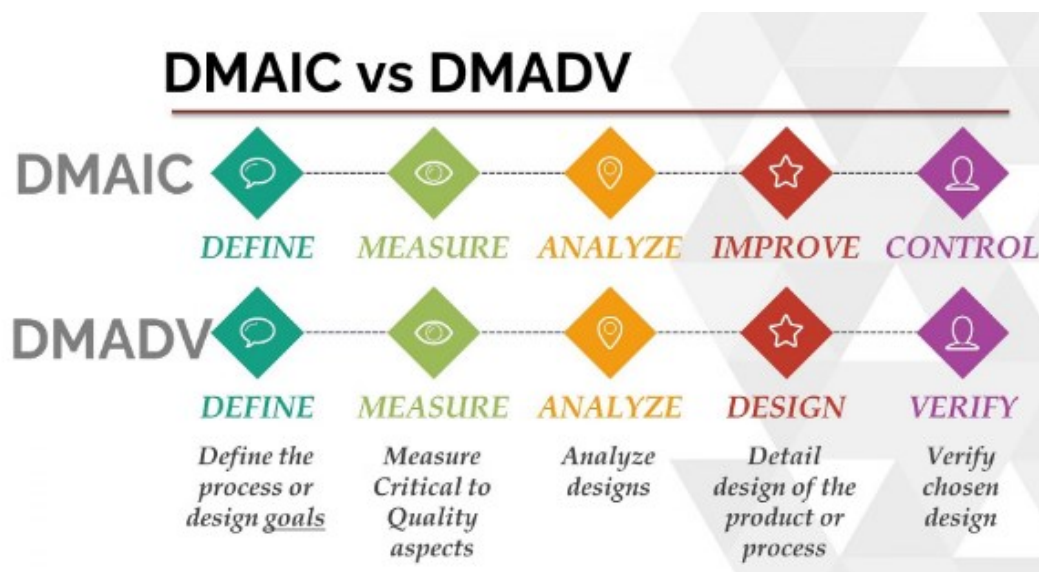
Itens	Ferramentas
(I)	Avaliação de Sistemas de medição
	Diagrama de Parete
	Cartas de Controle
	Histograma
	Índices de capacidade
	Métricas do Seis Sigma
(II)	Procedimentos padrão
	<i>Paka-Yoke</i>
(III)	Manuais
	Reuniões
	Palestras
(IV)	Avaliação de Sistemas de medição
	Plano de recolha de dados
	Folha de verificação
	Amostragem
	Cartas de controle
	Histograma
	Índices de capacidade
	Métricas do Seis Sigma
(V)	Relatórios de anomalias
	Plano de controle do processo

Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

O DMADV (Definir, medir, analisar, desenhar e verificar) é uma ferramenta essencial para a solução de problemas, gerando altas nas eficiências e melhorando a capacidade do processo. A metodologia estuda a realização de opções e variações imersas em um desenho ou protótipo que otimiza a análise e assim tem-se uma verificação por meio dos testes realizados. O sistema define metas de desenvolvimento empresarial através de medidas de qualidade sendo feitas por uma avaliação e mapeamento de risco (Maukiewicz; Suski, 2009).

A implementação do DMADV é realizada apenas para processos com origem novas, para assim ter uma flexibilidade maior em termos de inovação e testes, isso que diferencia o mesmo do DMAIC que é uma utilização única para processo já existentes, uma relação principal entre os métodos é que uma processo já feito que usou o DMAIC, porém a melhoria não foi alcançada poderá ser redimensionada pelo DMADV (Maukiewicz; Suski, 2009). A Figura 10 representa a diferença entre as ferramentas.

Figura 11 – DMAIC e DMADV



Fonte: Quality Gurus (2023, p. 1).

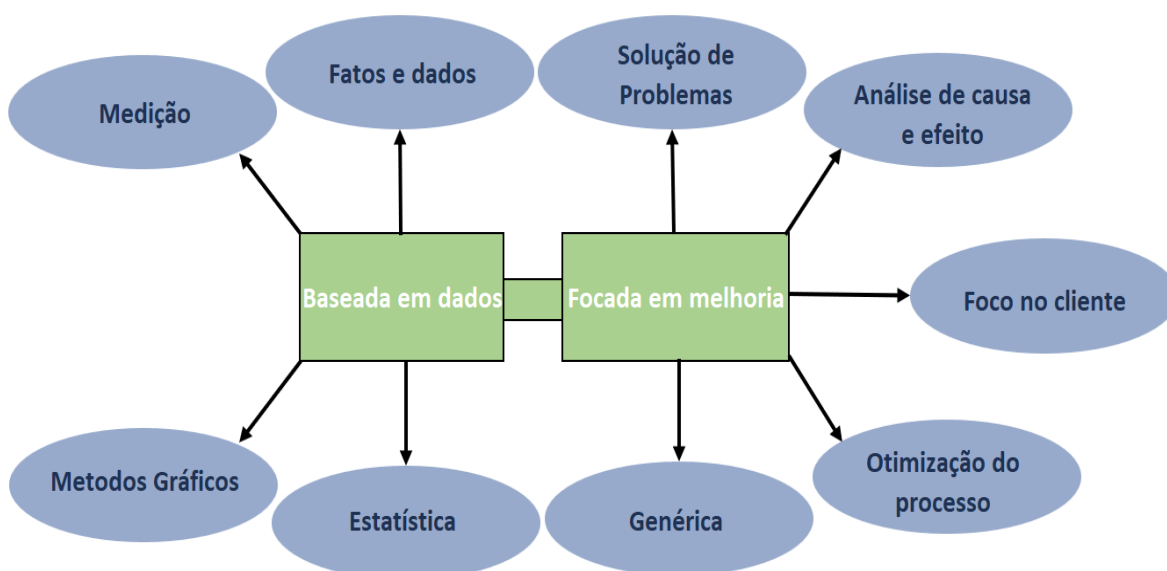
## 5 METODOLOGIA

Esta pesquisa é aplicada em uma reforma do colégio público na região de Campo Mourão, que foi originada mediante uma licitação feita pelo órgão do estado vigente, com os requisitos estabelecidos pelo núcleo do estado, requisitos estes estruturados pela planilha orçamentária, curva ABC, cronogramas de medições e projetos. Os projetos foram terceirizados por uma empresa na cidade de Curitiba-PR, que não teve contato algum com o colégio para a realização dos projetos.

A reforma foi executada com 19 etapas totais com um prazo inicial para a conclusão de 240 dias ou 8 meses após a assinatura do contrato. Para este trabalho foi realizada uma análise de 4 meses de obra sem qualquer tipo de gerenciamento e comparada com os outros 3 meses finais com aplicação ferramentas de gestão e suas atividades complementares conectadas.

Para a implementação da metodologia definiu-se a estruturação dos pontos para a comparação final dos dados obtidos, na Figura 12, pode-se observar os dois pontos principais do Six Sigma para alcançar os resultados, sendo assim necessário as informações do antes e depois para tais conclusões.

Figura 12 – Base Six Sigma



Fonte: Autoria Própria (2023).

### 5.1 Análise sem ferramenta de gestão

Para obter uma percepção clara da importância do uso de ferramentas da gestão, foi otimizado os processos imersos no gerenciamento de obras para

consequentemente, obter vantagens, evitar desperdícios e alcançar uma métrica significativa de redução de falhas, erros e defeitos tendo a necessidade de um período sem o gerenciamento para coleta de dados, afim de realizar uma comparação futura, definidas em passos representados a seguir.

#### 5.1.1 Passo 1

O primeiro passo a ser seguido foi uma demonstração de fatores ocasionados por tomadas de decisões com foco total voltado para finalizar a obra antes do tempo estabelecido, sem planejamento antecipado. A seção foi estruturada por tópicos que foram pontos chave para desencadear ações que poderiam gerar prejuízo como resultado final, o intuito foi buscar a motivação por trás de decisões como as ocorridas e assim com a inserção de ferramentas no futuro evitar tais defeitos.

A decisão por sua vez foi conceituada para de forma direta ou indireta escolher entre diversos caminhos a serem percorridos para assim buscar resolver determinado problema.

#### 5.1.2 Passo 2

Para o passo 2, foram exibidas informações visuais com a utilização de gráficos e quadros para a incorporação de discussões sobre as consequências providas de uma falta de gestão eficaz. A seção tratou-se de apresentar um acompanhamento mínimo presente na obra, apenas com elementos convencionais, tais como: diário de obra, projetos e planilhas.

Além de que neste primeiro período o engenheiro realizou visita de rotina com uma frequência baixa isso acaba por consequência originando aspectos que influenciam o aumento da desmotivação. Desta maneira foi acompanhado como a desmotivação impactou diretamente no rendimento da obra e para verificar qual as opiniões dos funcionários em relação a isso foi elaborado uma pesquisa de satisfação.

### **5.2 Determinação da ferramenta de gestão a ser implementada**

Com o intuito de definir uma ferramenta da gestão com técnicas e mecanismos que são compatíveis com o processo em questão, foi analisada a metodologia Six Sigma para superar resultados com o gerenciamento de obra, tendo sido iniciada após o quinto mês de serviço. A metodologia, tendo base na redução de

variabilidade de defeitos, permitiu estabelecer metas que foram atingidas, para a diminuição de erros no projeto.

Porém dentro da implantação da metodologia Six Sigma foi utilizado o DMAIC, pelo fato do mesmo ser um mecanismo usual para melhoria de processo em andamento, dessa forma o processo estudado é o gerenciamento de obras que foi utilizado pela empresa construtora que executou a reforma.

### **5.3 Implantação Six Sigma**

Com a escolha da ferramenta implantada foram aplicados os conceitos da metodologia Six Sigma. Frente a isto, a estrutura a seguir foi dividida em parte analítica (DMA – *Define, measure e analyze*) e parte solucionadora (IC – *improve e control*)

#### 5.2.1 Definir, medir e analisar

A parte final do ciclo depende completamente da seção atual, pois é o momento que foi definido o processo de estudo, para com a medição ter o conhecimento de todos os passos e etapas que são convenientes para a melhoria e assim analisar e coletar toda a informação para de forma precisa eliminar todo defeitos presentes. A definição foi demonstrada de forma detalhada com base nos tópicos que serão apontados no período anterior, com o papel fundamental de identificar o projeto de forma que englobe toda a problematização que for existente no gerenciamento da obra.

Posterior a isto, teve-se a medição com uma visão mais específica no processo identificado, para ter proximidade completa do projeto, obtendo pontuações positivas e principalmente tendo conhecimento detalhado das falhas e defeitos existentes. Assim, na fase de análise teve uma facilidade maior na conceituação das causas raízes, pois foi feita uma junção das informações e necessariamente teve a passagem desses dados para uma forma mais clara e objetiva.

#### 5.2.2 Melhorar e controlar

Após a realização analítica do ciclo do DMAIC, teve-se a parte de solucionar a os questionamentos levantados, e com isto possibilita ser assertivo nas escolhas das ferramentas de melhoria a serem empregadas.

Na fase de controle foi realizada comparação e verificação de gráficos do período anterior com o pós-melhoria para assim ter uma garantia de sustentabilidade de que a melhoria teve um papel eficaz presente no processo. Além da realização de um *checklist* para a fiscalização de que todos os fatores necessários foram implantados.

Por fim, com os resultados obtidos, sejam eles positivos ou negativos, planos de ação foram realizados para ou manter o que foi estabelecido ou retornar a uma nova análise de melhoria para fortalecer o processo em estudo.

#### **5.4 Acompanhamento geral e comparação final**

Para o acompanhamento dos períodos, teve elementos que auxiliaram a coleta dos dados, os mecanismos de ajuda são: O diário de obras, como foi representado no Apêndice A, presente nele deve-se adicionar quais os serviços diários realizados, além de colocar a data de dias trabalhos e a comparação entre o período atual com o prazo que necessita ser atingido e quais são os funcionários presentes na reforma, seja pedreiro, mestre de obra, eletricista, deve ser informado quem está no local.

Por fim, foi elaborado um *checklist* para cada etapa da obra, permitindo assim, detalhar todos os subitens apresentados na planilha orçamentaria para não cair em esquecimento nenhuns serviços de importância.

Com o acompanhamento bem desenvolvido foi apresentada uma validação dos resultados mediante tabelas e gráficos que representarão o desempenho dos 8 meses de reforma. Assim, foi feita uma comparação e apontamentos relacionando o tempo de execução de cada período.

## 6 RESULTADOS

Na seção presente são apresentados os resultados obtidos nos períodos distintos avaliados.

### 6.1 Período de execução 1 – Análise sem ferramenta da gestão

A visão analítica do primeiro período, trata-se de apenas observar o fluxo do serviço prestado com um objetivo final único, sendo a entrega da reforma antes do tempo determinado. A reforma foi dividida em 19 etapas totais e no Quadro 8 tem-se a apresentação listada de todos os itens e seus respectivos serviços:

**Quadro 8 – Lista de Serviços**

Item	Descrição
1	INSTALAÇÕES PRELIMINARES
2	BANHEIRO PNE, FUNCIONÁRIOS MASCULINO E FEMININO
3	BANHEIRO PNE - ALOJAMENTO
4	SALA DE JOGOS - LATERAL BANHEIROS DORMITÓRIO
5	ACESSIBILIDADE - PATAMAR ELEVADO E PISCO INCLINADO EM PORTAS
6	REVESTIMENTO CERÂMICO - SUBSTITUIÇÃO
7	PASSARELA DE ACESSO AO REFEITÓRIO
8	PISO TÁTIL
9	ENTRADA - PISO INCLINADO ACESSO PRINCIPAL
10	RAMPA 1 - LIGAÇÃO ALOJAMENTO
11	RAMPA 2 - LIGAÇÃO SALAS DE AULA DE MADEIRA
12	RAMPA 3 - LIGAÇÃO SALAS DE AULA AO ADMINISTRATIVO/PASSARELA REFEITÓRIO
13	SALA DE AULA LATERAL AO ALOJAMENTO
14	PISO E DRENAGEM PÁTIO EXTERNO
15	REPAROS ESGOTO
16	COBERTURA ABATEDOURO
17	ESQUADRIAS
18	LIMPEZA GERAL
19	ADMINISTRAÇÃO LOCAL

Fonte: Aatoria Própria (2023).

O órgão da licitação é responsável pela elaboração de uma planilha orçamentaria, um resumo dos serviços e um cronograma geral de obra com a meta mensal de serviço a serem executados para o pagamento de cada parcela medida.

Assim, a empresa que realizou a reforma, em um período inicial seguiu o cronograma próprio da licitação, já que o órgão só disponibilizou o pagamento após o valor em serviço apontado no cronograma tenha sido alcançado, ou seja, caso a empresa não tivesse atingido o valor mínimo para a medição a fiscalização não autorizava o pagamento. Abaixo é possível verificar no Quadro 9 apontamentos dos serviços realizados no primeiro mês dentro do período inicial e sua respectiva porcentagem de execução tanto prevista quanto realizada.

**Quadro 9 – Dados de serviço mês 1**

Mês 1				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
1	100%	100%	100%	Finalizado
2	60%	50%	50%	Novo
5	100%	70%	70%	Novo
6	100%	70%	70%	Novo
19	9%	5%	5%	Novo
13	0	100%	100%	Finalizado

Fonte: Autoria Própria (2023).

No primeiro mês de serviço foram executadas 6 frentes diferentes, e 3 delas eram previstas para ser finalizadas já no primeiro mês, porém apenas 2 das realizadas foram finalizadas. Além de uma das concluídas estar fora do cronograma, mas foi inserida pela fácil execução comparada aos outros serviços, sendo o item 13 de uma elevação de nível do piso de uma sala de aula e a colocação de nova cerâmica. A relação de quantidade de funcionários foi estabelecida com um mestre de obras, um pedreiro oficial, dois serventes e um meio oficial para suporte necessário totalizando em 5 funcionários para a obra.

Na coluna status é demonstrado a situação atual do serviço, como foi o primeiro mês, todos os serviços são considerados, novos, porém caso tenha algum que já deveria ter sido concluído no mês anterior, foi inserido status de pendente, com os serviços que levaram mais de um ou dois meses para realização teve-se status de andamento e por fim, o serviço que finalizou dentro do esperado tem o status de finalizado.

Já na coluna acumulado, é verificado o somatório da porcentagem realizada até sua finalização, deste modo ao momento que chega ao 100% o status muda automaticamente para finalizado, caso o serviço tenha sido iniciado e finalizado no mesmo mês, teve status como novo, e no acumulado tem a percepção de sua

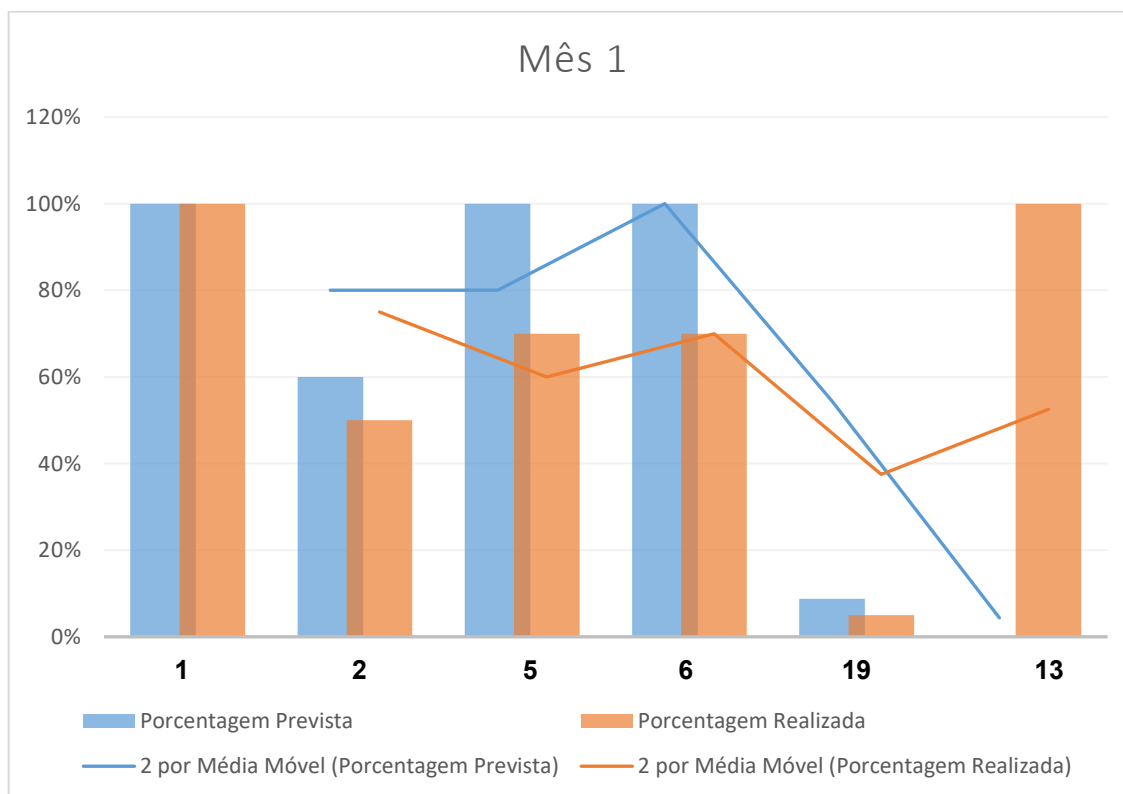


finalização. O acumulado tem o intuito de ter melhor visibilidade no andamento geral do serviço no decorrer dos meses.

Verificando a relação de porcentagem com a obra inteira teve-se uma pequena superação com o previsto, atingindo 1% a mais do cronograma original. O item 19 como apresenta no Quadro 8, é voltado apenas aos serviços administrativos, assim, todo o mês ele esteve presente na execução.

Analisando o Quadro 9 pode-se afirmar que 2 serviços não atingiram a meta de finalização, sendo o item 5 de patamar elevado e pisos inclinados e o 6 de substituição de revestimento cerâmico, sendo assim, foi necessário atingir a conclusão do serviço no período seguinte. No Gráfico 1 é possível observar a relação dos serviços e sua respectiva porcentagem.

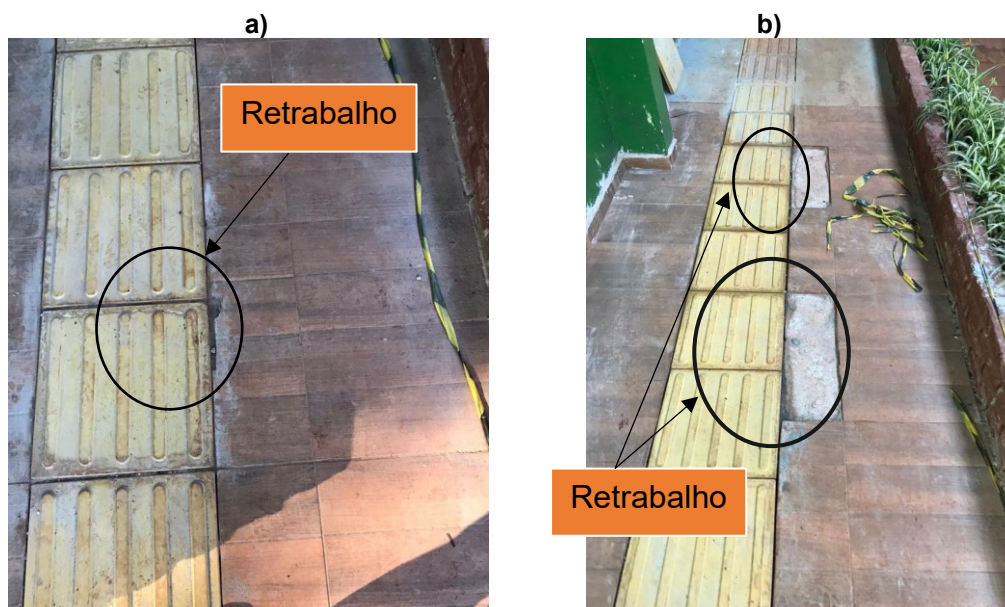
**Gráfico 1 - Dados de serviço mês 1**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Nos itens 5 e 6, surgiram ocorrências na execução pelo fator da conciliação do serviço com as aulas dos estudantes, isso originou muito atraso e retrabalho deixando assim os itens fora do cronograma. Na Fotografia 1 mostra-se como muitos pontos de retrabalho que foram ocasionados pela convivência com os alunos no local de trabalho, pois como estava sem a devida sinalização os alunos acidentalmente moveram o piso e o mesmo trincou ou soltou da argamassa.

Fotografia 1 – Retrabalho de colocação cerâmica



Fonte: Autoria Própria (2023).

No segundo mês ocorreu a necessidade de adaptação do cronograma para inserir 30% dos serviços 5 e 6 que não foram concluídos como o esperado e tiverem status de pendentes, mas neste mês foi mantida a quantidade de funcionários. Porém, vale ressaltar que não era constatado atraso pois outro serviço havia sido realizado no primeiro mês que não estava no cronograma. No Quadro 10 são apresentados os serviços executados no segundo mês e seus percentuais.

Quadro 10 – Dados de serviço mês 2

Mês 2				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
2	40%	50%	100%	Finalizado
9	100%	100%	100%	Finalizado
10	60%	30%	30%	Novo
19	13%	10%	15%	Andamento
5	-	30%	100%	Pendente
6	-	30%	100%	Pendente

Fonte: Autoria Própria (2023).

No Quadro 10 é possível observar que dois serviços tiveram conclusão dentro do esperado, já dando início ao item 10 que é a execução da Rampa de Acessibilidade 1, e os dois que estavam pendentes tiveram finalização com um mês atrasados, porém em amplitude geral foi ultrapassado 2% do previsto para o segundo mês, assim, mantendo mais um período dentro do cronograma.

No item 9 teve uma ocorrência de retrabalho no local, pois o item se remete a uma execução de piso inclinado dando acesso da entrada do colégio até o bloco administrativo do colégio, porém como não era necessário a demolição do piso existente e o serviço foi realizado em cima do mesmo, ocorreu um ressalto entre o existente e o novo, dando origem a um acúmulo de água indesejado.

Deste modo foi necessária uma demolição parcial do piso inclinado para inserir uma tubulação que destina essa água para uma canaleta coletora de águas pluviais, como apresenta a Fotografia 2.

**Fotografia 2 – Piso inclinado – entrada colégio**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

O item 10 da Rampa de Acessibilidade 1, tem grande complexidade em sua execução para apenas 3 funcionários em sua frente de serviço, por essa razão o andamento da mesma foi a metade do previsto, levando em consideração que os projetos não tinham uma compatibilização adequada com o local, e principalmente com o nível do terreno onde se encontra a rampa, como demonstra a Fotografia 3 a movimentação da terra no local e no Apêndice A tem-se o arquitetônico.

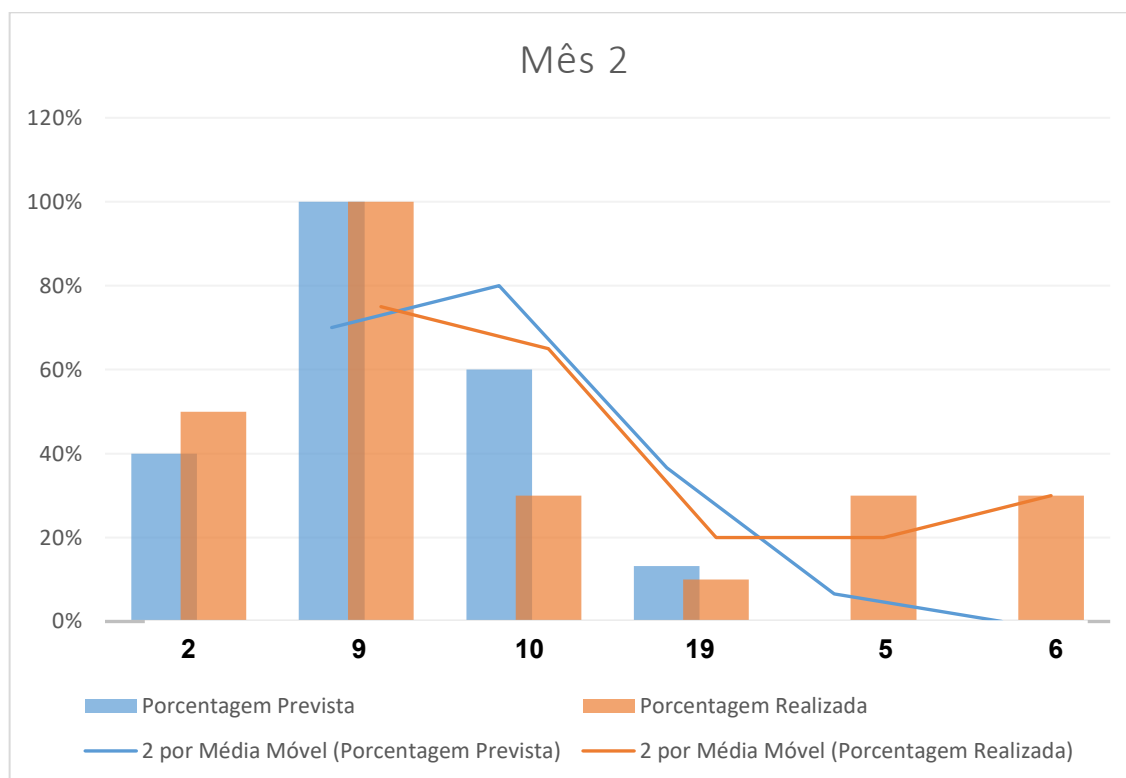
Fotografia 3 – Rampa 1 – Movimentação terra



Fonte: Autoria Própria (2023).

Outro fator que ocasionou o baixo rendimento do item 10, foi que no local não tem acesso para máquinas de perfuração de estacas, e em projeto para vencer o talude existente foram necessárias 29 estacas de 5 metros de comprimento, que foram executadas com trado manual para após isso realizar a concretagem das mesmas. No Gráfico 2 é demonstrado as relações entre os serviços previstos e realizados do mês 2.

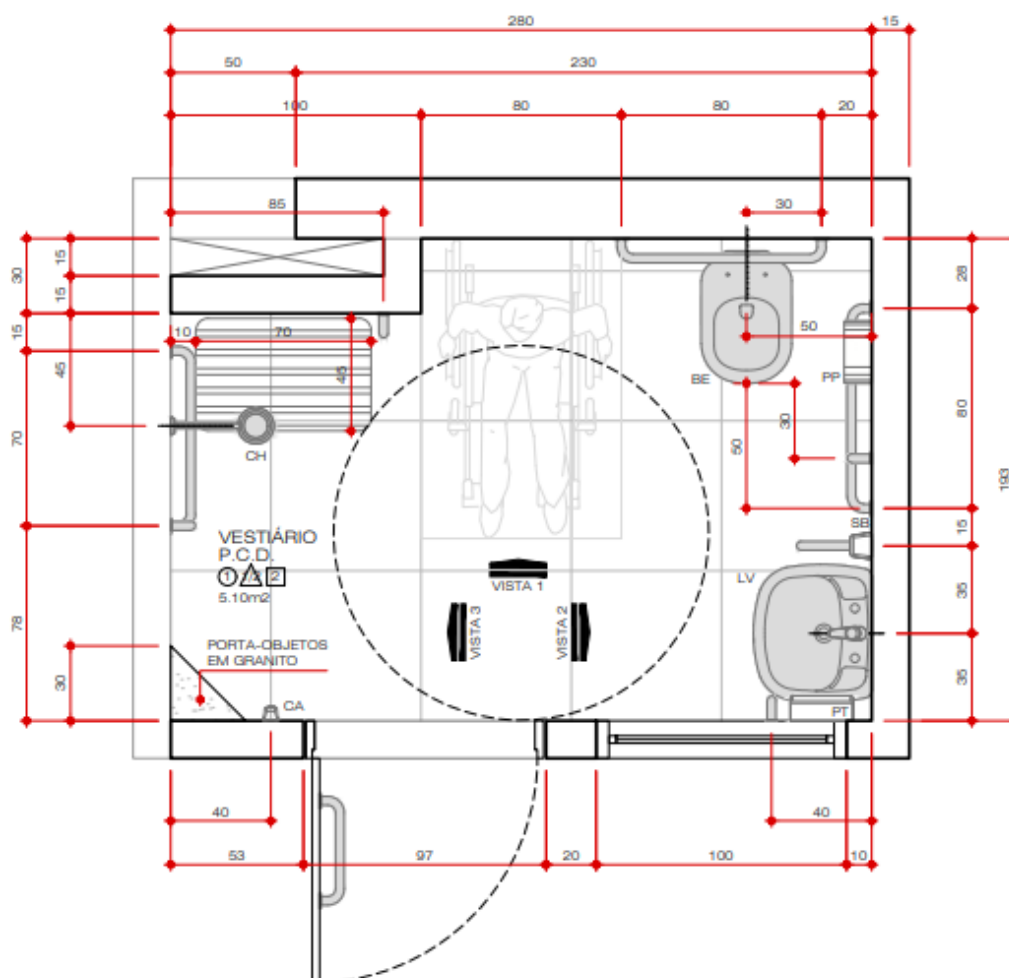
Gráfico 2 - Dados de serviço mês 2



Fonte: Autoria Própria (2023).

No terceiro mês não ocorreram pendências e assim foram introduzido outros três serviços novos, porém o item 10 ainda prosseguiu em andamento além dos serviços administrativos. Os itens novos são os 3 referentes a execução de um banheiro adaptado para deficiente físico, dentro do alojamento dos alunos, com chuveiro inserido, barra de apoio, lavatório com coluna suspensa, como é demonstrado na Figura 18. Vale ressaltar que o banheiro do alojamento foi finalizado no mesmo mês. Já o item 4 que também foi iniciado no terceiro mês, foi realizada uma troca de piso cerâmico no ambiente de salas de jogos do colégio, sendo ao lado do banheiro que foi executado no item 3.

**Figura 13 – Banheiro do Alojamento**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

O Quadro 11 exibe todos os serviços que tiveram execução no mês 3, e suas porcentagens referentes.

Quadro 11 – Dados de serviço mês 3

Mês 3				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
3	100%	100%	100%	Finalizado
4	100%	60%	60%	Novo
10	40%	50%	80%	Andamento
12	20%	10%	10%	Novo
19	12%	10%	25%	Andamento

Fonte: Autoria Própria (2023).

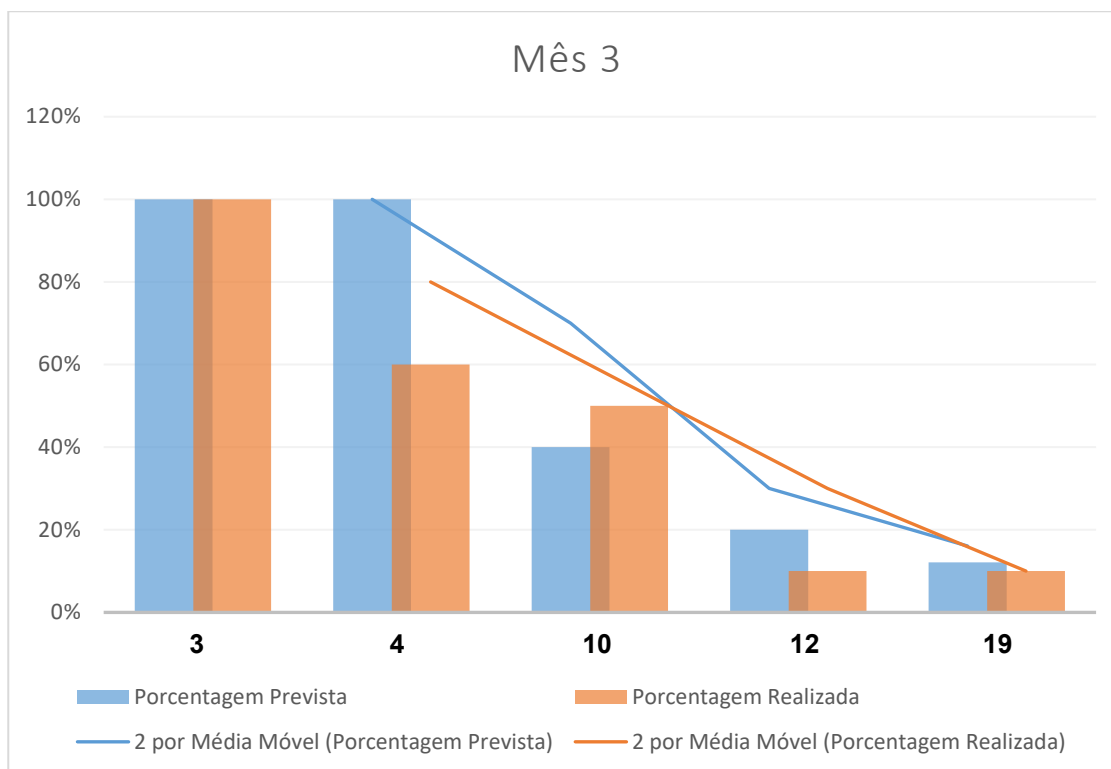
Como é perceptível em uma amplitude mensal o terceiro mês foi concluído com atraso com relação aos serviços previstos, pois como no mês anterior teve uma realização pequena no item 10 que é um serviço com muita relevância na reforma, isso impactou diretamente o rendimento do mês seguinte. Além de que no mês 4 se deu início ao item 12 que é outra rampa de acessibilidade, porém não encontrada uma complexidade de incompatibilidade do projeto com o terreno, pois ela foi executada acima do piso existente, conectando salas de aula com o bloco administrativo.

Porém uma questão que foi uma dificuldade no serviço, foram as dimensões do local para o trabalho, pelo fato de serem necessárias 10 estacas de 3 metros e assim como na rampa 1, não tinha acesso para máquinas de perfuração de estaca, desse modo todas foram perfuradas com a ferramenta de trado manual, e foram encontradas muitas raízes de árvores no local que dificultou a escavação. Além de ter sido necessária a conciliação com os alunos, pois a rampa se encontra ao lado da sala de aula.

Pode ser verificado no Gráfico 3 a relação de serviços realizados no mês 3, apontado pela linha de tendencia a conclusão do mês com atraso.



Gráfico 3 - Dados de serviço mês 3



Fonte: Autoria Própria (2023).

Por fim, o quarto mês duas pendências apareceram por consequência do mês anterior sendo a Rampa 1 do item 10 e da troca de piso na sala de jogos, do item 4. A rampa 1 foi prevista para ter sua finalização no terceiro mês, porém um ponto chave que acarretou ter atrasado para o quarto mês foi a execução incorreta da pintura da rampa, que em sua planilha estava descrito a utilização de fundo preparador no emboço, após isso, emassamento de massa látex acrílico e finalizando com a tinta acrílica fosca. Porém logo após o término do emboço, surgiu a ocorrência de 3 dias de chuva em sequência, sendo nos dias 20 a 22 de março de 2023, e assim logo posterior o pintor que foi contratado para empreitar as rampas 1 e 2, iniciou o emassamento, sem aguardar o prazo de 28 dias necessário para a secagem completa do emboço, isso pelo fato tanto de terminar o serviço o mais rápido possível para receber seu pagamento, quanto do engenheiro cobrando o término do serviço para entrar no cronograma.

Logo, após a pintura apareceram patologias, como bolhas de água como é demonstrada na Fotografia 4. Isso pode ter ocorrido por não ter a cura completa do emboço, podendo acumular umidade no interior e ocasionando as bolhas.

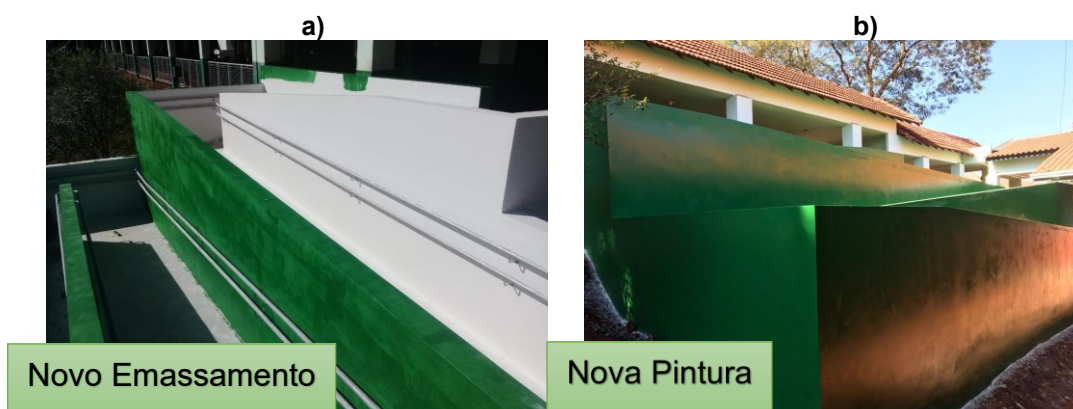
**Fotografia 4 – Rampa 1 – Bolhas na pintura**



**Fonte: Autorial Própria (2023).**

Foi necessário o lixamento por completo da rampa, até toda a umidade sair, foi passada mais uma demão de fundo preparador, realizando um novo emassamento e uma nova pintura, finalizando a rampa 1 no quarto mês como é apresentada na Fotografia 5.

**Fotografia 5 – Rampa 1 – Correção Pintura**



**Fonte: Autorial Própria (2023).**

Frente a isto, tem-se o Quadro 12 que demonstra os serviços executados no mês 4 e suas respectivas porcentagens.



Quadro 12 – Dados de serviço mês 4

Mês 4				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
11	60%	40%	40%	Novo
12	40%	50%	60%	Andamento
16	20%	20%	20%	Novo
19	14%	14%	39%	Andamento
4	-	40%	100%	Pendente
10	-	20%	100%	Pendente

Fonte: Autoria Própria (2023).

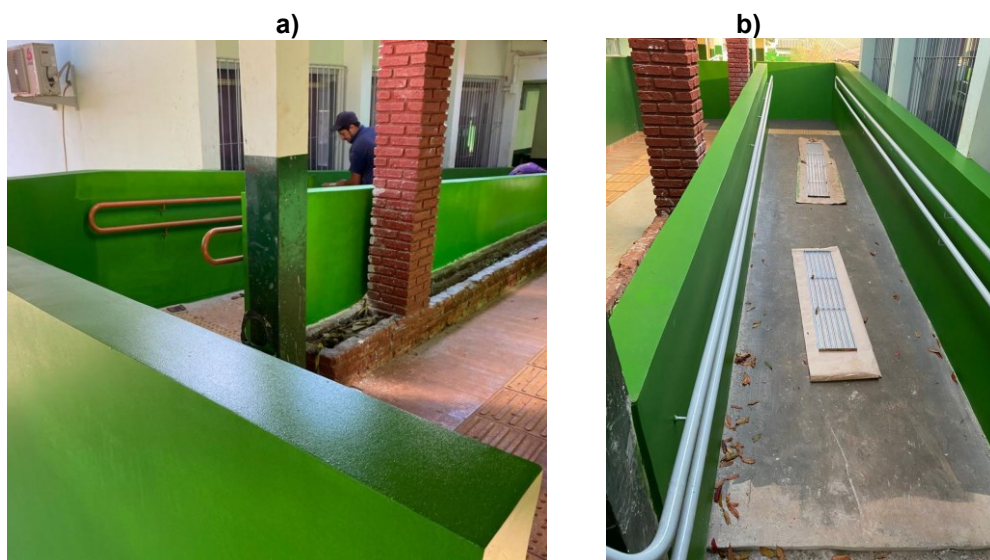
Apontando o início do item 11, sendo outra rampa de acessibilidade, ocasionou uma baixa porcentagem de serviços realizados por conta da mesma complexidade encontrada no item 10, pois ambos os terrenos que se localizam as rampas, são considerados reaterros e como são taludes grandes a serem vencidos a movimentação de terra para a quantidade de funcionários era desequilibrada, como mostra a Fotografia 6.

Fotografia 6 – Rampa 2 – Movimentação terra



Fonte: Autoria Própria (2023).

Além de o mesmo detalhamento de projetos das estacas da Rampa 1 ser para a 2, e também não tendo acesso à máquinas e ter sido realizada no trado manual. O item 12 apresentou uma superação em relação a porcentagem prevista, sendo executado 10% a mais no quarto mês. Como é uma rampa com dimensões menores, conforme apresentado no Apêndice C, o tempo de execução foi reduzido e como o local onde ela é inserida é coberto, não teve ocorrências por intemperes. Na Fotografia 7 é demonstrado a rampa 3 do item 12 nos acabamentos finais.

**Fotografia 7 – Rampa 3 – Acabamentos**

Fonte: Autoria Própria (2023).

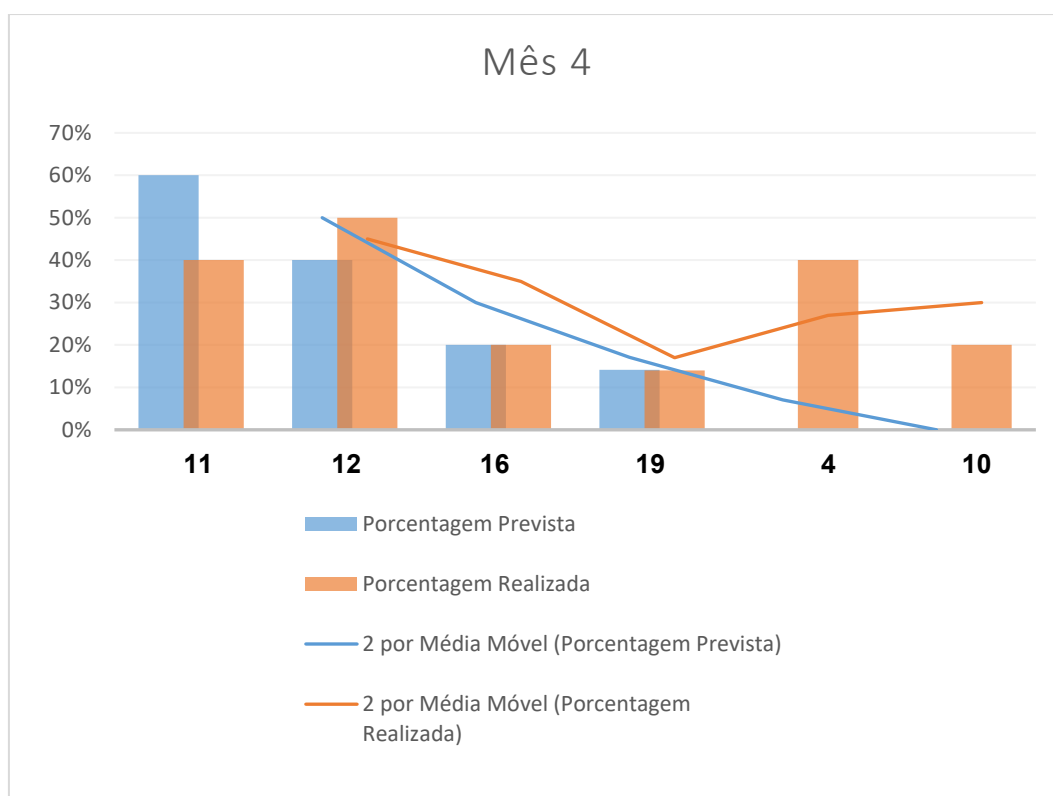
Finalizando o mês 4 é possível observar que um serviço novo iniciado foi o item 16, sendo a troca da cobertura do abatedouro, que foi dividida em duas etapas, a troca da telha de cerâmica e logo após a de fibrocimento, além de trocar o forro antigo de PVC por forro de madeira pinus. Como é perceptível no Quadro XX a porcentagem do mesmo atingiu exatamente a porcentagem prevista, porém sendo um serviço de grande amplitude 20% da execução é um percentual baixo. Na Fotografia 8 é possível observar o início do serviço.

**Fotografia 8 – Início do serviço no abatedouro**

Fonte: Autoria Própria (2023).

A dificuldade do item apresentado, não impactou diretamente o rendimento do serviço, mas a implementação de cintos de proteção e demais EPI's e EPC's relevantes para os serviços em específico teve uma complicada aceitação pelos funcionários, pois os mesmos estavam acostumados ao uso de equipamentos de proteção mais comuns como capacete, luvas, óculos, entre outros. Mas para um serviço ser executado com mais de 6 metros de altura, foi mais que necessário a imposição dos equipamentos como é representado na NR 35. Para a inserção dos EPI's cabíveis, foi elaborada uma documentação assegurando que todos que receberam o equipamento assinaram e com a observação de caso seja avaliado o não comprometimento com o uso do equipamento terá advertência, porém ainda assim foi necessário ter diariamente uma fiscalização no local. No Gráfico 4 é exibido a relação de serviços executados no quarto mês e a linha de tendencia apresenta uma relação sem atraso, superando a porcentagem prevista em 2%.

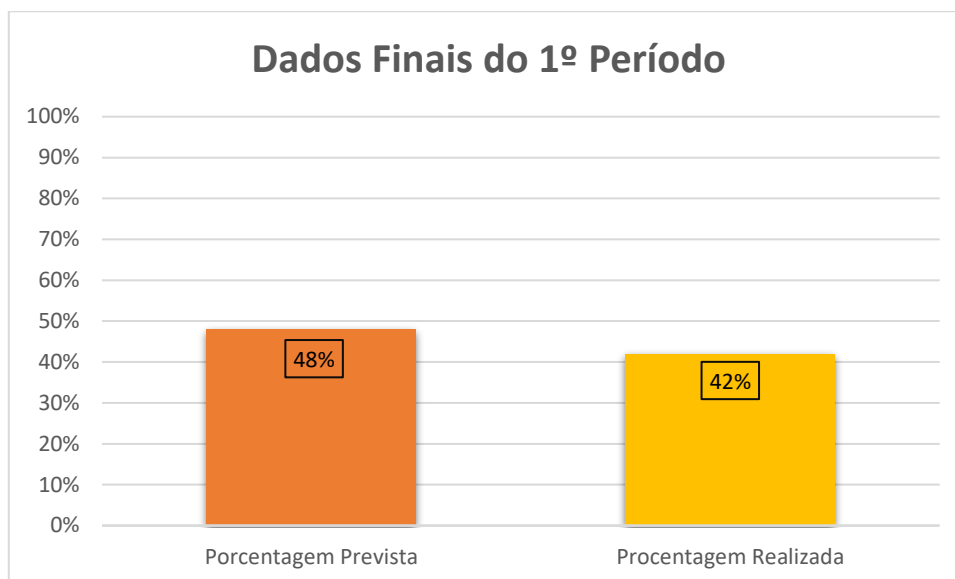
**Gráfico 4 - Dados de serviço mês 4**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Portanto, com o fim do quarto mês sem o uso de qualquer ferramenta da gestão, foi possível concluir 42% da obra, sendo 6% a menos do que o previsto, que era 48% (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Dados período 1



Fonte: Autoria Própria (2023).

## 6.2 Escolha da melhor ferramenta da gestão

A reforma do colégio em Campo Mourão, como foi apresentada na caracterização da obra, tem itens das mais diversas e variadas origens, diferente de uma residência que tem passos a serem seguidos que se complementam e dependem um do outro, porém nesta reforma foram encontrados serviços independentes, que deveriam ser executados em conjunto para atingir o valor da medição, e para isso foi necessária uma logística e um planejamento detalhado e específico para não apenas alcançar os resultados previstos, mas ultrapassá-los e beneficiar tanto a empresa quanto o colégio.

A empresa, dependendo de seu fluxo de caixa, necessita do dinheiro proveniente da medição para investir na execução da obra, na compra de materiais e aumentar a mão de obra, mas para isso o planejamento deve ser impecável buscando superar o previsto, por essa razão se fez necessária a implantação de uma ferramenta que diminuísse a variabilidade de defeitos no processo, fazendo assim, a empresa garantir o alcance de seus objetivos.

Outro motivo de necessidade para uma ferramenta da gestão é a conciliação com os alunos presentes, pois não é apenas uma logística de locação de funcionários, mas também a locação de salas de aula para manter os alunos em seus estudos. E com uma ferramenta de excelência como o Six Sigma que tem consigo o DMAIC, com o objetivo principal de trazer melhorias para um processo já existente, buscou-se o

aprimoramento e desenvolvimento da gestão de obras e a diminuição do tempo de execução.

Por fim, por se tratar de uma obra em andamento, o Six Sigma se mostrou, a escolha mais viável para a reforma com o foco completo em aprimorar o processo de gestão de obra da empresa, com o uso de todas as atividades e ferramentas presentes na metodologia, dando origem a melhoria contínua do projeto em questão.

### 6.3 Período de execução 2 – Implantação do Six Sigma

Dando início ao segundo período de análise da reforma, a seção atual apresenta o desenvolvimento da inserção da ferramenta no processo.

#### 6.3.1 Definir, medir e analisar

O primeiro passo para a implantação do Six Sigma, foi a definição do fato que é principal para todo o desenvolvimento da reforma, sendo o processo de gerenciamento da obra. A forma mais precisa de definir o processo foi a utilização do Diagrama de Pareto em conjunto com questionamentos assertivos para o desenvolvimento do gráfico, tendo como objetivo exibir fragilidades no processo e selecionar possíveis causas de defeitos. No Quadro 13 é possível analisar as questões pontuais realizadas com a empresa e como o foco que estava totalmente voltado para a diminuição de tempo da reforma, surgem as limitações que são ocorrências originadas por uma falta de plano de gestão e segurança dos funcionários.

**Quadro 13 – Questões da fase definir**

Questões pontuais para a definição do processo	
Questões	Descrição
Qual as metas da empresa?	Entregar a obra no menor período possível.
Quais limitações são encontradas?	Ocorrências provenientes da variabilidade da reforma.
Qual as funções dos membros envolvidos?	Funcionários da obra (Realizar a reforma) - Engenheiros – (Planejar, avaliar e fiscalizar o serviço).
Quais são as necessidades do colégio?	Acessibilidade para deficientes físicos, ter baixa ou nenhuma poluição sonora, uso completo da edificação sem limitações e melhor conforto e vivência para os alunos.

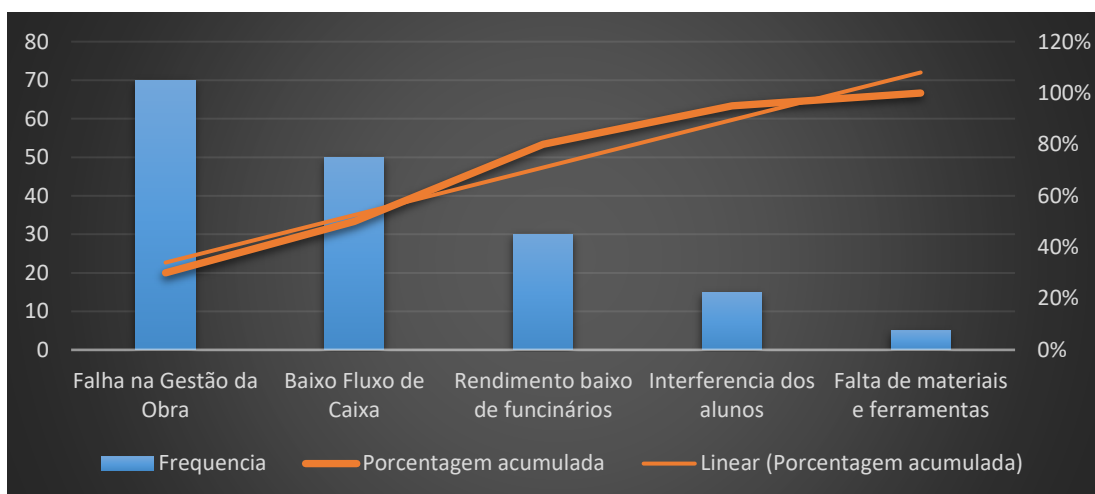
**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Verificando de forma mais detalhada, encontra-se que a função do engenheiro é planejar e fiscalizar, porém em um âmbito de diversas obras para apenas um



engenheiro, pode ocasionar sobrecarga e isso aumenta a variabilidade de defeitos na construção. Assim, o fator que precisava de melhoria e correção era o processo de logística e planejamento, ou seja, a gestão da obra. Partindo deste pressuposto, o diagrama de Pareto acarreta uma estruturação melhor para o possível causador de defeitos na reforma, como é observado no Gráfico 6.

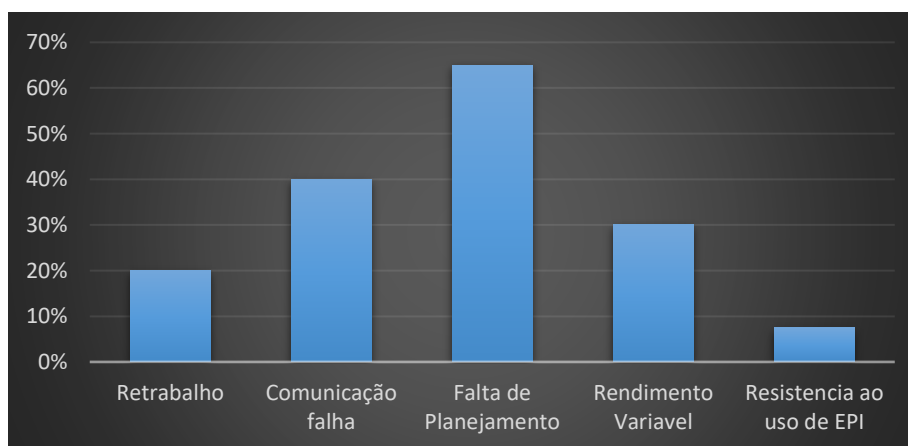
**Gráfico 6 – Diagrama de Pareto**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Após definir o processo, foram mensurados com objetividade os dados, passando para estatística na fase medir do DMAIC, com o intuito de compreender todo o comportamento do processo, avaliando o quão variável é o projeto em análise. Com o uso do histograma foram avaliados os 4 meses iniciais para encontrar qual ponto originou mais ocorrências indesejadas, como apresenta o Gráfico 7.

**Gráfico 7 – Histograma**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Frente aos dados obtidos, possibilitou a verificação de que a principal causadora de ocorrências inseridas na reforma é a falta de planejamento, sendo peça

fundamental para o desenvolvimento da obra. Em entrevistas com os funcionários, os mesmos comentaram que a ausência de um indivíduo com foco total na obra origina dúvidas e incertezas no serviço, porém como estão focados em entregar no menor tempo possível não podem aguardar até a chegada do engenheiro.

Dessa maneira, pode-se afirmar que a falta de um vínculo entre o funcionário e o engenheiro, também por uma falha na comunicação, acarreta o surgimento de variabilidade na execução e conseqüentemente o retrabalho.

Partindo para a fase de analisar, teve-se o desenvolvimento de uma triagem para consolidar a causa raiz, passo importante para a assertividade na melhoria. Uma ferramenta excelente para a essa consolidação é a FMEA (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos) que tem várias modalidades e a que tem melhor conexão com o assunto é a FMEA de processos, com a meta de analisar falhas no planejamento e na execução e atribuir a melhoria contínua no processo.

O FMEA é baseado na norma MIL-STD-1629A, uma antiga normativa militar americana que é voltada para contexto operacional, analisando os modos de falhas, pode-se correlacionar com os efeitos das falhas, ou seja, é o gerenciamento de risco através da administração de falhas, porém no trabalho atual será realizado de forma teórica para a verificação e avaliação das falhas encontradas. Para o desenvolvimento do FMEA foi feito um trabalho em conjunto com os *Brainstormings* durante um período curto de diversas reuniões até a elaboração final da atividade, como é apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 – FMEA de Processos

FMEA de Processos							
Nome do Componente	Função do Componente	Modo(s) de Falha	Efeitos da Falha	Ocorrência	Severidade	Detecção	Risco
Processo de gestão de obras	Executar reforma de colégio	Falha na comunicação	Execução incorreta, risco de acidente	5	6	5	150
		Falha no planejamento	Retrabalho, atraso, execução incorreta, insatisfação do cliente, risco de acidente e perda monetária	7	8	3	168
		Rendimento variável	Retrabalho, atraso e perda monetária	5	4	5	100
		Resistencia no uso de EPI	Risco de acidente	2	7	8	112

Fonte: Autoria Própria (2023).

Como é perceptível na análise do FMEA, o resultado mais significativo é a falha no planejamento da gestão de obras, com um valor de risco alto calculado em relação aos demais. O Quadro 14 apresenta uma relação entre as colunas de “Ocorrência”, sendo avaliada de 1 (nunca ocorre) a 10 (sempre ocorre), já “Severidade”, é avaliada sendo de 1 (sem gravidade) a 10 (muito grave) e por fim, “Detecção”, sendo avaliados de 1 (facilidade em detectar o problema) a 10 (dificuldade em detectar o problema), assim, para chegar nos resultados dos riscos na última coluna deve-se multiplicar as notas anteriores ( $Ocorrência \times Severidade \times Detecção = Risco$ ). E com o preenchimento das notas verificou-se que o risco maior é da falha no planejamento confirmando a causa raiz.

### 6.3.2 Melhorar e controlar

Após toda a coleta de dados e uma verificação minuciosa com o uso de ferramentas do Six Sigma, foi dado início aos 4 meses finais com a melhoria sendo inserida no contexto. Antes do primeiro dia de execução de serviços com o uso da melhoria, foi realizada uma reunião com todos os funcionários para ser feito um



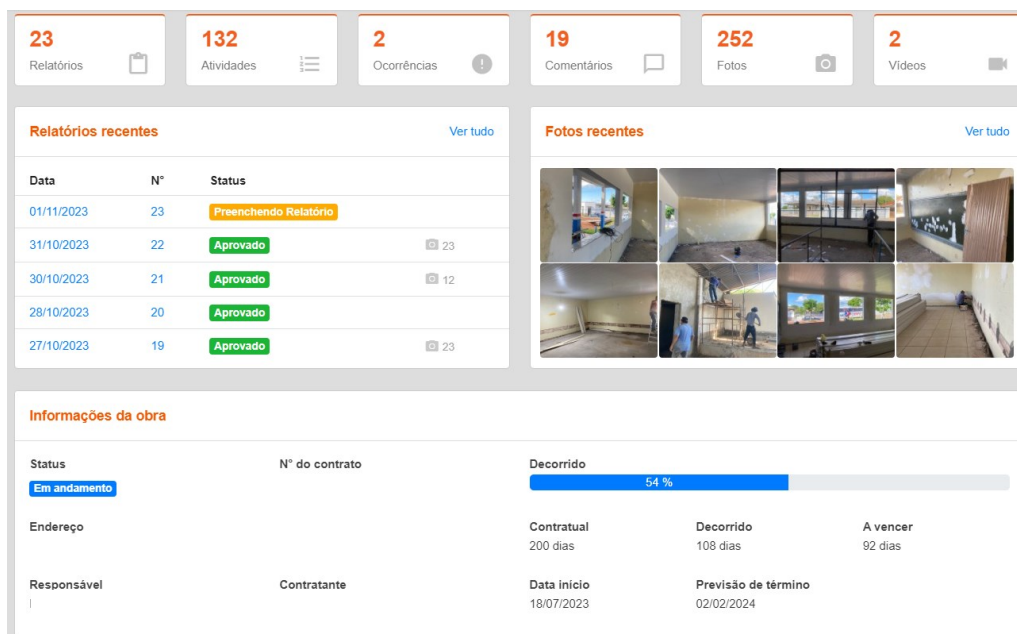
*Brainstorming* com o intuito de coletar tanto ideias quanto ouvir a visão de todos os funcionários sobre os primeiros 4 meses. A reunião foi realizada em todo o começo de semana para atualizações e para a coleta de dados para o desenvolvimento do FMEA.

Partindo para a fase de melhoria foi realizada uma reunião que teve a participação do engenheiro, do mestre de obras, do pedreiro oficial, do meio oficial e dos dois serventes. Muitos comentaram da necessidade de mais membros na obra para ter um rendimento maior e mais segurança para ambas as partes de que o serviço seria entregue antes do previsto. Porém, isso levantou a outra questão que é como a pressa pode atrapalhar e confundir os funcionários induzindo os mesmos para o erro novamente.

Desta maneira a solução encontrada para isso é contratar mais 1 pedreiro oficial, mais 1 meio oficial e mais 3 serventes para os serviços fluir com mais rendimento, e para o segundo problema foi contratado um estagiário cursando o final da universidade para estar presente na obra diariamente, criando um vínculo maior e mais objetivo entre o engenheiro e os funcionários. Além de ter liberdade o suficiente para pequenas tomadas de decisões assim, amenizando a sobrecarga do engenheiro.

Com isso, foi elaborado um grupo de mensagens para ser alimentado diariamente de fotos registradas pelo estagiário e para mandar dúvidas frequentes que fossem surgindo. Também foi utilizado como ferramenta um aplicativo de diário de obras, diferente do diário apresentado no Apêndice A. Esse aplicativo em questão é mais completo, tendo controle da mão de obra, das ferramentas, dos registros fotográficos, de possíveis ocorrências e armazenando dados climáticos. Na impressão do relatório podem ser observadas todas as informações necessárias para a fiscalização, como mostra a Figura 14.

**Figura 14 – Aplicativo de diário de obra**



Fonte: Autoria Própria (2023).

Já Figura 15 é exibido as possíveis realizações que o aplicativo tem incluso em sua composição para armazenar as informações mais relevantes.

**Figura 15 – Aplicativo de diário de obra**

The screenshot shows the data entry form for the construction diary. It includes sections for weather conditions (Tempo and Condição), pluviometric index, and lists for labor (Mão de obra), equipment (Equipamentos), activities (Atividades), occurrences (Ocorrências), comments (Comentários), and photos (Fotos). Each list has a '+ Adicionar' button.

Tempo	Condição	Índice pluviométrico (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Manhã <input type="checkbox"/> Claro <input type="checkbox"/> Nublado <input checked="" type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Praticável <input checked="" type="checkbox"/> Impraticável	14
<input checked="" type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Claro <input type="checkbox"/> Nublado <input checked="" type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Praticável <input checked="" type="checkbox"/> Impraticável	
<input type="checkbox"/> Noite <input type="checkbox"/> Claro <input type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Praticável <input type="checkbox"/> Impraticável	

Mão de obra (0) PADRÃO + Adicionar

Equipamentos (0) + Adicionar

Atividades (0) + Adicionar

Ocorrências (0) + Adicionar

Comentários (0) + Adicionar

Fotos (0) + Adicionar

Fonte: Autoria Própria (2023).

Dando início ao quinto mês de execução, a relação de funcionários foi de 4 pedreiros oficiais, 1 mestre de obra, 3 meios oficiais e 5 serventes, totalizando em 13 funcionários. Para a divisão de frente de obras, eram realizadas reuniões todos os fins de semana, para solucionar questões como: previsão do tempo, serviços de grande relevância monetária e conciliação com os alunos.

Por meio da ferramenta Matriz de Prioridade, foi possível criar uma organização entre, serviços de prioridade, de complexidade, de delegação (terceirização) e de ver e agir, sendo uma importância de segundo plano, como é demonstrado na Figura 16.

Figura 16 – Matriz de Prioridade

		Matriz de Prioridade	
Alto	Prioritário	Ver e agir	
	Rampa 2 - Rampa 3	Piso Tátil - Piso e drenagem patil externo - Limpeza - Administração	
	Complexo	Delegar (Terceirizar)	
	Cobertura abatedouro - Reparos no esgoto	Passarela de acesso ao refeitório (Metalúrgica) - Esquadrias metálicas	
Baixo		Baixo	Alto

Fonte: Autoria Própria (2023).

Frente a organização feita através da matriz de prioridade, foi elencada a divisão de todos os serviços com uma meta de realização até o sétimo mês, pois com uma meta bem estabelecida pode facilitar a visualização de problemas futuros e pode resolver os mesmos antes de aparecerem. Como os serviços presentes no quadrante de delegação podem ser resolvidos com outra equipe de serviço os funcionários focaram totalmente nos serviços prioritários e complexos, realizando uma pequena parte do ver e agir apenas para completar o valor da medição.

Já na parte de terceirização o planejamento foi estruturado de maneira que não comprometesse totalmente do fluxo de caixa, pois tanto materiais quanto mão de obra de esquadria e metalúrgica são custos altos. Para a decisão de escolha de qual iniciar foi usada a ferramenta 5W2H adaptada para simulações de quanto seria gasto e quanto tempo levaria para realizar cada uma das mesmas. No Quadro 15 é demonstrado a relação da simulação para a metalúrgica.

Quadro 15 – 5W2H – Item 7

5W					2H	
WHAT	WHY	WHERE	WHO	WHEN (HOW MUCH TIME)	HOW	HOW MUCH
Corrimões e Guarda - Corpos metálicos da passarela. (Item 7)	Para trazer acessibilidade ao colégio e proteção para alunos.	Nas rampas de acessibilidade e na passarela principal no colégio.	Metalúrgica terceirizada.	1,5 mês.	O material comprado pela empresa levado para os metalúrgicos, realizaram no barracão e instalaram no pronto no local.	70% do valor planilhado.

Fonte: Autoria Própria (2023).

Como é possível analisar na coluna de representação do *WHEN* (Quando), foi realizada uma adaptação para *HOW MUCH TIME* (Quanto tempo), assim deixa-se voltada para o intuito da ferramenta de decisão entre ambas as situações. No Quadro 16 é exibida a simulação para a empresa de vidraçaria.

Quadro 16 – 5W2H – Item 17

5W					2H	
WHAT	WHY	WHERE	WHO	WHEN (HOW MUCH TIME)	HOW	HOW MUCH
Portas e Janelas de vidro temperado. (Item 17)	As janelas antigas eram de esquadria de ferro fundido e já estava com patologias.	Nos blocos alojamento, salas de aulas e banheiros.	Vidraçaria terceirizada.	2 meses.	O material e a mão de obra são provenientes da empreiteira e após ter sido feita a retirada das esquadrias antigas e colocada pingadeiras novas, a empresa terceirizada instala as novas.	85% do valor planilhado.

Fonte: Autoria Própria (2023).

Analisando as duas simulações foi orientada a sequência de execução com o início da metalúrgica, tendo os aspectos mais essenciais serem mais adequados a situação, com o tempo de duração e o valor serem menores. Dessa maneira após a medição foi dado início a parte de esquadrias.

Já na fase de controle foram realizadas coletas de dados com quadros e gráficos para a verificação dos resultados finais. Logo, no Quadro 17 são identificados os serviços executados no mês 5.

**Quadro 17 – Dados de serviço mês 5**

Mês 5				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
7	-	100%	100%	Novo
8	-	40%	40%	Novo
11	40%	35%	75%	Pendente
12	40%	20%	80%	Pendente
16	40%	30%	50%	Pendente
19	15%	20%	59%	Andamento

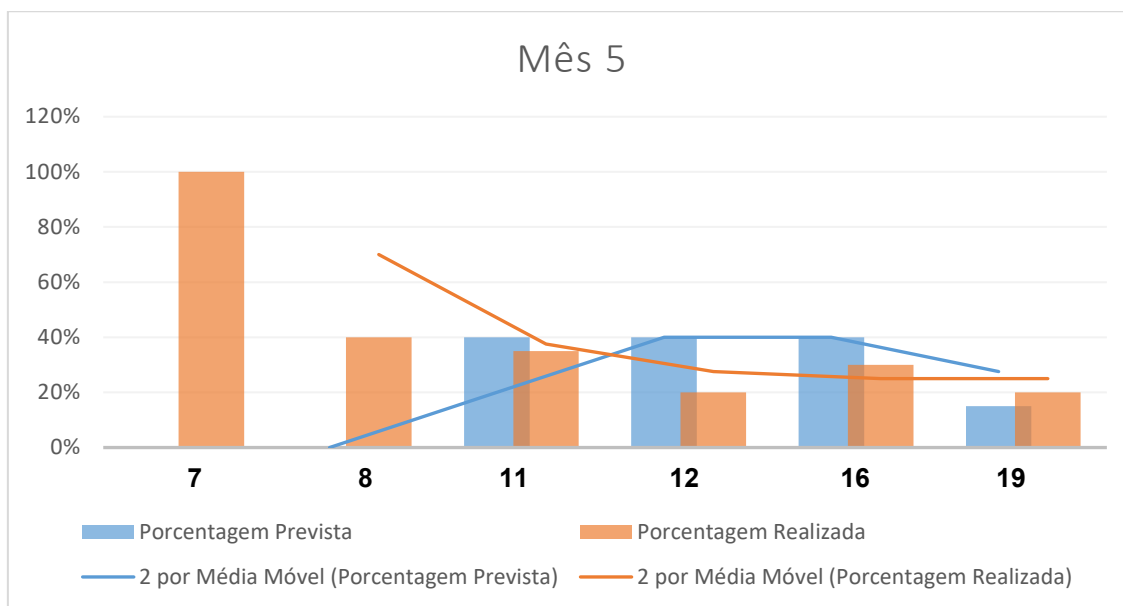
**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Dentre os serviços 3 ficaram com o status de pendente pois são itens que eram para estarem com uma porcentagem maior ou já concluídos.

Como o planejamento realizado com a ferramenta do 5W2H era iniciar com a execução do item 7 (corrimões e guarda-corpo na passarela) a empresa de metalúrgica terceirizada realizou o serviço completo em menos de 1 mês de execução, atingindo os resultados esperados.

Frente a isto, todos os serviços do mês 5 eram com proximidades aos alunos, menos o item 16, sendo a cobertura do abatedouro, para conter esse conflito foi estabelecida uma logística de horário de serviço, ou seja, o estagiário entrou em contato com o diretor assim, adquiriu os horários dos alunos e foi analisado que a partir das 15:30 horas os alunos eram dispensados de segunda a quinta-feira, já na sexta eram dispensados 14:00h horas, assim, até estes horários focavam na cobertura do abatedouro e após isso realizavam os outros serviços. No Gráfico 8 é possível observar a relação dos serviços executados.

Gráfico 8 – Dados de serviço mês 5



Fonte: Autoria Própria (2023).

Finalizando o serviço da metalúrgica, foi iniciado a realização das esquadrias, para o qual foi necessário realizar uma logística de execução em dois meses, pois como um dos locais da troca de janelas era nos alojamentos. Para ter uma conciliação eficaz, foi dividido que no mês 6 iria ser executado o bloco das salas de aula e no mês 7 onde teve as férias dos alunos foi realizado o alojamento. Além da mesma logística ser considerada para os reparos do esgoto e para a drenagem, pois parte de ambas eras em local utilizado frequentemente pelos alunos e parte não, logo, foi dividida entre o mês 6 e 7 a realização.

Assim, seguindo a logística do mês 5, para a conciliação dos serviços com os alunos, no mês 6 foram finalizados ou adiantados grande parte dos itens, como é demonstrado no Quadro 18.

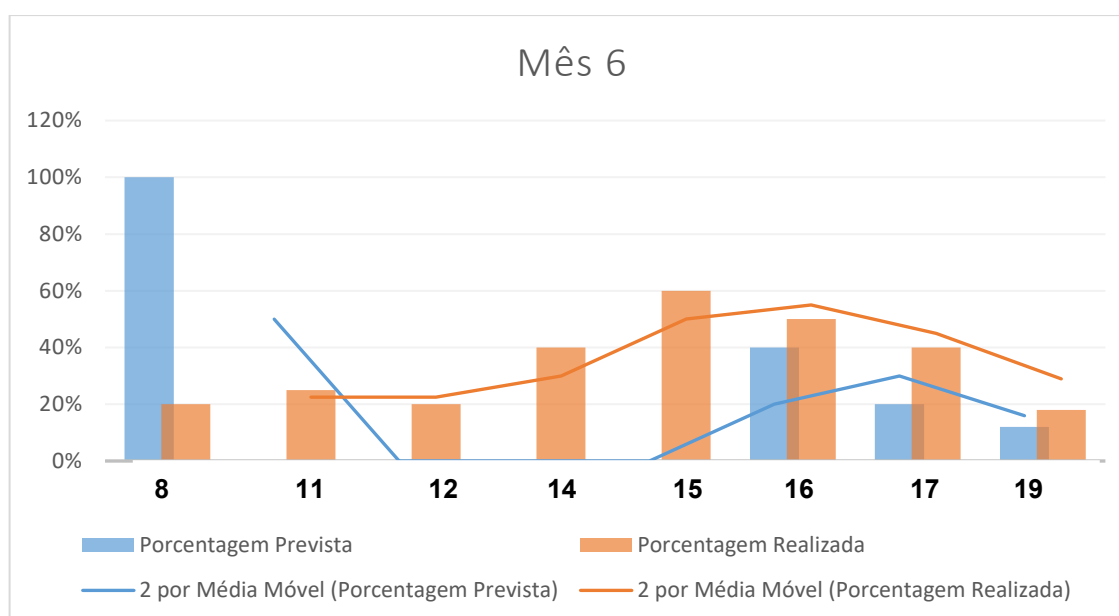
Quadro 18 – Dados de serviço mês 6

Mês 6				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
8	100%	20%	60%	Andamento
11	-	25%	100%	Finalizado
12	-	20%	100%	Finalizado
14	-	40%	40%	Andamento
15	-	60%	60%	Andamento
16	40%	50%	100%	Finalizado
17	20%	40%	40%	Andamento
19	12%	18%	77%	Andamento

Fonte: Autoria Própria (2023).

Com base na porcentagem dos itens realizados no mês 6 o Gráfico 9 exibe a relação da parte prevista da realizada.

Gráfico 9 – Dados de serviço mês 6



Fonte: Autoria Própria (2023).

Deste modo, foram sendo finalizados todos os serviços antecipadamente com uma logística bem estabelecida, seguindo passos elaborados e estruturados por ferramentas, além de uma comunicação mais objetiva e assertiva ter sido concretizada, e assim muitas dúvidas não surgirem como antes.

Assim, pode-se ter uma análise de conclusão do controle da melhoria, partindo do ponto que o estagiário estando presente no local, registrando imagens e direcionando um diálogo eficaz entre o engenheiro e o mestre de obra, a empresa tem acesso a um controle contínuo da reforma. A ferramenta de controle foi especialmente

o aplicativo, onde os relatórios diários permitiam análise detalhada e ampla da reforma como um todo.

Por fim, o mês 7 foi concluído como último mês da reforma, atingindo a meta inicial, realizando nestes 3 meses finais uma amplitude de serviço muito superior da prevista e superando em 1 mês a previsão inicial para o término da obra. Como é possível observar no Quadro 19.

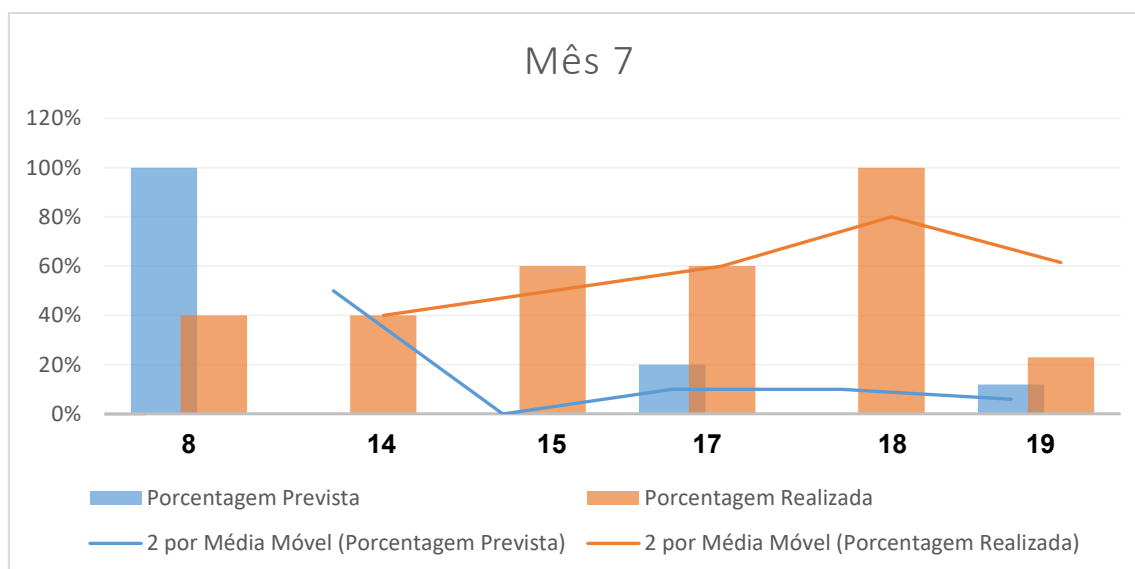
**Quadro 19 – Dados de serviço mês 7**

Mês 7				
Item do serviço	Porcentagem Prevista	Porcentagem Realizada	Acumulado	Status
8	100%	40%	100%	Finalizado
14	-	40%	100%	Finalizado
15	-	60%	100%	Finalizado
17	20%	60%	100%	Finalizado
18	-	100%	100%	Finalizado
19	12%	23%	100%	Finalizado

**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Já no Gráfico 10 é apresentada a relação final dos serviços previstos e executados.

**Gráfico 10 – Dados de serviço mês 7**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Para evidenciar o controle na obra foi desenvolvido um projeto de *Checklist* adaptado com a inclusão da ferramenta Canvas, permitindo aos próprios funcionários verificarem se todas as etapas foram desenvolvidas e caso tem alguma dúvida ou sugestão poderia acrescentar no *Checklist*, no Apêndice B é apresentado um exemplo



do método de controle para determinado item, logo cada item tem seu *Checklist* individual. Permitindo assim elencar os funcionários cada etapa da obra e otimizar a elaboração sem possibilidade de retrabalho por falta de passos que entraram no esquecimento.

Desta maneira, foi elaborado um *Checklist* final em conjunto com a limpeza da obra para não deixar nada sem sua devida execução, logo, o engenheiro e o estagiário foram juntamente com o mestre de obra e a fiscalização da obra sendo conferido todo o *Checklist* e por fim, concluindo a obra com sucesso.

## **6.4 Comparação Final**

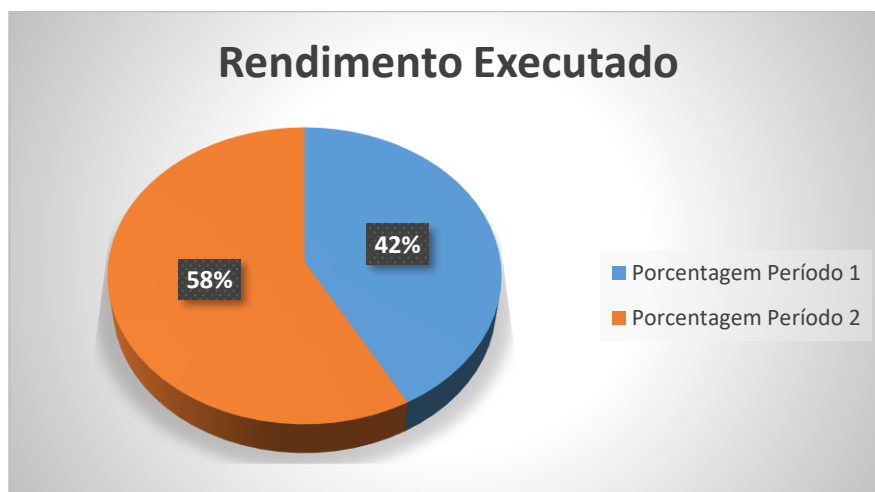
Após toda a execução da reforma e com a coleta de todos os dados de ambos os períodos, foi constada uma diferença em diversos aspectos que serão apresentados a seguir.

### **6.4.1 Rendimento de execução**

Frente ao período inicial de análise é verificado através dos dados coletados e dos serviços realizados um atraso em visão geral nos 4 primeiros meses, já no período final de análise teve-se uma superação da porcentagem de rendimento em ampla avaliação, adiantando 1 mês do prazo final de obra. Em entrevista com os funcionários foi comentado a grande mudança de um baixo rendimento para um alto, sendo pontuadas todas as técnicas e ferramentas usadas para facilitar e otimizar o serviço, partindo do ponto que nos 4 primeiros meses havia inúmeras dúvidas de execução e tomadas de decisões incorretas por falta de comunicação do responsável da obra com o engenheiro, passando isso para a análise da metodologia do Six Sigma, teve-se em um primeiro momento um conflito de comunicação entre o Master Black Belt e o atual Black Belt, sendo que essas nomenclaturas são teorizadas, para acarretar mais clareza na implantação da metodologia.

Logo, com a atualização e implantação da metodologia foi inserido um indivíduo que facilitou a comunicação entre o engenheiro e o mestre de obras, estando presente nos dois cenários, a obra e o escritório. Realizando na obra registros fotográficos, auxiliando na tomada de decisão e inserindo as técnicas e ferramentas da metodologia. No Gráfico 11 é demonstrado a diferença numérica entre os dois períodos.

Gráfico 11 – Resultado final



Fonte: Autoria Própria (2023).

Outro tópico importante para o crescimento do rendimento foi o aumento na mão de obra, possibilitando assim a execução ter um número maior de frentes de obra, realizando também uma maior quantidade de serviços diferentes do que foi apresentado no cronograma da licitação e assim atingindo as metas e resultados esperados.

Por último pode-se destacar a execução em conjunto com o *Checklist*, que desenvolve uma liberdade controlada para o funcionário tomar decisões perante a próxima frente de execução e garantindo que não falte nenhum subitem de serviço, além de permitir uma abertura para possíveis dúvidas e que nada caia no esquecimento.

#### 6.4.2 Motivação da mão de obra

A principal chave que move a construção é a mão de obra, e não sendo diferente para a reforma analisada pode-se verificar e avaliar que uma mão de obra motivada faz grande diferença no rendimento final.

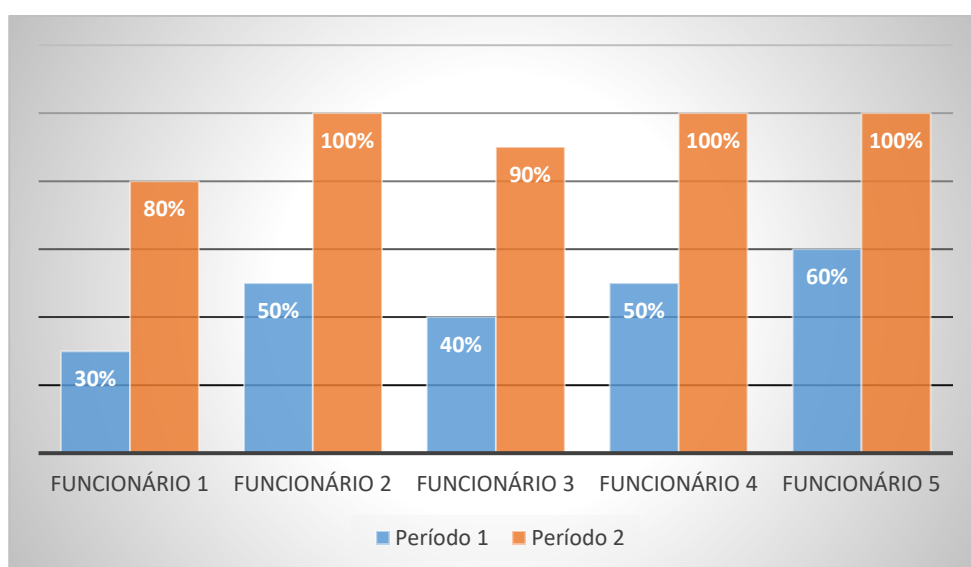
Foi comentado pelos funcionários que no período inicial muitos fatos originavam desmotivação, sendo dúvidas, falta de comunicação, sobrecarga de serviço, estresse no trabalho, entre outro, assim partindo do momento onde foi dado início a implementação do Six Sigma.

Observado com o uso das técnicas e ferramentas para trazer a melhoria originou-se uma motivação nos funcionários com a percepção de uma preocupação tanto com os serviços quanto com uma visão de auxílio para com os operários, assim

sendo sanados todos os pontos de dificuldades apontados pelos funcionários e consequentemente acarretando uma melhora significativa no serviço, ressaltando a importância do funcionário no local de trabalho.

O Gráfico 12 apresenta uma porcentagem de satisfação de trabalhar nos dois períodos de serviço, apenas para os 5 funcionários que trabalharam em todos os 7 meses de serviço executado.

**Gráfico 12 – Satisfação de trabalho por período**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

## 7 CONCLUSÃO

O intuito do desenvolvimento de ferramentas da gestão é poder acarretar crescimento na otimização do gerenciamento de obra, possibilitando a resolução de defeitos existentes que incapacitam a melhoria continua dos processos.

Com a análise completa de todos os dados coletados é perceptível o aumento das porcentagens de rendimento do serviço, da motivação dos funcionários, além de fatos consequentes desses atos, como a satisfação do colégio por ter um adiantamento na obra e assim com a entrega antecipada da obra remove-se limitantes que estão presentes nas obras, que de certa forma acarreta um desconforto momentâneo para alunos e professores por alterar suas rotinas, porém garante a segurança que neste período não tenha risco.

Pois uma visão negativa de uma empresa em seu trabalho pode prejudicar a imagem da mesma para outros clientes, ou seja, ter uma equipe dedicada em não medir esforços para melhorar processos que em um primeiro momento é considerada regular, mas com o passar do tempo pode surgir problemas maiores que tal processo não estará preparado para suportar. Logo, inserir na empresa uma filosofia de melhoria continua em todos seus processos pode não só alcançar resultados acima dos esperados quanto pode atingir uma maior taxa de comprometimento de clientes novos.

Outra observação relevante é a implementação de ferramentas e atividades técnicas que facilitam o alcance de possíveis soluções para determinados defeitos, que trabalhado da maneira correta, estrutura-se a edificação com uma garantia maior. Como foi verificado, seguindo as etapas do processo de melhoria e com os mecanismos assertivos, encontra-se aspectos de otimização para realizar o serviço e origina uma visão técnica mais eficaz para todos os envolvidos, assim alcançando uma obra com excelentes resultados.

Portanto, os primeiros 4 meses não atingiram a porcentagem prevista, mas trouxe dados e informações precisas para poder ser elaborada uma estratégia de melhoria para os próximos meses não apenas alcançar a prevista, mas supera-la.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16280**: reforma em edificações — sistema de gestão de reformas — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9001** sistema de gestão da qualidade - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- ADESSE, E.; MELHADO, S. B. A. Coordenação de projetos externa em empresas construtoras e incorporadoras de pequeno e médio portes. *In*: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2003, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Universidade do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=ADESSE%2C+MELHADO%2C+2003&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=ADESSE%2C+MELHADO%2C+2003&btnG=). Acesso em: 05 ago. 2023.
- ALAMBRE. **Guarda-corpos**. Site Alambre. [s. l.]. 2022. Disponível em: <https://alambre.com.br/produto/guarda-corpo-2/>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- ARROTÉIA, A. V; AMARAL, T. G; MELHADO, S. B. Gestão de projetos e sua interface com o canteiro de obras sob a ótica da Preparação da Execução de Obras (PEO). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 183-200, dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000400013>. Acesso em: 31 de maio de 2023.
- ASQ. **A história da qualidade**. Site ASQ. [s. l.]. 2016. Disponível em: <https://asq.org/quality-resources/history-of-quality>. Acesso em: 02 jun. 2023.
- ALMEIDA, G. M; ANDRADE, G. P. **A importância de ferramentas de gestão para o gerenciamento e a gestão de obras**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.
- AVILA, T. C. F. **Gestão de projetos na construção civil**: avaliação do processo em duas empresas construtoras de Florianópolis. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- AVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil**: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-99YJXN>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- CAMPOS, L. F. R. **Gestão de projetos**. Curitiba: E-Tec Brasil, 2011.
- CEFIS. **Six Sigma**: O que é? Como funciona a certificação em lean six sigma? Site CEFIS. [s. l.]. 2021. Disponível em: <https://blog.cefis.com.br/six-sigma-certificacao-lean-six-sigma/>. Acesso em: 05 jun. 2023.

DANTAS, C. P. A metodologia seis sigma e as áreas de aplicação. **Revista Científica da Facerb**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 35-43, jul. 2015.

DAVISON, L; AL-SHAGHANA, K. The link between Six Sigma and quality culture – an empirical study. **Total quality management & business excellence**, v. 18, n. 3, p. 249-265, maio 2007. DOI: 10.1080/14783360601152269.

FERNANDES, A. **Telha Francesa**: como é, vantagens, desvantagens, tipos, preço e 60+ ideias. Site ARKPAD. 29 ago., 2022. Disponível em: <https://arkpad.com.br/telha-francesa/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

FERNANDES, P. R. S. **Causas de desmotivação no trabalho em uma empresa pública federal**. 2009. Monografia (Especialização em Economia, Administração, Contabilidade e Ciência) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FRANZ, L. S; CATEN, C. S. T. Uma discussão quanto à relação entre os métodos DMAIC e PDCA. *In*: III SEMANA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES, 2003 Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: 2003. 1 CD-ROM.

GASPAR, A. R. V. **Aplicação do Seis Sigma na avaliação da inexatidão dos resultados dos laboratoriais do parâmetro cortisol sérico**. 2015. Dissertação (Mestrado em Licenciatura em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 6. ed. São Paulo: Pini, 2014.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da decisão**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cengage, 2007.

GONÇALVES, R. A. **Ferramentas de gestão de projetos para construção civil e tecnologia BIM**. 2016. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

GYGI, C; WILLIAMS, B. **Six Sigma for dummies**. 2. ed. Nova Jersey: Wiley, 2005.

ISIXSIGMA. **History of the Six Sigma black belt naming convention**. Isixsigma Editorial. [s. l.]. 2010. Disponível em: <https://www.isixsigma.com/history/history-six-sigma-black-belt-naming-convention/>. Acesso em: 02 jun. 2023.

KEELING, R.; BRANCO R. H. F. **Gestão de projetos**: uma abordagem global. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

KUBIAK, T. M; BENBOW, D. W. **The certified six sigma black belt**. 3. ed. United States Of America: Asq Quality Press, 2009.

LEUSIN, S. R. **Gerenciamento e coordenação BIM**: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. Rio de Janeiro: Gen Ltc, 2018.

LIMA, L. V; BRAGA, S. G. L. **A importância do planejamento e controle de obra de construção civil referente aos impactos causados pelos custos, qualidade e tempo**. 2020. Monografia (Especialização em Engenharia Civil), Faculdade Doctum de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020.

MARTINELLI, F. B. **Fundamentos de projetos**. Curitiba: Iesde Brasil S.A., 2009.

MARZAGÃO, D. S. L; CARVALHO, M. M. The influence of project leaders' behavioral competencies on the performance of Six Sigma projects. **Review Of Business Management**, v. 18, n. 62, p. 609-632, 18 out. 2016. DOI: 10.7819/rbgn.v18i62.2450.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão de processo de projeto colaborativo com uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2013.

MAUKIEWICZ, D; A. SUSKI, C. Implantação da metodologia Seis Sigma. **Revista de Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 16, n. 32, p. 31-38, out. 2009.

MONTEIRO, A. C. N *et al.* Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. **Revista Campo do Saber**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 53-77, jan. 2017.

MONTGOMERY, D. C; WOODALL, W. H. An Overview of Six Sigma. Jstor. **Revue Internationale de Statistique**, Arizona v. 76, n. 3, p. 329-346, dez. 2008. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/27919650>. Acesso em: 04 jun. 2023.

NASCIMENTO, J. M. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. **Revista Especialize On-Line Iog**, Goiânia, v. 1, n. 7, p. 1-11, jul. 2014.

PACHECO, D. A. J. Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, Porto Alegre, v. 24, n. 4, p. 940-956, 11 dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132014005000002>. Acesso em: 02 jun. 2023.

PINTO, D. G. C. **Aplicação do Seis Sigma no processo de moldação da indústria corticeira**. 2016. Dissertação (Mestrado em Licenciatura em Ciências da Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2016.

PIRASTEH, M; FOX, R. E. **Rentabilidade sem fronteiras: otimizando toc e lean-six sigma**. 3. ed. São Paulo: ASQ, 2010.

PROJETO ARQUITETÔNICO. **Projeto arquitetônico: implantação**. Execução de reforma em centro de educação estadual com área aproximada de 1250 metros quadrados. Campo Mourão, 2022. Disponível em: <https://www.secid.pr.gov.br/Concidades/Banner/PRED>. Acesso em: 05 jan. 2023.

PYZDEK, T. Uma ferramenta em busca do defeito zero. **Hsm Management**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 1-7, jun 2003.

QUALITY GURUS, **Diferenças e semelhanças entre as metodologias Six Sigma DMAIC e DMADV**. Site QualityGurus. [s. l.]. 23 nov. 2021. Disponível em: <https://www.qualitygurus.com/difference-and-similarities-between-the-six-sigma-dmaic-and-dmadv-methodologies/>. Acesso em: 05 jun. 2023.

RESENDE, C. C. **Atrasos de obras devido a problemas no gerenciamento**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ROCHA, A. C; CANTERLE, N. M. G; LIMA, L. H. **Seis Sigma**: uma estratégia evoluída. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2006.

SABINO, G. **Papéis e funções dentro do Lean Six Sigma**. Site Radar de projetos. [s. l.]. 2018. Disponível em: <https://radardeprojetos.com.br/papeis-e-funcoes-dentro-do-lean-six-sigma/>. Acesso em: 05 jun. 2023.

SANTOS, A. B; MARTINS, M. F. Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. **Production**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 42-53, 12 mar. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132010005000003>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SCHAFFER, A. **Aplicação da metodologia Lean Six Sigma para melhoria de um processo produtivo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

SHARMA, U. Implementing Lean Principles with the Six Sigma Advantage: How a Battery Company Realized Significant Improvements. **Jornal de Excelência Organizacional**. São Paulo, v. 22, n. 3, p. 43-52, 9 maio 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/npr.10078>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SILVA, R. C. **Seis Sigma na avaliação externa da qualidade em laboratórios clínicos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

SOKOVIC, M; PAVLETIC, D; PIPAN, K. K. Quality improvement methodologies: pdca cycle, radas matrix, dmaic and dfss. **Journal Amme**. Slovenia, v.43, n. 1, p. 476-483, nov, 2010.

TEIXEIRA, J. N.; SANTOS, J. A. N.; PASSOS, W. F.; OLIVEIRA, N. L. F. Proposta de melhorias na gestão de empresas de construção civil: um estudo de caso internacional. **Interações (Campo Grande)**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 499-512, 16 set. 2020. Universidade Católica Dom Bosco. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v21i3.2042>. Acesso em: 30 de maio de 2023.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. Seis Sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação. **Rac**, Curitiba, v. 13, n. 4, p. 647-662, out. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552009000400008>. Acesso em: 02 jun. 2023.

VALLE, A. B. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2014.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura seis sigma**. 2. Ed. Belo Horizonte. Werkema Editora, 2004.



## **APÊNDICE A - Modelo Diário de Obras**



**APÊNDICE B - EXEMPLO DE *CHECKLIST***

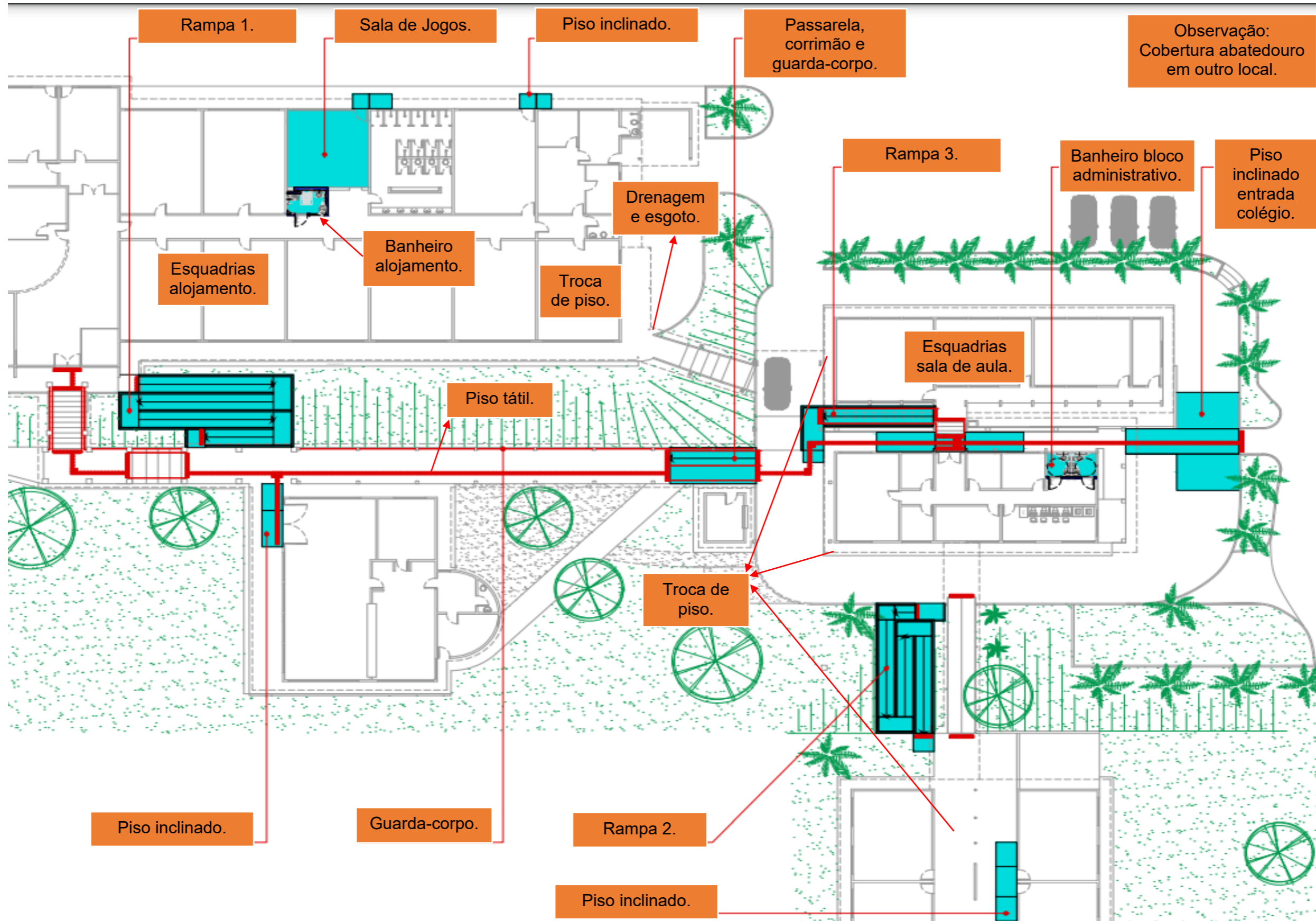
Quadro 20 – CHECKLIST

RESUMO DAS ETAPAS DA OBRA					
<b>Item 2 - BANHEIRO PNE NO BLOCO ADMINISTRATIVO</b>					
SUB ITEM	SERVIÇO	REALIZADO?	OBSERVAÇÃO	DÚVIDA	SUGESTÃO
1	DEMOLIÇÃO DE PISOS E REVESTIMENTOS;	X	CONTRAPISO TAMBÉM SERÁ DEMOLIDO PARA PASSAGEM DE TUBULAÇÕES NOVAS;		
2	INSTALAÇÃO DE NOVA HIDRÁULICA;	X	TERÁ VALVULA DE DESCARGA; TERÃO DOIS NOVOS RALOS;	VAI TER DOIS REGISTROS?	FAZER UMA CAIDA APENAS PARA A VALVULA E OUTRA PARA AS DEMAIS PEÇAS;
3	COLOCAÇÃO DE PISO E REVESTIMENTO NOVO;	X	PASSAR ARGAMASSA NA PAREDE E NA CERÂMICA;	QUAL REJUNTE?	
4	INSTALAÇÃO E ACESSÓRIOS E LOUÇAS;	X	ACESSÓRIOS COMUNS E PARA ACESSIBILIDADE (OLHAR PROJETO);	BANCADA DE GRANITO?	
5	ESQUADRIAS (PORTAR E JANELA);	X	JANELA DE FERRO; PORTA DE 90CM ADAPTADA (OLHAR PROJETO);		PINTAR JANELA E PORTA ANTES DE INSTALAR;
6	PARTE ELÉTRICA	X	TERÁ ALARME PARA DEFICIENTE FÍSICO (OLHAR PROJETO);		FURAR A LAJE PARA INSTALAÇÃO DA SINERE DO ALARME;
7	PINTURA TETO	X	LIXAR A EXISTENTE; COR BRANCO NEVE FOSCO;	QUANTAS DEMÃOS?	
8	LIMPEZA	X	VERIFICAR SE TUDO FOI REALIZADO;		

Fonte: Autoria Própria (2023).

**APÊNDICE C - PRANCHA DA REFORMA**

Figura 18 – Prancha da Reforma



Fonte: Adaptado de Projeto Arquitetônico (2022).