

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

**EDUARDO FERNANDES DOS SANTOS**

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: ANÁLISE EM PROCESSOS DE  
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS**

**VITÓRIA  
2024**

**EDUARDO FERNANDES DOS SANTOS**

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: ANÁLISE EM PROCESSOS DE  
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Produção (noturno) do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Leila Aley Tavares

**VITÓRIA**

**2024**

**EDUARDO FERNANDES DOS SANTOS**

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: ANÁLISE EM PROCESSOS DE  
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Produção (noturno) do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em 01 de outubro de 2024.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **LEILA ALEY TAVARES**  
Data: 05/10/2024 14:31:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Leila Aley Tavares**  
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente  
 **JOAO BOSCO GONCALVES**  
Data: 04/10/2024 14:19:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. João Bosco Gonçalves**  
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente  
 **THIAGO DE ALMEIDA RODRIGUES**  
Data: 04/10/2024 16:44:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Thiago de Almeida Rodrigues**  
Universidade Federal do Espírito Santo

## **AGRADECIMENTOS**

Começo agradecendo à minha orientadora Profa. Dra. Leila Aley Tavares, pela dedicação, paciência, profissionalismo e por todas as dicas valiosas que me ajudaram a dar forma a este trabalho.

Um agradecimento super especial e amoroso a minha mãe, Benedita, por sempre me incentivar nos estudos e por prover aquilo que é necessário para atingir meus sonhos.

Agradeço de coração às minhas irmãs, Katiene, Aline e Renata, pelo carinho incondicional e pela confiança que sempre depositaram em mim.

Agradeço à minha namorada, Crislany, por estar sempre ao meu lado, oferecendo palavras de apoio nos momentos difíceis e celebrando comigo cada vitória.

Agradeço à minha prima, Elizabeth, que sempre foi uma referência para mim em minha caminhada acadêmica.

Por fim, um agradecimento especial à Universidade Federal do Espírito Santo e a todos os meus professores, que contribuíram para essa jornada de aprendizado e crescimento.

## RESUMO

Os levantamentos topográficos são fundamentais para projetos de infraestrutura, pois fornecem dados precisos que permitem uma tomada de decisão mais segura em todas as fases do empreendimento. No entanto, embora o setor utilize metodologias digitais avançadas, como o BIM (*Building Information Modeling*), muitas empresas de topografia ainda adotam métodos tradicionais, pouco eficientes e com muitas tarefas manuais. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo analisar a transição do processo tradicional para o digital em uma empresa de topografia, investigando as melhorias promovidas pela transformação digital. Neste estudo de caso, a combinação de entrevistas, observações e ferramentas de análise de processos, como fluxogramas e o Diagrama de Ishikawa, permitiram uma visão abrangente dos problemas – e suas causas – associados ao processo tradicional, além de possibilitar a análise do fluxo de trabalho no processo digital. Os resultados mostram que a digitalização do processo permite identificar inconsistências ainda no local de coleta dos dados topográficos, proporcionando uma inspeção de qualidade mais ativa e diminuição nas causas de retrabalho. No entanto, também foram evidenciadas dificuldades no uso da nova tecnologia e a qualidade insatisfatória dos produtos intermediários, que se apresentam como desafios para a transformação digital. Isso exige a proposição de um plano de ação baseado no ciclo PDCA, com o objetivo de promover a melhoria contínua no processo.

Palavras-chave: Levantamento topográfico. Transformação digital. Mapeamento de processos. Diagrama de Ishikawa. Ciclo PDCA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cálculo das distâncias entre o receptor e satélite. ....	18
Figura 2 - Estação Total Leica TS07 .....	20
Figura 3 – Exemplo do processo de irradiação em campo. ....	21
Figura 4 - Plataforma na nuvem X-PAD 365 .....	28
Figura 5 - Exemplo de fluxograma de processo.....	30
Figura 6 - Estrutura base do diagrama de Ishikawa .....	31
Figura 7 - Fluxograma do processo tradicional. ....	40
Figura 8 - Fluxograma do processo tradicional: recorte da fase de coleta e processamento dos dados. ....	41
Figura 9 - Fluxograma do processo tradicional: recorte da fase de desenho técnico e validação do levantamento.....	42
Figura 10 – Diagrama de Ishikawa: Método.....	44
Figura 11 – Diagrama de Ishikawa: Mão de Obra.....	44
Figura 12 - Fluxograma do processo digital. ....	47
Figura 13 - Fluxograma do processo digital: recorte da fase de coleta e processamento dos dados. ....	48
Figura 14 - Fluxograma do processo digital: recorte da fase de cadastro e representação das feições topográficas.....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos e métodos de levantamentos topográficos .....	15
Quadro 2 - Resumo de equipamentos, acessórios, materiais e ferramentas.....	16
Quadro 3 - Classificação de escaneamento a laser com valores de alcance e precisão média. ....	26
Quadro 4 - Natureza das possíveis fontes de problemas - 6M's.....	32
Quadro 5 - Exemplo de aplicação do plano de ação 5W2H.....	33
Quadro 6 - Subetapas do ciclo PDCA.....	35
Quadro 7 - Identificação e estratificação das causas de retrabalho na empresa. ....	45
Quadro 8 - Resumo das etapas do ciclo PDCA. ....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ALS	<i>Aerial Laser Scanning</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GLONASS	<i>Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check e Act</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TLS	<i>Terrestrial Laser Scanning</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	10
1.2	OBJETIVOS.....	12
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>12</b>
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1	LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS.....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Tipos de Levantamentos Topográficos</b> .....	<b>16</b>
2.1.1.1	<i>Levantamento Topográfico Planimétrico</i> .....	16
2.1.1.2	<i>Levantamento Topográfico Altimétrico</i> .....	17
2.1.1.3	<i>Levantamento Topográfico Planialtimétrico</i> .....	17
<b>2.1.2</b>	<b>Métodos Tradicionais</b> .....	<b>17</b>
2.1.2.1	<i>Rastreio GNSS</i> .....	17
2.1.2.2	<i>Poligonação</i> .....	19
2.1.2.3	<i>Irradiação</i> .....	20
<b>2.1.3</b>	<b>Limitações dos processos tradicionais</b> .....	<b>21</b>
2.2	TRANSFORMAÇÃO DIGITAL EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS .....	23
<b>2.2.1</b>	<b>Captura de Realidade</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Softwares de medição de campo</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Conectividade em nuvem</b> .....	<b>28</b>
2.3	FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	29
<b>2.3.1</b>	<b>Fluxograma de processos</b> .....	<b>29</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Diagrama de Ishikawa</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Plano de ação 5W2H</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Ciclo PDCA</b> .....	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>36</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	36
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	36
3.3	COLETA DE DADOS.....	37
3.4	ANÁLISE DE DADOS .....	38

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1	MAPEAMENTO DO PROCESSO TRADICIONAL.....	39
4.2	ANÁLISE DE CAUSA E EFEITO .....	43
4.3	MAPEAMENTO DO PROCESSO DIGITAL.....	46
4.4	PROPOSTAS DE MELHORIAS.....	51
<b>4.4.1</b>	<b>Planejar (Plan) .....</b>	<b>51</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Fazer (Do) .....</b>	<b>52</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Verificar (Check) .....</b>	<b>52</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Agir (Act).....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
	<b>APÊNDICE A – FORMULÁRIO APLICADO AO TÉCNICOS DA EMPRESA.....</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICE B – RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS COM O FORMULÁRIO..</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE C – FLUXOGRAMA DO PROCESSO TRADICIONAL .....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE D - DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA E EFEITO) .....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE E – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DIGITAL.....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE F – PLANO DE AÇÃO 5W2H.....</b>	<b>68</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Projetos de infraestrutura representam a espinha dorsal do desenvolvimento econômico e social, sendo fator essencial para o crescimento da produtividade e distribuição mais igualitária de renda de uma nação (Rocha, Ribeiro, 2022). Conforme pesquisa realizada pela Consultoria Inter B. (Inter B., 2024), projeta-se para o ano de 2024 o investimento de R\$ 215,83 bilhões no setor de infraestrutura, sendo o montante resultante de iniciativas públicas e privadas.

Dentro das subáreas dos projetos de infraestrutura, encontram-se integrados os serviços topográficos, cuja finalidade é fornecer uma base de informações para estudo, análise e implantação de projetos de engenharia. Desse modo, a topografia tem aplicações em diversas atividades de engenharia, servindo como meio de apoio para a tomada de decisões e não um “fim” (Borges, 2013). De acordo com os estudos de Botelho, Francisci Junior e Paula (2018), topografia pode ser definida como a técnica de levantar, medir e descrever uma porção da superfície terrestre por meio da medição de ângulos e distâncias com métodos e equipamentos adequados. Além disso, a topografia atua na delimitação e registro de propriedades, apoio a obras civis, atividades agrônômicas, implantação de fábricas, implantação de equipamentos industriais, etc.

Os serviços topográficos, em sua maioria, são projetos com processos realizados em campo, ocorrendo a identificação e coleta de dados; e atividades realizadas em escritório para o processamento dos dados coletados. Segundo o PMBOK (2017), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único. Caracterizado pela unicidade, a partir de um trabalho orientado, aplicando metodologias de execução e controle. Ainda sobre as características dos sistemas produtivos de projetos, pode-se ressaltar que são discretos, com alta customização, baixo volume e alta variedade (Slack et al., 2008).

Os projetos topográficos têm características de unicidade referente ao local, finalidade, empreendimento, feições topográficas, precisões requeridas, etc. Contudo, existem atividades repetitivas, isto é, processos e metodologias que devem ser seguidas para a obtenção do resultado requerido. A operação que produz bens ou serviços, ou um misto dos dois, ocorre por processos de transformação. Essa

transformação refere-se ao uso de recursos (*inputs*) para alterar o estado ou condição de algo e adquirir produtos ou serviços (*outputs*) (Slack et al., 2008). Os recursos transformados podem ser materiais, informações ou consumidores. Contextualizando, em atividades topográficas, busca-se a transformação de informações realizando a coleta de dados em campo, processamento e apresentação de modo gráfico, tabular ou textual.

Todas operações obedecem a algum tipo de tecnologia de processo, isto é, as máquinas, equipamentos, pessoas, materiais e dispositivos que agregam valor aos produtos/serviços e auxiliam no cumprimento do objetivo de produção (Slack et al., 2008). Para a obtenção de produtos topográficos utiliza-se como tecnologias de coleta e processamento de dados, desde pranchetas para a realização de croquis até veículos aéreos não tripulados (VANT).

Embora, sejam necessários modelos matemáticos complexos, sensores precisos e equipamentos de alto custo; os processos topográficos ainda são executados a partir de um trabalho humano mais intensivo e com muitas tarefas manuais, principalmente na realização de atividades em campo. Desse modo, existe um baixo grau de automação na realização destes processos, evidenciando um desafio para melhoria na qualidade, tempo de processamento, competitividade e custos.

Dada a relevância da atividade para o setor de infraestrutura no Brasil e demais atividades de engenharia, identificou-se a oportunidade de analisar o processo produtivo de levantamentos topográficos, sob a ótica da transformação digital, em um escritório de médio porte, situado no estado do Espírito Santo. Portanto, no presente trabalho, serão abordadas as ferramentas e metodologias mais relevantes para análise, implementação e acompanhamento da digitalização de atividades relacionadas ao processo em estudo, visando identificar as possíveis melhorias e vantagens competitivas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a transição do processo de levantamento topográfico do modelo tradicional para o digital, identificando as limitações do processo tradicional e avaliando os benefícios e desafios da transformação digital para o setor de topografia.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- i. Mapear o processo tradicional e investigar as causas raízes dos problemas relacionados aos levantamentos topográficos realizados atualmente na organização;
- ii. Desenvolver um plano de ação para implementação de melhorias no processo digital;
- iii. Mapear o processo digital implementado e analisa-lo para o desenvolvimento de melhorias;
- iv. Comparar os resultados obtidos com os métodos tradicionais, a fim de avaliar o impacto da digitalização no processo.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Em levantamentos topográficos são utilizados equipamentos que visam garantir precisão na medição e representação gráfica adequada. A coleta das informações ocorre, por sua vez, por meio da medição de pontos com estações totais, escâneres a laser, receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) ou VANTs; e a representação por meio de croquis de campo, sendo um esboço das feições topográficas em papel para, posteriormente, servir de apoio ao desenho técnico, realizado em uma plataforma CAD (*Computer Aided Design*).

A execução do processo não integrada e realizada de modo manual, pode inferir na ocorrência de erros não só oriundos de atividades de campo, mas também em interpretações equivocadas por parte dos técnicos em escritório. Desse modo, pressupõe que a digitalização, automação e integração do processo, possa proporcionar melhoria na qualidade dos serviços e redução no tempo de processamento.

De acordo com a pesquisa “Sondagem sobre Transformação Digital das Empresas”, de 2023, feita por uma parceria da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e a Fundação Getúlio Vargas (FGV), houve um aumento de 24% de investimento das empresas em digitalização. Outra pesquisa realizada pela OTRS Group, denominada “OTRS *Spotlight*: IT Service Management 2023”, apresentou dados otimistas sobre o mercado brasileiro em relação à implementação de automação e digitalização de processos. Segundo a pesquisa, 52% das empresas brasileiras entrevistadas já implementaram e utilizam algum sistema de automação de processos dentro da sua organização. Além disso, os executivos entrevistados esperavam como principais vantagens da implementação das ferramentas a economia de custos (22%), satisfação de clientes (19%), reduzir erros de dados (15%), economia de tempo (14%) e capacidade de adaptação às mudanças (12%).

Conforme Ribeiro e Veiga (2023), a transformação digital é muito mais abrangente do que a conversão de documentos físicos em digitais. Ela é um modelo com o objetivo de impulsionar o negócio por meio da remoção de atividades, aplicando tecnologias que promovem a automação de processos e reduza os custos. Já Seibel (2021), coloca como a aplicação da tecnologia digital em todos os setores das organizações para promover valor econômico, agilidade e velocidade.

Tendo em vista o cenário atual de inovação e as vantagens que se apresentam na implementação da digitalização, pretende-se obter melhorias na qualidade dos serviços, menor tempo de ciclo e redução de custos, de modo que, proporcione vantagens competitivas à empresa em estudo em relação aos seus concorrentes de mercado.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Topografia pode ser definida como a ciência que determina as dimensões e contornos da superfície terrestre, por meio da medição de distâncias, direções e altitudes. Tem como finalidade fornecer dados para o cálculo de áreas, volumes e outras grandezas (McCormac; Sarasua; Davis, 2016). O processo de coleta e apresentação dos dados é denominado levantamento topográfico, e é constituído por atividades em campo e escritório.

De acordo com a ABNT (NBR 13.133:2021, p.5), os levantamentos topográficos são definidos como:

“Emprego de métodos para determinar coordenadas topográficas de pontos, relacionando-os com os detalhes visando à sua representação planimétrica em escala predeterminada e a sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou com pontos cotados.”

Ainda segundo McCormac, Sarasua e Davis (2016), levantamentos topográficos buscam obter informações tridimensionais detalhadas sobre feições topográficas, sejam elas naturais ou artificiais (edificações, relevo, corpos hídricos, vegetação, estradas, etc.), e representá-las em plantas topográficas. Desse modo, o objetivo dos levantamentos topográficos é descrever com precisão um local, apresentando, a partir de uma peça gráfica, dados pertinentes que amparem o estudo da área para fins específicos (Daibert, 2015).

Os levantamentos topográficos se configuram como um processo de apoio à outras áreas do conhecimento, porém é um recurso de importância indiscutível para a idealização, implementação e controle de projetos em engenharia (McCormac; Sarasua; Davis, 2016). Como Saraiva e Tuler (2016) defendem, a concepção de projetos de engenharia deve ser embasada no diagnóstico da sua futura área de implantação e dos elementos adjacentes para análise de viabilidade. E, assim, enfatizam que a planta topográfica é uma ferramenta primordial e imprescindível para estudos nas áreas como construção civil, arquitetura e urbanismo, saúde e saneamento, meio ambiente, vias de comunicação, geologia, geotecnia, mineração, ciências agrárias, defesa nacional, implantação de fábricas e equipamentos industriais, entre outras aplicações.

Na execução de levantamentos topográficos, existe uma gama de métodos e equipamentos disponíveis para serem empregados. De acordo com Tuler, Saraiva e Teixeira (2017), a determinação das diretrizes norteadoras para a execução das atividades deve estar relacionada ao tipo de serviço, aos requisitos dos projetos e seus objetivos.

Sendo assim, um ou mais métodos podem ser requeridos, mas é função do profissional analisar qual é o mais adequado. Estabelecem-se critérios técnicos para enquadramento do levantamento nas classes: topográfico planimétrico, topográfico altimétrico e topográfico planialtimétrico (ABNT NBR 13.133:2021). Dessa forma, os tipos de levantamentos e métodos são classificados com base no seu dado fundamental, isto é, planimétrico, altimétrico ou planialtimétrico (Tuler e Saraiva, 2014). O Quadro 1 apresenta os tipos de levantamentos topográficos bem como os métodos relacionados a cada um deles.

Quadro 1 - Tipos e métodos de levantamentos topográficos

<b>Tipo de levantamento</b>	<b>Métodos</b>
Planimétrico (ou perimétrico)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poligonação com ou sem Irradiações</li> <li>• Interseções (de ângulos e de distâncias)</li> <li>• Triangulação</li> <li>• Rastreio GNSS</li> </ul>
Altimétricos (ou nivelamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelamento geométrico (ou direto)</li> <li>• Nivelamento trigonométrico</li> <li>• Nivelamento taqueométrico</li> <li>• Rastreio GNSS</li> </ul>
Planialtimétricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poligonação com ou sem Irradiações</li> <li>• Interseções (de ângulos e de distâncias)</li> <li>• Rastreio GNSS</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Tuler e Saraiva (2014).

A seleção da metodologia a ser aplicada deve considerar não só o tipo de levantamento, mas também a finalidade do projeto, densidades e complexidade das informações requeridas, as dimensões e acurácia necessária (ABNT NBR

13.133:2021). Outrossim, é preciso estabelecer os mesmos critérios para a definição dos equipamentos, acessórios e materiais, pois o conhecimento acerca das funcionalidades e propósito de cada instrumento de trabalho são fatores responsáveis para garantia da eficiência e eficácia na execução de qualquer prática topográfica. No Quadro 2 é descrito o instrumental essencial para a realização dos levantamentos topográficos (Tuler e Saraiva, 2014).

Quadro 2 - Resumo de equipamentos, acessórios, materiais e ferramentas.

Equipamentos principais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teodolito</li> <li>• Nível</li> <li>• Estação Total</li> <li>• Receptor GNSS</li> </ul>
Acessórios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trena</li> <li>• Tripé e Bipé</li> <li>• Prisma óptico</li> <li>• Mira</li> <li>• Bastão milimetrado</li> </ul>
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rádio comunicador</li> <li>• Prancheta</li> <li>• Lápis/Caneta/Borracha</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Tuler, Saraiva e Teixeira (2017).

Por meio de avanços tecnológicos aplicados nos equipamentos topográficos, alguns dos métodos tiveram sua prática reduzida, uma vez que demandam muita mão de obra e apresentam menor nível de detalhamento e precisão (Deibert, 2015). Portanto, identificam-se, na atualidade, como principais técnicas de levantamento a poligonação, irradiação (ou levantamento de detalhes), rastreamento GNSS, nivelamento geométrico e nivelamento trigonométrico. Em apoio a execução destas operações indica-se como instrumentos básicos: níveis, estações totais, receptores GNSS, escâneres a laser, dentre outros (ABNT NBR 13.133: 2021).

## 2.1.1 Tipos de Levantamentos Topográficos

### 2.1.1.1 Levantamento Topográfico Planimétrico

A ABNT (NBR 13.133:2021, p.7) define um levantamento topográfico planimétrico como “método que projeta no plano horizontal os detalhes topográficos especificados de acordo com a finalidade”. Neste procedimento busca-se a

caracterização do terreno em um sistema de coordenadas com apenas duas dimensões, ou seja, não são considerados os desníveis entre os pontos do local mapeado (Daibert, 2015). Desse modo, sua aplicação ocorre em projetos topográficos de menor complexidade e que buscam, por exemplo, a definição de limites de uma propriedade, cálculo de área, cadastro de benfeitorias, estudo e classificação do solo, etc. (Tuler, Saraiva, 2014).

#### 2.1.1.2 Levantamento Topográfico Altimétrico

O levantamento topográfico altimétrico, ou nivelamento, é uma metodologia aplicada na obtenção das altitudes dos pontos de uma determinada área em relação à uma superfície de referência (ABNT NBR 13.133:2021). Diferente do levantamento topográfico planimétrico, adota-se um plano vertical para representação, exclusivamente, das distâncias verticais de modo que possibilite o estudo do relevo (Tuler, Saraiva, 2014).

#### 2.1.1.3 Levantamento Topográfico Planialtimétrico

Projetos topográficos mais complexos e abrangentes requerem um maior volume de dados e nível de detalhamento. Por conseguinte, é indicado a execução de um levantamento topográfico planialtimétrico, que consiste na identificação de pontos de detalhes com coordenadas tridimensionais, isto é, a integração do método planimétrico com o método altimétrico (ABNT NBR 13.133:2021). Desse modo, esse método apresenta informações cadastrais em um plano horizontal acrescidos de suas altitudes. Atualmente, os equipamentos topográficos permitem a obtenção direta de dados planialtimétricos, o que torna esse tipo de levantamento mais comum.

### 2.1.2 Métodos Tradicionais

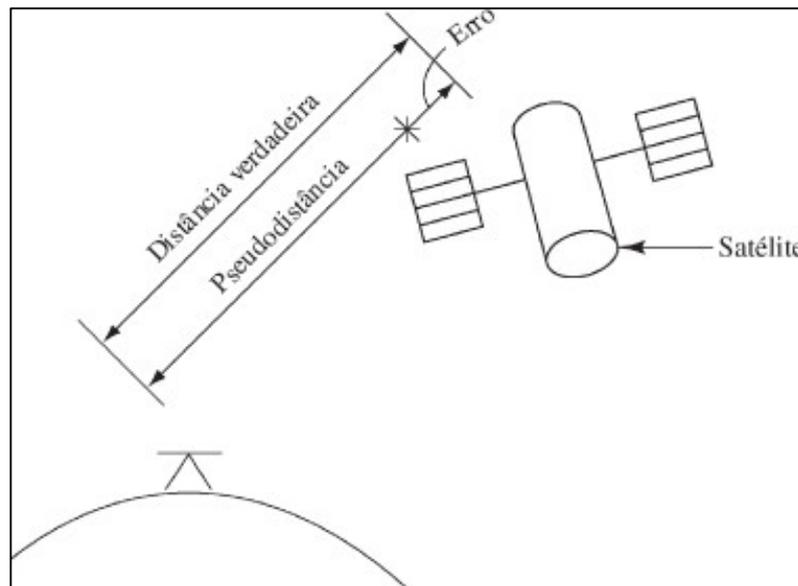
#### 2.1.2.1 Rastreio GNSS

O método de rastreio GNSS visa determinar a posição geográfica de pontos topográficos, obtendo suas coordenadas em relação a um *datum* de referência. Este procedimento apresenta uma grande vantagem, pois pode ser aplicado independentemente das condições atmosféricas, horário e da localização na Terra (Tuler, Saraiva, Teixeira, 2017). O posicionamento de um ponto na superfície terrestre

é determinado pela coleta das distâncias entre o ponto e uma rede de satélites, através da medição do tempo de propagação dos sinais de rádio transmitidos pelos satélites até o receptor GNSS (McCormac, Sarasua, Davis, 2016).

Conforme a geometria euclidiana, a coordenada de um ponto no espaço pode ser calculada por meio da interpolação de três distâncias, desse modo, essa seria a quantidade de medições simultâneas necessárias para definir um ponto com precisão. Contudo, em rastreios GNSS o sinal se desloca em dois meios diferentes, no vácuo do espaço e na atmosfera terrestre. Essa condição interfere em sua propagação que ocasiona na aquisição de uma pseudodistância, dado que, as ondas de rádios emitidas pelos satélites atingem velocidades diferentes em relação ao meio. A distância verdadeira é calculada com a inserção de um quarto satélite, utilizado para correção dos erros derivados de diferenças de tempo inerentes as medições (McCormac, Sarasua, Davis, 2016). A Figura 1 ilustra as distâncias calculadas entre os satélites e o receptor GNSS.

Figura 1 – Cálculo das distâncias entre o receptor e satélite.



Fonte: McCormac, Sarasua, & Davis (2016).

Durante a coleta de dados, emprega-se um ou mais receptores GNSS, os quais consistem em antenas eletrônicas capacitadas para receber e registrar informações provenientes de satélites. Os equipamentos convencionais utilizados em levantamentos topográficos, sejam eles para navegação, topografia ou geodésicos, demonstram precisões variando entre o nível milimétrico e métrico, e têm a

capacidade de captar sinais de múltiplas constelações de satélites, incluindo, por exemplo, o sistema GPS (*Global Positioning System*) dos Estados Unidos, o GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) da Rússia e outros sistemas similares. Além disso, tais receptores são equipados com dispositivos denominados controladoras, que permitem a manipulação de pontos coletados, a inserção de dados relativos à altura da antena, e outras funcionalidades essenciais (Tuler, Saraiva, Teixeira, 2017).

#### 2.1.2.2 Poligonação

A poligonação é um dos principais métodos empregados em levantamentos topográficos para a determinação de coordenadas dos pontos de apoio planialtimétrico (Vargas, Zanetti, Faggion, 2012). Este processo consiste em percorrer um itinerário formando uma poligonal topográfica, “figura geométrica determinada com os pontos materializados de apoio topográfico” (ABNT NBR 13.133: 2021, p,7). A partir de marcos com coordenadas conhecidas, medem-se os comprimentos e direções dos alinhamentos que compõem a poligonal, determinando assim a coordenada de cada um de seus pontos. Essas coordenadas serão posteriormente utilizadas para definir as feições topográficas (Tuler, Saraiva, Teixeira, 2017).

A implantação de uma poligonal topográfica baseia-se na determinação precisa de ângulos e distâncias. Ao longo de décadas, a medição angular foi conduzida com o auxílio dos teodolitos, dispositivos ópticos capazes de registrar ângulos horizontais e verticais, seja de modo mecânico ou digital. Paralelamente, as distâncias entre os pontos eram mesuradas com trenas e medidores eletrônicos de distância (McCormac, Sarasua, Davis, 2016). Essa prática exigia o armazenamento manual de todos os dados coletados em cadernetas de campo. Em outras palavras, os identificadores dos pontos, ângulos, distâncias e coordenadas deviam ser registrados em planilhas apropriadas de forma clara e ordenada, garantindo a correta execução dos cálculos e desenho técnico. Caso contrário, a confiabilidade e a segurança das informações seriam comprometidas (ABNT NBR 13.133: 1998).

O advento de equipamentos modernos aplicados à topografia, como as estações totais, contribuiu para superar algumas dificuldades como a necessidade de realizar medições de distâncias com trenas e a anotação manual de dados em cadernetas de papel. Esses dispositivos são similares aos teodolitos digitais, porém,

são dotados de sensores que possibilitam a medição de distâncias nativamente – tecnologia que calcula a distância de um ponto a um alvo através do tempo entre a emissão de um feixe de luz e sua reflexão. Além disso, possuem um microprocessador com interface ao usuário, permitindo não só a manipulação e verificação dos dados coletados, mas também o armazenamento desses dados em uma memória interna (Tuler, Saraiva, Teixeira, 2017). A Figura 2 exemplifica uma modelo de Estação Total da fabricante *Leica Geosystems*.

Figura 2 - Estação Total Leica TS07



Fonte: Página da *Leica Geosystems*<sup>1</sup>

### 2.1.2.3 Irradiação

A irradiação, um método derivado da poligonação, consiste na medição de ângulos e distâncias a partir de pontos da poligonal topográfica previamente estabelecidos (Tuler, Saraiva, Teixeira, 2017). Com base nesses dados, é possível definir com precisão a geometria das feições topográficas a serem representadas em planta.

Na prática, a irradiação é realizada posicionando-se uma estação total ou um teodolito em um dos pontos da poligonal e, em seguida, coletando as informações angulares e lineares dos pontos de interesse adjacentes. Essa coleta é realizada por meio de visadas, orientação da luneta do aparelho a um prisma óptico acoplado a um bastão milimetrado. O entendimento preciso do escopo do projeto e sua finalidade se

---

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://leica-geosystems.com/pt-br/products/total-stations/manual-total-stations/leica-flexline-ts07>>. Acesso em 26 de junho de 2024.

revela crucial para o levantamento dos detalhes, pois são esses aspectos que definem os elementos que devem ser cadastrados. (Vargas, Zanetti, Faggion, 2012).

Ao cadastrar os pontos irradiados, torna-se fundamental a elaboração de um croqui da área de levantamento. Nele, o vértice de cada elemento topográfico deve ser associado a uma numeração idêntica à da caderneta de campo ou ao registro na memória da estação total. A correlação entre essas anotações torna-se essencial para representação topográfica fidedigna, visto que, são base para elaboração do desenho técnico final (Vargas, Zanetti, Faggion, 2012). Na Figura 3, à esquerda, observa-se uma representação dos pontos irradiados em campo, enquanto à direita está a planilha com os dados correspondentes a cada ponto.

Figura 3 – Exemplo do processo de irradiação em campo.

EXEMPLO DE PLANILHA DE COORDENADAS COM PONTOS IRRADIADOS						
Estação	Ponto Visado	Distância (m)	Azimute	Ângulo horário	X (m)	Y (m)
P1		-		-	240,000	240,000
P1	P2	263,059	98° 44' 46"	249° 00' 05"	500,000	200,000
P2	P3	161,245	209° 44' 42"	290° 59' 55"	420,000	60,000
	i1	196,977	293° 57' 45"	15° 12' 59"	320,000	280,000
	i2	152,315	336° 48' 05"	58° 03' 19"	440,000	340,000
	i3	126,491	18° 26' 06"	264° 28' 21"	540,000	320,000
	i4	82,462	75° 57' 50"	322° 00' 05"	580,000	220,000
P3	P4	200,998	264° 17' 22"	234° 32' 40"	220,000	40,000
	i5	189,737	71° 33' 54"	41° 49' 13"	600,000	120,000
	i6	141,421	98° 07' 48"	68° 23' 07"	560,000	40,000
	i7	63,246	198° 26' 06"	41° 38' 01"	400,000	0,000
	i8	116,619	300° 57' 50"	144° 09' 44"	320,000	120,000
P4	P5	84,853	315° 00' 00"	230° 42' 38"	160,000	100,000
P5	P1	161,245	29° 44' 42"	254° 44' 42"	240,000	240,000

Fonte: Tuler, Saraiva e Teixeira (2017).

### 2.1.3 Limitações dos processos tradicionais

Embora atendam a uma ampla gama de finalidades, os métodos tradicionais de levantamento topográfico apresentam um ponto fraco: a execução de diversos processos complexos realizados pelos operadores. Esse contexto permite a interpretação subjetiva dos resultados e amplia a vulnerabilidade a erros, uma vez que, exige capacitação técnica específica, equipe sincronizada e experiência profissional dos operadores.

De acordo com Tuler, Saraiva e Teixeira (2017), as equipes topográficas devem ser formadas por profissionais qualificados, compostas por topógrafos, geralmente com graduação ou formação técnica em topografia, e por auxiliares de topografia que dominam os conhecimentos básicos da área. Nos métodos tradicionais de levantamento topográfico, a equipe de campo é composta por no mínimo três profissionais, cada um com funções específicas:

- **Chefe de equipe (Topógrafo):** Responsável pela realização do croqui e anotações na caderneta, garantindo a documentação precisa do levantamento.
- **Operador de instrumentos:** Encarregado da operação dos instrumentos de cadastro, como estação total ou teodolito, realizando as medições angulares e lineares dos pontos de interesse.
- **Auxiliar de campo:** Posiciona os bastões/prismas sobre os pontos de interesse, assegurando a visibilidade precisa para as medições.

O preenchimento completo e preciso da documentação relativa à execução do levantamento topográfico é fundamental para o sucesso do projeto. Essa documentação, seja em formato manual ou eletrônico, deve ser elaborada pelo topógrafo com atenção, evidenciando todos os aspectos relevantes para a equipe de escritório compreender plenamente o trabalho realizado. O registro inadequado das informações ou mesmo perda dos documentos podem implicar em um retorno à campo para realização total ou parcial do serviço. Estimava-se, em 2016, que uma equipe de campo poderia despender R\$ 1.000,00 ou mais por dia, incluindo custos com alojamento, transporte e alimentação. Portanto, erros ou imperfeições nesse processo ocasionam o aumento dos custos e tempo de finalização dos projetos (McCormac, Sarasua, Davis, 2016).

Cunha, Nascimento e Parreira (2014) enfatizam em seu estudo de caso que a falta de detalhamento do croqui, não registrando informações importantes, e a falta de compreensão do topógrafo sobre o serviço a ser realizado são as principais causas relacionadas à mão de obra que ocasionam retrabalhos. Um croqui mal detalhado impacta diretamente na produtividade dos desenhistas técnicos no processo de elaboração da planta topográfica. A falta de informações precisas e claras no croqui exige um tempo maior para a interpretação e análise dos dados, o que, conseqüentemente, também eleva o custo do produto final.

Equipamentos como Estações Totais e Receptores GNSS revolucionaram o processo de coleta de dados topográficos, eliminando a necessidade de

preenchimento manual da caderneta de campo. Logo, houve uma redução em erros grosseiros relativo aos registros das informações e maior segurança na transferência das informações ao escritório (McCormac, Sarasua, Davis, 2016).

Embora a digitalização dos dados tenha aprimorado o processo de coleta de informações, a elaboração de croquis de campo permanece fundamental. Isso se deve ao fato de que o *download* dos dados coletados só ocorrer no escritório após a conclusão do trabalho em campo. Essa lacuna temporal impede a avaliação imediata da acurácia e aceitabilidade dos dados coletados, especialmente no que se refere ao método de poligonização. Além disso, a falta de uma interface gráfica nos equipamentos dificulta a visualização dos dados em planta, limitando a análise e o acompanhamento em tempo real do trabalho realizado (Veiga, Zanetti, Faggion, 2015).

Os métodos tradicionais apresentam diversas limitações que impactam negativamente a eficiência e qualidade do trabalho. Uma das principais desvantagens reside na dificuldade de acompanhar os serviços de forma imediata, o que gera gargalos na comunicação e transferência de dados. Isso, por sua vez, resulta em uma lacuna temporal significativa na avaliação da qualidade e do andamento do levantamento topográfico.

## 2.2 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

A Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, caracteriza-se por ser um sistema produtivo integrado às inovações tecnológicas. Seus elementos fundamentais vão desde a digitalização de processos até aplicações com inteligência artificial, impulsionando diversos segmentos rumo à transformação digital e à colaboração entre as partes interessadas (Sacomano, Gonçalves e Bonilla, 2018). Destaca-se como um movimento de suma importância para modelos de negócios que buscam maior competitividade e lucratividade, pois suas práticas proporcionam benefícios como maior autonomia ao sistema produtivo, menor suscetibilidade a erros, aumento da produtividade, análise em tempo real da produção, maior interação entre as equipes, aumento da eficiência, entre outros (Cavalcanti *et al.*, 2018).

O modelo de sistema produtivo adotado na Indústria 4.0 não se restringe apenas às indústrias, mas pode ser aplicado a setores produtivos diversos. No setor de infraestrutura, o movimento de digitalização é orientado pela demanda por dados

mais precisos e atualizados, aprimoramento dos processos e colaboração entre campo e escritório (*Leica GeoSystems, 2017*). Esse contexto se fortalece com a difusão da metodologia *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem de Informação da Construção, nos projetos de infraestrutura. O BIM é definido como um conjunto de processos e tecnologias destinados ao gerenciamento de modelos de construção e de seu ciclo de vida (Sacks et al., 2021). A metodologia consiste na criação de um ambiente digital com informações atualizadas que incentivam a colaboração e auxiliam na tomada de decisão dos projetistas. Desse modo, aspectos como erros, atrasos e extrapolações orçamentárias podem ser mitigados.

Conforme a inovação tecnológica avança no campo da infraestrutura, o setor de topografia precisa acompanhar esse desenvolvimento, visto que se apresenta como o início e fim do ciclo de vida das construções. Desse modo, a utilização de metodologias mais modernas e digitais deve ser incentivada para proporcionar maior competitividade às empresas de topografia. Com a aplicação de novas tecnologias, como internet das coisas (IoT) aos equipamentos topográficos e métodos de captura de realidade, os processos de levantamentos de dados tornam-se mais automáticos, rápidos, precisos e confiáveis. Isso ocorre devido ao maior volume de dados coletados e à possibilidade de avaliação dessas informações ainda em campo, em virtude do surgimento de controladoras de campo com aplicativos de visualização e realidade aumentada. Outro ponto crucial, é a conexão entre os mundos físico e digital para que os processos de levantamento topográficos sejam mais integrados à metodologia BIM. Assim, é necessário maior conectividade entre campo e escritório por meio de soluções de transferência e processamento em nuvem (Bisio, 2021).

### **2.2.1 Captura de Realidade**

A captura de realidade é o processo que utiliza métodos e tecnologias avançadas de medição para digitalização do ambiente físico, produzindo um modelo digital em três dimensões. O modelo 3D é criado a partir de uma nuvem de pontos, caracterizando-se como uma representação fidedigna e precisa do objeto ou local. Outrossim, é a base para a construção do “gêmeo digital”, representação exata do ambiente que é empregada em simulações computacionais para:

- Aumentar a eficiência do projeto ao tomar decisões fundamentadas em dados reais e atualizados, não se fundamentando em suposições;

- Apoiar à construção por meio do monitoramento contínuo, avaliando o progresso da obra em comparação ao projeto;
- Acelerar a conclusão do projeto, mitigando possíveis erros que possam ocorrer.
- Apoiar na gestão do empreendimento após a conclusão da construção.

Os principais métodos utilizados para a obtenção de informações do ambiente físico são a fotogrametria e o escaneamento a *laser*, aplicados em estações terrestres ou aéreas. Ambos se baseiam no princípio da estereoscopia, que permite a visualização em três dimensões de cenas capturadas por meio da sobreposição, longitudinal ou transversal, de duas ou mais imagens (Müller Filho, 2015).

A fotogrametria, de acordo com Tolentino (2018), é a “execução de desenhos e modelos geométricos através de fotografias de objetos”. Atualmente, fotografias digitais são processadas em *softwares* específicos que as transformam em modelos tridimensionais, detalhando as feições presentes no terreno. A partir desses modelos, é possível realizar diversas análises e produzir desenhos técnicos de alta precisão. De forma concisa, a fotogrametria pode ser classificada em dois tipos principais: terrestre, com equipamento no solo e alcance limitado, e aérea (aerofotogrametria), realizada por VANTs para levantamentos de grande escala (Ribeiro, 2023).

O escaneamento a laser (*Laser Scanner*), é um método que utiliza um equipamento capaz de emitir, receber, processar e registrar pulsos *laser*, empregado em levantamentos tridimensionais de feições topográficas. Essa abordagem proporciona maior exatidão na definição das formas dos objetos cadastrados, representados por uma nuvem de pontos com coordenadas tridimensionais e informações de reflectância espectral (Müller Filho, 2015). A classificação do escaneamento a laser varia conforme a tecnologia aplicada, que pode ser baseada em triangulação, diferença de fase ou *LIDAR (Light Detection And Ranging)*, bem como pelo posicionamento do aparelho: *Terrestrial Laser Scanning (TLS)*, realizado em solo, ou *Aerial Laser Scanning (ALS)*, realizado por meio de aeronaves (Ribeiro,2023). No Quadro 3 pode ser observado a classificação do escaneamento a *laser*, resumindo suas características como alcance, posicionamento e precisão média.

Quadro 3 - Classificação de escaneamento a laser com valores de alcance e precisão média.

TECNOLOGIA	ALCANCE	POSICIONAMENTO	VALORES DE ALCANCE (m)	PRECISÃO (mm)
Triangulação	Muito curto	TLS	0,10 a 25	0,050 - 0,50
Diferença de Fase	Curto	TLS	5 a 120	5
<i>Lidar</i>	Médio	TLS	5 a 500	3-6
	Longo	TLS/ALS	50 a 3500	15
	Muito Longo	TLS/ALS	50 a 6000	15-20

Fonte: Ribeiro (2023).

Aspectos como alta precisão e elevado nível de detalhamento ampliam a aplicação do escaneamento a *laser* em diversos setores. Segundo Müller Filho (2015), o método é de grande valor na construção civil, uma vez que estudos apontam suas vantagens na detecção de conflitos, no controle de qualidade e no acompanhamento da evolução das obras.

Os métodos de captura da realidade oferecem vantagens significativas em relação aos métodos manuais, pois não apenas permitem um levantamento mais preciso das geometrias, mas também fornecem dados adicionais, como cor, reflectância e deformações, entre outros. Comparando os métodos de captura, o escaneamento a laser é mais preciso e ágil do que a fotogrametria, uma vez que a nuvem de pontos é gerada nativamente pelo aparelho, enquanto na fotogrametria é necessário realizar um pós-processamento. Contudo, a fotogrametria possui menor custo uma vez que pode ser realizada apenas por câmeras fotográficas e *softwares* específicos (Ribeiro,2023).

### 2.2.2 Softwares de medição de campo

Durante muito tempo, os dados coletados em campo para levantamentos topográficos eram registrados manualmente em planilhas ou croquis, servindo de base para a elaboração do desenho técnico. Essa abordagem limitava os topógrafos a representações parciais do local de levantamento e, em muitos casos, exigia o cadastro e gerenciamento de grandes volumes de dados em papéis e cadernetas digitais brutas. Nesse cenário, erros nos métodos de levantamento e o esquecimento de detalhes importantes eram frequentes, o que resultava em retornos dispendiosos

ao campo para realizar as correções e capturas de mais informações necessárias ao escopo do projeto (Rodgers, 2015).

O advento de tecnologias como IOT e a miniaturização dos *hardwares* proveram à ubiquidade<sup>2</sup> da internet, conectando dispositivos e pessoas de forma contínua e integrada. Impulsionadas pelo movimento da Indústria 4.0, essas tecnologias estão sendo incorporadas aos processos produtivos, promovendo melhorias significativas na eficiência e redução de custos (Pereira e Simonetto, 2018).

No setor geoespacial, esse fenômeno se manifesta na integração de equipamentos de medição com comunicação sem fio e *softwares* de campo para dispositivos móveis, auxiliando no processamento e visualização dos dados coletados. Segundo Dixon (2015), *smartphones* e *tablets* com aplicativos intuitivos e dinâmicos estão sendo usados diariamente para simplificar tarefas. Assim, os profissionais do setor esperam utilizar essas tecnologias em seus instrumentos, otimizando o fluxo de trabalho e, simultaneamente, garantindo medições exatas e precisas.

Os *softwares* de campo consistem em sistemas capazes de processar, gerenciar, visualizar e reproduzir dados coletados por equipamentos topográficos ainda no local de captura. Dentre as soluções mais difundidas no mercado, encontram-se *FildGenius*, *Trimble Access*, *Sokkia Field Master*, *X-pad* e *Leica Captivate*.

Sobre o Leica Captivate, destaca-se que o aplicativo oferece uma solução completa para o gerenciamento de métodos complexos e elementos medidos. Ele também permite a verificação dos dados por meio de um modelo digital tridimensional, garantindo que nenhum ponto crítico seja omitido, mesmo quando o levantamento é realizado por profissionais menos experientes (Rodgers, 2015). De acordo com Crawford (2015), a capacidade de examinar o trabalho realizado *in loco* é de grande importância, visto que, inspecionar possíveis erros e incompletudes dá ao profissional a convicção de que todas as informações pertinentes foram coletadas corretamente. Já Denniston (2020), ao utilizar soluções da *Trimble Geospatial*, enfatiza que o processo acontece em tempo real e possibilita um *feedback* claro aos envolvidos no levantamento, resultando em uma avaliação imediata que aprimora o controle de qualidade.

---

<sup>2</sup> Ubiquidade é a característica do que existe ou do que está em praticamente todos os lugares.

### 2.2.3 Conectividade em nuvem

A computação em nuvem, ou *cloud computing*, consiste em um conjunto de recursos e serviços oferecidos *online*, acessíveis independentemente da localização ou momento (Brasil, 2022). Suas características permitem o acesso simultâneo aos dados a partir de qualquer dispositivo conectado à internet, como *smartphones*, tablets, computadores, entre outros, favorecendo atualizações em tempo real e *backups* contínuos (Sacomano, Gonçalves e Bonilla, 2018). Dessa forma, a computação em nuvem é fundamental para dois princípios essenciais da Indústria 4.0: a capacidade em tempo real, caracterizada pela conectividade constante, e a interoperabilidade, que permite que pessoas, máquinas e sistemas trabalhem em conjunto (Cavalcanti *et al.*, 2018).

Skopljak (2024) propõe a conectividade e a interoperabilidade como tendências fundamentais no setor geoespacial, considerando-as pilares para uma coordenação mais eficiente de projetos complexos. O autor também argumenta que a conexão em tempo real entre operadores de campo e o escritório reduz o retrabalho e otimiza os processos, resultando em menores custos.

Dentre as alternativas disponíveis no mercado, a *GeoMax Positioning* (2021) apresenta em seu catálogo o X-PAD 365, uma solução de computação em nuvem voltada para fluxos de trabalho na topografia. Esta plataforma permite colaboração contínua entre os profissionais envolvidos, destacando o compartilhamento em tempo real dos dados coletados em campo para verificação imediata do progresso. A Figura 4 exemplifica a conectividade entre diferentes setores em uma plataforma em nuvem.

Figura 4 - Plataforma na nuvem X-PAD 365



Fonte: Página da GeoMax Positioning (2021)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Disponível em: < <https://geomax-positioning.com/products/x-pad-365/x-pad-365-overview>>. Acesso em 04 de setembro de 2024.

## 2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

No início do século XX, Frederick Taylor (1856-1915) revolucionou as linhas de produção ao fragmentar os processos em várias etapas, permitindo que cada colaborador executasse uma tarefa específica com o objetivo de reduzir o tempo de execução das tarefas, aumentar a eficiência e padronizar a produção em massa (Melo Neto; Carneiro Neto, 2008). Após a Segunda Guerra Mundial, surgiram os primeiros conceitos de controle de qualidade, que contribuíram para a implementação de ferramentas de gestão da qualidade, melhoria contínua e gerenciamento de processos (Moreira *et al.*, 2021).

A aplicação dessas ferramentas de qualidade não só melhorou o monitoramento e controle dos processos, mas também impactou positivamente a tomada de decisões (Vitorio; Antônio, 2020). No entanto, para alcançar a melhoria contínua, é necessário que uma equipe de especialistas esteja bem treinada no uso dessas ferramentas (Moreira *et al.*, 2021).

Entre as inúmeras ferramentas de qualidade existentes na atualidade, algumas delas são consideradas básicas, como o fluxograma de processos, o diagrama de Ishikawa, o plano de ação 5W2H e o ciclo PDCA. Segundo Oliveira, Roberto e Souto (2023), a utilização dessas ferramentas pode resolver a maioria dos problemas organizacionais, facilitando a visualização, implementação e rastreamento de melhorias.

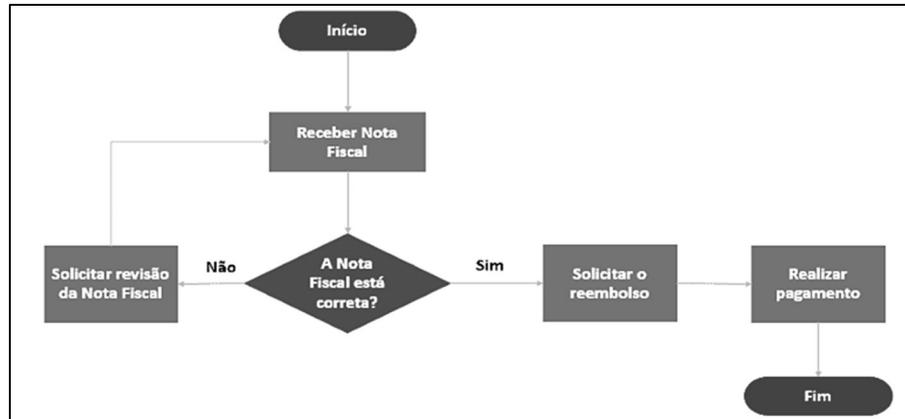
### 2.3.1 Fluxograma de processos

O fluxograma é uma ferramenta de qualidade que permite a visualização e análise de processos através da utilização de símbolos gráficos para representar as etapas, decisões e interações dentro de um processo, proporcionando uma visão clara e organizada de como o processo funciona (Machado Júnior; Pinheiro, 2016).

O fluxograma de processos é uma ferramenta utilizada em várias áreas, como gestão de negócios, engenharia, desenvolvimento de *software* e gestão de projetos, facilitando a compreensão do fluxo de trabalho e permitindo que todos os envolvidos tenham uma visão comum do processo. Dessa forma, é especialmente útil para novos membros da equipe ou para treinamento, pois simplifica a comunicação e a

transmissão de conhecimento (Silva, 2019). A Figura 5 ilustra um exemplo de fluxograma de processos.

Figura 5 - Exemplo de fluxograma de processo.



Fonte: 4Cinco, 2022.

Os fluxogramas permitem identificar ineficiências e gargalos nos processos, facilitando a detecção de pontos críticos onde ocorrem atrasos ou onde os recursos não estão sendo utilizados de forma otimizada, propiciando às organizações a tomada de medidas corretivas para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos (Furtado *et al.*, 2022).

De acordo com Campos (2007), a padronização é outro benefício dos fluxogramas, pois ajudam a garantir que todos os colaboradores sigam os mesmos procedimentos, reduzindo a variabilidade e aumentando a consistência dos resultados. A Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Trabalho e Renda do Distrito Federal - Sedet-DF (2019) complementa que os fluxogramas são fundamentais para a melhoria contínua dos processos, além de poderem ser combinados com outras ferramentas de qualidade para planejar, implementar, verificar e ajustar melhorias de forma sistemática.

Além de serem ferramentas de análise, os fluxogramas também são eficazes para comunicação interna e treinamento, tornando mais fácil a transmissão de procedimentos e diretrizes, garantindo que todos os membros da equipe compreendam suas responsabilidades e como suas atividades se encaixam no processo geral (Ferreira *et al.*, 2023).

### 2.3.2 Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, o diagrama de Ishikawa é uma ferramenta que permite identificar e listar as possíveis causas de um problema, bem como os motivos dessas causas (Monteiro, 2022).

Desenvolvido por Kaoru Ishikawa, em 1943, essa ferramenta organiza as possíveis causas em categorias, facilitando a análise e a compreensão das relações entre elas (Magalhães, 2024), sendo que seus principais benefícios incluem:

- A identificação de causas raízes, pois permite uma análise estruturada das causas de um problema, ajudando a identificar as raízes em vez de apenas tratar os sintomas (Turner, 2008);
- A facilitação do *brainstorming*, pois estrutura o processo, organizando as ideias de forma clara e lógica (Monteiro, 2022);
- A aplicabilidade ampla, pois pode ser utilizado em diversos setores e tipos de problemas, desde a produção industrial até questões organizacionais (Faedo; Silva, 2019).

O diagrama de Ishikawa relaciona problemas e suas causas, que são organizadas em seis categorias principais, sendo que cada categoria pode ter várias subcausas (Monteiro, 2022). Visualmente, o diagrama é semelhante a uma espinha de peixe (Figura 6), onde a “cabeça” representa o problema ou efeito a ser analisado, e as “espinhas” principais representam categorias de causas, as quais são conhecidas como os 6M’s (Moreira *et al.*, 2021).

Figura 6 - Estrutura base do diagrama de Ishikawa



Fonte: Pereira, 2023.

O Quadro 4 descreve a natureza das possíveis fontes de problemas para cada um dos 6M's.

Quadro 4 - Natureza das possíveis fontes de problemas - 6M's.

Fontes	Natureza
Método	Relacionado à execução inadequada de tarefas ou processos.
Mão de Obra	Relacionado a erros cometidos pelos colaboradores na execução das tarefas.
Material	Relacionado a problemas com materiais ou matérias-primas utilizadas.
Medida	Relacionado a avaliações incorretas ou dados imprecisos.
Meio Ambiente	Relacionado a fatores ambientais, como clima, mercado e política.
Máquina	Relacionado a problemas com máquinas, como ajustes incorretos ou defeitos.

Fonte: Adaptado de Moreira et al., 2021.

Embora o diagrama não estabeleça uma ordem de prioridade para os problemas, ele é amplamente utilizado nas organizações, muitas vezes em conjunto com o ciclo PDCA durante a fase de planejamento (Inácio *et al.*, 2023).

### 2.3.3 Plano de ação 5W2H

O plano de ação 5W2H é uma ferramenta de gestão que ajuda a estruturar e implementar ações de forma clara e eficiente, cuja sigla 5W2H representa sete perguntas essenciais: *What* (O que será feito?), *Why* (Por que será feito?), *Where* (Onde será feito?), *When* (Quando será feito?), *Who* (Quem fará?), *How* (Como será feito?) e *How much* (Quanto custará?) (Manhani, 2014).

Desenvolvida no Japão após a Segunda Guerra Mundial por profissionais da indústria automobilística, essa ferramenta auxilia na etapa de planejamento das ações (Moreira *et al.*, 2021). Devido à sua simplicidade e objetividade, a 5W2H é amplamente aplicada em diversas situações, como gestão de projetos, análise de negócios, elaboração de planos de negócios, planejamento estratégico (Lobato; Santos, 2023), planejamento da qualidade, fusões e aquisições, recursos humanos, desenvolvimento de produtos e gestão de riscos (Moreira *et al.*, 2021).

Os benefícios do 5W2H incluem:

- Clareza sobre as ações necessárias, eliminando dúvidas e incertezas (Leal, 2022);

- Atribui responsabilidades claras, aumentando a participação e a sinergia entre os membros da equipe (Silva, 2022);
- Ajuda a reduzir custos e a otimizar o tempo, melhorando a eficiência dos processos (Voltarelli, 2024);
- É uma ferramenta versátil que pode ser aplicada em diversas áreas (Rez, 2016).

O Quadro 5 a seguir apresenta um exemplo de aplicação do plano de ação 5W2H.

Quadro 5 - Exemplo de aplicação do plano de ação 5W2H.

O que? <i>What</i>	Por quê? <i>Why</i>	Onde? <i>Where</i>	Quando? <i>When</i>	Quem? <i>Who</i>	Como? <i>How</i>	Quanto? <i>How much</i>
Contratar um vendedor para a região Nordeste	Região que o <i>Market share</i> é muito baixo	RH	31/01	Sandra	Contratação de empresa de <i>hunting</i> :	12.000
Treinamento em Técnicas de Vendas	Aumentar capacidade de argumentação nas vendas	Treinamento	30/06	José	1) Levantar empresas de treinamento 2) Pedir referências	55.000
Agendar uma reunião com as 30 empresas que temos maior possibilidade de crescimento em vendas	Entender como podemos vender mais para essas empresas	Vendas	25/04	Lima	1) Levantar as 30 empresas 2) Agendar reunião	12.000

Fonte: Adaptado de BCN Treinamentos (2020)

### 2.3.4 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), também conhecido como Ciclo de Deming ou Ciclo de Shewhart, é uma metodologia de gestão que promove a melhoria contínua dos processos (Zine, 2019), sendo composto por quatro etapas:

Planejar (*Plan*): Nesta fase, são definidos os objetivos e as metas a serem alcançadas, sendo importante identificar o problema ou a oportunidade de melhoria e analisar a situação atual. A partir dessa análise, são desenvolvidos planos de ação

detalhados, que incluem a definição de recursos necessários, prazos e responsabilidades (Santos, 2020).

Fazer (*Do*): A fase de execução envolve a implementação dos planos de ação desenvolvidos na etapa anterior, devendo-se seguir o plano de forma rigorosa, garantindo que todas as atividades sejam realizadas conforme o previsto. Durante essa fase, é necessário documentar todas as ações e coletar dados que serão utilizados na próxima etapa para avaliar a eficácia das ações implementadas (Cruz, 2018).

Verificar (*Check*): Nesta etapa, os resultados obtidos são comparados com os objetivos e metas estabelecidos na fase de planejamento, permitindo identificar desvios e avaliar a eficácia das ações implementadas. Se os resultados não forem satisfatórios, é necessário identificar as causas dos desvios e ajustar o plano de ação (Ministério da Saúde, 2018).

Agir (*Act*): Com base na análise realizada na etapa de verificação, são implementadas ações corretivas e preventivas para eliminar as causas dos problemas identificados, de modo que, se os resultados forem satisfatórios, as práticas bem-sucedidas são padronizadas e disseminadas para outras áreas da organização. Cabe ressaltar que essa fase também envolve a revisão e atualização dos planos de ação para garantir a melhoria contínua (Otero, 2010).

Werkema (2013) propôs uma abordagem mais detalhada para o ciclo PDCA, dividindo as quatro etapas em subetapas, conforme apresentado no Quadro 6. Quanto aos benefícios da aplicação do ciclo PDCA, tem-se que:

- Promove a melhoria contínua dos processos, produtos e serviços (Silva, 2014);
- Ajuda a identificar problemas e suas causas, permitindo a implementação de soluções eficazes (Silva, 2014);
- Facilita o acompanhamento dos resultados e ajustes necessários para garantir a eficácia das ações implementadas (Silva, 2014);
- É fácil de usar, versátil e dinâmico, podendo ser aplicado na gestão de projetos, gestão de processos, controle de qualidade, saúde, educação, tecnologia da informação, *marketing*, entre outras áreas (Narcizo, 2022).

Quadro 6 - Subetapas do ciclo PDCA.

<b>Etapa</b>	<b>Subetapa</b>	<b>Descrição</b>
Planejar (Plan)	1. Identificação do problema	Define-se o problema a ser resolvido e sua importância.
	2. Observação	Investiga-se as características específicas do problema, analisando fenômenos, circunstâncias e impactos. Utilizam-se ferramentas básicas de qualidade, como gráficos de Pareto, gráficos de dispersão e mapas fatoriais.
	3. Análise	Envolve a descoberta das causas fundamentais do problema. Utiliza-se o Diagrama de Ishikawa e o 5W2H.
	4. Elaboração	Elabora-se um plano de ação para tratar as causas fundamentais do problema, focando nas causas reais e não nos efeitos. Um indicador deve ser criado para avaliar se a ação tomada resolveu o problema ou trouxe melhorias.
Fazer (Do)	5. Execução	As ações propostas são aplicadas e indicadores são criados para monitorar e avaliar os resultados. A liderança é crucial para garantir que o plano de ação seja implementado conforme planejado.
Verificar (Check)	6. Inspeção	Os resultados parciais são inspecionados e verificados após a implementação do plano de ação. É necessário avaliar se as ações estão surtindo efeito e realizar ajustes conforme necessário. Ferramentas como gráficos de tendência e dashboards são úteis.
	7. Validação	Os resultados são checados para avaliar a eficácia das ações. Se os resultados forem satisfatórios, passa-se para a próxima etapa; caso contrário, retorna-se à subetapa 2 para redefinir as causas.
Agir (Act)	8. Padronização	Procedimentos são descritos para prevenir o reaparecimento do problema. Isso inclui boas práticas de fabricação, operação e execução.
	9. Efetivação	O plano de ação é finalizado e o histórico da aplicação do método é registrado, incluindo as lições aprendidas. Isso facilita o treinamento de novos membros e a solução de problemas futuros.

Fonte: Adaptado de Werkema, 2013 e Moreira *et al.*, 2021.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo foi desenvolvido em uma empresa de projetos topográficos, situada na região metropolitana de Vitória, Espírito Santos, Brasil. Fundada em 1996, iniciou suas atividades oferecendo serviços de levantamentos topográficos e geodésicos, destacando-se como pioneira no uso de estações totais digitais e no processamento de dados por computador. Rapidamente, expandiu seu portfólio, incorporando uma variedade de projetos de infraestrutura.

Segundo o Sebrae (2016), a empresa atua no setor de serviços e é classificada como de pequeno porte, contando com 34 colaboradores. Seus principais clientes são órgãos governamentais e construtoras, para os quais oferece serviços como levantamentos topográficos, projetos de regularização fundiária, fiscalização e acompanhamento de obras.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho tem como finalidade analisar um processo em uma organização empresarial para promover vantagens competitivas. Segundo Appolinário (2006), pesquisas científicas voltadas para fins comerciais são classificadas como de natureza aplicada, uma vez que envolvem uma ação prática e não se limitam apenas ao aumento do conhecimento científico.

A pesquisa, quanto ao objetivo, pode ser definida como descritiva por delinear características de determinada população ou fenômeno e reconhecer relações entre variáveis (Mello e Turrioni, 2012). Nesse contexto, busca-se investigar os processos e pessoas e a interação entre essas entidades na empresa, apurando as vantagens e desafios vinculados ao objeto de estudo.

Quanto à abordagem, a pesquisa possui caráter qualitativo ao estabelecer relações causais entre os processos tradicional e digital, interpretando dados não quantificáveis provenientes da experiência dos colaboradores da empresa com a transição do processo. Gil (2021) destaca que a pesquisa qualitativa busca explicar, por métodos não quantitativos, os atributos e as relações de entidades e processos. Nesse tipo de pesquisa, é fundamental analisar os fenômenos considerando o

contexto e suas características, atribuindo valores com base nos significados que as pessoas lhes conferem.

O método aplicado para condução da pesquisa é o estudo de caso. Segundo Cauchick (2018), essa metodologia é muito empregada em estudos no campo da Engenharia de Produção e Gestão de Operações, promovendo o desenvolvimento de muitos conceitos atuais nessas áreas. Dentre seus principais benefícios, destacam-se a capacidade de proporcionar um melhor entendimento de eventos reais e contemporâneos e também a proposição de novas teorias. Para Yin (2015), o estudo de caso consiste em uma investigação empírica aprofundada sobre um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em um contexto real e dinâmico, sendo especialmente eficaz quando a delimitação entre o fenômeno e o contexto não forem claramente definidos.

### 3.3 COLETA DE DADOS

A fase de coleta de dados foi iniciada em uma reunião de alinhamento com os representantes da empresa. Segundo Yin (2015), a implementação do estudo de caso deve começar desse modo para a discussão dos benefícios mútuos da pesquisa. Gil (2021) colabora ressaltando que para uma coleta de dados efetiva é essencial o consentimento da organização, possibilitando o acesso aos locais, situações e indivíduos.

Na reunião, os gestores expuseram os principais problemas relativos ao processo de levantamento topográfico realizado atualmente, destacando os constantes retornos em campo para cadastro de mais informações e correção de erros. Também colocaram como objetivos da implementação da digitalização a redução da equipe topográfica, mitigação de erros e melhoria no fluxo de trabalho.

Desse modo, definiu-se como estratégia de coleta de dados o uso de entrevistas e a observação direta. As entrevistas permitem um maior foco nos tópicos do estudo de caso e uma compreensão mais aprofundada das visões pessoais dos envolvidos. A observação direta, por sua vez, se destaca por cobrir eventos em tempo real, proporcionando ao pesquisador um entendimento mais completo do processo (Yin, 2015).

Para o mapeamento do processo manual, foram realizadas observações tanto em campo quanto no escritório, além de entrevistas não estruturadas com os

funcionários mais experientes, visando compreender o sequenciamento das atividades e a identificação de possíveis gargalos. A investigação das “dores” relativas ao processo deu-se por aplicação de um formulário (Apêndice A), por meio da ferramenta “Google Formulários”, com questões elaboradas afim de entender as causas de retrabalho em cada fonte que estrutura o Diagrama de Ishikawa.

As mesmas ferramentas foram utilizadas após a transição do processo para o método digital, porém com um enfoque ajustado. O mapeamento do processo digital seguiu os mesmos fundamentos, todavia, houve maior interação com as equipes de campo, já que parte das atividades migraram para esse setor. Entrevistas foram realizadas com as equipes de campo envolvidas e técnicos de escritório, investigando a percepção sobre o fluxo de trabalho, engajamento dos colaboradores, qualidade do serviço, eficiência, produtividade, vantagens e desvantagens relacionadas ao novo processo.

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados seguiu uma estratégia descritiva, conforme as etapas de organização, exibição e avaliação recomendadas por Gil (2021). A exibição dos dados foi estabelecida em elementos textuais e tabelas, o que facilitou a triangulação dos dados, que consiste na comparação entre diferentes fontes de evidências, como entrevistas, formulários e observações. Em seguida, foi realizada a atribuição de significados, etapa que corresponde à interpretação dos dados à luz do contexto e dos objetivos da pesquisa. Nesse momento, buscou-se estudar as ocorrências e agrupá-las em categorias (Gil, 2021).

A combinação de padrões foi a técnica adotada no estudo, que envolve a comparação entre um padrão empírico — derivado dos resultados da pesquisa — e um padrão previamente estabelecido antes da coleta de dados (Yin, 2015).

As respostas do formulário (Apêndice B) permitiram categorizar e quantificar as ocorrências para identificar as principais causas de retrabalho. As informações foram analisadas em conjunto com o mapeamento do processo manual e, no digital, com as percepções do pesquisador e da equipe técnica. Foram avaliados não só os benefícios promovidos pelo processo digital em sua fase “piloto”, mas também possíveis melhorias.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, o objetivo é apresentar e discutir os resultados da pesquisa realizada acerca da adoção de processos digitais na execução de levantamentos topográficos. As metodologias de coleta e análise de dados aplicada possibilitou uma avaliação do processo antes e depois da implementação da digitalização, analisando a congruência entre as percepções dos colaboradores e os resultados observados em campo.

### 4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO TRADICIONAL

Com base nas observações e entrevistas realizadas com os funcionários, foi possível elaborar um fluxograma de processos, utilizando a notação clássica, que descreve o processo tradicional (Apêndice C). As atividades foram distribuídas entre os setores de gerência, equipe de campo e equipe técnica, avaliando o fluxo de trabalho e a interação entre eles. Desse modo, o fluxo de trabalho começa com a gerência realizando o planejamento para o levantamento topográfico, seguido de uma reunião de alinhamento com a equipe de campo responsável pelo serviço. Por fim, as informações sobre o levantamento são encaminhadas para a equipe de campo.

A equipe de campo se desloca até o local de interesse para realizar o serviço, onde implanta os marcos geodésicos e coleta os dados GNSS para o georreferenciamento do levantamento topográfico. Em seguida, é feita a implantação da poligonal topográfica, que gera um conjunto de pontos de referência para o cadastro das informações. O topógrafo, então, elabora os croquis da topografia do local, enquanto os auxiliares aguardam para iniciar o cadastro das feições topográficas. Durante essa etapa, os operadores coletam os dados com a estação total e o topógrafo anota o código de cada ponto no croqui, que servirá de base para a elaboração do desenho final no escritório. Com tudo pronto, a equipe se desloca ao escritório da empresa para descarregar os dados coletados.

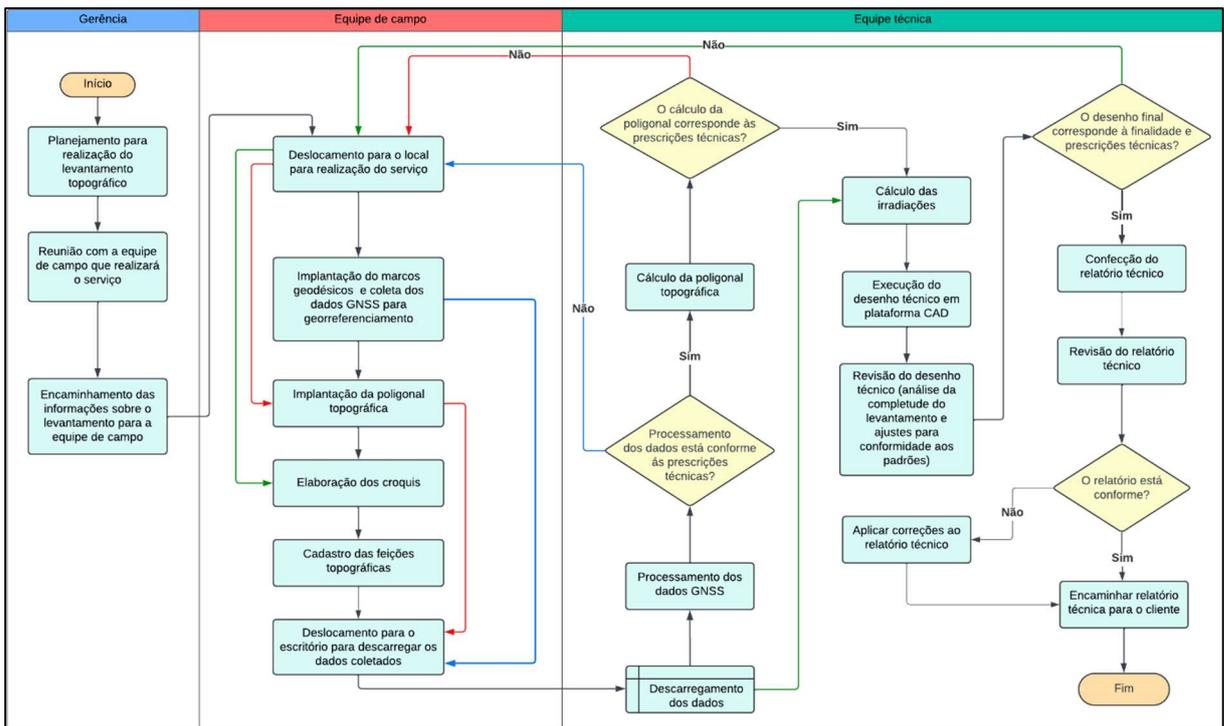
No escritório, os dados coletados são descarregados e, em seguida, a equipe técnica processa os dados GNSS. Os resultados obtidos são submetidos a uma avaliação de conformidade, se os dados não atenderem às prescrições técnicas, a equipe de campo precisa retornar ao local para realizar uma nova coleta de dados GNSS. Caso os resultados estejam em conformidade, procede-se ao cálculo da

precisão da poligonal topográfica. Se a poligonal não apresentar precisão dentro dos padrões, será necessário voltar ao local para reimplantar parte ou toda a poligonal.

Uma vez confirmada a precisão da poligonal, realiza-se o cálculo das irradiações, que possibilita a execução do desenho técnico em plataforma CAD. Após isso, a equipe faz uma revisão, analisando a padronização do desenho e a completude do levantamento topográfico. Caso alguma informação importante para o projeto não tenha sido cadastrada, será necessário um novo retorno para complementar o desenho. Com todas informações representadas, segue para as atividades finais do processo com a confecção e revisão do relatório técnico. Se necessário, são aplicadas correções ao relatório e, então, o encaminha para o cliente.

A Figura 7 apresenta o fluxograma do processo tradicional com as atividades descritas e suas interações.

Figura 7 - Fluxograma do processo tradicional.



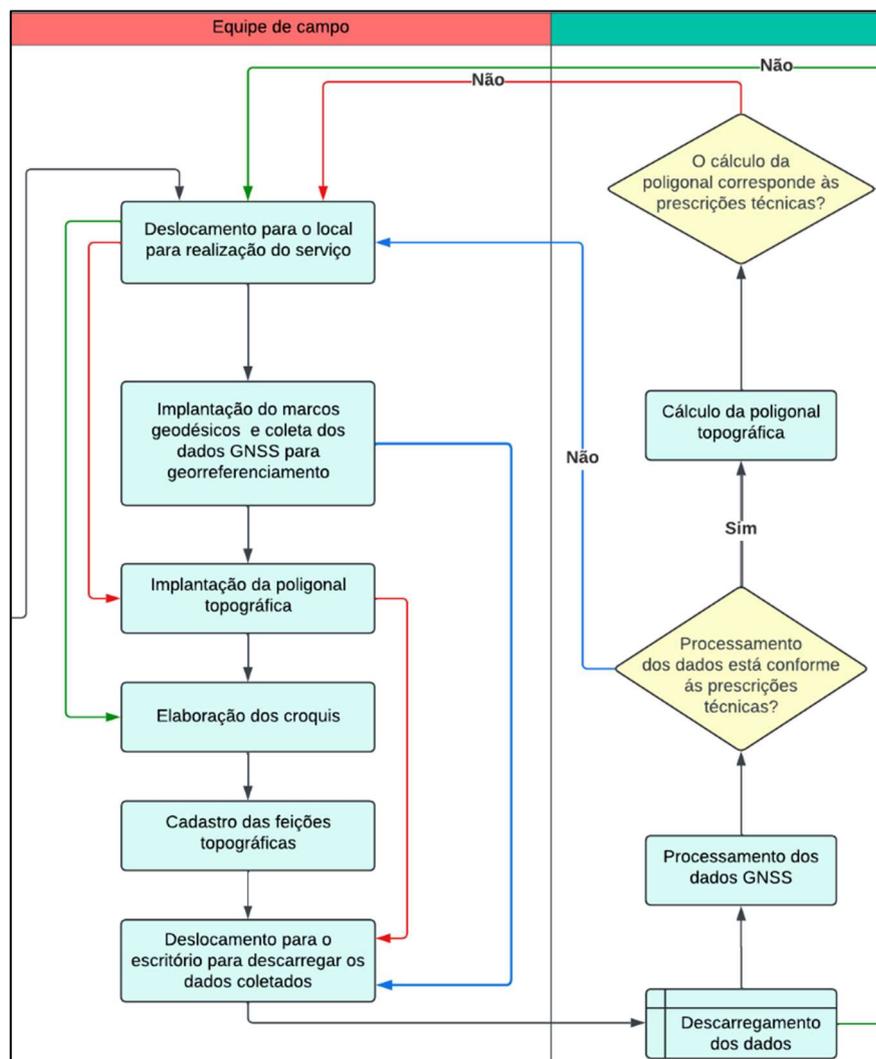
Fonte: Elaborada pelo Autor.

Durante as entrevistas, ficou evidente que as atividades da equipe de campo são de suma importância, configurando-se como atividades chave do processo. Essa condição é atribuída ao fato de que esse setor é o único que tem contato direto com o objeto de interesse, sendo a qualidade e a completude do levantamento diretamente dependentes da perfeita execução das tarefas. Além disso, é nessa fase que o

levantamento topográfico apresenta seus maiores componentes de custo, pois faz-se necessário o deslocamento e acomodação da equipe para sua realização.

A validação do levantamento topográfico, que compreende a verificação da precisão e da qualidade dos dados coletados por parte da equipe técnica, era realizada exclusivamente após a conclusão de todas as atividades de campo. Dessa forma, se os dados não atendessem aos critérios estabelecidos, era necessário retornar à área para realizar novas medições e coletas, resultando em um acréscimo nos custos e prazos do projeto. A Figura 8 mostra um recorte do processo tradicional, apresentando o momento de validação do levantamento topográfico.

Figura 8 - Fluxograma do processo tradicional: recorte da fase de coleta e processamento dos dados.

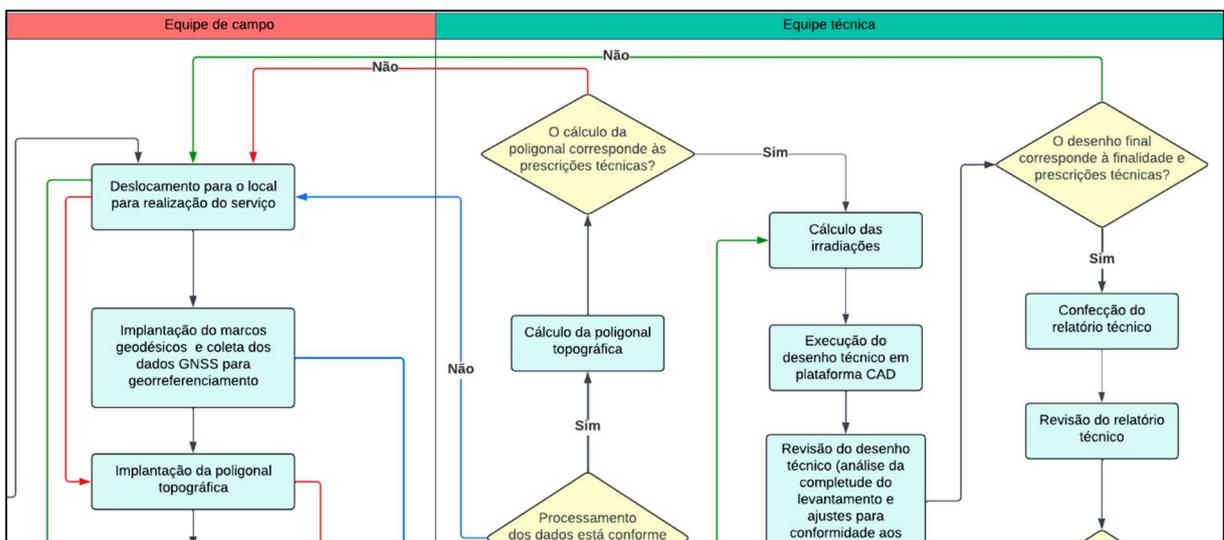


Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise dessa parte do processo revelou a possibilidade de retornos a campo, mesmo durante a fase de processamento dos dados. De acordo com o corpo técnico da empresa, essa necessidade se justifica por: i) a falta de capacitação técnica e equipamentos adequados para o processamento de dados em campo; ii) a limitação dos equipamentos da empresa à conectividade USB, exigindo a transferência manual dos dados para o escritório; e iii) a impossibilidade de calcular a poligonal topográfica com precisão sem as coordenadas devidamente validadas. No entanto, o retorno a campo apenas para a coleta de dados GNSS é raro, ocorrendo, na maioria das vezes, devido a problemas no equipamento ou no sistema, ou seja, por fatores não controláveis.

Investigando as atividades realizadas pela equipe técnica, foi apurado que a completude do levantamento topográfico é verificada somente na etapa de revisão do desenho técnico. A Figura 9 apresenta o processo de desenho técnico e validação da qualidade do levantamento topográfico.

Figura 9 - Fluxograma do processo tradicional: recorte da fase de desenho técnico e validação do levantamento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esse cenário pode exigir um novo retorno a campo, mesmo após as correções para atender às precisões requeridas. Isso ocorre porque só é possível avaliar o desenho por completo após a digitalização das informações coletadas em campo e a sua representação em um *software* CAD. Nessa etapa é analisada a relação entre os pontos coletados e são identificados possíveis erros ou omissões. Por exemplo, a falta

de pontos que definem uma edificação pode não ser detectada durante a coleta de dados em campo, mas se tornará evidente na análise do desenho digital. Desse modo, torna-se necessário complementar o levantamento para correspondência exata à realidade.

O mapeamento e acompanhamento realizado possibilitou na descoberta das ineficiências do processo que implicam diretamente no cronograma e composição dos custos de um projeto. Portanto, foram elencados como principais gargalos:

- i. A transferência de dados de forma manual;
- ii. O controle de qualidade somente após finalização das atividades de campo;
- iii. Constantes deslocamentos para o campo e o retorno a atividades iniciais do processo.

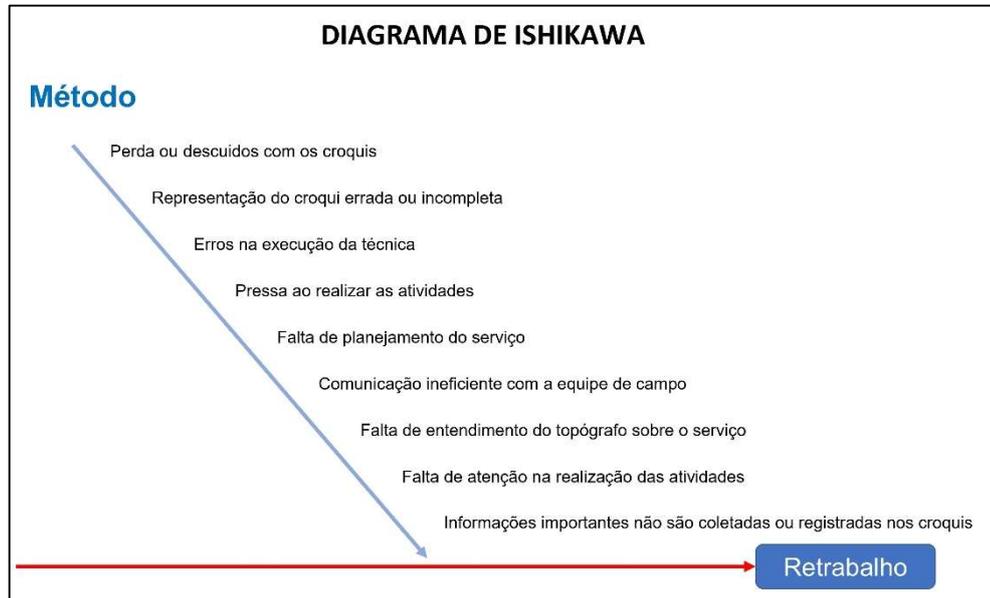
O retorno à atividades iniciais do processo, implica diretamente na composição dos custos, principalmente em relação as equipes de campo. Os gestores da empresa informaram que o custo básico diário de uma equipe de campo, composta por três colaboradores, varia entre R\$ 350,00 e R\$ 700,00. O valor mínimo refere-se a serviços próximos ao escritório, onde não há despesas com hospedagem e alimentação noturna, enquanto o valor máximo inclui esses custos. No entanto, ainda não estão considerados gastos adicionais, como tributos, encargos sociais, depreciação dos equipamentos e combustível, que elevam o total das despesas.

## 4.2 ANÁLISE DE CAUSA E EFEITO

Na reunião de alinhamento com os gestores, ficou claro que o retrabalho é o problema predominante no processo tradicional. Essa conclusão foi corroborada pelo mapeamento que revelou a ocorrência frequente de retornos às fases iniciais do fluxo de trabalho. A identificação das causas do problema foi feita a partir uma pesquisa com cinco colaboradores do corpo técnico, utilizando um formulário estruturado no Diagrama de Ishikawa (Apêndice D). Os dados coletados apontaram que as fontes mão de obra e método são as mais importantes na análise do problema. A forma como o serviço é executado, ou seja, o método utilizado, está diretamente ligada à conformidade do levantamento com as especificações técnicas do projeto. Por sua vez, a mão de obra, com seu nível de experiência e habilidade, influencia diretamente

a qualidade e eficiência de todas as etapas do processo. A Figura 10 apresenta um recorte do Diagrama de Ishikawa com as ocorrências relacionadas ao Método.

Figura 10 – Diagrama de Ishikawa: Método.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação ao método, foram elencadas nove possíveis causas de retrabalho, se destacando as ocorrências relacionadas à confecção do croqui. Em seguida, apresenta-se com mais indícios de causa a categoria Mão de Obra. Entre as ocorrências observadas nesta categoria do diagrama, destaca-se a falta de treinamentos e a baixa qualificação dos profissionais, o que impacta diretamente na execução das atividades. A Figura 11 apresenta um recorte do Diagrama de Ishikawa com as ocorrências relacionadas ao Mão de obra.

Figura 11 – Diagrama de Ishikawa: Mão de Obra.



Fonte: Elabora pelo autor.

Em continuidade à análise dos dados, foi realizada uma estratificação das respostas, organizando-as de acordo com a frequência de ocorrência, a fim de sumarizar as principais. O Quadro 7 apresenta a listagem dos principais eventos em relação a frequência.

Quadro 7 - Identificação e estratificação das causas de retrabalho na empresa.

Item	Categoria	Estratos	Frequência
1	Método	Representação do croqui errada ou incompleta	4
2	Método	Informações importantes não são coletadas ou registradas	4
3	Meio ambiente	Chuvas fortes atrapalham o andamento do serviço	4
4	Método	Perda ou descuidos com os croquis	3
5	Materiais	Falta de marcos geodésicos para melhor materialização em campo	3
6	Medidas	Não existe avaliação e acompanhamento dos serviços	3
7	Meio ambiente	Insegurança ou violência urbana	3
8	Método	Comunicação ineficiente com a equipe de campo sobre o serviço	2
9	Máquina	Falta de manutenção dos equipamentos	2
10	Máquina	Equipamentos em mal estado de conservação	2
11	Materiais	Falta de marcadores em campo para identificação do ponto topográfico	2
12	Medidas	Não há avaliação do desempenho e produtividade dos profissionais	2
13	Mão de obra	Falta de treinamentos formais com os profissionais	2
14	Mão de obra	Falta de mão de obra qualificada	2
15	Mão de obra	Falta de conhecimento técnico dos topógrafos	2
16	Método	Erros na execução da técnica	1
17	Método	Pressa ao realizar as atividades	1
18	Método	Falta de planejamento do serviço	1
19	Método	Falta de entendimento do topógrafo sobre o serviço que deve ser feito	1
20	Método	Falta de atenção na realização das atividades	1
21	Máquina	Falta de equipamentos importantes para realização da atividade	1
22	Máquina	Descuidos com os equipamentos	1
23	Materiais	Materiais acabam durante a obra	1
24	Medidas	Processamento dos dados é lento	1
25	Medidas	Os erros cometidos não são reavaliados	1
26	Meio ambiente	Dificuldade de acesso em certas áreas	1
27	Mão de obra	Sobrecarga de trabalho dos funcionários	1
28	Mão de obra	Insistência em metodologias não satisfatórias	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na quantidade de ocorrências apresentadas no Quadro 7 para cada estrato, identificou-se como as dez principais causas de retrabalho (1) representação do croqui errada ou incompleta, (2) informações importantes não são coletadas ou registradas, (3) chuvas fortes atrapalham o andamento do serviço, (4) perda ou descuidos com os croquis, (5) falta de marcos geodésicos para melhor materialização

em campo, (6) Não existe acompanhamento dos serviços, (7) Insegurança e violência urbana no local do serviço, (8) Comunicação ineficiente com a equipe de campo sobre o serviço, (9) Falta de manutenção nos equipamentos e (10) equipamentos em mal estado de conservação.

Do mesmo modo, infere-se que a empresa deve implementar melhorias na coleta e no registro de informações topográficas, bem como nas rotinas de acompanhamento contínuo do serviço, planos de manutenção e controle de estoque de materiais. Quanto às causas relacionadas ao meio ambiente, embora as opções sejam limitadas, uma alternativa viável é realizar o planejamento dos serviços consultando dados meteorológicos para mitigar que os profissionais enfrentem chuvas nas tarefas de campo e procurar o acompanhamento da associação de moradores quando houver trabalhos em bairros com alto índice de criminalidade.

### 4.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO DIGITAL

O processo digital foi implementado por meio da aquisição de uma licença de teste do *software* topográfico de campo X-PAD *Ultimate* TPS. Instalado em um *tablet*, o aplicativo permite não apenas controlar a estação total via conectividade *Bluetooth*, mas também registrar, gerenciar, processar, analisar e gerar representações gráficas dos dados topográficos.

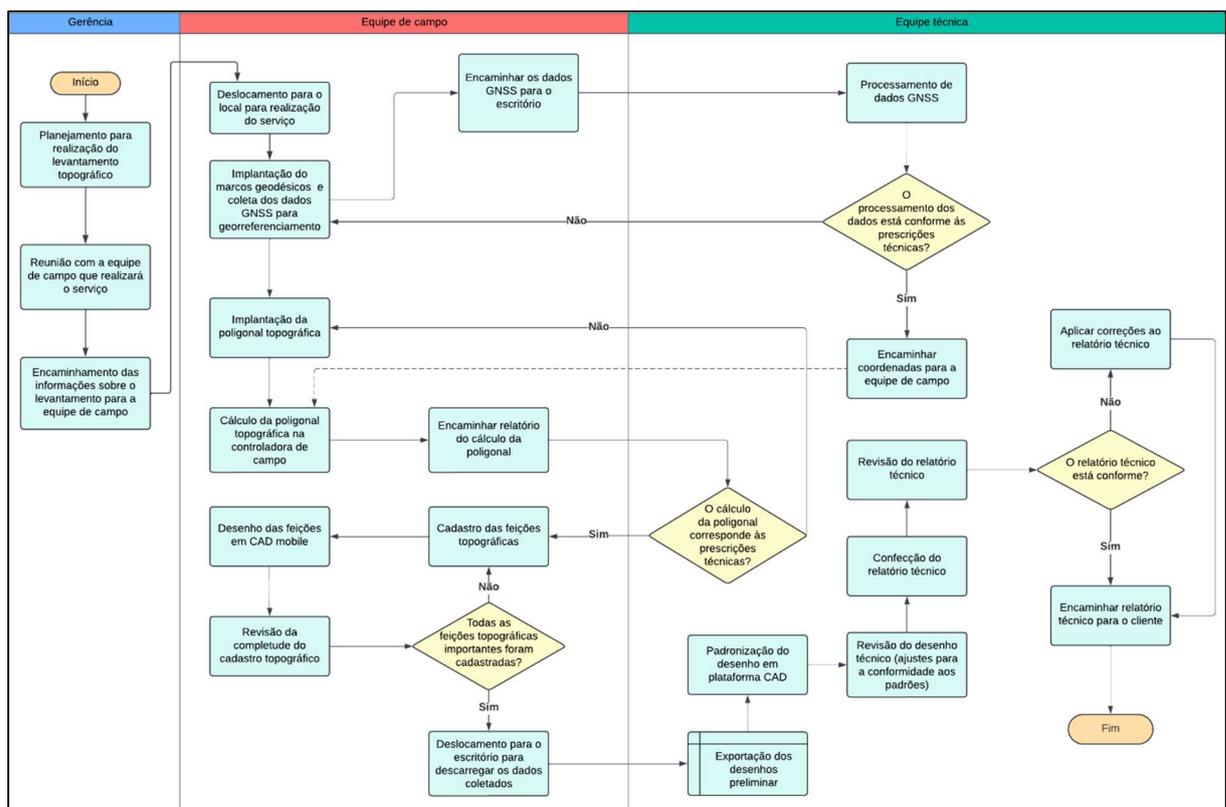
O novo processo foi implementado como um projeto “piloto”, sendo conduzido apenas por uma das equipes de campo da empresa e um técnico de escritório, dando origem ao fluxograma do processo digital (Apêndice E). A análise do processo revelou que não houveram alterações nas atividades realizadas pelo setor gerencial. No entanto, o fluxo de trabalho das atividades de campo e da equipe técnica sofreu modificações significativas, especialmente na transferência de dados e no processamento.

Desse modo, a equipe de campo inicia com o deslocamento até o local para realizar o levantamento topográfico e, em seguida, coleta dos dados GNSS. A primeira mudança ocorre logo após essa etapa, pois, nessa nova configuração, ocorre o encaminhamento dos dados para que a equipe técnica realize não só o processamento, mas também a análise de conformidade dos resultados às prescrições técnicas. Caso o resultado esteja não conforme, é solicitada uma nova coleta dos dados enquanto a equipe de campo permanece no local do levantamento

implantando a poligonal topográfica. Com os resultados conformes, a equipe técnica encaminha as coordenadas validadas ao topógrafo, que realiza o cálculo da poligonal no *software* de campo e, posteriormente, exporta um relatório para que um técnico avalie as suas precisões e valide ou não a poligonal. Se não for validada, o topógrafo é orientado a realizar as correções ou, caso contrário, procede com o cadastro das feições topográficas e representação gráfica das mesmas na plataforma CAD *mobile*. Em campo ainda, o topógrafo avalia a completude do levantamento topográfico na interface gráfica do aplicativo e verifica se é ou não necessário o cadastro de mais informações. No escritório, é exportado o desenho preliminar – realizado em campo – para padronização do desenho técnico que, logo depois, é revisado apenas em relação à conformidade aos padrões da empresa. Por fim, segue com as atividades de elaboração e revisão do relatório técnico que culminam no encaminhamento para o cliente, finalizando o processo.

A Figura 12 apresenta o fluxograma do processo digital com as atividades descritas e suas interações.

Figura 12 - Fluxograma do processo digital.



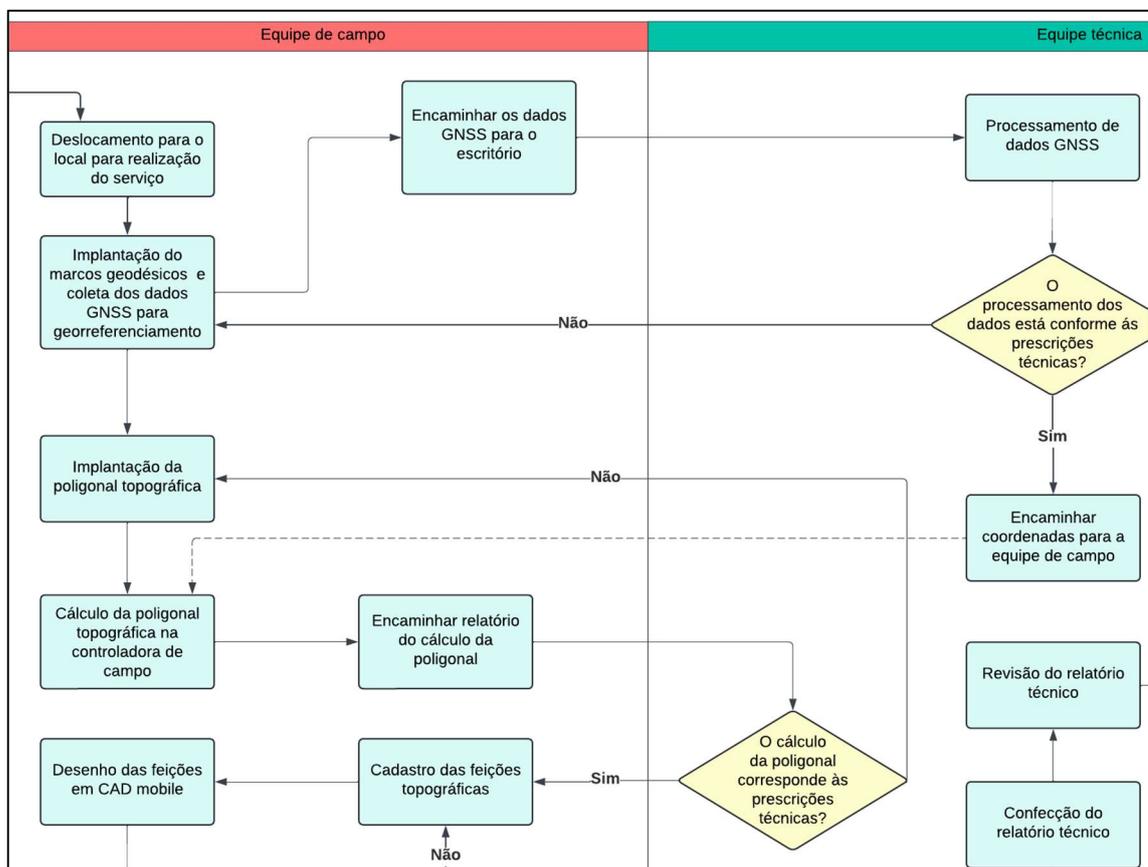
Fonte: Elaborada pelo autor.

Inicialmente, foi constatado que o sistema implementado possibilita ao novo processo o descarregamento e a transferência de dados para a equipe técnica

enquanto a equipe de campo realiza suas atividades no local de trabalho. Esse é de grande importância pois possibilita o processamento dos dados e a avaliação dos critérios de aceitabilidade antes do retorno dos colaboradores. Assim, a equipe técnica pode fornecer *feedback* imediato aos topógrafos, permitindo que eventuais correções sejam realizadas ainda no local.

A atividade de implantação da poligonal topográfica foi facilitada pelo *software* de campo, que possui mecanismos de controle, especificamente voltados para a detecção de erros. Essas funcionalidades ajudam a mitigar problemas como orientação incorreta de pontos, perda do sequenciamento da poligonal, erros na nomenclatura ou descrição, e medições fora da tolerância. Além disso, o cálculo da poligonal passou a ser realizado pela própria equipe de campo, no mesmo *software*, permitindo correções logo após a identificação dos erros. Contudo, cabe à equipe técnica realizar a avaliação conforme as prescrições estabelecidas. A Figura 13 apresenta as atividades e interações na fase de coleta e processamento dos dados.

Figura 13 - Fluxograma do processo digital: recorte da fase de coleta e processamento dos dados.



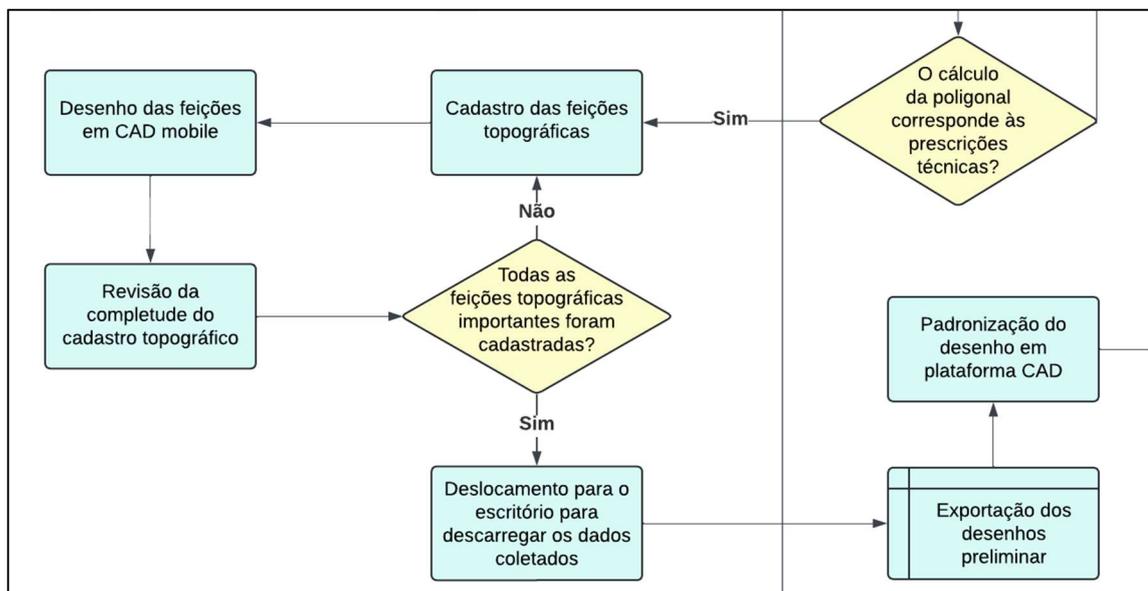
Fonte: Elaborada pelo autor.

O *software* de campo possui uma plataforma CAD integrada, que permite a visualização e representação digital das feições topográficas ainda em campo, proporcionando ao topógrafo um acompanhamento mais amplo e preciso dos dados coletados. Nessa conjuntura, a elaboração de croquis no processo tradicional foi eliminada, sendo substituída pelo desenho das feições topográficas CAD *mobile*. Com isso, os profissionais não precisam mais criar esboços manuais dos elementos nem anotar códigos de pontos e outras informações no papel, já que esses dados são atribuídos automaticamente ou inseridos diretamente na plataforma digital.

Portanto, esse novo método consiste na criação de um desenho técnico preliminar, com representações geométricas e textuais, mitigando erros de anotações e facilitando a interpretação dos técnicos de escritório durante a elaboração do produto final.

No processo tradicional, a verificação da completude e conformidade do desenho técnico era realizada como última etapa, após a equipe técnica finalizar suas atividades, limitando a detecção de erros e inconsistências a um momento tardio do fluxo de trabalho. No processo digital, essa tarefa foi antecipada, ficando sob responsabilidade do topógrafo analisar se todos os elementos necessários foram cadastrados e corretamente representados. Desse modo, evita-se possíveis retornos ao campo e otimiza o fluxo de trabalho. A Figura 14 ilustra o fluxo das atividades na fase de cadastro e representação das feições topográficas.

Figura 14 - Fluxograma do processo digital: recorte da fase de cadastro e representação das feições topográficas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O desenho preliminar, exportado do *software* de campo, necessita de ajustes e refinamentos antes de ser finalizado. Em escritório, a equipe técnica realiza uma padronização das representações gráficas, alinhando o desenho aos padrões da empresa e às necessidades específicas do cliente. Essa etapa é essencial devido às limitações do módulo CAD do *software* de campo, que não oferece as ferramentas e a flexibilidade necessárias para a criação de desenhos técnicos de alta qualidade.

Em última análise, evidenciou-se que o processo digital promove melhorias como:

- Simultaneidade na realização de tarefas em campo e escritório;
- Processamento mais rápido dos dados coletados;
- Mitigação de erros por mecanismos de controle;
- Averiguação mais imediata da conformidade às prescrições técnicas;
- Melhor acompanhamento dos dados levantados, promovidos pela facilidade de visualização;
- Representações gráficas superiores e mais inteligíveis do que meros esboços em croquis;
- Menor probabilidade de retornos dispendiosos ao campo para correções;
- Redução da equipe de campo;
- Fluxo de trabalho mais fluido.

A digitalização do processo de levantamento topográfico mitigou alguns problemas inerentes ao método tradicional e trouxe melhorias significativas, mas ainda enfrenta desafios práticos. Segundo o técnico responsável, os principais desafios são a dificuldade ao manusear o *software* de campo e a qualidade insatisfatória nas representações do desenho preliminar. Na investigação desses problemas, constatou-se a ausência de um plano de ação para a implementação dos testes do processo e treinamento formal para as equipes. Portanto, para pleno aproveitamento do método e otimização do processo em toda sua amplitude, é necessária a implementação de melhorias nos pontos críticos relativos ou não a digitalização.

## 4.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS

A partir das dificuldades identificadas nos testes do processo digital, torna-se essencial a implementação de uma série de melhorias para garantir a qualidade e precisão dos dados levantados. Seguindo a estrutura do ciclo PDCA, foram propostas ações específicas para cada etapa, visando otimizar o processo como um todo. O Quadro 8 apresenta um resumo das ações esperadas a serem tomadas em cada etapa do ciclo PDCA.

Quadro 8 - Resumo das etapas do ciclo PDCA.

Etapa	Ação Esperada
P (Planejar)	Identificação dos problemas ocorridos no processo digital e suas causas. Elaborar um plano de ação para implementação de melhorias.
D (Fazer)	Promover capacitação dos profissionais das equipes. Criar <i>templates</i> com os padrões adotados pela empresa. Elaborar manuais de procedimentos e rotinas. Realizar reuniões com a equipes para revisão do fluxograma de processo. Criar um canal de comunicação para acompanhamento e colaboração dos serviços.
C (Verificar)	Verificar a qualidade do serviço executado a partir de folhas de verificação. Realizar entrevistas individuais para acompanhamento das melhorias.
A (Agir)	Avaliar se os objetivos foram atingidos analisando os dados obtidos. Caso o processo seja validado, criar um POP e implementar o processo para todas as equipes. Caso o processo não seja validado, retornar ao primeiro passo do ciclo PDCA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do resumo das ações apresentadas no Quadro 8, pode-se aprofundar a discussão sobre cada uma delas, descrevendo em detalhes as metodologias e procedimentos a serem seguidos pela empresa para atingir seus objetivos.

### 4.4.1 Planejar (Plan)

Na fase de planejamento, realizada no neste estudo, foram utilizados o *brainstorming* e Diagrama de Ishikawa para identificar os problemas e suas causas. Após essa etapa de análise, foi elaborado um plano de ação detalhado, utilizando a ferramenta 5W2H (Apêndice F), propondo a implementação de melhorias por meio das seguintes iniciativas:

1. Promover capacitação sobre desenhos técnicos e representação gráfica de feições topográficas;

2. Promover treinamento para utilização do *software* de campo;
3. Criar *templates* no software de campo que correspondam a padronização da empresa;
4. Elaborar manuais de utilização do software de campo e de procedimentos;
5. Criar grupos no *Whatsapp* para condução e acompanhamento colaborativo dos serviços.

#### **4.4.2 Fazer (Do)**

Nesta fase, a implementação das iniciativas segue o plano de ação estabelecido. Em relação à execução das atividades, orienta-se iniciar com a capacitação dos profissionais no software de campo, proporcionando um domínio completo de suas ferramentas e funcionalidades. Em seguida, a criação dos *templates* no CAD mobile e o treinamento dos topógrafos nas técnicas de desenho técnico garantem a padronização e a qualidade dos trabalhos de campo. Por fim, a criação de manuais e procedimentos que proporcionem uma consulta rápida quando surgirem dúvidas, evitando gastar muito tempo na procura de soluções.

No que se refere a comunicação e acompanhamento, recomenda-se a realização de reuniões semanais ou quinzenais que repassem o fluxograma do processo, avaliando os gargalos e enfatizando aos colaboradores a importância do sequenciamento das atividades. Do mesmo modo, a criação de grupos no aplicativo de mensagens *Whatsapp* para melhorar o acompanhamento e interação das atividades de campo e escritório, proporcionando um feedback ativo e constante.

#### **4.4.3 Verificar (Check)**

Na fase de verificação, sugere-se ao gerente e técnicos da empresa a implementação de folhas de verificação com o intuito de avaliar se as iniciativas tomadas surtiram efeitos positivos no processo. Esse documento pode ser elaborado com perguntas simples a respeito da qualidade das representações, precisões das poligonais, habilidades dos operadores, clareza nos desenhos, etc. Complementarmente, é importante realiza entrevistas individuais ou em grupo para coleta de dados a respeito da percepção dos colaboradores em relação as melhorias aplicadas.

#### **4.4.4 Agir (Act)**

Atingindo as melhorias planejadas, cabe ao gerente da empresa elaborar a documentação necessária para padronização do processo. Além disso, é necessário estudar e avaliar os custos para implementação do processo em todas as equipes de da empresa. Caso contrário, será necessário reiniciar o ciclo PDCA para investigar novos problemas e causas, ajustando medidas a serem adotadas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram utilizadas metodologias de análise de processos para avaliar a transição do levantamento topográfico do modelo tradicional para o digital. Analisando um projeto “piloto” em uma empresa de topografia com o intuito de verificar as melhorias promovidas pela implantação da transformação digital.

No mapeamento do processo tradicional, foram identificadas interrupções no sequenciamento das atividades devido a ocorrência de não conformidades, resultando em retrabalhos que causam atrasos no cronograma e aumento dos custos. Essa situação foi corroborada pelos resultados das entrevistas, que, ao serem analisados por meio de um Diagrama de Ishikawa, relevaram as principais causas raiz de retrabalhos, destacando os segmentos de método e mão de obra.

No mapeamento do processo digital, foram observadas melhorias significativas no fluxo das tarefas e na validação dos dados coletados. As tecnologias implementadas proporcionam melhor visualização e transferência de dados, permitindo a verificação em campo da qualidade do levantamento topográfico. A utilização do CAD mobile para a representação das feições topográficas eliminou a necessidade de elaborar croquis, uma atividade que anteriormente estava entre as principais causas de retrabalho.

A transformação digital evidenciou a possibilidade de redução de custos com retrabalho e a de atingir um processo mais eficiente e eficaz. Contudo, revelou a necessidade de um planejamento mais detalhado e de um acompanhamento sistemático dos resultados. A ausência dessas práticas comprometeu uma implantação mais assertiva do processo. Para superar essas dificuldades, foram propostas iniciativas em um plano de ação estruturado, que utilize o ciclo PDCA como ferramenta para promover melhorias contínuas e garantir a sustentabilidade das mudanças.

Em conclusão, a transformação digital representa uma oportunidade única para modernizar os processos de levantamento topográfico e aumentar a competitividade das empresas do setor. Contudo, existem limitações inerentes ao processo de levantamento topográficos que não podem ser sanadas apenas com a digitalização e outras iniciativas devem ser tomadas. Além disso, é necessário realizar um estudo das barreiras para a transformação digital, como a avaliação dos custos envolvidos e o desenvolvimento de competências digitais nos colaboradores.

## REFERÊNCIAS

ROCHA, I. L.; RIBEIRO, R. S. M. **CAPÍTULO 1 – Infraestrutura no Brasil: Contexto Histórico e Principais Desafios. EM: SILVA, M. S. (ED.). Concessões e Parcerias Público-Privadas: Políticas Públicas para Provisão de Infraestrutura.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2022. p. 23–44. Disponível em: <[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11462/1/Infraestrutura\\_Brasil\\_ca\\_p01.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11462/1/Infraestrutura_Brasil_ca_p01.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2024.

INTER.B CONSULTORIA INTERNACIONAL DE NEGÓCIOS. **Novas estimativas de investimento em infraestrutura em 2023 e primeiras projeções para 2024.** Disponível em: <<https://interb.com.br/carta/23a-carta-de-infraestrutura/>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BORGES, A. DE C. **Topografia.** São Paulo: Blucher, 2013.

BOTELHO, M. H. C.; JR., J. P. de F.; PAULA, L. S. de. **ABC da topografia: para tecnólogos, arquitetos e engenheiros.** São Paulo: Editora Blucher, 2018.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK).** 6.ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2017.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção - Edição Compacta.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI); FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Sondagem sobre transformação digital das empresas.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/wp-content/uploads/2024/01/Sondagem-Transformacao-Digital-Relatorio-4-tri-2023.pdf>>.

OTRS DO BRASIL SOLUCOES LTDA. **Otrs Spotlight: It Service Management 2023.** 2023. Disponível em: <[https://corporate.otrs.com/wp-content/uploads/2023/04/OTRS-Spotlight-ITSM-2023\\_Part-1\\_EN\\_BR.pdf](https://corporate.otrs.com/wp-content/uploads/2023/04/OTRS-Spotlight-ITSM-2023_Part-1_EN_BR.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2024.

RIBEIRO, R.; VEIGA, P. **Transformação Digital: Os Desafios, o Pensar e o Fazer.** São Paulo: Grupo Almedina, 2023.

SIEBEL, T. M. **Transformação Digital.** Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2021.

MCCORMAC, J.; SARASUA, W.; DAVIS, W. **Topografia, 6ª edição.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico — Procedimento.** 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Abnt, 2021.

DAIBERT, J. D. **Topografia: Técnicas e Práticas de Campo.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2015.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de topografia**. Porto Alegre: Grupo A, 2016.

TULER, M.; SARAIVA, S.; TEIXEIRA, A. **Manual de práticas de topografia. (Tekne)**. Porto Alegre: Grupo A, 2017.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de topografia. (Tekne)**. Porto Alegre: Grupo A, 2014.

**Estação total manual Leica FlexLine TS07**. Disponível em: <<https://leica-geosystems.com/pt-br/products/total-stations/manual-total-stations/leica-flexline-ts07>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.

CUNHA, C. G.; NASCIMENTO, G. B.; PARREIRA, G. F. **Propostas de melhorias na prestação de serviços de uma empresa de topografia a fim de reduzir os índices de retrabalho**. 2014.

VEIGA, L. A. K.; ZANETT, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; BONILLA, S. H. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

CAVALCANTI, V. Y. S. DE L. et al. Indústria 4.0: **Desafios e Perspectivas na Construção Civil**. Revista Campo do Saber, v. 4, n. 4, p. 146–158, 2018.

LEICA GEOSYSTEMS AG. **A Mudança para a Construção Digital**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://leica-geosystems.com/pt-br/about-us/content-features/digital-construction>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Grupo A, 2021.

BISIO, R. Land Surveying: ***The Bellwether for a New Era of Infrastructure Construction***.

MÜLLER FILHO, A. V. **Captura da Realidade por Laser Scanner e Fotogrametria para a Geração de BIMs**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

TOLENTINO, M. M. A. **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2018.

RIBEIRO, C. J. M. **Estudo Comparativo de Métodos Digitais de Captura de Realidade para Levantamento Cadastral de Edificações**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2023.

SAAL, K.; LEHMULLER, K.; MILLER-RODGERS, M. (EDS.). **Leica Geosystems customer magazine**. [s.l.] Leica Geosystems AG, 2015. v. 73.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. DE O. **Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas para o Brasil**. Revista da Universidade Vale, v. 16, n. 1, p. 1–9, 2018. Disponível em: <[http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/download/4938/pdf\\_808](http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/download/4938/pdf_808)>. Acesso em: 21 ago. 2024.

SAAL, K.; LEHMULLER, K.; MILLER-RODGERS, M. (EDS.). **Leica Geosystems customer magazine**. [s.l.] Leica Geosystems AG, 2015. v. 72.

TRIMBLE GEOSPATIAL. **Visualization Adds Confidence in the Field**. Disponível em: <<https://geospatial.trimble.com/en/resources/land-surveying/visualization-adds-confidence-in-the-field>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

BRASIL. **Qual a definição para computação em nuvem?** Disponível em: <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategias-e-governanca-digital/estrategias-e-politicas-digitais/computacao-em-nuvem/qual-a-definicao-para-computacao-em-nuvem>>. Acesso em: 28 ago. 2024.

SKOPLJAK, B. **5 Geospatial Trends in 2024**. Disponível em: <<https://geospatial.trimble.com/en/resources/blog/5-geospatial-trends-in-2024>>. Acesso em: 28 ago. 2024.

GEOMAX-POSITIONING. **X-PAD 365**. 2021. Disponível em: <<https://geomax-positioning.com/products/x-pad-365/x-pad-365-overview>>.

**X-PAD 365**. Disponível em: <<https://geomax-positioning.com/products/x-pad-365/x-pad-365-overview>>. Acesso em: 4 jul. 2024.

4CINCO. **Fluxograma de processo**: o que é, exemplos e dicas de como fazer. 2022. Disponível em: <https://4cinco.com/fluxograma-de-processo/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BCN TREINAMENTOS. **Plano de ação 5W2H**: conceito, criação e exemplos. 2020. Disponível em: <https://blog.bcntreinamentos.com.br/plano-de-acao-5w2h-conceito-criacao-e-exemplos/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

CAMPOS, E. R. **Metodologia de gestão por processos**. Campinas: UNICAMP, 2007. Disponível em: [https://geplanes.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/31/2024/02/Metodologia\\_GEPRO.pdf](https://geplanes.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/31/2024/02/Metodologia_GEPRO.pdf). Acesso em: 29 ago. 2024.

CRUZ, K. M. **O PDCA como ferramenta de implementação de melhorias em processos para o alcance de resultados**. Juiz de Fora: UFJF, 2018. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engenhariadeproducao/wp-content/uploads/sites/322/2017/11/kamilamarsoncruz.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2024.

FAEDO, V.; SILVA, E. C. C. da. **Utilização do diagrama de Ishikawa para detecção de divergências de estoque: estudo de caso em empresa do ramo de peças e serviços do interior do estado de São Paulo**. In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. **Anais...** Ponta Grossa, PR, 2019. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09282019\\_190930\\_5d8fe51e646d0.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09282019_190930_5d8fe51e646d0.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

FERREIRA, C. C. G. *et al.* A importância do endomarketing: estudo de caso na SLV Engenharia. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 14, n. 10, p. 18417–18436, 2023. DOI: 10.7769/gesec. v14i10.3059. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3059>. Acesso em: 29 ago. 2024.

FURTADO, C. F. do C. *et al.* **Gestão de qualidade em saúde: conceitos e ferramentas da qualidade como estratégia de construção e práticas em gestão em saúde**. Campina Grande: Editora Amplla, 2022. 163 p. Disponível em: <https://ampllaeditora.com.br/books/2023/03/GestaoQualidadeSaude.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

INÁCIO, L. C. dos R. *et al.* Ferramentas básicas da qualidade: folha de verificação, estratificação, fluxograma, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, matriz GUT e 5W2H. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 14, n. 10, p. 17413–17427, 2023. DOI: 10.7769/gesec. v14i10.2890. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2890>. Acesso em: 30 ago. 2024.

LEAL, N. D. de B. **Aplicabilidade da ferramenta de planejamento estratégico 5W2H: um estudo em uma microempresa**. Angical do Piauí: IFPI, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração). Disponível em: [http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1244/1/2022\\_tcc\\_ndbleal.pdf](http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1244/1/2022_tcc_ndbleal.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

LOBATO, E. D. C.; SANTOS, R. B. dos. Planejamento financeiro: uma proposta de implementação da matriz 5W2H como ferramenta da qualidade no setor financeiro das pequenas e médias empresas (PMES). **Revista Foco**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. e2121, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco. v16n6-016. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2121>. Acesso em: 30 ago. 2024.

MACHADO JÚNIOR, J.; PINHEIRO, T. H. **Módulo 2 - Como gerir e melhorar processos**. Brasília: Enap, 2016. Disponível em: [https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2898/1/M%C3%B3dulo\\_2\\_-\\_Como\\_gerir\\_e\\_melhorar\\_Processos1.pdf](https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2898/1/M%C3%B3dulo_2_-_Como_gerir_e_melhorar_Processos1.pdf). Acesso em: 29 ago. 2024.

MAGALHÃES, J. De. **As 7 ferramentas da qualidade**. [s.l.: s.n.]. 2024. Disponível em: <[https://siseb.sp.gov.br/arqs/9%20-%207\\_ferramentas\\_qualidade.pdf](https://siseb.sp.gov.br/arqs/9%20-%207_ferramentas_qualidade.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2024.

MANHANI, H. F. **Sucesso aplicando a ferramenta 5W2H como metodologia em projetos de curto prazo.** Curitiba: FGV, 2014. Trabalho de Conclusão (MBA em Gerenciamento de Projetos). Disponível em: [http://repositorio.isaebrasil.com.br/wp-content/uploads/tainacan-items/13046/86654/MBAGPJ\\_6.12\\_Heloisa-Favero-Manhani.pdf](http://repositorio.isaebrasil.com.br/wp-content/uploads/tainacan-items/13046/86654/MBAGPJ_6.12_Heloisa-Favero-Manhani.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

MELO NETO, F. P.; CARNEIRO NETO, R. J. **História do pensamento administrativo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2008. 234p. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/012016/72ffe7394f8b75e0e0f3ece7eb2e4eb6.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Proposta de planejamento, monitoramento e avaliação: base teórica e oficina SEINSF/NEMS.** UFSC, 2018. Disponível em: <https://projetonems.paginas.ufsc.br/files/2018/08/Caderno.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2024.

MONTEIRO, F. D. **Diagrama de Ishikawa: a importância da ferramenta na identificação e controle dos impactos negativos dos processos gerenciais de uma organização.** Paracatu: Centro Universitário Atenas, 2022. Monografia (Bacharelado em Administração). Disponível em: [http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/1/1/DIAGRAMA\\_D\\_E\\_ISHIKAWA\\_\\_a\\_importancia\\_da\\_ferramenta\\_na\\_identificacao\\_e\\_controle\\_dos\\_impactos\\_negativos\\_dos\\_processos\\_gerenciais\\_de\\_uma\\_organizacao\\_2022.pdf](http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/1/1/DIAGRAMA_D_E_ISHIKAWA__a_importancia_da_ferramenta_na_identificacao_e_controle_dos_impactos_negativos_dos_processos_gerenciais_de_uma_organizacao_2022.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

MOREIRA, M. de M. A. C. *et al.* Ferramentas da qualidade: uma revisão de diagrama de Ishikawa, 5W2H, ciclo PDCA, DMAIC e suas interrelações. In: 5º SIPGEM – Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b7f13b16-0640-4823-9809-9f76cc7a7df8/3170-9459-2-PB.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

NARCIZO, S. C. G. Aplicação do ciclo PDCA e das sete ferramentas básicas da qualidade na rotina do atendimento aeroviário: estudo de caso em uma companhia aérea na cidade do Rio de Janeiro. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 03, n. 04, p. 45–70, 11 abr. 2022. Disponível em: [https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/atendimento-aeroviario#google\\_vignette](https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/atendimento-aeroviario#google_vignette). Acesso em: 30 ago. 2024.

OLIVEIRA, F. K. B. de; ROBERTO, J. C. A.; SOUTO, S. P. A utilização das ferramentas de qualidade na indústria. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 16, n. 7, p. 5859–5878, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.7-095. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1211>. Acesso em: 29 ago. 2024.

OTERO, G. G. P. **Gestão ambiental em instituições de ensino superior: práticas dos campi da Universidade de São Paulo.** São Paulo: USP, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Disponível em: [https://www.iee.usp.br/wp-content/uploads/2024/08/OTERO\\_2010\\_compressed.pdf](https://www.iee.usp.br/wp-content/uploads/2024/08/OTERO_2010_compressed.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

PEREIRA, M. **Diagrama de Ishikawa: o que é e como usar**. Runrun.it, 2023. Disponível em: <https://blog.runrun.it/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

REZ, R. 5W2H, a gestão de sua empresa de forma fácil e efetiva. **Nova Escola de Marketing**, 2022. Disponível em: <https://novaescolademarketing.com.br/5w2h-gestao-de-sua-empresa-de-forma-facil-e-efetiva/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

SANTOS, F. F. dos. **Gestão de qualidade: análise do gerenciamento da rotina como ferramenta de melhoria contínua e qualidade no setor de contratação de serviço**. Duque de Caxias: UNIGRANRIO, 2020. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Disponível em: [https://unigranrio.com.br/\\_docs/biblioteca-virtual/pdfs/cursos/engenharia-de-producao/Gestao-de-qualidade\\_analise-do-gerenciamento-da-rotina-como-ferramenta-de-melhoria-continua-no-setor-de-contratacao-de-servico.pdf](https://unigranrio.com.br/_docs/biblioteca-virtual/pdfs/cursos/engenharia-de-producao/Gestao-de-qualidade_analise-do-gerenciamento-da-rotina-como-ferramenta-de-melhoria-continua-no-setor-de-contratacao-de-servico.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, TRABALHO E RENDA DO DISTRITO FEDERAL - Sedet-DF. **Manual de análise e melhoria de processos**. Brasília: Sedet-DF, 2019. Disponível em: <https://sedet.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/Manual-de-An%C3%A1lise-e-Melhoria-de-Processos.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SILVA, E. Y. F. **Mapeamento de processos de fluxo de trabalho em uma empresa gráfica localizada em Paulo Afonso – BA**. Delmiro Gouveia: UFAL, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/6336/1/Mapeamento%20de%20processos%20do%20fluxo%20de%20trabalho%20em%20uma%20empresa%20gr%C3%A1fica%20localizada%20em%20Paulo%20Afonso%20-%20BA.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SILVA, F. F. da. **Planejamento estratégico em um arranjo multissetorial voltado ao desenvolvimento sustentável**. Russas: UFCE, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/65247/1/2022\\_tcc\\_fsilva.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/65247/1/2022_tcc_fsilva.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

SILVA, S. M. da. **O método PDCA como ferramenta para melhoria da qualidade na gestão de processos**. Aparecida de Goiânia: Faculdade Nossa Senhora Aparecida, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração). Disponível em: <http://www.fanap.br/Repositorio/314.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2024.

TERNER, G. L. K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal- mecânica**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção). Disponível em: [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/219\\_dissertacao%20mp%20gilberto%20turner.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/219_dissertacao%20mp%20gilberto%20turner.pdf). Acesso em: 30 ago. 2024.

VITORIO, R. A. F.; ANTÔNIO, F. D. Ferramentas da qualidade e suas aplicações na solução de problemas: estudo de caso em uma empresa do ramo automotivo. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 746–758, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.817. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/817>. Acesso em: 29 ago. 2024.

VOLTARELLI, C. S. S. P. Gestão da qualidade: como melhorar suas operações agrícolas utilizando ferramentas de qualidade. **Revista Canavieiros**, 2024. Disponível em: <https://www.revistacanavieiros.com.br/gestao-da-qualidade-como-melhorar-suas-operacoes-agricolas-utilizando-ferramentas-de-qualidade-dfqnm>. Acesso em: 30 ago. 2024.

WERKEMA, M. C. C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Elsevier Brasil, 2013.

ZINE, R. L. Aplicação do PDCA no aumento da eficiência na produção de energia elétrica em uma pequena central hidrelétrica situada na região de Manhuaçu - MG. **Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso**, UNIFACIG, 2019. Disponível em:

<https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriottcc/article/view/1771>. Acesso em: 30 ago. 2024.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Anuário do Trabalho nos Pequenos Negócios 2016**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anu%C3%A1rio%20do%20Trabalho%20nos%20Pequenos%20Neg%C3%B3cios%202016%20VF.pdf>>.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2012.

GIL, Antonio C. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021.

CAUCHICK, Paulo. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**. Porto Alegre: Grupo A, 2015.

## APÊNDICE A – FORMULÁRIO APLICADO AO TÉCNICOS DA EMPRESA

### Retrabalho em Levantamentos Topográficos

**Objetivo:** Identificar as causas raiz do retrabalho em levantamentos topográficos, com o intuito de analisar se quais ações podem ser tomadas para implementação de futuras melhorias.

**Problema:** Retrabalho em levantamentos topográficos.

**Instruções:** O formulário deve ser respondido apontando possíveis causas para o problema "retrabalho em levantamentos topográficos", seguindo a estrutura dividida em seis partes. Para cada pergunta deve-se elencar no **máximo 5 causas**.

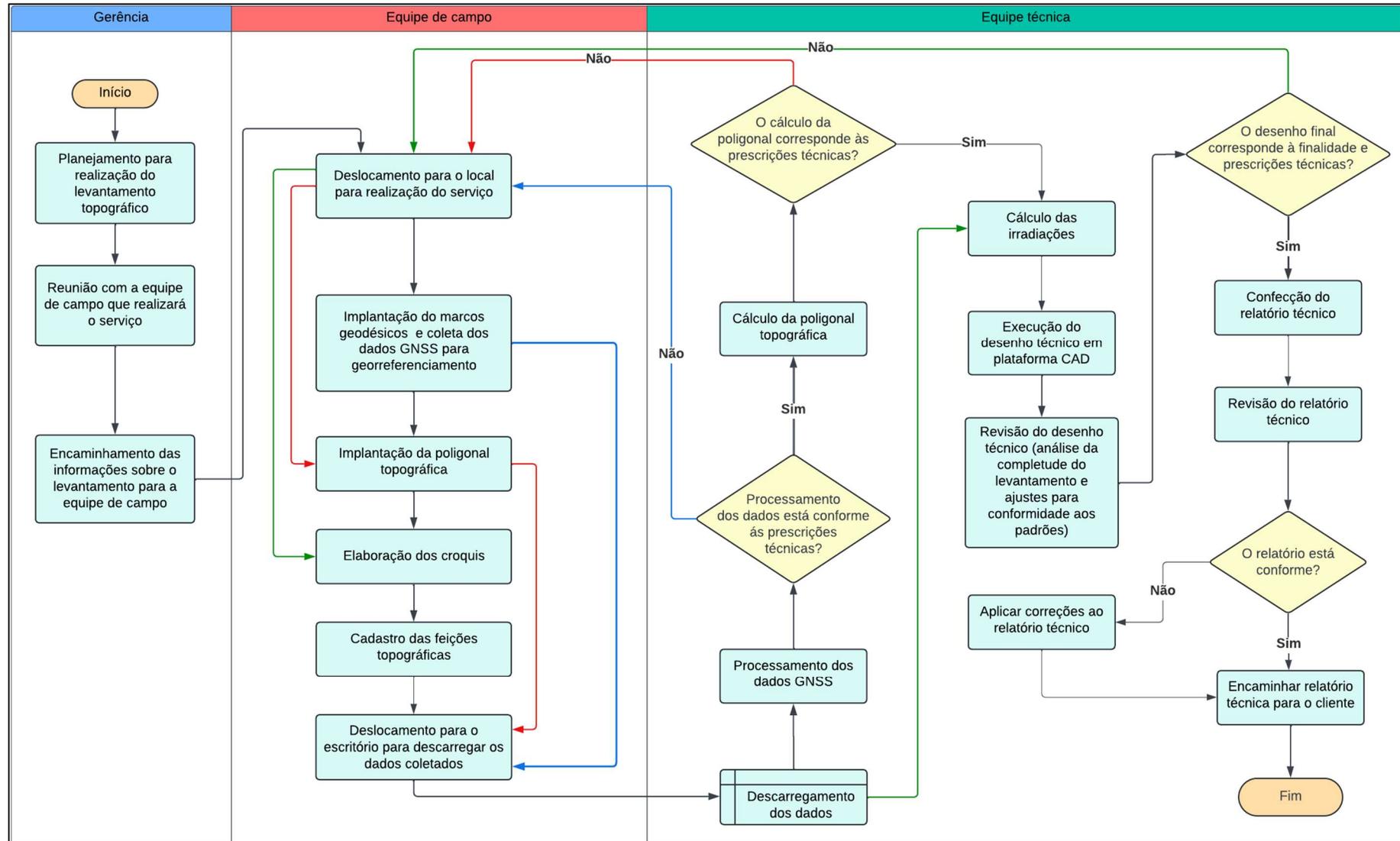
1. Quanto ao modo como é feito (método) o levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?
2. Quanto por quem é feito (mão de obra) o levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?
3. Quanto aos instrumentos utilizados (máquinas) no levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?
4. Quanto aos materiais (matéria-prima) utilizados no levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?
5. Quanto as formas de aferição (medidas) utilizadas no levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?
6. Quanto aos locais (meio ambiente) em que são executados os levantamentos topográficos atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?

## APÊNDICE B – RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS COM O FORMULÁRIO

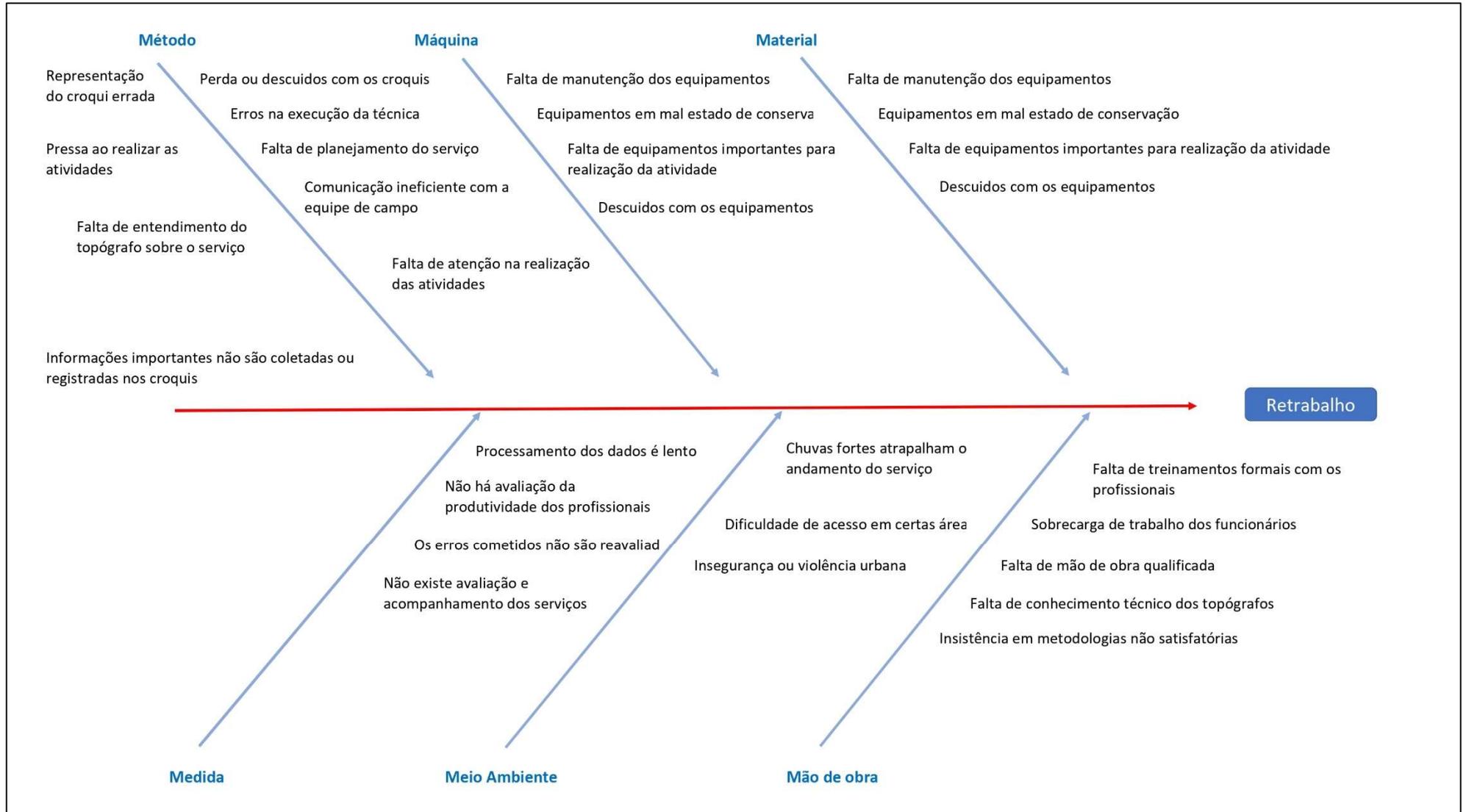
<b>Quanto ao modo como é feito (método) o levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?</b>				
<p>1) croquis perdidos 2) representações de difícil entendimento 3) falta de cadastro de elementos</p>	<p>1. Anotações ilegíveis; 2. Anotações erradas; 3. Perda de croqui tanto no campo quanto no escritório.</p>	<p>Fazer croquis a mão Falta de anotações Desatenção e esquecimentos Relaxo com os dados levantem campo</p>	<p>Falta de treinamento da equipe de campo, e qualificação financeira dos profissionais.</p>	<p>1. Falta de planejamento, a informação chega errada e tem que voltar para corrigir; 2. Entendimento incorreto por parte da Equipe na hora das instruções dadas pelo orientador.</p>
<b>Quanto por quem é feito (mão de obra) o levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?</b>				
<p>1) falta de atenção ao levantamento que está sendo feito 2) falta de cuidado com o croqui</p>	<p>1. Falta de treinamentos; 2. Falta de instrução do que precisa ser feito no levantamento; 3. Sobrecarga dos funcionários; 4. Falta de mão de obra.</p>	<p>Falta de atenção A não qualificação do profissional Pressa em fazer o levantamento A falta de aprumar e nivelar corretamente o equipamento</p>	<p>A falta de treinamento e conhecimento técnico, junto com a falta de atenção do profissional que está executando a atividade são as principais causas de retrabalho.</p>	<p>1. Falta de conhecimento da importância do elemento pra topografia; 2. Ignorância por parte do topógrafo ou teimosia do operador.</p>
<b>Quanto aos instrumentos utilizados (máquinas) no levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?</b>				
<p>1) manutenção do equipamento 2) alguns equipamentos quebrados</p>	<p>1. A falta de calibração do instrumento de medição; 2. Materiais em mau estado. 3. Falta de equipamentos.</p>	<p>Equipamentos em mau estado de conservação Desleixo com os aparelhos Falta de manutenção</p>	<p>Se os equipamentos forem calibrados de modo correto, com o que há hoje de tecnologia no mercado, raramente é a causa dos retrabalhos.</p>	<p>1. Materiais descalibrados influenciam na precisão e acurácia do levantamento; 2. Nem sempre a tecnologia ajuda, por conta de má leitura da Inteligência artificial, gera a necessidade de um levantamento manual gerando retrabalho.</p>

<b>Quanto aos materiais (matéria-prima) utilizados no levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?</b>				
1) Piquetes mais seguros pra não perder os pontos (tipo os de marco deviam ser usados)	1. Sem marcadores de uma melhor qualidade para localização do ponto topográfico em campo.	Falta de marcadores Falta de marcos	Não acredito que os materiais sejam causa de retrabalho, a falta de materiais na hora da execução do serviço sim, mas aí voltamos a causas como falta de planejamento da atividade ou como falta de atenção na hora de separar os materiais necessários.	1. Escassez de marcos de alumínio durante levantamento; 2. Piquetes que acabam durante uma obra.
<b>5. Quanto as formas de aferição (medidas) utilizadas no levantamento topográfico atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?</b>				
1) O processamento das informações ocorre de maneira demorada. 2) Os erros que ocorrem não passam por uma reavaliação	1. Não há um sistema para medir o desempenho dos profissionais 2. Não se sabe porque foi feito errado	Não existe controle sobre a produtividade dos funcionários. Não há nenhum tipo de monitoramento ou avaliação dos serviços. O processamento dos dados demora além do esperado	Acredito que erros nas medidas podem apresentar em erros, principalmente quando não são medidas a frequência de erro.	1. Os erros não são revistos após sua ocorrência. 2. Não há uma reavaliação das falhas cometidas. 3. A produtividade dos profissionais não é verificada.
<b>Quanto aos locais (meio ambiente) em que são executados os levantamentos topográficos atualmente, o que você elenca como possíveis causas retrabalho?</b>				
1) chuva	1. Muitas chuvas dependendo do mês que o levantamento está sendo feito; 2. Dificuldade de acesso a certas áreas; 3. Falta de segurança no ambiente do levantamento por conta da violência urbana.	Problemas climáticos Violência urbana	Bom os serviços de topografia estão sempre sujeitos a imprevistos devido ao local, tais causas de retrabalho deveria em sua maioria ser evitado com um bom planejamento da atividade a ser executada. Assim também não considero o local como uma causa de retrabalho repetitiva.	1. Mal nivelamento dos pontos; 2. Tempo (ventania, chuva). 3. Insegurança do local.

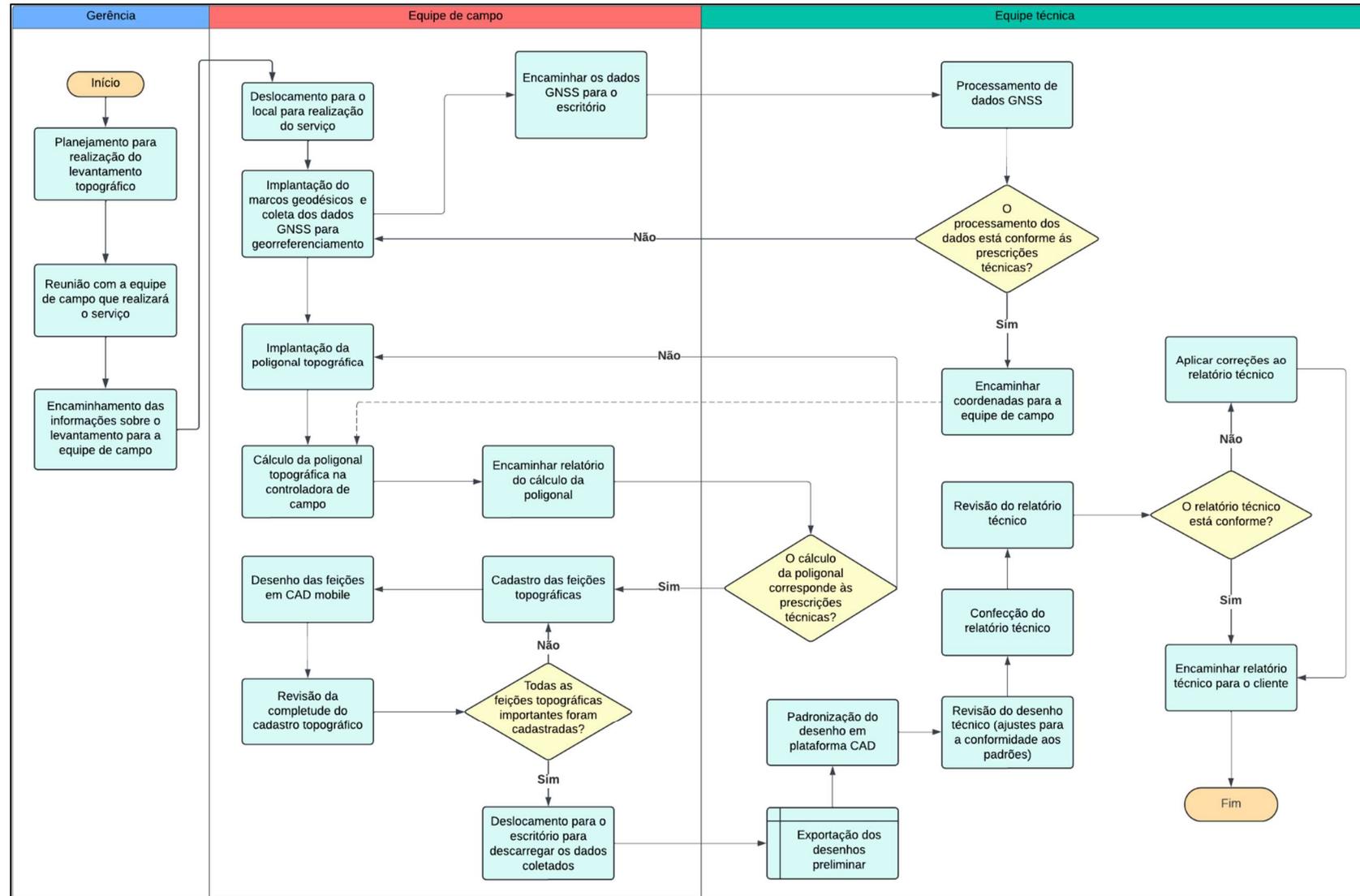
## APÊNDICE C – FLUXOGRAMA DO PROCESSO TRADICIONAL



### APENDICE D - DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA E EFEITO)



## APÊNDICE E – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DIGITAL



## APÊNDICE F – PLANO DE AÇÃO 5W2H

Proposta de Melhorias	<i>What</i> O que?	<i>Why</i> Por que?	<i>Where</i> Onde?	<i>Who</i> Quem?	<i>When</i> Quando?	<i>How</i> Como?	<i>How much</i> Quanto?
1	Promover capacitação sobre desenhos técnicos e representação gráfica de feições topográficas	Diminuir a ocorrência de erros ou representações insatisfatórias no desenho preliminar realizado no software de campo	Escritório da empresa	Profissionais da equipe de campo (topógrafos)	Até novembro/2024	Apresentando técnicas e padrões de representação em software CAD.	De 1 a 2 dias da equipe.
2	Promover treinamento para utilização do software de campo	Eliminar a dificuldade no manuseio do aplicativo, causando ineficiência no fluxo de trabalho	Empresa representante do software	Equipe de campo e equipe técnica	Até novembro/2024	Exposição das funcionalidades do software e prática de operação	Até 1000.00 reais
3	Criar <i>templates</i> no software de campo que corresponda a padronização da empresa.	Evitar que desenho preliminares cheguem ao escritório sem padronização	Escritório da empresa	Equipe Técnica	Primeira quinzena de outubro/2024	Criando uma obra de <i>template</i> com unidades usuais, <i>layers</i> e demais configurações.	De 1 a 2 dias da equipe.
4	Elaborar manuais de utilização do software de campo e de procedimentos.	Possibilitar a consulta a materiais informativos que possam responder as dúvidas dos topógrafos em campo.	Escritório da empresa	Equipe Técnica	Primeira quinzena de outubro/2024	Criar documento em PDF ou vídeos que apresente rotinas básicas de uso do aplicativo.	De 1 a 2 dias da equipe.
5	Criar grupos no <i>Whatsapp</i> para condução e acompanhamento colaborativo dos serviços.	Promover a colaboração na tomada de decisão e evitar discordâncias entre as equipes	Escritório da empresa	Gerentes, técnico e topógrafos	Imediatamente	Criar rotinas de reunião no grupo e práticas de transferência de informações	1 dia do setor de gerência