

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* SANTA LUZIA
BACHARELADO EM ARQUITETURA E URBANISMO
Ana Flávia Fernandes Jaques da Costa

**PLANO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL: Arquitetos(as) Urbanistas em
atividades de Topografia**

Santa Luzia

2025

ANA FLÁVIA FERNANDES JAQUES DA COSTA

**PLANO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL: Arquitetos(as) Urbanistas em
atividades de Topografia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Santa Luzia para obtenção do grau de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Leandro de Aguiar e Souza

Santa Luzia

2025

ANA FLÁVIA FERNANDES JAQUES DA COSTA

PLANO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL: Arquitetos(as) Urbanistas em atividades
de Topografia

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Santa Luzia para obtenção do grau de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em :__ / __ / ____ pela banca examinadora:

Prof. Dr. Leandro de Aguiar e Souza (Orientador)

Profa. Dra. Ana Isabel Junho Anastasia de Sá

Profa. Dra. Simone Parrela Tostes

AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais, Gelinaldo e Maria de Fátima, meus maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

À minha irmã, Gabriela, que, além de irmã, é uma inspiração e um porto seguro. Seu apoio incondicional e sua sabedoria me guiaram nos momentos mais desafiadores.

Ao meu orientador, Leandro, pelo acompanhamento essencial ao longo deste processo. Escolher um tema diferente do convencional trouxe desafios únicos, e sua orientação foi fundamental para que eu pudesse desenvolver este trabalho com segurança e profundidade. Sou grato por sua dedicação, paciência e incentivo ao longo dessa caminhada.

Ao meu namorado, Felipe, e às minhas amigas, Ana Beatriz, Giovanna, Iara, Karine e Sthéfany, que ficaram ao meu lado nos momentos de maior desespero. Sem vocês, essa jornada teria sido ainda mais difícil. Obrigada por cada palavra de incentivo, por cada momento de distração necessário e por acreditarem em mim quando eu duvidei.

RESUMO

Este trabalho discute a possibilidade de atuação do(a) profissional Arquiteto(a) Urbanista em trabalhos de Topografia, de acordo com a Lei nº 12.378/2010 que regulamenta o exercício da profissão. Além de apontar possíveis diretrizes a serem seguidas para a atuação efetiva na área. Para isso, será realizado o acompanhamento e análise da atuação de profissionais da área.

Palavras-chave: Topografia, Arquitetura, Urbanismo, Legislação.

ABSTRACT

This paper discusses the possibility of the professional Urban Architect working in Topography, according to Law nº 12,378/2010, which regulates the practice of the profession. In addition, it points out possible guidelines to be followed for effective performance in the area. To this end, the performance of professionals in the area will be monitored and analyzed.

Keywords: Topography, Architecture, Urbanism, Legislation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Modelo de caderneta de campo	22
Figura 2: Modelo de caderneta de campo para método de nivelamento de precisão (ou nivelamento geométrico)	23
Figura 3: Áreas de atuação Censo I	26
Figura 4: Áreas de atuação Censo II	27
Figura 5: Formação acadêmica Censo I	28
Figura 6: Formação acadêmica Censo II	29
Figura 7: Formas de renda Censo II	30
Figura 8: Ementa da Disciplina Cartografia e Topografia do IFMG Campus Santa Luzia	33
Figura 9: Ementa da Disciplina Topografia e Desenho Topográfico do CEFET Campus Timóteo	35
Figura 10: Ementa da Disciplina Cartografia e Geoprocessamento do CEFET Campus Timóteo	36
Figura 11: Ementa da Disciplina Topografia Aplicada à Arquitetura e Urbanismo do IFF Campus Campos Centro	38
Figura 12: Ementa da Disciplina Topografia do IFPR Campus Umuarama	39
Figura 13: Ementa da Disciplina Topografia do IFMS Campus Jardim	40
Figura 14: Ementa da Disciplina Topografia do IFSP Campus SPO	41
Figura 15: Ementa da Disciplina Topografia do IFRS Campus Rio Grande	42
Figura 16: Levantamento por caminhamento	48
Figura 17: Levantamento por irradiação	50
Figura 18: Levantamento por triangulação	51
Figura 19: Levantamento por nivelamento geométrico	52
Figura 20: Caderneta utilizada no cálculo do nivelamento geométrico	53
Figura 21: Levantamento por nivelamento trigonométrico	55
Figura 22: Restituição aerofotogramétrica	57

Figura 23: Criação de mapa a partir da restituição aerofotogramétrica	58
Figura 24: RTK em modo estático e modo rover	60
Figura 25: Landstar System	61
Figura 26: RTK com rádio externo	62
Figura 27: Componentes do NTRIP	63
Figura 28: Técnica LiDAR	65
Figura 29: Esticadores de corda	66
Figura 30: Corda graduada	67
Figura 31: Estaca-testemunha e piquete	68
Figura 31: Baliza utilizada na medição de ângulos	69
Figura 32: Mira	70
Figura 33: Nível de cantoneira	70
Figura 34: Tripé	71
Figura 35: Erro de catenária	72
Figura 36: Erro por falta de horizontalidade da trena	72
Figura 37: Erro por falta de verticalidade das balizas	73
Figura 38: Erro de trena enrolada	73
Figura 39: Teodolito	74
Figura 40: Estação Total	76
Figura 41: Nível	76
Figura 42: O nível digital como sistema de medição	77
Figura 43: RTK	78
Figura 44: Laser scanner 3D	79
Figura 45: Prisma	80
Figura 46: Localização da área de levantamento	89
Figura 47: Localização dos pontos de controle	90
Figura 48: Processo de elaboração do mapa dos pontos de controle	91
Figura 49: Aba de criação de camada do QGIS	92

Figura 50: Aba de criação de camada do QGIS	93
Figura 51: Marcação de um ponto de controle	94
Figura 52: Captação do Ponto de Controle	95
Figura 53: Drone pronto para voar	96
Figura 54: Controle do drone	97
Figura 55: Relatório de levantamento	98
Figura 56: Ortofoto do levantamento	99
Figura 57: Curvas de nível do levantamento	100
Figura 58: Distribuição de gênero por área de atuação – Censo II	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Análise da disciplina de Topografia nas Instituições Federais..... 43

Quadro 2: Análise da disciplina de Topografia nas Instituições Federais..... 102

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

ART - Anotação de Responsabilidade Técnica

CAU/BR - Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica

CNE/CES - Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação

DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DER-MG - Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais

DGPS - Differential GPS

EPI - Equipamento de Proteção Individual

EPT - Educação Profissional e Tecnológica

FIC - Formação Inicial e Continuada

GNSS - *Global Navigation Satellite System*

GPS - *Global Positioning System*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFF - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

IFMS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul

IFPR - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

IFRS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

IMU - *Inertial Measurement Unit*

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LIDAR - *Light Detection and Ranging*

MBA - *Master in Business Administration*

MDS - Modelo Digital da Superfície

MDT - Modelo Digital do Terreno

MEC - Ministério da Educação

NBR - Norma Técnica Brasileira

NTRIP - *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*

PBH - Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

PMSL - Prefeitura Municipal de Santa Luzia

PPC - Projeto Pedagógico do Curso

PRONATEC - Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS

RPA - *Remotely Piloted Aircraft*

RTK - *Real Time Kinematic*

SENAC - Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SICCAU - Sistema de Informação e Comunicação do Conselho de Arquitetura e Urbanismo

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SGB - Sistema Geodésico Brasileiro

SGNS - Sistemas Globais de Navegação por Satélites

SMOBI - Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura

SMPU - Secretaria Municipal de Políticas Urbanas

SUDECAP - Superintendência de Desenvolvimento da Capital

UAS - *Unmanned Aircraft Systems*

UFMG - Universidade Federal de Campina Grande

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UTM - Universal Transversa de Mercator

VANTs - Veículos Aéreos Não Tripulados

WADGPS - *Wide Area Differential GPS*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Apresentação.....	15
1.2 Objetivo.....	16
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Metodologia.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 A Topografia enquanto técnica de representação.....	19
2.2 Panorama normativo.....	20
2.3 A atuação do profissional Arquiteto(a) Urbanista na Topografia.....	24
2.4 A Topografia na formação dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo baseado na Estrutura Curricular do curso.....	31
Quadro 1: Análise da disciplina de Topografia nas Instituições Federais.....	43
2.5 Ferramentas avançadas de coletas de dados topográficos e sua aplicabilidade na Arquitetura e Urbanismo.....	44
3 PANORAMA DAS TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS.....	47
3.1 Técnicas de levantamento topográfico.....	47
3.1.1 <i>Caminhamento</i>	48
3.1.2 <i>Irradiação</i>	50
3.1.3 <i>Triangulação</i>	50
3.1.4 <i>Nivelamento geométrico</i>	51
3.1.5 <i>Nivelamento trigonométrico</i>	54
3.1.6 <i>Restituição aerofotogramétrica</i>	56
3.1.7 <i>Posicionamento com o uso do RTK</i>	59
3.1.8 <i>NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)</i>	62
3.1.9 <i>LIDAR (Light Detection and Ranging)</i>	64
3.2 Equipamentos utilizados em levantamentos topográficos.....	66
4 LEVANTAMENTO DE PRÁTICAS E CONTEXTOS.....	80
4.1 Levantamentos topográficos em contextos públicos e institucionais.....	81
4.1.1 <i>O caso da SUDECAP</i>	81
4.1.2 <i>O caso da Prefeitura de Santa Luzia</i>	86
4.2 Práticas topográficas com o uso de drones e RTK.....	88

5 PLANO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL.....	100
5.1 Qualificação acadêmica e técnica.....	101
Quadro 2: Análise da disciplina de Topografia nas Instituições Federais.....	102
5.2 Subáreas de atuação no campo da Topografia: ferramentas e recursos necessários.....	107
5.2.1 Levantamento planialtimétrico de terrenos urbanos.....	107
5.2.2 Levantamento planimétrico de imóveis rurais.....	109
5.2.3 Levantamento planialtimétrico na escala do bairro, para fins de regularização fundiária.....	111
5.2.4 A Topografia na medição de pilhas de minério e de rejeitos minerários.....	112
5.2.5 O uso da topografia no levantamento de estruturas de alta complexidade: imóveis históricos e formações geológicas.....	113
5.3 Posicionamento profissional e construção de clientes.....	114
5.4 Os Desafios de ser Arquiteta Urbanista.....	115
6 CONSIDERAÇÕES E APONTAMENTOS.....	117
REFERÊNCIAS.....	119

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

No sentido etimológico da palavra, Topografia deriva das palavras gregas *topos* (lugar) e *graphen* (descrever). Sendo assim, de maneira literal, Topografia é a descrição de um lugar, e segundo o Dicionário Cartográfico do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) elaborado por Cêurio de Oliveira (1983, p. 538), ela é a ciência da representação dos aspectos naturais e artificiais de um lugar ou de uma região, especialmente no modo de apresentar as suas posições e altitudes.

No contexto da Arquitetura e do Urbanismo, a importância do tema vai além da simples descrição de terrenos, pois o estudo da Topografia proporciona uma base sólida para o desenvolvimento de projeto arquitetônicos e urbanísticos que dialoguem com as características do ambiente, evitando obras com valores onerosos, problemas de drenagem e deslizamento de terra.

Embora a Topografia seja uma área essencial na Arquitetura e no Urbanismo, a sua aplicação prática levanta questões sobre a formação acadêmica dos futuros profissionais. Sendo assim, o questionamento a ser trabalhado é: de acordo com a Legislação nº 12.378 de 2010 e a Resolução CAU/BR nº 21 no que diz respeito às áreas de atuação do(a) profissional Arquiteto(a) Urbanista, estes são habilitados a para atuar com Topografia de forma prática, e não somente como uma das etapas de elaboração de um projeto, mas ao final do curso de Arquitetura e Urbanismo, os estudantes ao ingressarem no mercado de trabalho, e que tenham interesse pela área da Topografia estariam realmente aptos a atuar nessa área? Neste cenário, o estudo questiona: O que é preciso fazer para atuar efetivamente nessa área?

Arelado a essas legislações, também há um interesse pessoal em relação ao tema, que dá significado ao presente trabalho. Tal interesse surgiu a partir de experiências anteriores na área de topografia, incluindo a realização de um curso na temática, antes mesmo de iniciar o curso Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

Já durante a graduação, no convívio com os colegas de turma, há uma percepção de que a Topografia, muitas vezes, não desperta interesse significativo entre estudantes de Arquitetura e Urbanismo, sendo, inclusive, considerada desafiadora por muitos. Esses dois fatores contribuem para um trabalho com a perspectiva de prospecção, voltado a explorar o potencial de atuação do(a) Arquiteto(a) e Urbanista na área de Topografia.

Sendo assim, este estudo visa explorar as lacunas na formação acadêmica e sugerir caminhos para que o(a) Arquiteto(a) Urbanista possa, de fato, atuar na Topografia de maneira competente. Isso inclui buscar respostas para a necessidade ou não de complementação acadêmica e a busca por novas tecnologias e metodologias que podem enriquecer a atuação desse profissional.

1.2 Objetivo

O objetivo geral do presente trabalho é investigar a relação entre a Topografia e a atuação do Arquiteto(a) Urbanista, destacando sua aplicação prática, sua relevância na formação acadêmica e os desafios enfrentados na prática profissional, e os objetivos específicos são:

- a) Explorar os fundamentos da Topografia como técnica de representação;
- b) Analisar o panorama normativo da Topografia no Brasil;
- c) Estudar a atuação do(a) Arquiteto(a) Urbanista na Topografia;
- d) Investigar a formação acadêmica em Topografia;
- e) Avaliar o uso de ferramentas avançadas de coleta de dados topográficos;
- f) Descrever técnicas e equipamentos de levantamento topográfico;
- g) Analisar casos práticos do trabalho de profissionais da área;
- h) Identificar os desafios e oportunidades da atuação profissional em Topografia.

1.3 Justificativa

O estudo da Topografia desempenha um papel fundamental na Arquitetura e no Urbanismo para o planejamento urbano e concepção de edificações que se adequem ao terreno, porém, os profissionais enfrentam desafios significativos ao lidar com o tema de maneira prática, seja pelo desconhecimento sobre como esses profissionais podem se inserir na área, pela falta de formação

específica, pela complexidade dos equipamentos e *softwares* utilizados ou pela necessidade de integração de conhecimentos extracurriculares. O presente trabalho visa explorar como a Topografia pode ser uma ferramenta de trabalho ativa para os(as) Arquitetos(as) Urbanistas.

A justificativa do presente estudo se dá pela necessidade de compreender melhor esses desafios e buscar soluções que possam aprimorar a atuação dos(as) Arquitetos(as) Urbanistas na área da Topografia. Ao investigar as dificuldades enfrentadas por esses profissionais, espera-se identificar lacunas na formação acadêmica, necessidades de capacitação técnica e oportunidades de melhoria na prática profissional.

1.4 Metodologia

A metodologia deste trabalho caracteriza-se por uma abordagem qualitativa e exploratória, estruturada em etapas que abrangem pesquisa bibliográfica, análise documental, estudo de casos, entrevistas e reflexões críticas. Para atingir os objetivos esperados, a metodologia do presente trabalho consiste em:

Inicialmente, será realizada uma leitura bibliográfica de livros conceituais sobre a Topografia enquanto técnica de representação, de modo que seja possível reunir e sintetizar as principais informações e conceitos relevantes sobre o tema.

Em sequência, para entender como é o ensino da Topografia no curso de Arquitetura e Urbanismo, serão analisados os Projetos Pedagógicos dos cursos nas instituições federais, tais como os Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET) e os Institutos Federais (IF), a fim de identificar e comparar em que momento do curso a disciplina é ofertada e realizar uma análise da razão pela qual essa disciplina surge no período em específico.

Além disso, dados ofertados pelo site do CAU/BR (Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil) que dizem respeito ao perfil acadêmico, a formação e a atuação dos(as) Arquitetos(as) Urbanistas serão analisados, a fim de compreender as alterações referentes a Topografia enquanto área de atuação desses profissionais.

Posteriormente, para ilustrar o avanço em relação aos equipamentos de Topografia, serão comentados artigos que destacam a evolução tecnológica na área, demonstrando as melhorias e eficácias obtidas a partir do uso de equipamentos de tecnologia avançada.

Por fim, será realizado o acompanhamento e registro do trabalho de instituições públicas e profissionais da área. Essa etapa prática visa identificar lacunas na formação acadêmica e técnica a fim de entender as possíveis dificuldades que um(a) Arquiteto(a) Urbanista pode encontrar ao atuar na área da Topografia. A partir desse acompanhamento será formulado um Plano de Atuação Profissional, com o intuito de auxiliar no desenvolvimento profissional daqueles estudantes de Arquitetura e Urbanismo que pretendem trabalhar na área da Topografia.

2 FUNDAMENTAÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

O capítulo a seguir tem como objetivo realizar um estudo geral e abrangente em relação a Topografia enquanto técnica de representação da terra, apontando os conceitos básicos do tema a fim de apresentá-lo aos leitores de forma introdutória. Ademais, será discutido o papel do(a) Arquiteto(a) Urbanista na aplicação de técnicas de Topografia, visto que a Lei 12.378 de 31 de Dezembro de 2010 e a Resolução CAU/BR nº 21 amparam esses profissionais para tal tipo de atuação, e para isso, alguns gráficos do Censo 2020 do CAU/BR serão exibidos e analisados.

Em paralelo à atuação do(a) profissional Arquiteto(a) Urbanista, o presente capítulo também abordará a importância do conhecimento no âmbito da Topografia para a formação acadêmica dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo, incluindo a aquisição de habilidades práticas e teóricas cruciais para a profissão. Também será feita uma rápida análise das principais normas e legislações que dizem respeito à execução do trabalho topográfico.

Por fim, será analisada a utilidade das ferramentas avançadas de coletas de dados na Arquitetura e no Urbanismo, ressaltando como essas ferramentas mudaram a forma de se trabalhar com Topografia, proporcionando maior precisão e eficiência.

2.1 A Topografia enquanto técnica de representação

A história mostra que os primeiros registros da Topografia no mundo ocorreram no Oriente Médio. Para confirmar tal afirmativa, cabe citar Marcelo Tuler e Sérgio Saraiva (2014, p. 2), que em seu livro “Fundamentos da Topografia” comentam que “Registra-se que as representações gráficas mais antigas que a humanidade conhece foram as confeccionadas pelos mesopotâmicos, em aproximadamente 3.500 a.C., na histórica região entre os rios Tigre e Eufrates, onde hoje se encontra o Iraque”.

Além disso, de maneira mais detalhada, os autores Manoel Henrique, Jarbas Prado e Lyrio Silva no livro “ABC da Topografia: Para Tecnólogos, Arquitetos e Engenheiros” (2018, p. 20) relatam que, por volta de 4.000 a.C., no Egito, o cultivo de trigo nas margens do Rio Nilo enfrentou um problema recorrente durante o período de chuvas. As inundações apagaram as marcações que delimitavam as propriedades, resultando em conflitos quando as águas recuavam, pois os limites das terras não podiam ser restabelecidos com precisão. Diante dessa necessidade, surgiu a Topografia como uma ciência destinada à demarcação de terrenos. Com o tempo, a disciplina evoluiu acompanhando o desenvolvimento das civilizações e expandiu sua aplicação para além da simples divisão de terras.

Para melhor compreensão do estudo, é importante expor que a Topografia é dividida em dois tipos de operações, a Topometria e Topologia. A Topologia tem sua etimologia do grego *topos* (lugar) e *logos* (tratado). Essa operação trata do estudo das formas do relevo e é definida pela representação e interpretação de uma planta do relevo do terreno, por meio dos pontos cotados

Já a topometria tem sua etimologia do grego *topos*, que significa lugar e *metron* que quer dizer medida, como confirma José Machado (2024, p.14) ela é um ramo da Topografia que tem como objetivo as medições de elementos característicos de uma determinada área. Essa subdivisão compreende três categorias: Planimetria, Altimetria e Planialtimetria, que serão abordadas a seguir:

A Planimetria, como o próprio nome indica, está relacionada ao estudo do plano, abrangendo os procedimentos, métodos e instrumentos utilizados para a medição de ângulos e distâncias horizontais. A Altimetria, por sua vez, dedica-se à

análise dos mesmos aspectos, porém específicos à representação do relevo do terreno, determinando as diferenças de nível por meio da medição de distâncias verticais. Já a Planialtimetria combina as técnicas da Planimetria e da Altimetria, permitindo a elaboração de plantas topográficas que incluem curvas de nível para uma representação mais precisa do terreno:

A proposta da planialtimetria é utilizar os processos planimétricos e altimétricos para a representação de determinado trecho da Terra, que possa conter informações planimétricas (limites de propriedades, cadastro de benfeitorias, rios, estradas, etc.) e altimétricas (delimitação de vales, linhas de cumeada, talvegues, etc.) (TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio, 2014, p. 186).

Por fim, é relevante destacar que a Topometria pode ser realizada por meio de duas abordagens. A primeira consiste na utilização de equipamentos posicionados diretamente sobre a superfície terrestre, como a Estação Total e o Scanner a Laser. A segunda, por sua vez, faz uso de dispositivos localizados fora da superfície da Terra, beneficiando-se dos avanços tecnológicos, como o GPS. Essas técnicas, em conjunto com os equipamentos de levantamentos topográficos, serão abordadas em um capítulo posterior.

2.2 Panorama normativo

O presente tópico se constitui em um panorama normativo ligado à realização de levantamentos topográficos. Tal panorama é aqui conformado a partir de uma análise da norma técnica brasileira que norteia tal prática, a Norma Técnica Brasileira NBR 13133 de 05/1994 - Execução de levantamento topográfico.

A NBR 13133/1994 apresenta uma estrutura baseada nos objetivos relacionados à execução de levantamentos topográficos no Brasil, que se desdobram nas definições principais que a compõem. Na sequência, são apresentados os principais equipamentos utilizados, as condições gerais e específicas, técnicas de inspeção, aceitação ou rejeição de serviços realizados. Em anexo, são apresentados na norma modelos para a confecção de cadernetas de campo, convenções topográficas, bem como cálculos de desvio padrão.

Abordaremos brevemente algumas definições que compõem a norma, e que de alguma forma podem complementar o entendimento em relação ao tema. Outras definições serão citadas ao longo do trabalho, tais como as técnicas e os

equipamentos utilizados no levantamento topográfico, que possuem um capítulo específico para tratar sobre eles.

O apoio geodésico altimétrico é constituído por pontos materializados no terreno, conhecidos como marcos geodésicos, que garantem o controle das diferenças de nível no levantamento topográfico, alinhando-os ao *datum* altimétrico nacional. De forma complementar, o apoio geodésico planimétrico refere-se aos pontos responsáveis pelo controle horizontal do terreno, vinculados ao sistema planimétrico oficial do país. Além disso, o apoio topográfico altimétrico corresponde a pontos utilizados para determinar alturas em relação ao nível médio do mar ou às cotas “padronizadas”. Já o apoio topográfico planimétrico é composto por pontos em coordenadas planas, atuando como referência fundamental para a representação do levantamento topográfico.

Ainda no que tange aos pontos a serem levantados, a norma estabelece o chamado “princípio da vizinhança” que consiste em uma regra na qual cada ponto novo deve estar vinculado a um ponto anteriormente existente, com o intuito de minimizar erros e garantir a precisão no levantamento topográfico.

Dessa forma, serão apresentados alguns pontos previamente determinados e que podem servir de apoio para novos pontos. O primeiro deles é a rede de referência cadastral, que consiste em uma rede de apoio municipal para os levantamentos topográficos, e tal rede é composta por pontos referenciados a uma única origem, o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). O SGB compreende um conjunto de pontos geodésicos definidos com base no modelo de representação da Terra, a elipsóide. Além disso, esses pontos estão conectados a um sistema denominado UTM (Universal Transversa de Mercator), que converte o formato de elipsóide da Terra em uma versão “plana”.

Além disso, é fundamental destacar os métodos utilizados em campo para a realização de levantamentos topográficos. A caderneta de campo é comumente utilizada nos levantamentos, especialmente no uso de equipamentos mais tradicionais. Ela atua como um registro manual e sistemático dos dados obtidos em campo, atuando como uma ferramenta de apoio à organização e análise das informações obtidas. A figura 1 apresenta um modelo de caderneta de campo, conforme disposto no Anexo A da norma, que contém informações essenciais, como

a identificação da empresa, o tipo de levantamento realizado, a obra em questão, o responsável e o equipamento utilizado.

Figura 1: Modelo de caderneta de campo

(LOGOTIPO DA EMPRESA)

CADERNETA DE — (LEVANTAMENTO ou NIVELAMENTO ou POLIGONAÇÃO)
 Nº [] [] / [] []

OBRA: _____

Nº [] [] [] []

TÉCNICO: _____

TEODOLITO: _____ DISTANCIÔMETRO: _____

ESTAÇÕES: _____

Nº de pontos de _____ a _____

OBSERVAÇÕES: _____

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas

A Figura 2, por sua vez, apresenta um modelo destinado ao registro dos dados coletados durante um nivelamento de precisão, também denominado nivelamento geométrico, o que será detalhado em um tópico específico.

Nesse contexto, o solicitante encaminhará as observações obtidas pelo GNSS (*Global Navigation Satellite System*), um sistema de navegação por satélite que determina a localização do ponto, ao IBGE.

Para isso, o solicitante deve seguir um conjunto de diretrizes fornecidas pelo IBGE para a captura do ponto, além de preencher um termo de compromisso que autoriza a integração do novo marco geodésico ao SGB.

2.3 A atuação do profissional Arquiteto(a) Urbanista na Topografia

A Topografia é amplamente utilizada em diversas áreas, mas no contexto da Arquitetura e Urbanismo, ela pode ser empregada em locações prediais, rodovias, ferrovias, pontes, viadutos, túneis, barragens, levantamentos para planejamento de cidades (zoneamentos), loteamentos, cadastros imobiliários urbanos, inventários, parcelamento de glebas rurais, etc (TULER; SARAIVA, 2014). Contudo, persiste uma questão sobre a atuação prática do(a) profissional Arquiteto(a) Urbanista nesses campos mencionados.

Diante disso, é pertinente refletir sobre um trecho da Lei nº 12.378 de 31 de Dezembro de 2010, que regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo no Brasil:

Parágrafo único. As atividades de que trata este artigo aplicam-se aos seguintes campos de atuação no setor:

VI - da Topografia, elaboração e interpretação de levantamentos topográficos cadastrais para a realização de projetos de arquitetura, de urbanismo e de paisagismo, foto-interpretação, leitura, interpretação e análise de dados e informações topográficas e sensoriamento remoto; (Presidência da República, 2010).

Além disso, a mesma legislação mencionada acima, criou o CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo), órgão responsável por orientar, disciplinar e fiscalizar o exercício da profissão de Arquitetura e Urbanismo no Brasil. O CAU emite diversas Resoluções, as quais normatizam a prática profissional e o funcionamento da autarquia. Nesse contexto, uma Resolução particularmente relevante para este trabalho é a Resolução CAU/BR nº 21:

Parágrafo único. As atribuições de que trata este artigo aplicam-se aos seguintes campos de atuação:

VI - de Topografia, elaboração e interpretação de levantamentos topográficos cadastrais para a realização de projetos de arquitetura, de

urbanismo e de paisagismo, foto-interpretação, leitura, interpretação e análise de dados e informações topográficas e sensoriamento remoto;

Art. 3º Para fins de Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), definido em Resolução própria do CAU/BR, as atribuições profissionais dos arquitetos e urbanistas serão representadas no Sistema de Informação e Comunicação do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (SICCAU) através das seguintes atividades:

4. MEIO AMBIENTE E PLANEJAMENTO REGIONAL E URBANO

4.1. GEORREFERENCIAMENTO E TOPOGRAFIA

4.1.1. Levantamento topográfico por imagem;

4.1.2. Fotointerpretação;

4.1.3. Georreferenciamento;

4.1.4. Levantamento topográfico planialtimétrico;

4.1.5. Análise de dados georreferenciados e topográficos;

4.1.6. Cadastro técnico multifinalitário;

4.1.7. Elaboração de Sistemas de Informações Geográficas – SIG (CAU, 2012, p. 12).

Outra norma jurídica relevante é a Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010, do CNE/CES (Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação), que estabelece as DCN's (Diretrizes Curriculares Nacionais) do curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo, orientando a estruturação do currículo das instituições de ensino superior.

Art. 5º O curso de Arquitetura e Urbanismo deverá possibilitar formação profissional que revele, pelo menos, as seguintes competências e habilidades:

XIII - a habilidade na elaboração e instrumental na feitura e interpretação de levantamentos topográficos, com a utilização de aerofotogrametria, fotointerpretação e sensoriamento remoto, necessários na realização de projetos de arquitetura, urbanismo e paisagismo e no planejamento urbano e regional.

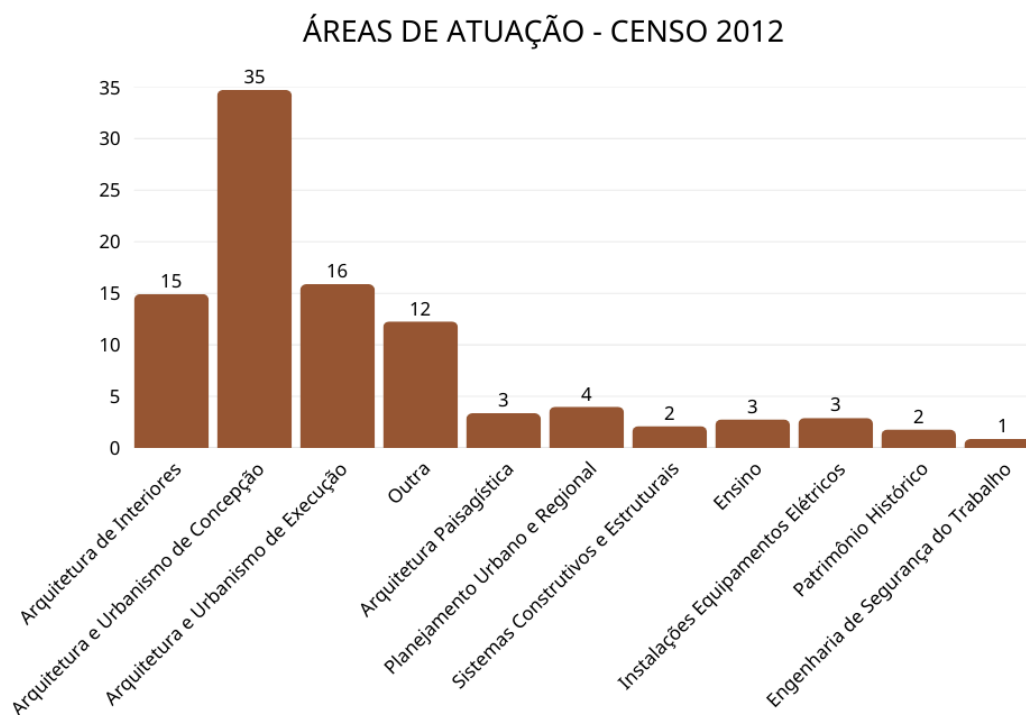
Com base nas normas jurídicas mencionadas, será realizada uma breve análise com relação a alguns dados disponibilizados pelo CAU através do “Censo”, que visa aprimorar o entendimento sobre o papel dos Arquitetos(as) e Urbanistas na sociedade brasileira, suas competências e as áreas em que podem atuar.

Para isso, será feito o cruzamento de dados dos dois únicos Censos publicados pelo CAU: o primeiro, realizado em 2012 e publicado em 2015 (que chamaremos de Censo I), logo após a criação do Conselho; e o segundo, realizado em 2019 e publicado em 2020 (que chamaremos de Censo II). O Censo I contou com a resposta de oitenta e três mil Arquitetos(as) Urbanistas, enquanto o Censo II contou com quarenta e um mil oitocentos e noventa e sete entrevistados através do Sistema de Informação e Comunicação do CAU (SICCAU).

O primeiro aspecto relevante a ser analisado refere-se às áreas de

atuação dos Arquitetos(as) Urbanistas que participaram do Censo. A Figura 3 apresenta a representação gráfica desses dados com relação às respostas do Censo I.

Figura 3: Áreas de atuação Censo I

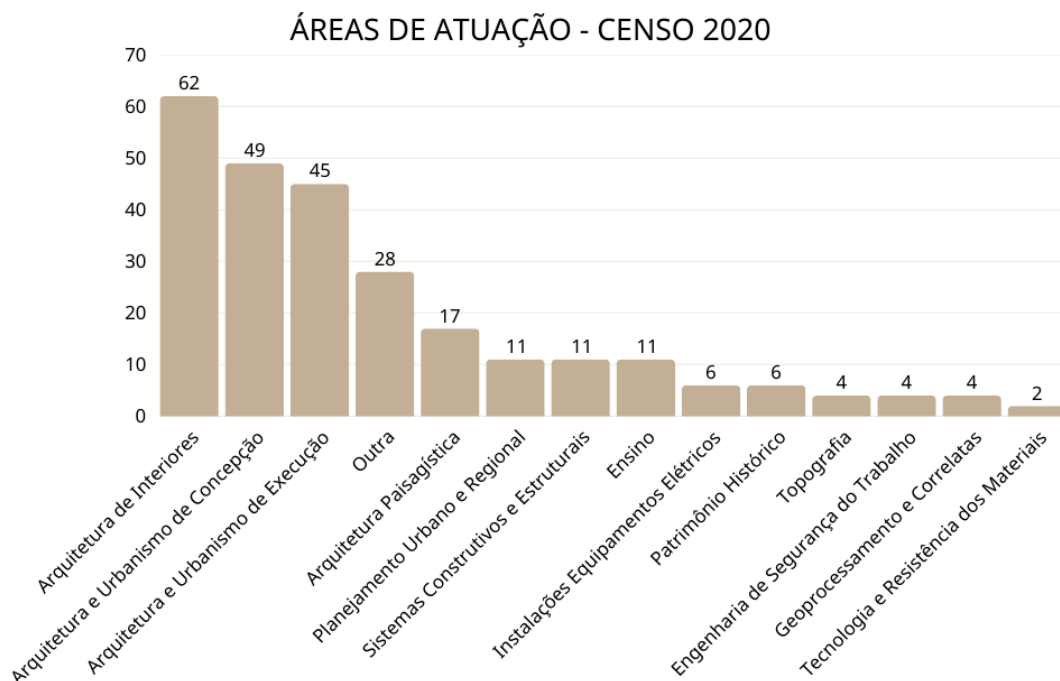


Fonte: Elaboração própria a partir de CAU/BR (2012)

Na figura 3 é possível observar que a área mais comum entre os(as) Arquitetos(as) Urbanistas da época foi a Arquitetura e Urbanismo de Concepção, com 34,73%. Nessa área, os profissionais atuam principalmente na elaboração de plantas arquitetônicas, responsáveis pela concepção das obras de arquitetura. Um ponto relevante a ser destacado é que a Topografia não é identificada como uma área específica, mas está incluída na categoria “outras” (12,28%), sem que seja possível determinar com precisão a porcentagem de profissionais que atuam nessa especialidade.

O gráfico da Figura 4, por sua vez, apresenta as áreas de atuação dos Arquitetos(as) Urbanistas com base nas respostas do Censo II.

Figura 4: Áreas de atuação Censo II



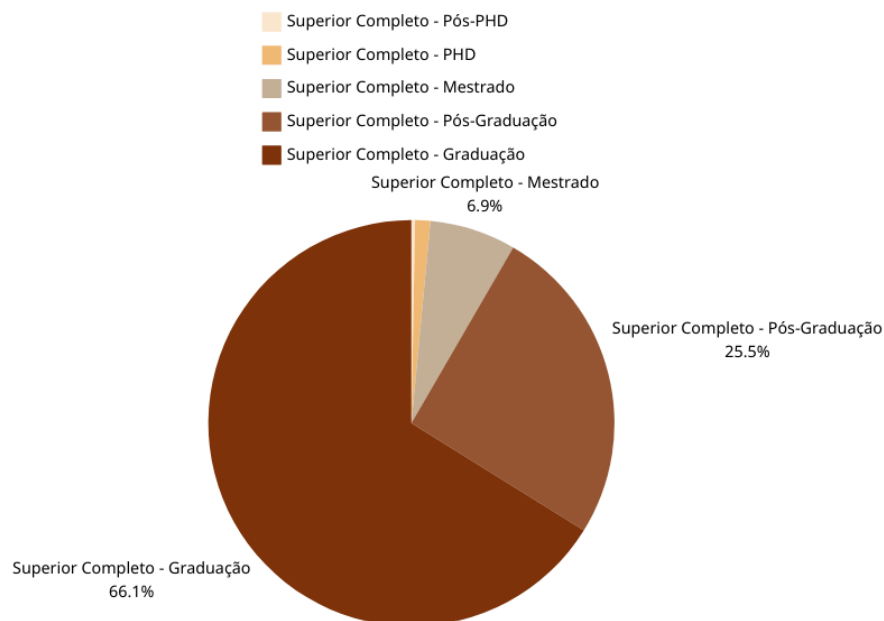
Fonte: Elaboração própria a partir de CAU/BR (2020)

Na Figura 4, ao contrário da Figura 3, a Topografia surge como uma área independente, não mais incluída na categoria “outras”, representando 4% do total de Arquitetos(as) Urbanistas que responderam ao Censo. Esse aumento na representatividade da Topografia pode ser atribuído ao crescimento do número de estudantes de Arquitetura e Urbanismo que se interessam pela área, evidenciando a expansão dessa especialização dentro da profissão.

O próximo aspecto relevante diz respeito à formação dos Arquitetos(as) Urbanistas. A figura 5 apresenta os dados coletados no Censo I, e será discutido posteriormente que, nos dois Censos, esses dados foram analisados de maneiras distintas. No Censo I, são fornecidas informações sobre o nível de formação dos profissionais, abrangendo desde a Graduação até o Pós-PHD.

Figura 5: Formação acadêmica Censo I

FORMAÇÃO ACADÊMICA - CENSO 2012



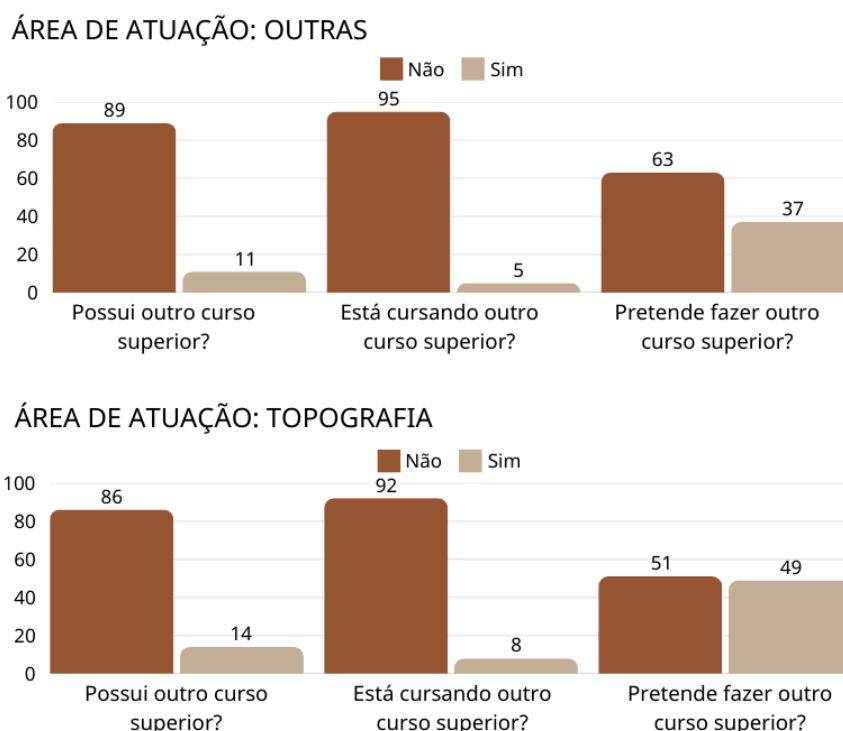
Fonte: Elaboração própria a partir de CAU/BR (2012)

De acordo com a figura 5, mais da metade (66,1%) dos Arquitetos(as) Urbanistas possuem apenas a graduação completa, sem informações adicionais sobre a existência de mais de uma graduação. Além disso, 25,5% dos profissionais alcançaram a pós-graduação, mas não é especificado o tipo de pós-graduação que foi ou está sendo realizado.

Como indicado anteriormente, os dados relacionados à formação acadêmica dos Arquitetos(as) Urbanistas, foram tratados de maneira distinta entre os dois censos. No Censo II, que tem seus dados representados pela figura 6, a análise foi realizada com base na existência ou não de outros cursos superiores no currículo dos profissionais que responderam às perguntas. Para o âmbito dessa pesquisa, foram feitas duas filtragens no portal do Censo II: uma focada exclusivamente na área de atuação em Topografia e outra excluindo essa área, com o objetivo de comparar o interesse por outros cursos superiores de acordo com a área de atuação dos profissionais.

Figura 6: Formação acadêmica Censo II

FORMAÇÃO ACADÊMICA - CENSO 2020

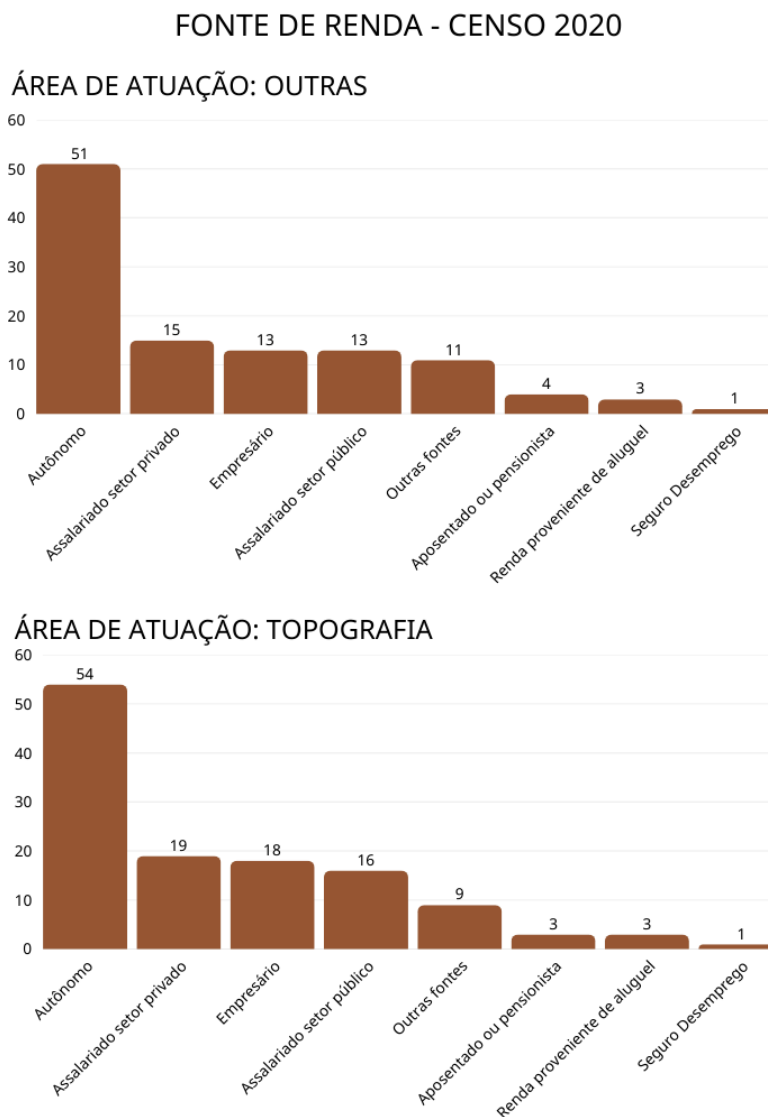


Fonte: Elaboração própria a partir de CAU/BR (2020)

Como mostrado na figura 6, no que se refere à área de atuação Topografia, observa-se uma porcentagem maior de profissionais que têm a intenção de realizar outro curso superior, alcançando 49%, enquanto nas demais áreas de atuação, apenas 37% dos profissionais demonstram o mesmo interesse. Isso indica que quase metade dos profissionais que atuam na Topografia percebem a necessidade de se especializar ainda mais.

Por fim, o último aspecto pertinente a essa pesquisa, apresentado na figura 7, diz respeito à fonte de renda dos profissionais. Nesse caso, esta questão não foi abordada no Censo I, o que limita a análise aos dados mais recentes. Portanto, será possível realizar uma comparação entre as áreas de atuação com base nas informações disponíveis atualmente.

Figura 7: Formas de renda Censo II



Fonte: Elaboração própria a partir de CAU/BR (2020)

Na Figura 7, observa-se uma diferença significativa no que diz respeito aos profissionais autônomos. Enquanto 54% dos profissionais que atuam na área de Topografia são independentes, nas demais áreas esse número é de 51%. Embora ambos os grupos superem a marca de 50%, é considerado relevante que uma maior proporção de profissionais independentes na Topografia pode ser atribuída à escassez de oportunidades no mercado de trabalho para Arquitetos(as) Urbanistas interessados(as) nessa área, fazendo com que esses profissionais recorram ao trabalho autônomo como alternativa.

Os dados expostos e analisados revelam a crescente relevância da

Topografia enquanto campo de atuação dentro da Arquitetura e Urbanismo, ainda que essa área enfrente desafios quanto à sua valorização e ao reconhecimento dentro do mercado de trabalho. Um dos fatores que possivelmente contribuem para essa dificuldade é a lacuna existente na formação acadêmica dos(as) Arquitetos(as) e Urbanistas. Como apresentado, a maior parte dos profissionais possui apenas o nível de graduação, sem uma especialização na área, o que pode limitar seus conhecimentos sobre o assunto.

Entretanto, o Censo II aponta para uma mudança nesse cenário, com um aumento significativo no interesse pela segunda graduação ou especialização entre os profissionais que atuam diretamente com Topografia. Essa busca por novos cursos superiores ou pós-graduações reflete uma percepção crescente na importância de se aprofundar em conhecimentos específicos que permitam ao Arquiteto(a) Urbanista atuar com mais competência e segurança no campo da Topografia.

Apesar dessa crescente, o mercado ainda apresenta dificuldades. O número acima de 50% de profissionais autônomos que atuam na Topografia sugere que o setor ainda carece de oportunidades, forçando muitos a buscarem alternativas no trabalho independente. Isso pode indicar uma falta de demanda por parte das empresas ou uma subvalorização das competências do(a) Arquiteto Urbanista.

Uma possível solução para esse cenário seria a implementação de iniciativas de valorização profissional promovidas pelo próprio CAU, em conjunto com universidades e empresas do ramo. Incentivar a oferta de cursos de especialização focados em topografia, assim como promover seminários e conferências pode contribuir para uma maior integração entre esse campo e as demandas práticas do mercado.

2.4 A Topografia na formação dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo baseado na Estrutura Curricular do curso

Tuler e Saraiva (2014, p. 21) discutem brevemente sobre os profissionais formados que já tiveram a disciplina de Topografia em suas grades curriculares, dentre eles a Arquitetura e o Urbanismo, mas conclui que trata-se, então, de um conteúdo básico, com uma importância curricular mais abrangente nos currículos de

técnicos e engenheiros de Agrimensura e Cartografia e correlatos. Porém, Marques e Pimenta (2015, p. 7) possuem um pensamento um pouco diferente dos autores acima citados, para elas a formação do Arquiteto e Urbanista é uma tarefa complexa devido ao caráter interdisciplinar e abrangente inerente aos conteúdos estruturantes do curso. Portanto, a Topografia enquanto disciplina desempenha um papel crucial na formação do profissional Arquiteto(a) Urbanista e deve ser vista como uma ferramenta indispensável para a compreensão das condições naturais do terreno, pois influencia diretamente na concepção e execução de projetos arquitetônicos e urbanísticos.

Dessa forma, ao reforçar a importância da Topografia na estrutura curricular, promove-se uma formação que capacita o(a) Arquiteto(a) Urbanista a integrar o projeto de maneira mais eficaz no terreno no qual este será inserido. A partir disso, o capítulo a seguir tem como objetivo analisar os PPCs (Projetos Pedagógicos de Curso) de Arquitetura e Urbanismo das instituições federais, como o CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica) e os IFs (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia), e em seguida realizar um comparativo dos dados obtidos a partir de tais análises.

O primeiro Projeto Pedagógico a ser analisado é o do curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo do IFMG Santa Luzia (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais). Tal Projeto Pedagógico é o mais recente da instituição, apresentado em 2023 e válido para alunos ingressos a partir desse mesmo ano. A partir da página 28 do documento, que trata da Organização Curricular do curso, são apresentados os eixos de formação, que são definidos a partir da resolução nº 2, de 17 de junho de 2010, do CNE/CES, já citada anteriormente. Os referidos eixos são:

- a) Disciplinas Teóricas e Teórico-Práticas;
- b) Disciplinas de Representação (com viés teórico-prático);
- c) Disciplinas de Tecnologias (com viés teórico-prático);
- d) Disciplinas de Prática Projetual (com viés teórico-prático);
- e) Disciplinas Extensivas (com viés prático);
- f) Disciplinas Optativas.

No âmbito do curso de Arquitetura e Urbanismo do IFMG Santa Luzia, a

Topografia é ofertada no terceiro período, a partir da disciplina denominada “Cartografia e Topografia” que tem uma carga horária de 30 horas, e se enquadra no eixo das Disciplinas de Tecnologias (com viés teórico-prático). Dessas horas totais, 15 são de viés teórico e 15 são de viés prático, conforme a figura 8 abaixo.

Figura 8: Ementa da Disciplina Cartografia e Topografia do IFMG *Campus* Santa Luzia

03º PERÍODO			
Código: SLBARQU.094		Nome da disciplina: Cartografia e Topografia	
Carga horária total: 30		Abordagem metodológica: Teórico-prática	Natureza: Obrigatória
CH teórica: 15	CH prática: 15		
Ementa: Introdução à Topografia. Escalas. Normalização. Leitura de mapas cartográficos. Levantamento planimétricos. Cálculo de áreas. Levantamento altimétrico geométrico. Marcação e interpretação de curvas de nível. Platôs, taludes, rampas e planos inclinados em projetos. Introdução à terraplenagem. Representação Gráfica. Aplicação dos conhecimentos nas disciplinas de estúdio.			
Objetivos: Capacitar o aluno a interpretar e representar a superfície topográfica como recurso auxiliar na construção civil; avaliar o grau de precisão necessário nos trabalhos topográficos para os fins específicos da construção civil e a viabilidade de aplicação de novas tecnologias da topografia nas obras de construção civil; utilizar adequadamente instrumental topográfico para planimetria e altimetria, interpretando plantas topográficas planialtimétricas. Aplicar os conhecimentos nas disciplinas de estúdio.			

Fonte: IFMG *Campus* Santa Luzia (2023)

Conforme a figura 8 acima, a disciplina tem como um de seus objetivos a qualificação do estudante de Arquitetura e Urbanismo na utilização de equipamentos topográficos e na execução de levantamentos planimétricos e altimétricos, permitindo assim a atuação de forma prática na área.

O próximo Projeto Pedagógico a ser analisado é do Curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo do CEFET *Campus* Timóteo, vigente desde 2021. Nessa instituição a Topografia aparece como a disciplina de “Topografia e Desenho Topográfico”, com carga horária de 60 horas, também ofertada no terceiro período do curso. O PPC da instituição define eixos de disciplinas profissionalizantes e de formação específica:

- a) Eixo 01: Laboratório de Projeto;
- b) Eixo 02: Expressão Gráfica;

- c) Eixo 03: Tecnologia da Construção Civil e Materiais;
- d) Eixo 04: Humanidades E Ciências Sociais Aplicadas à Arquitetura;
- e) Eixo 05: Prática Profissional e Integração Curricular;
- f) Eixo 06: Fundamentos das Ciências Exatas e da Terra.

De acordo com o Projeto Pedagógico, a disciplina citada se encaixa no núcleo de conhecimentos de fundamentação e no eixo 03: Tecnologia da Construção Civil e Materiais. O Núcleo de Conhecimentos de Fundamentação, de acordo com a Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010, do CNE/CES é composto por:

campos de saber que forneçam o embasamento teórico necessário para que o futuro profissional possa desenvolver seu aprendizado e será integrado por: Estética e História das Artes; Estudos Sociais e Econômicos; Estudos Ambientais; Desenho e Meios de Representação e Expressão (CNE/CES, 2010, p. 3).

Figura 9: Ementa da Disciplina Topografia e Desenho Topográfico do CEFET *Campus* Timóteo

ÁREA DE FORMAÇÃO DCN: Conhecimentos de Fundamentação

EIXO DE CONTEÚDOS E ATIVIDADES: Tecnologia da Construção Civil e Materiais

Disciplina: Topografia e Desenho Topográfico

COD: 02/3

CARGA HORÁRIA (horas aula)			CRÉDITOS	NATUREZA
Teoria	Prática	Total		
40	20	60	4	Obrigatória

Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo – *Campus* Timóteo – Projeto de Implantação, 2020
 Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – *Campus* Timóteo
 Rua Dezenove de Novembro, 121 - Centro, Timóteo - MG, CEP 35180-008

61

PRÉ-REQUISITOS	CORREQUISITOS
- Desenho e expressão arquitetônicos	-

OBJETIVOS: Iniciar o aluno nos conceitos básicos de topografia como altimetria e planimetria; Capacitar o aluno a realizar levantamentos, medições e interpretações que o possibilitem a entender o papel da topografia na paisagem urbana;

EMENTA: Introdução a Cartografia; histórico, conceitos e definições. Mapas, cartas e plantas. Cartografia e Geodésia: coordenadas, datum, projeções cartográficas e o sistema geodésico brasileiro. Tecnologia GPS. Topografia e Geodésia. Topografia e mensurações planimétricas e altimétricas. Declividades e hipsometria. Aplicações dos conhecimentos de cartografia na Arquitetura. Análise topográfica orientada as áreas de risco e catástrofes ambientais. Cartografia digital e temática aplicada à topografia, princípios de Sistemas de Informações Geográficas, imagens de satélite, fotogrametria.

Fonte: CEFET *Campus* Timóteo (2021)

Conforme a figura 9 acima, a disciplina também possui um viés teórico-prático, assim como a disciplina ofertada no IFMG Santa Luzia, porém, com carga horária de 60 horas, sendo 40 horas de teoria e 20 horas de prática. Quando se fala em porcentagem, o IFMG Santa Luzia tem 50% de teoria e 50% de prática, enquanto o CEFET *Campus* Timóteo tem aproximadamente 67% de teoria e 33% de prática.

Além disso, outra disciplina relevante no curso de Arquitetura e Urbanismo do CEFET *Campus* Timóteo, é “Cartografia e Geoprocessamento”, conforme apresentado na figura 10. Tal disciplina se enquadra no Eixo 02:

Expressão Gráfica e faz parte do Núcleo de Conhecimentos Profissionais, que é composto por:

campos de saber destinados à caracterização da identidade profissional do egresso e será constituído por: Teoria e História da Arquitetura, do Urbanismo e do Paisagismo; Projeto de Arquitetura, de Urbanismo e de Paisagismo; Planejamento Urbano e Regional; Tecnologia da Construção; Sistemas Estruturais; Conforto Ambiental; Técnicas Retrospectivas; Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo; Topografia (CNE/CES, 2010).

Figura 10: Ementa da Disciplina Cartografia e Geoprocessamento do CEFET *Campus* Timóteo

ÁREA DE FORMAÇÃO DCN: Conhecimentos profissionais

EIXO DE CONTEÚDOS E ATIVIDADES: Expressão Gráfica

Disciplina: Cartografia e Geoprocessamento

Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo – *Campus* Timóteo – Projeto de Implantação, 2020
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – *Campus* Timóteo
Rua Dezenove de Novembro, 121 - Centro, Timóteo - MG, CEP 35180-008

57

COD: 08/2

CARGA HORÁRIA (horas aula)			CRÉDITOS	NATUREZA
Teoria	Prática	Total		
20	40	60	4	Obrigatória
PRÉ-REQUISITOS			CORREQUISITOS	
- Desenho e Expressão Arquitetônicos			-	

OBJETIVOS: Apresentar as geotecnologias. Caracterizar SIGs, sistemas de geoprocessamento e CAD. Apresentação do potencial da geomática. Caracterizar as estruturas de dados digitais. Apresentar diferentes possibilidades de aquisição, manipulação e integração de dados. Caracterizar e construir consultas e análises espaciais. Apresentação dos sistemas gratuitos e/ou livres. Apresentação e conceituação do sensoriamento remoto. Apresentação de diferentes imagens orbitais, seu uso e processamento. Apresentação da tecnologia GPS e seu uso na geografia.

EMENTA: Introdução de novas situações de entendimentos da cartografia na arquitetura e urbanismo. Entendimento da contribuição da cartografia para o avanço de outras leituras do território. Elaboração e proposição de outras plataformas de representação e procedimentos de levantamento para a análise de variáveis inscritas no contexto da cidade. Investigação da representação usados em outras áreas como ferramentas de trabalho e estudo de diagramas.

Fonte: CEFET *Campus* Timóteo (2021)

É relevante mencionar a disciplina representada na figura 10, uma vez que seu ementa inclui o termo "sensoriamento remoto", que diz respeito a "técnica que utiliza sensores para a detecção e registro da interação da energia refletida pela

superfície terrestre, objeto ou alvo sem que haja o contato direto” (ALVES; NETO, 2018), podendo ser utilizada na Topografia para mapeamentos com drones. Esse conceito é fundamental para a obtenção e análise de dados geoespaciais, permitindo a coleta de informações do terreno por meio de sensores instalados em satélites, drones ou aeronaves. Dessa forma, a disciplina amplia a compreensão sobre técnicas modernas de mapeamento e monitoramento do espaço urbano e territorial, contribuindo significativamente para a formação dos(as) Arquitetos(as) Urbanistas.

Na sequência, será apresentada a disciplina “Topografia Aplicada à Arquitetura e Urbanismo” lecionada no IFF *Campus* Campos Centro (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense) e apresentada na figura 11. De acordo com o Projeto Pedagógico do curso, vigente desde 2020, essa disciplina integra o Núcleo de Conhecimentos Profissionais, sendo oferecida no sexto período do curso. Sua carga horária totaliza 60 horas, distribuídas equitativamente entre 20 horas de teoria, 20 horas de prática e 20 horas de extensão

Figura 11: Ementa da Disciplina Topografia Aplicada à Arquitetura e Urbanismo do IFF *Campus* Campos Centro

Componente Curricular: Topografia Aplicada à Arquitetura e Urbanismo			
Natureza: Obrigatório (X) Optativo () Eletivo ()			
Pré-requisito:			
Co-requisito:			
Carga horária: 60h/a	Aulas por semana: 3	Código:	Período: 6º

EMENTA:

Introdução ao estudo do relevo e a observação do cadastro espacial definido pela topografia. Elementos analíticos e geométricos para interpretação topográfica. Noções dos processos teóricos e práticos aplicados nos levantamentos topográficos. Noções de planimetria e altimetria. Cartas topográficas e noções básicas da cartografia do Norte-Fluminense aplicadas ao urbanismo. Estudo e análise da Topografia através do conhecimento de técnicas e métodos para a elaboração de plantas topográficas. Estudo das informações básicas sobre cartografia, através do conhecimento de ferramentas, técnicas e métodos atualmente

126

disponíveis. Informática aplicada a topografia e urbanismo. Remanejamento de curvas de níveis, aterro e reaterro.

OBJETIVO:

Elaborar textos técnicos, Interpretar projetos, plantas e cartas topográficas, Selecionar métodos de avaliação e levantamento, Organizar em formato gráfico os esboços e anteprojetos, Interpretar memoriais, especificações e projetos executivos.

Fonte: IFF *Campus* Campos Centro (2020)

De acordo com a figura 11, observa-se que, no IFF a disciplina instrui apenas “noções básicas” da parte prática da Topografia, limitando-se à manipulação e interpretação dos dados obtidos por meio dos levantamentos topográficos, sem abarcar a etapa de coleta dessas informações.

Na figura 12 apresenta-se um trecho do Projeto Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo do IFPR *Campus* Umuarama (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná), publicado em 2017. Nesse caso, a

disciplina denominada “Topografia” é aplicada logo no primeiro período do curso, com uma carga horária de 80 horas e se enquadrando no Núcleo de Conhecimentos Profissionais.

Figura 12: Ementa da Disciplina Topografia do IFPR *Campus* Umuarama

Campus Umuarama do IFPR	
Curso: Arquitetura e Urbanismo	Grande Área: Arquitetura e Urbanismo
Componente Curricular: Topografia	
Carga Horária (hora aula): 80 horas	Período letivo: 1º ano
Ementa:	
Noções de posicionamento global e georreferenciamento. Noções de cartografia e geodésia. Planimetria e altimetria em campo utilizando teodolitos. Cartas topográficas, perfis topográficos, declividade; projeto de movimento de terra. Locação de obras. Princípios de SIG, imagens de satélite, fotogrametria e tratamento gráfico.	

Fonte: IFPR *Campus* Umuarama (2017)

Na figura 12, observe que a disciplina de Topografia ofertada pelo IFPR *Campus* Umuarama, também são abordados assuntos de tecnologia avançada, como a fotogrametria, que se assemelha ao Sensoriamento Remoto, anteriormente citado na disciplina “Cartografia e Geoprocessamento” do CEFET *Campus* Timóteo. No entanto, a fotogrametria, no âmbito da Topografia, segundo o Dicionário Cartográfico do IBGE elaborado por Cêurio de Oliveira (1983, p. 226) é a ciência da elaboração de cartas mediante fotografias aéreas, utilizando-se aparelhos e métodos estereoscópicos. É interessante ressaltar que o IFPR *Campus* Umuarama, diferentemente do CEFET *Campus* Timóteo, traz esses assuntos em uma disciplina única.

Já no Projeto Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo do IFMS *Campus* Jardim (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul), vigente a partir de 2023, a Topografia enquanto disciplina aparece no segundo período e se enquadra no Núcleo de Conhecimentos Profissionais. Além disso, conforme a figura 13, é uma disciplina de 80 horas totais.


Figura 13: Ementa da Disciplina Topografia do IFMS *Campus Jardim*

Unidade Curricular	Topografia	
Carga Horária Semanal: 4 h/a	Carga Horária Semestral: 80 h/a	
EMENTA Elementos topográficos - noções sobre as formas e dimensões da terra - Noções sobre as Ciências Geodésicas - Medidas de distâncias e de ângulos - Ângulos de orientações - Métodos de levantamentos - Cálculos de áreas - Plantas planimétricas - Nivelamentos - Representações altimétricas - Plantas altimétricas e plani-altimétricas - terraplenagem - Locação de obras. Prática de operacionalização com instrumental topográfico (equipamentos e acessórios).		

Fonte: IFMS *Campus Jardim* (2023)

Ademais, o IFSP *Campus SPO* (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo), no Projeto Pedagógico do seu curso de Arquitetura e Urbanismo vigente a partir do primeiro semestre de 2023, indica que a disciplina denominada “Topografia” é ofertada no segundo período do curso, com carga horária de 42,8 horas, e se enquadra no Núcleo de Conhecimentos Profissionais. Tais informações estão presentes na figura 14.

Figura 14: Ementa da Disciplina Topografia do IFSP *Campus* SPO

SPOATOP- TOPOGRAFIA			
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA São Paulo		CÂMPUS SPO	
1- IDENTIFICAÇÃO CURSO: Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo Componente Curricular: TOPOGRAFIA			
Semestre: 2º		Código: SPOATOP	Tipo: Obrigatório
Nº de docentes: 1	Nº aulas semanais: 3	Total de aulas: 57 aulas	C.H. Ensino: 42,8h Total de horas: 42,8h
Abordagem Metodológica: T () P () (X) T/P		Uso de laboratório ou outros ambientes além da sala de aula? <input checked="" type="checkbox"/> SIM () NÃO C.H.: 28,5 h Qual(is): Laboratório de Topografia e Geoprocessamento; Laboratório de Computação Gráfica; Laboratório de Maquetes e Modelos; Visitas Técnicas.	
2- GRUPOS DE CONHECIMENTOS ESSENCIAIS DO CURRÍCULO DE REFERÊNCIA Núcleo de Conhecimentos Profissionais Topografia			
3 - EMENTA: O componente curricular trabalha as bases para que o estudante possa compreender as relações entre sítio e topografia e o geoprocessamento como elementos fundamentais para a prática profissional do arquiteto e urbanista em diferentes escalas (cidade, gleba e lote); realizando atividades de medição e construção de modelos e aplicando estes conceitos na interpretação e planejamento da intervenção, seja projetual (edifício, paisagismo e projeto urbano), seja no planejamento urbano e regional.			

Fonte: IFSP *Campus* SPO (2023)

A figura 14 evidencia que a disciplina de Topografia ministrada pelo IFSP *Campus* SPO possui uma carga horária prática (28,5 horas) superior à teórica (14,3 horas). Além disso, destaca-se o uso de diversos laboratórios do *campus*, que auxiliam no aprendizado dos alunos e adquirem uma experiência mais aplicada à disciplina.

A última instituição a ser analisada é o IFRS *Campus* Rio Grande (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul), cujo

Projeto Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo, válido a partir de 2023, inclui a disciplina de Topografia no quarto período. Conforme representado na figura 15, essa disciplina está inserida no Núcleo de Conhecimentos Profissionais e possui uma carga horária total de 60 horas.

Figura 15: Ementa da Disciplina Topografia do IFRS *Campus* Rio Grande

Componente Curricular:		
TOPOGRAFIA		
Carga horária total: 50 h	Carga horária de extensão: -	Pré-requisitos -
Objetivos: Propiciar conhecimentos acerca dos conceitos fundamentais de topografia.		
Ementa: Métodos de levantamentos de áreas: expeditos e regulares: orientações nortes azimutes e rumos. Escalas. Desenho topográfico: plantas e convenções cartográficas. Caminhamento de ângulo e lados. Cálculo analítico de coordenadas e áreas. Erros. Levantamento trigonométrico. Estadimetria. Triangulação: métodos, divisão de terra.		

Fonte: IFRS *Campus* Rio Grande (2023)

A ementa da disciplina no IFRS é concisa, mas se destaca pela inclusão da abordagem sobre “erro”, um aspecto que não é explicitamente explicativo nos Projetos Pedagógicos das outras instituições demonstradas. Isso sugere que o curso capacite o futuro profissional a identificar e corrigir possíveis erros nos levantamentos topográficos, uma habilidade essencial para garantir a precisão dos dados encontrados.

Os dados apresentados anteriormente estão sistematizados no Quadro 1, que apresenta, de forma comparativa, o período do curso em que a disciplina de Topografia é oferecida nas diferentes instituições federais examinadas. Além disso, o quadro exhibe a carga horária e a categorização da disciplina dentro do respectivo Núcleo do CNE/CES em cada Projeto Pedagógico, permitindo uma visão mais clara das variações no ensino de Topografia nos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

Quadro 1: Análise da disciplina de Topografia nas Instituições Federais

INSTITUIÇÃO	PERÍODO EM QUE A DISCIPLINA É OFERTADA	CARGA HORÁRIA	NÚCLEO DO CNE/CES
IFMG - Campus Santa Luzia	3º	30 horas	Conhecimentos Profissionais
CEFET-MG- Campus Timóteo	3º	60 horas	Conhecimentos de Fundamentação
IFF - Campus Campos Centro	6º	60 horas	Conhecimentos Profissionais
IFPR - Campus Umuarama	1º	80 horas	Conhecimentos Profissionais
IFMS - Campus Jardim	2º	80 horas	Conhecimentos Profissionais
IFSP - Campus SPO	2º	42,8 horas	Conhecimentos Profissionais
IFRS - Campus Rio Grande	4º	50 horas	Conhecimentos Profissionais

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os dados anteriormente apresentados, e que estão agrupados no quadro 1, a disciplina de Topografia aparece principalmente nos primeiros períodos, com exceção do IFF *Campus* Campos Centro. A aparição nos primeiros períodos do curso se dá pela necessidade de aplicação dos conhecimentos relacionados ao tema na concepção de projetos arquitetônicos e urbanísticos.

A comparação entre as diferentes instituições revela uma variação significativa na carga horária dedicada à Topografia, especialmente na parte prática. A presença de uma carga horária prática mais robusta é extremamente importante, uma vez que a Topografia é uma ciência aplicada, e o contato direto com equipamentos e levantamentos reais fortalece a competência técnica do futuro profissional.

Por fim, outra observação relevante diz respeito aos Núcleos presentes na Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010, do CNE/CES. Com exceção do CEFET

Campus Timóteo, todas as demais instituições englobam a disciplina de Topografia no Núcleo de Conhecimentos Profissionais, que tem como objetivo caracterizar a identidade profissional do estudante.

2.5 Ferramentas avançadas de coletas de dados topográficos e sua aplicabilidade na Arquitetura e Urbanismo

Segundo o professor doutor engenheiro Cláudio Cesar Zimmermann (2021, p. 10) a Topografia é aplicada em várias situações, como em cadastros latifundiários e levantamento de relevos, controles de recalque, batimetria, locação de obras etc., servindo assim de base para qualquer projeto de Engenharia e/ou Arquitetura, porém estamos em um país com diversos tipos de relevos, e conseqüentemente, com locais de difícil acesso para estudo e coleta de dados, por isso um dos grandes desafios de agrimensura é o levantamento de feições em áreas onde existem limitações de acesso, devido a impedimentos físicos ou restrições ambientais e abertura de acessos, que dificultam a presença de uma equipe de agrimensores no local (DIAS; PEREIRA; PETER, 2014).

Dessa dificuldade aliada ao avanço da tecnologia surgem novas formas de levantamento topográfico, como a fotogrametria. No que diz respeito a etimologia da palavra, fotogrametria deriva do grego *photos* (luz), *gramma* (algo desenhado ou escrito) e *metron* (medir). Ou seja, ela é o meio para obtenção de medidas através de fotografias.

Embora ela apresente uma série de aplicações nos mais diferentes campos e ramos da ciência, como na topografia, astronomia, meteorologia e tantos outros, tem sua maior aplicação no mapeamento topográfico. O uso mais comum da Fotogrametria é na preparação de mapas plani-altimétricos a partir de fotos aéreas (ÁLVAREZ, Adriana; BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Cláudio; RIBEIRO, Rosina, 2003, p. 42)

A fotogrametria se divide em duas categorias principais: Fotogrametria Terrestre e Fotogrametria Aérea, que é comumente chamada de Aerofotogrametria. Como o nome sugere, a Fotogrametria Terrestre utiliza câmaras fixas no solo, sendo amplamente aplicada no estudo e preservação do Patrimônio Cultural. Por outro lado, a Aerofotogrametria emprega câmaras aéreas, sendo frequentemente utilizada nas áreas de Topografia e Cartografia, principalmente para a elaboração de mapas. Essa abordagem aérea oferece maior precisão e agilidade tanto na produção quanto

nas análises dos dados coletados.

A fotogrametria é realizada a partir da utilização de algumas ferramentas de tecnologia avançada, e apresentaremos quatro delas a seguir. A primeira são os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), em inglês UAS (*Unmanned Aircraft Systems*), “termo utilizado para se referir a todo e qualquer equipamento que acesse o espaço aéreo sem que haja a presença de um ser humano a bordo” (DECEA, 2019). E um dos tipos de VANT existente é o RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), ou Aeronave Remotamente Pilotada, onde o piloto não está a bordo mas comanda a aeronave remotamente, esse tipo chamaremos aqui pelo nome popularmente conhecido: Drone.

Os drones desempenham uma variedade de funções em diversos setores, mas no que diz respeito à Arquitetura e Urbanismo, eles se destacam especialmente no georreferenciamento e na análise de terrenos. São ferramentas eficazes na captura de dados relacionados à topografia, recursos hídricos, vegetação, entre outros elementos essenciais para a realização de projetos urbanos e ambientais.

Os Drones ou veículos aéreos não tripulados (VANTs) são utilizados como plataformas para o sensoriamento remoto e envolvem várias aplicações, tais como cadastro de propriedades, segurança, monitoramento de obras, agricultura de precisão, mineração, monitoramento ambiental, entre outras (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, [s.d]).

Esse tipo de ferramenta possibilita levantamentos rápidos e precisos, especialmente em áreas de difícil acesso. Entretanto, por ser uma máquina aérea, as condições climáticas como ventos fortes, neblina e chuva podem comprometer a coleta de dados e caso não seja manuseado de forma correta pode gerar imagens distorcidas. Outro ponto importante a ser considerado é que todos os drones usados para fins profissionais precisam ser homologados pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e devem obter a devida autorização do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) para operar no espaço aéreo. Essas regulamentações visam garantir a segurança e a conformidade com as normas de tráfego aéreo.

A segunda ferramenta de tecnologia avançada é o LIDAR (*Light Detection and Ranging*), que é um sensor remoto que emite feixes de laser capazes de modelar um terreno tridimensionalmente. Bem parecido com os métodos

“tradicionais” de levantamento topográfico, apenas se diferencia por conseguir medir milhares de pontos por segundo. A partir de uma posição de coordenadas conhecidas pode-se medir as coordenadas 3D de um novo ponto localizado a certa distância e segundo um azimute conhecido (MENZORI; LAROUCHE, 2020).

Justamente por ter capacidade de medir milhares de pontos por segundo, o LIDAR consegue reproduzir uma elevação com mais fidelidade. A técnica LIDAR é utilizada principalmente para levantamentos topográficos, para caracterizar a estrutura da vegetação, bem como a volumetria de edificações e ambientes urbanos de forma mais rápida e confiável (INPE, [s.d.]).

Porém, por utilizar feixes de luz, se torna insuficiente em superfícies reflexivas como o vidro ou metal. Além disso, se mal manipulado, podem ocorrer erros a partir da sobreposição de feixes, especialmente em levantamentos com múltiplas passagens do sensor.

A terceira ferramenta é o GNSS, um sistema de satélite que permite determinar posições de qualquer lugar do mundo, a partir de sinais de satélites que chegam até o receptor e calculam a distância entre si. Essa ferramenta permite uma precisão milimétrica em longas distâncias, por isso é muito usual no Urbanismo, para obtenção de dados de sistemas viários.

Na construção civil os receptores GNSS geodésicos são consolidados na obtenção de coordenadas de pontos em campo, que servem de referência tanto para equipe de topografia quanto para os projetistas (LOPES, 2017). Mas o sinal pode encontrar objetos no caminho e refletir em superfícies antes de chegar ao receptor, podendo resultar em erros de posicionamento, especialmente em ambientes urbanos densos.

Por fim, temos o Laser Scanner 3D, uma ferramenta que emite um feixe de luz para realizar medições. Ele envia esse feixe e registra o tempo do retorno após refletir no ponto alvo, a partir desse tempo, o scanner calcula a distância entre ele e o ponto, criando uma imagem tridimensional. Assim como o LIDAR, o Laser Scanner 3D, também pode enfrentar dificuldades ao trabalhar com superfícies reflexivas.

Um Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) revela que uma das utilidades do laser scanner é para a

documentação de edificações do patrimônio cultural, proporcionando uma captura detalhada e tridimensional que ajuda na preservação de monumentos históricos

A documentação do edifício apresentado representa um ganho que prolonga sua memória como patrimônio moderno e do arquiteto Tertuliano Dionísio, contribuindo para o inventariado moderno da cidade e para o campo geral da Arquitetura e Urbanismo (AFONSO, Alcília; PEREIRA, Ivanilson; SIMÕES, Matheus, 2021, p. 13).

Portanto, ainda que as ferramentas avançadas de coleta de dados ofereçam inúmeras vantagens, os desafios inerentes à utilização delas exige dos profissionais uma constante atualização e conhecimento técnico para mitigar os erros e distorções que podem surgir durante o processo de coleta de dados. A compreensão das possíveis fontes de erro e a implementação de boas práticas de mitigação são essenciais para garantir a precisão dos dados e o sucesso dos levantamentos.

3 PANORAMA DAS TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS

3.1 Técnicas de levantamento topográfico

A Norma Técnica Brasileira NBR 13133/1994, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem como objetivo definir os procedimentos a serem aplicados na execução de levantamentos topográficos, e tal norma define como levantamento topográfico o conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas (ABNT, 1994).

De modo geral, como mencionado anteriormente, a Topografia é dividida em Planimetria, Altimetria e Planialtimetria. Para exemplificar as técnicas de levantamento topográfico utilizada em cada um desses ramos, usaremos como fonte os livros “Topografia Geral”, escrito por José Machado Coelho Júnior, Fernando Cartaxo Rolim Neto e Júlio da Silva C. O. Andrade (2014); “Topografia para Arquitetos” de Adriana A. M. Alvarez, Alice Brasileiro, Claudio Morgado e Rosina Trevisan M. Ribeiro (2003);

A Planimetria refere-se à representação de um plano horizontal, elaborado com base em distâncias e ângulos horizontais. Os levantamentos planimétricos podem ser realizados por meio de medidas diretas, como as obtidas com a trena, ou de medidas indiretas, que são extraídas a partir de cálculos realizados com base nas leituras efetuadas nos equipamentos topográficos. Com essas leituras, é possível empregar três técnicas de levantamento planimétrico: caminhamento, irradiação e triangulação.

3.1.1 Caminhamento

No caminhamento é feita a medição dos ângulos e distâncias de uma poligonal aberta ou fechada a fim de obter as coordenadas dos pontos do terreno. Para isso são definidos os pontos e as medidas necessárias são obtidas principalmente usando o Teodolito e fazendo um “caminho” no sentido horário (como forma de padronização), como na figura 16.

Figura 16: Levantamento por caminhamento



Fonte: Elaboração própria a partir de Junior, Neto e Andrade (2014)

Dessa forma, a partir dos ângulos obtidos no levantamento por caminhamento, e conhecendo a forma geométrica da poligonal a ser levantada, é possível calcular o chamado “fechamento angular”, que consiste na soma dos ângulos da poligonal. Existe um cálculo para confirmar se os dados obtidos no

levantamento coincidem com o fechamento angular que é necessário para um polígono de acordo com a quantidade de lados que ele tem:

$$\Sigma = 180^\circ \times (n-2)$$

Onde:

Σ = Somatório

n = Número de lados da poligonal.

Como todo levantamento é passível de erro, a Norma Técnica NBR 13133/1994 estabelece um erro tolerável, que é possível calcular através da fórmula abaixo:

$$T = b \sqrt{n}$$

Onde:

T = Tolerância;

n = Número de lados da poligonal;

b = Segundos toleráveis pela classe da poligonal.

A classe da poligonal também é definida pela NBR 13133/1994, mas aqui citaremos apenas os segundos toleráveis para cada classe de poligonal.

Classe	b
I P	6"
II P	15"
III P	20"
IV P	40"
V P	180"

Se ainda assim o erro for acima do tolerável pela norma, devemos realizar a correção, a partir do cálculo abaixo:

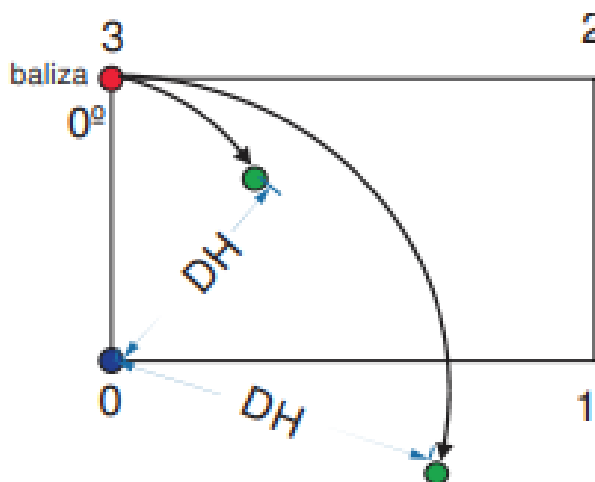
$$\text{Correção} = \text{erro} / \text{n}^\circ \text{ de lados}$$

Assim o erro é distribuído por toda a poligonal, tornando-se tolerável. Se o erro for por falta deve-se somar o valor encontrado no cálculo acima em cada um dos ângulos da poligonal. Se o erro for pelo excesso, deve-se subtrair.

3.1.2 Irradiação

A irradiação é utilizada em terrenos pequenos e relativamente planos, pois ela é feita a partir de um ponto único, e deste ponto são definidos outros pontos que deseja-se determinar a posição através dos ângulos e distâncias entre esses outros pontos e o ponto principal, como na figura 17.

Figura 17: Levantamento por irradiação



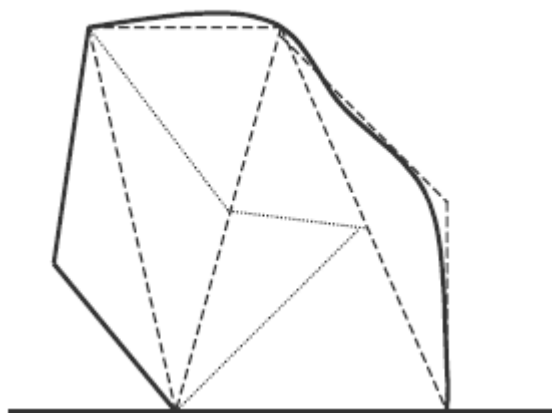
Fonte: José Machado Coelho Júnior, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Júlio da Silva Correa de Oliveira Andrade (2014)

O método de irradiação é comumente utilizado para o detalhamento de objetos de interesse no terreno, a partir dos vértices da poligonal

3.1.3 Triangulação

A triangulação (Figura 18) é uma técnica de levantamento de áreas que utiliza o triângulo como base. O terreno a ser levantado é subdividido em triângulos, e, por meio do cálculo da área de cada triângulo, é possível determinar a área total do terreno.

Figura 18: Levantamento por triangulação



Fonte: Adriana A. M. Alvarez, Alice Brasileiro, Claudio Morgado e Rosina Trevisan M. Ribeiro (2003)

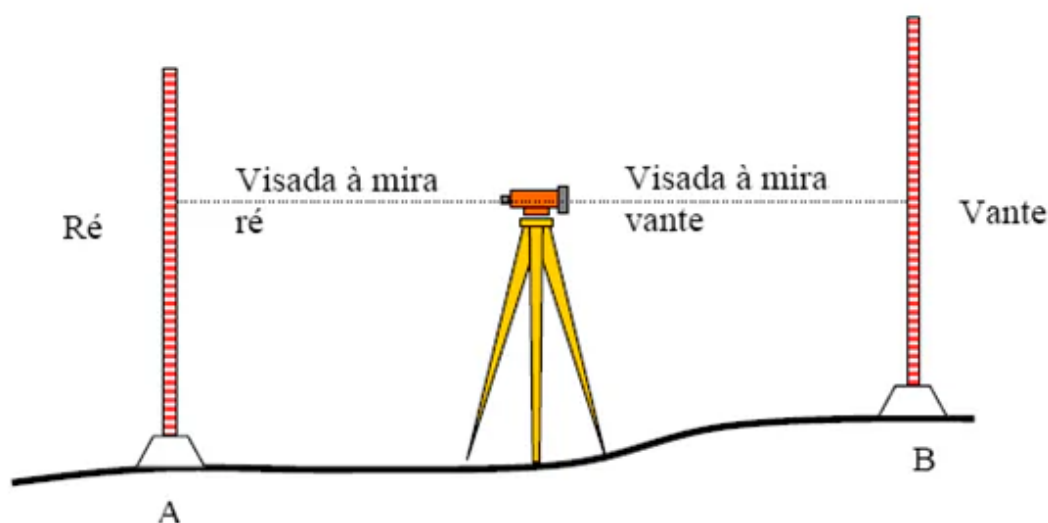
Os levantamentos por irradiação e triangulação não servem, por si só, para fazer um levantamento topográfico de qualquer área. São utilizados apenas, e com grande vantagem, como auxiliares do levantamento por caminhamento (ÁLVAREZ; BRASILEIRO; MORGADO; RIBEIRO, 2003)

A Altimetria é o ramo da Topografia que se dedica ao estudo das altitudes e das distâncias verticais, como a diferença de nível, cotas e a altitude. O levantamento topográfico altimétrico é, portanto, realizado com base nessas distâncias verticais, sendo o terreno representado tridimensionalmente através do perfil. As técnicas mais frequentemente utilizadas na Altimetria são o nivelamento geométrico e o nivelamento trigonométrico.

3.1.4 Nivelamento geométrico

No nivelamento geométrico são usados dois instrumentos: o nível e a mira, e este pode ser dividido em simples e composto. O nivelamento geométrico simples (figura 19) refere-se ao tipo de nivelamento onde é possível visar, numa única posição do equipamento, todos os pontos do terreno a ser nivelado, enquanto o nivelamento geométrico composto diz respeito ao tipo de nivelamento onde há a necessidade de mudar a posição do equipamento durante o processo.

Figura 19: Levantamento por nivelamento geométrico



Fonte: Giovanini ([s.d.])

A primeira visada (refere-se a leitura efetuada sobre a mira) é chamada de visada ré, feita num ponto de altitude conhecida, e nela é estabelecido o plano de referência. A partir das visadas e dos cálculos abaixo é possível estabelecer as demais altitudes do terreno, sendo capaz de criar o perfil do mesmo.

$$PR = \text{Altitude A} + \text{Ré A}$$

Onde:

PR= Plano de referência;

Altitude A= Altitude conhecida;

Ré A= Visada conhecida.

$$\text{Altitude B} = PR + \text{Vante B}$$

Onde:

PR= Plano de referência;

Altitude B= Altitude à conhecer;

Vante B= Visada à conhecer.

Como normalmente vários pontos são levantados, usa-se uma caderneta representada na figura 20 para realizar os cálculos.

Figura 20: Caderneta utilizada no cálculo do nivelamento geométrico

Estação	Ponto visado	Visada ré	PR	Visada vante		Cota ou H real
				Intermed.	Mudança	

Fonte: Elaboração própria a partir de Álvarez, Brasileiro, Morgado e Ribeiro (2003)

Para evitar erros é recomendado instalar o nível em local firme e seguro e instalá-lo entre os pontos a serem nivelados. Mas se ainda assim houver dúvidas quanto à veracidade dos dados obtidos é possível realizar a verificação dos cálculos, através da fórmula abaixo.

$$\Sigma \text{ ré} - \Sigma \text{ vante} = \text{altitude final} - \text{altitude inicial}$$

Onde:

Σ = Somatório.

Assim como no levantamento por caminhamento, o nivelamento geométrico possui uma tolerância para o erro definida pela NBR 13133/1994, e a tolerância varia de acordo com as irregularidades do terreno, o número de instalações e a precisão do equipamento.

$$T = C \times K \times \sqrt{L}$$

Onde:

T = Tolerância;

C= Coeficiente de precisão, que varia de 1 a 8,5;

K= Erro médio admitido por quilômetro;

L= Extensão do nivelamento em quilômetro.

A ordem do nivelamento também é definida pela NBR 13133/1994, mas aqui citaremos apenas os segundos toleráveis para cada ordem de nivelamento.

Ordem	Erro médio admitido
1ª	5mm
2ª	10mm
3ª	15mm

Depois é feita a distribuição do erro a partir do cálculo abaixo.

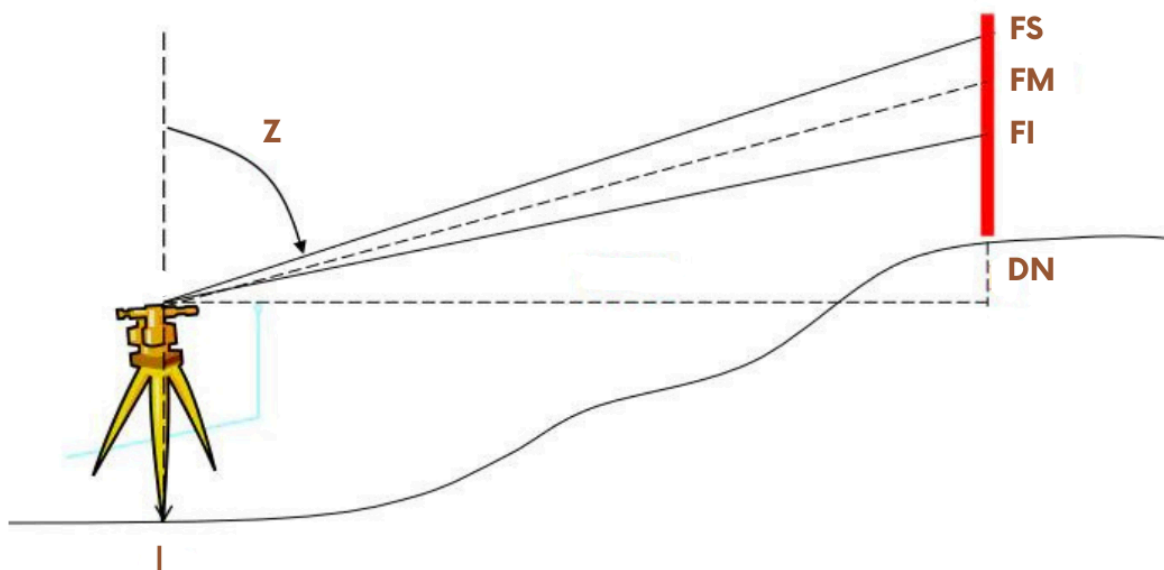
$$\text{Correção} = \text{erro admissível} / \text{n}^{\circ} \text{ de instalações}$$

A correção sempre terá sinal contrário ao erro, sendo assim, se o erro for para mais a correção terá sinal negativo, se o erro for para menos a correção terá sinal positivo. Além disso, a correção é cumulativa, o valor encontrado a partir do cálculo deve ser somado a altitude do primeiro ponto e a partir desse resultado o valor da correção deve ser somado novamente e assim sucessivamente.

3.1.5 Nivelamento trigonométrico

Consiste na determinação das diferenças de nível por meio de conceitos trigonométricos. A utilização do Teodolito e da mira permite a obtenção dos valores do FS (fio superior), FM (fio médio) e FI (fio inferior), conforme ilustrado na figura 21.

Figura 21: Levantamento por nivelamento trigonométrico



Fonte: Elaboração própria a partir de Giovanini ([s.d.])

E a partir da trigonometria aplicada nas fórmulas abaixo obtemos as diferenças de nível.

Para terrenos em acive:

$$DN = M \times G \times \left(\frac{\text{sen } 2xZ}{2} \right) + L + I$$

Para terrenos em declive:

$$DN = M \times G \times \left(\frac{\text{sen } 2xZ}{2} \right) - L - I$$

Onde:

DN= Diferença de nível

M= FS-FI

G= 100

Z= Ângulo zenital

I= Altura do equipamento

L= FM

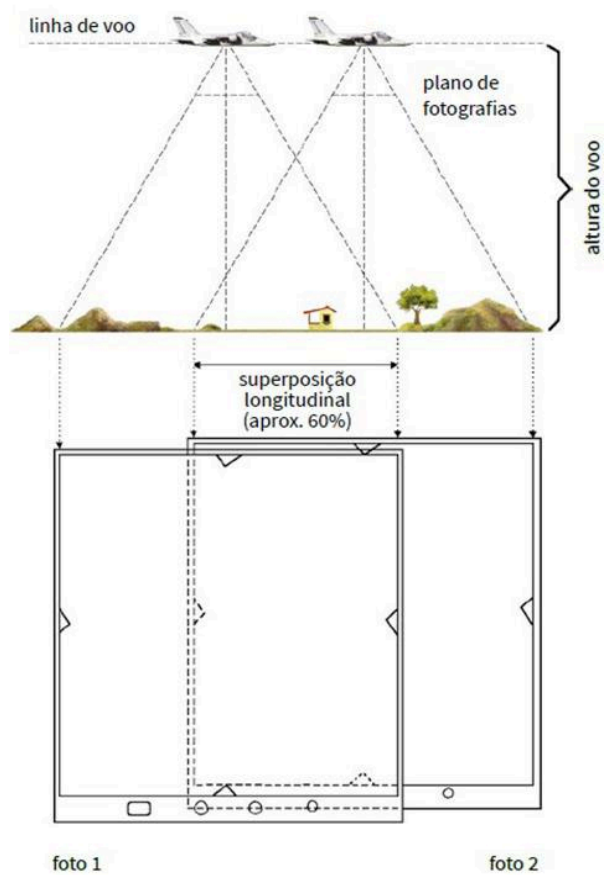
Além das técnicas de levantamento topográfico já apresentadas, serão discutidas outras quatro, que envolvem avanços nos meios de obtenção de dados topográficos.

3.1.6 *Restituição aerofotogramétrica*

A restituição aerofotogramétrica é uma técnica avançada de levantamento topográfico que utiliza drones para capturar imagens aéreas, as quais são posteriormente processadas para a criação de modelos tridimensionais e mapas do terreno. De acordo com o DER-MG (Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais), é chamada de restituição a produção de mapas ou cartas topográficas (planialtimétricas) a partir de fotografias aéreas obtidas com câmeras métricas (DER, [s.d.]).

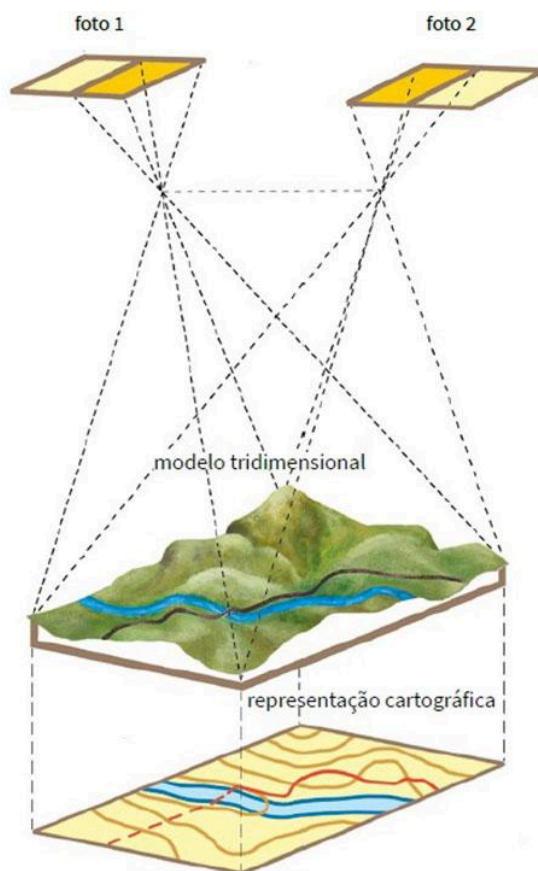
Na figura 22, é possível observar o funcionamento do processo de restituição aerofotogramétrica. O drone ou avião sobrevoa a área a ser levantada, capturando diversas imagens aéreas. Posteriormente, essas imagens são sobrepostas e suas informações são cruzadas, resultando na formação de um mapa detalhado e com maior precisão, conforme ilustrado na figura 23.

Figura 22: Restituição aerofotogramétrica



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Cartografia

Figura 23: Criação de mapa a partir da restituição aerofotogramétrica



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Cartografia

Para realizar a restituição utilizam-se "pontos de controle" no solo, que funcionam como referências georreferenciadas. Esses pontos possuem coordenadas exatas, captadas pelos receptores GNSS, tanto no mapa quanto nas imagens, o que possibilita o alinhamento das fotos com grande precisão e assegura o correto posicionamento dos elementos no mapa.

Durante o processo de captura das imagens, o drone ou avião utiliza um sensor GPS para registrar a posição exata dos pontos de controle, além de outros sensores que registram o ângulo da câmera. Essas informações são armazenadas como "metadados", dados complementares que fornecem detalhes sobre a localização e a configuração das imagens capturadas.

Após o voo do drone, as fotos e as coordenadas coletadas são enviadas para um *software* especializado. Esse *software* utiliza as coordenadas registradas no Sistema de Referência Geodésico e "encaixa" cada imagem no seu devido lugar, comparando as coordenadas com os pontos de controle previamente marcados no

solo. Esse processo de correção permite que eventuais erros sejam ajustados, garantindo que cada elemento levantado esteja posicionado corretamente no mapa.

Por fim, o *software* gera um mapa tridimensional de alta precisão, além de uma fotografia aérea georreferenciada, ambos fundamentais para projetos que exigem um nível elevado de detalhamento e exatidão na representação do terreno.

3.1.7 Posicionamento com o uso do RTK

Como já dito anteriormente, GNSS diz respeito a um sistema de navegação com cobertura global. O RTK (*Real Time Kinematic*) é uma técnica avançada de posicionamento que utiliza sinais GNSS para obter coordenadas com alta precisão. Também chamamos de RTK o aparelho usado para essa técnica.

No posicionamento são utilizados dois equipamentos iguais: um deles é usado como base e o outro opera no modo rover (ou modo rtk). A base fica na parte mais alta e mais central possível do terreno, trabalhando no modo estático, no qual ele é responsável por rastrear a coordenada daquele ponto durante todo o levantamento. Antes de iniciar o levantamento, essa base precisa ficar rastreando durante 3, 4 ou até 5 horas dependendo do tamanho da área. Quanto mais tempo a base fica instalada, maior a precisão da coordenada, dessa forma ela consegue ir pegando informações de mais satélites.

Enquanto isso, um outro equipamento igual precisa ser configurado em modo rover (ou modo rtk). Com ele o profissional anda e pega os pontos de interesse no terreno.

Ambos os receptores captam os mesmos sinais dos satélites. No entanto, as coordenadas do receptor rover são continuamente ajustadas com base nas coordenadas do receptor base, resultando em uma maior precisão na determinação da posição. Por operar via satélite, essa tecnologia é funcional apenas em ambientes abertos, onde há uma linha de visada desobstruída para os sinais.

Durante uma visita à CPE Tecnologia, foi possível conhecer essa técnica em profundidade, bem como observar de perto os equipamentos utilizados, compreendendo melhor seu funcionamento e aplicações. Tal empresa está localizada em Belo Horizonte e atua desde 1974 com a comercialização de equipamentos, ferramentas e cursos voltados para a área da Topografia. Na figura

24 temos a base representada pelo aparelho menor, que foi instalada na mesa apenas para representação do modo estático. Enquanto esse aparelho maior representa o modo rover, no qual o profissional utiliza para andar pelo área de levantamento e captar as coordenadas.

Figura 24: RTK em modo estático e modo rover



Fonte: Arquivo pessoal

Para conseguir configurar os aparelhos para o posicionamento, é usada a coletora. Ela possui um sistema de android e através do aplicativo *Landstar System*, é possível configurar os dois equipamentos e fazer o levantamento. Na figura 25 temos a demonstração da interface do aplicativo.

Figura 25: Landstar System



Fonte: Arquivo pessoal

De modo geral, o caminho consiste em criar um projeto no aplicativo, configurar o equipamento que ficará em modo estático, funcionando como base, e configurar o equipamento que funcionará em modo rover (ambos se conectam na coletora via bluetooth) e começar a coletar os pontos.

No RTK ainda pode ser acoplado um rádio externo, que é essa antena na cor preta presente na figura 26. Esse rádio aumenta o raio de distância que o rover pode ficar da base para coletar os pontos de interesse. Sem o rádio, o raio de distância é de 14 quilômetros, com o rádio esse raio aumenta para 35 quilômetros. Caso não tenha o rádio externo, ainda é possível fazer levantamentos maiores, porém é necessário mudar o posicionamento da base durante o levantamento.

Figura 26: RTK com rádio externo



Fonte: Arquivo pessoal

O RTK e o drone podem ser utilizados separados ou em conjunto, dependendo das informações necessárias a serem levantadas. O RTK é responsável pelo levantamento topográfico em si, enquanto o drone é utilizado em casos que é fundamental ter imagem aérea do local também.

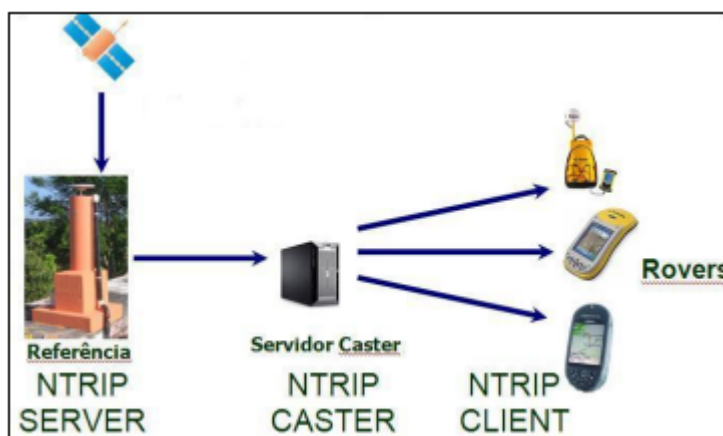
3.1.8 NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)

O NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) é um método inovador de operação com equipamentos RTK, permitindo a transmissão de dados de correções GNSS via internet. Esse protocolo possibilita o uso de GPS fixos, como os da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), para fornecer correções em tempo real. A RBMC consiste em um conjunto de estações geodésicas destinadas ao monitoramento e fornecimento de dados de

alta precisão para aplicações em geodésia e topografia, atuando como um elo entre os usuários e o SGB. Com a modernização da RBMC, o IBGE tem ampliado seus serviços, disponibilizando dados em tempo real e aprimorando o cálculo das correções WADGPS (*Wide Area Differential GPS*), aumentando a precisão e eficiência dos levantamentos topográficos.

O método NTRIP foi desenvolvido pela Agência Alemã de Cartografia e Geodésia, para transmitir correções DGPS (*Differential GPS*) e RTK via Internet através dos protocolos http e ftp. Sua estrutura é composta por três componentes: NTRIP Server, NTRIP Caster e NTRIP Cliente, conforme a figura 27.

Figura 27: Componentes do NTRIP



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

O NTRIP *Server* é o *software* responsável por estabelecer a comunicação entre o receptor GNSS de uma estação de referência e o NTRIP Caster, criando um canal para a transferência de dados.

Já o NTRIP *Caster* é um aplicativo que atua como um distribuidor de dados RTCM via internet para os usuários, que são utilizados para correção. Ele dispõe de uma tecnologia parecida com um rádio de música, onde existem muitas músicas e milhares de ouvintes podem sintonizar com elas. Além de realizar essas correções, o Caster é responsável por verificar a qualidade e a integridade dos dados e a autenticação dos usuários.

O NTRIP *Client* é um aplicativo instalado em dispositivos como laptops, PDAs ou celulares, que se conectam a um receptor rover para receber as correções do Caster. A ligação entre o dispositivo e o rover pode ocorrer de várias formas: via Bluetooth, portas USB e serial.

Diferentemente da técnica anteriormente apresentada, a comunicação do receptor deixa de ser via rádio e passa a ser via wi-fi, permitindo trabalhar com um equipamento só, sem necessidade da base própria para correção (ou seja, usando apenas o rover) e utilizando de bases que já estão estacionadas, como as das redes públicas. O NTRIP é um protocolo baseado em HTTP, desenvolvido para substituir a transmissão via rádio por conexão pela internet, permitindo o envio de correções GNSS de forma mais estável e eficiente.

O receptor GPS (RTK) envia uma solicitação de correção para um servidor existente, com informações como a posição atual do receptor e a constelação de satélites GPS que ele está usando para determinar sua posição. O servidor processa a solicitação e envia as correções. O receptor recebe as correções e usa essas informações para melhorar a precisão do seu posicionamento. O processo de envio e recebimento de dados é repetido constantemente para que o receptor possa manter sua precisão em tempo real. Atualmente, o servidor recebe dados de 145 estações da RBMC.

Nesse método é possível parear o rover com a base existente com distância de cerca de 350 quilômetros um do outro, além de dispensar a etapa de deixar a base estacionada horas antes do levantamento captando os dados de satélite, diminuindo o tempo gasto em campo. Apesar de todos esses benefícios, em áreas onde não há sinal de internet, esse método deixa de ser viável.

3.1.9 LIDAR (*Light Detection and Ranging*)

A evolução da tecnologia no sensoriamento remoto tem impulsionado o desenvolvimento de novas ferramentas, e a base dessa revolução está na capacidade de medir diretamente a estrutura tridimensional por meio de sensores ativos. Esses sensores emitem energia, como luz ou ondas de rádio, para realizar medições precisas.

O LIDAR, já mencionado anteriormente, será agora abordado como uma técnica de levantamento topográfico. Esse sistema emite feixes de laser que permitem a modelagem tridimensional de uma determinada área. Como um sistema de sensoriamento remoto ativo, o LIDAR gera a própria luz utilizada na medição. Seus pulsos de laser viajam até o solo, refletem nas superfícies e retornam ao sensor, possibilitando o cálculo da distância e da elevação. A partir dessas

informações e da posição e orientação do scanner, é possível determinar coordenadas precisas para cada ponto de reflexão.

O sistema LIDAR é composto por quatro componentes principais de hardware: (1) uma unidade de varredura com emissor-receptor de laser, (2) sistemas de posicionamento global diferencial (GPS) instalados em aeronaves e unidades terrestres, (3) uma unidade de medição inercial (IMU) altamente sensível, acoplada à unidade de varredura, e (4) um computador para controlar o sistema e armazenar os dados coletados.

A técnica mede o tempo que a luz leva para chegar até o solo e voltar, denominado tempo de viagem bidirecional. Esse tempo é usado para calcular a distância percorrida, que depois é convertida em elevação, como na figura 28.

Figura 28: Técnica LiDAR



Fonte: EOS Data Analytics

Tal técnica é usual nos levantamentos tridimensionais, para caracterizar a estrutura da vegetação, bem como a volumetria de edificações e ambientes urbanos, pois nesse método é possível gerar uma ortofoto da área, uma imagem aérea corrigida geometricamente para eliminar distorções devido a inclinação do equipamento utilizado e do relevo do terreno.

3.2 Equipamentos utilizados em levantamentos topográficos

Diferentemente das técnicas de levantamento, este trecho trata especificamente dos instrumentos utilizados ao longo do tempo. Diante disso, é realizado um resgate histórico dos equipamentos empregados no passado, destacando aqueles que, mesmo com recursos mais limitados, já eram capazes de registrar e documentar levantamentos topográficos com resultados relativos.

Como dito anteriormente, os primeiros registros da Topografia aparecem no Antigo Egito, mais especificamente às margens do Rio Nilo, a partir da necessidade de remarcação dos limites dos terrenos logo após o fim das enchentes causadas pelo Rio. Essa remarcação era feita pelos chamados “esticadores de cordas” (figura 29), que faziam medições verticais, horizontais e ângulos, ou seja, muito antes da Topografia como conhecemos hoje, já existiam equipamentos para realização de medições.

Figura 29: Esticadores de corda



Fonte: Museu da Topografia ([s.d.])

Os babilônios, os egípcios, os gregos, os chineses, os árabes e os romanos foram os povos que nos legaram instrumentos e processos que, embora rudimentares, serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades tanto urbanas como rurais, com finalidades cadastrais (Museu da Topografia, [s.d.])

Os esticadores de corda, acima citados, por volta de 3.500 a.C. usavam como instrumento de medição a chamada corda graduada (figura 30), uma corda que possui nós com espaçamento padrão entre si usada para medir o tamanho dos

terrenos, teria uma função bem parecida com a trena que conhecemos hoje. Esse foi um dos primeiros equipamentos que se tem registro para realização de medições.

Figura 30: Corda graduada



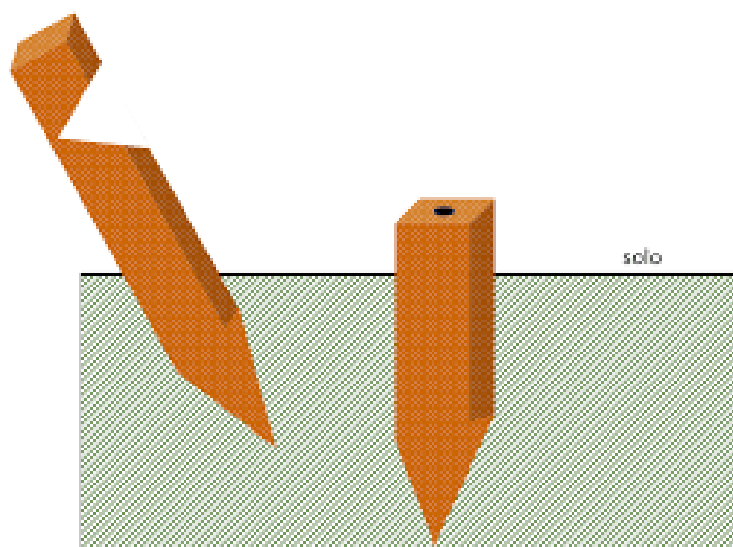
Fonte: Botelho, Junior e Paula (2018)

Por se tratar de um equipamento de pouca tecnologia e com nós feitos a mão, o espaçamento entre esses nós não era muito preciso, gerando falha nas medições.

Com a evolução da tecnologia, os equipamentos utilizados no levantamento topográfico também acompanharam essa evolução, sendo assim, neste capítulo serão apresentados os equipamentos mais comumente utilizados nos levantamentos topográficos. Para isso, usaremos como base as obras: “Topografia Geral”, escrita por José Machado Coelho Júnior, Fernando Cartaxo Rolim Neto e Júlio da Silva C. O. Andrade (2010); “Topografia Básica” de José Machado Júnior (2006); “Topografia: Técnicas e Práticas de Campo” de João Dalton Daibert (2007).

O piquete é um acessório que consiste em um pedaço de madeira de 2cm a 3cm de comprimento com uma ponta afiada que serve para cravá-lo no chão, e na sua outra extremidade possui um prego. Ele serve para marcar o local onde um instrumento será posicionado. Junto do piquete vai a estaca-testemunha, ela tem de 40 cm a 50 cm de altura e serve como referência para localização do piquete, já que ele pode acabar ficando escondido em um terreno com mato alto. A figura 31 representa à esquerda a estaca-testemunha e à direita o piquete.

Figura 31: Estaca-testemunha e piquete

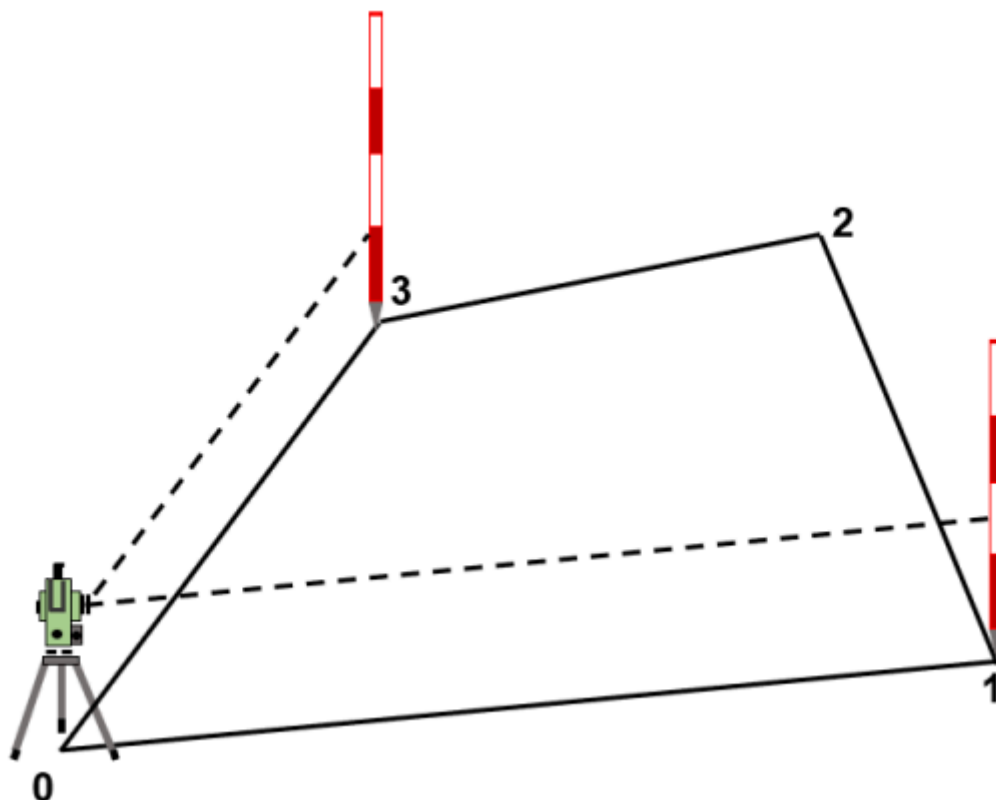


Fonte: Júnior (2022)

Como é necessário fixar ambos os acessórios no solo, quando o local a ser levantado não tem condições de fixação, como em estradas, ruas e calçadas, usa-se outros materiais para demarcação dos pontos onde os instrumentos serão colocados, tais como tinta, pregos e parafusos.

Em seguida temos a baliza (figura 31), uma barra de ferro com dois metros de comprimento nas cores vermelha e branca para contrastar com as cores encontradas na natureza, como azul, verde e marrom. E é utilizada para auxiliar principalmente nas medições de ângulos e é posicionada sobre o piquete.

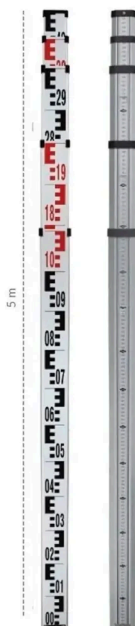
Figura 31: Baliza utilizada na medição de ângulos



Fonte: Júnior (2022)

Outro acessório tão usual quanto a baliza são as miras (figura 32), já citadas anteriormente pois são usadas na Altimetria através do nivelamento geométrico. Ela é feita de alumínio e é graduada em centímetro na parte frontal e milímetros na parte traseira e deve ser sustentada por um Auxiliar de Topografia.

Figura 32: Mira



Fonte: CPE Tecnologia ([s.d.])

Tanto a baliza quanto a mira são dois acessórios que precisam estar na posição vertical, e para auxiliar nessa questão usa-se o nível de cantoneira, que consiste basicamente em um perfil de alumínio em L com um nível na sua extremidade. Então o nível de cantoneira é fixado à baliza ou mira, ou às vezes o próprio acessório já vem com ele de fábrica, e permite que o Auxiliar de Topografia mantenha a verticalidade dos acessórios através da bolha presente no nível de cantoneira (figura 33).

Figura 33: Nível de cantoneira



Fonte: CPE Tecnologia ([s.d.])

O último acessório aqui listado é o tripé (figura 34), normalmente feito de alumínio e serve para apoiar os instrumentos que veremos a seguir. É composto por três garras com pontas afiadas para que o tripé possa ser fixado firmemente no solo.

Figura 34: Tripé

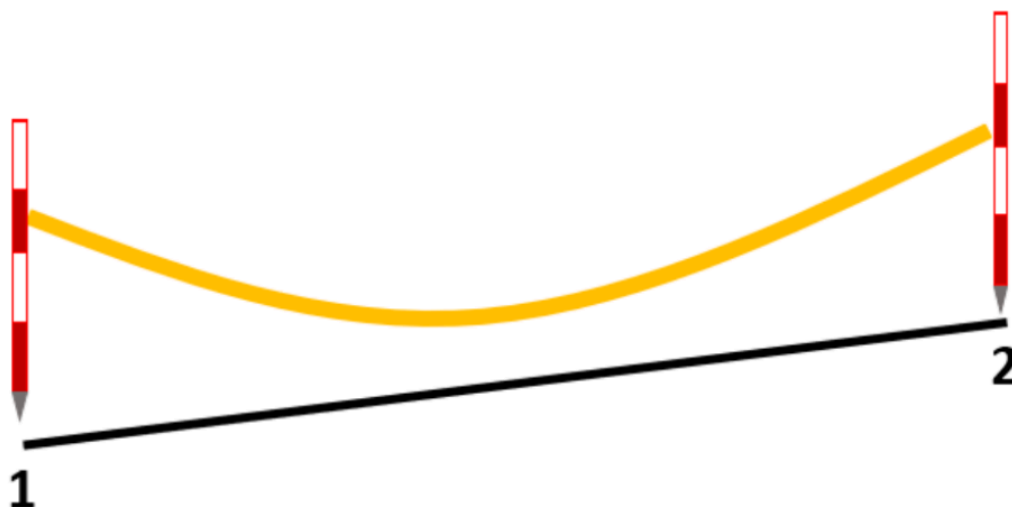


Fonte: CPE Tecnologia ([s.d.])

Agora falaremos dos instrumentos usados para medição, o mais conhecido é a trena, que pode ser analógica ou de fibra. Porém, no âmbito da Topografia, existem alguns erros que podem ocorrer a partir da utilização inadequada da trena, os erros mais comuns são: erro de catenária, erro por falta de horizontalidade da trena, erro por falta de verticalidade das balizas, erro por desvio lateral ou trena enrolada e erro de dilatação.

O erro de catenária (figura 35) ocorre quando a trena não está bem esticada e forma uma curva, o que aumenta a distância entre os pontos que estão sendo medidos.

Figura 35: Erro de catenária



Fonte: Júnior (2022)

O erro por falta de horizontalidade da trena (figura 36) ocorre quando a trena é posicionada acompanhando a superfície e não está na posição horizontal de forma correta, e também causa erro nas medições.

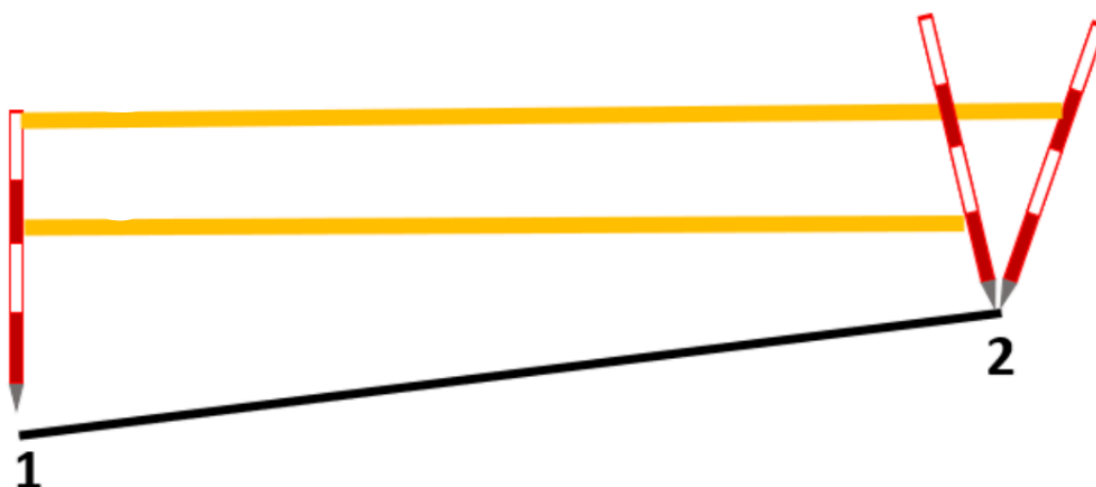
Figura 36: Erro por falta de horizontalidade da trena



Fonte: Júnior (2022)

O erro por falta de verticalidade das balizas (figura 37) ocorre quando esse acessório não é posicionado de forma correta, e mesmo que a trena esteja na posição horizontal, pode ocorrer aumento ou diminuição da distância correta, a depender de qual lado a baliza está inclinada.

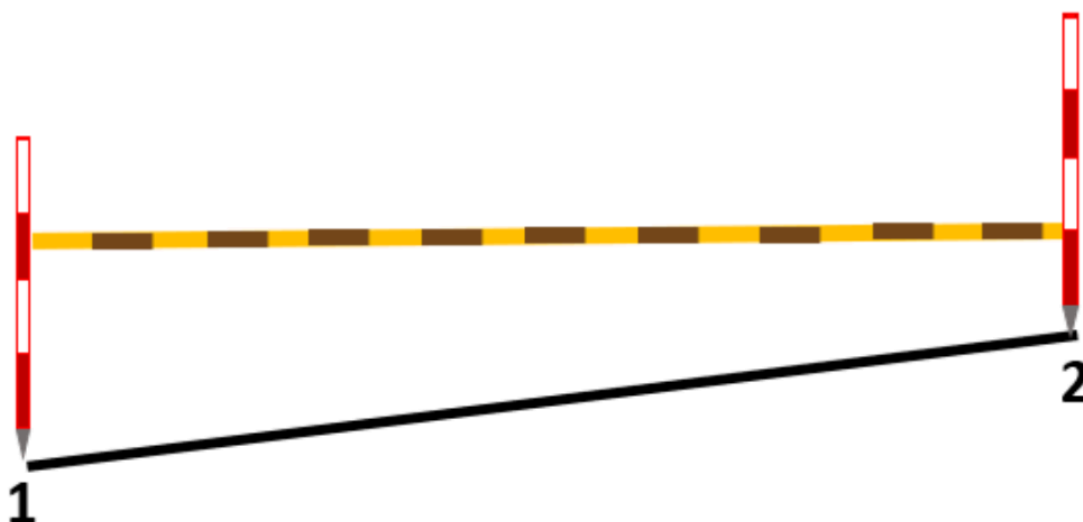
Figura 37: Erro por falta de verticalidade das balizas



Fonte: Júnior (2022)

O erro de desvio lateral ou trena enrolada, como o próprio nome já diz, é quando a trena enrolada e assim como os demais erros ocasiona no aumento da distância entre os pontos. Na figura 38, o amarelo representa um lado da trena e o marrom representa o lado oposto.

Figura 38: Erro de trena enrolada



Fonte: Júnior (2022)

O erro de dilatação se refere à dilatação do material, um processo da natureza mas que interfere nas medições, diferentemente dos demais erros que se referem a erros humanos por falta de experiência na manipulação do instrumento. Nesse caso é necessário utilizar outra trena.

Os instrumentos que veremos a partir de agora são fixados no tripé, e com exceção do GNSS, são todos instrumentos ópticos, pois possuem lentes para facilitar a visualização de grandes distâncias.

O Teodolito (figura 39) é responsável pela medição de ângulos horizontais e verticais com o auxílio da mira. É mais usual em levantamentos planimétricos e não é capaz de armazenar os dados, sendo necessário utilizar uma caderneta de campo para anotá-los e realizar cálculos.

Figura 39: Teodolito



Fonte: Arquivo pessoal

A palavra "Teodolito" tem origem no grego, combinando *thealstai* (ver) e *dolichos* (longe), refletindo sua função de medir ângulos a longas distâncias. Os primeiros Teodolitos mecânicos possuíam dois componentes principais: a luneta e o limbo. A luneta operava com duas imagens convergentes: a objetiva, que formava a imagem real do objeto, e a ocular, que a ampliava como uma lupa. O limbo, por sua vez, contava com um sistema de verificação de ângulos chamado Vernier ou Nônio, permitindo medições mais precisas.

Durante os séculos XVIII e XIX, os teodolitos evoluíram dos modelos "planos" para os de "trânsito". Os teodolitos planos, característicos do século XVIII, possuíam dois discos horizontais sustentados por um eixo vertical fixado com quatro parafusos niveladores. O disco inferior era graduado em 30 minutos, enquanto o superior, graças a dois verniers, permitia leituras com precisão de até um minuto de

arco. Esse modelo também contava com uma bússola, dois níveis de bolha e suportes tipo A para o eixo horizontal. O disco vertical, equipado com verniers, proporcionava leituras angulares de alta precisão, enquanto o telescópio era apoiado por suportes tipo Y, montados em um semicírculo vertical.

A partir de 1840, o Teodolito de trânsito foi desenvolvido, tornando-se amplamente adotado em 1868. Apesar do nome "trânsito", sua principal inovação não era a mobilidade, mas sim a capacidade de girar 180° sobre seu eixo, permitindo medições em direções opostas sem necessidade de reposicionamento. No entanto, os teodolitos de trânsito eram limitados à medição de ângulos horizontais, pois não possuíam círculo vertical, o que reduzia sua aplicação em certos levantamentos.

No Brasil, há diversos registros históricos do uso de Teodolitos a partir de 1875, demonstrando a importância do teodolito no desenvolvimento de medições geográficas e astronômicas no país.

Com o avanço da tecnologia e a necessidade de automatizar os levantamentos topográficos surge a Estação Total (figura 40), que é um instrumento bem parecido com o Teodolito, mas se diferencia por ser digital, então ela é capaz de armazenar os dados que podem ser descarregados em um computador para realizar os cálculos através de *softwares*, poupando tempo dos profissionais. Ela é utilizada na obtenção de ângulos, distâncias e coordenadas.

Figura 40: Estação Total



Fonte: Arquivo pessoal

O nível, presente na figura 41, é o principal instrumento utilizado na Altimetria, disciplina que se dedica à medição das elevações do terreno. Sua principal função é determinar a diferença de altura entre dois pontos.

Figura 41: Nível

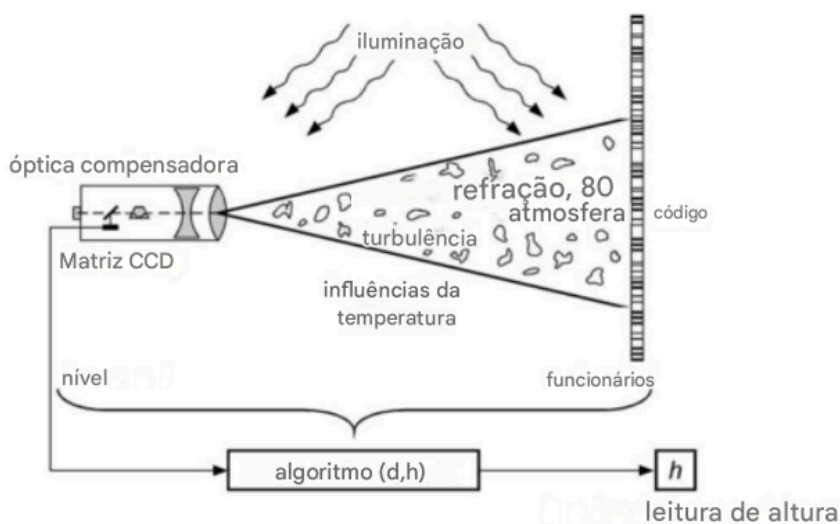


Fonte: CPE Tecnologia ([s.d.])

Nos níveis digitais, a leitura é baseada na imagem codificada da mira, captada por um sensor de imagem (CCD), conforme a figura 42. Porém, qualquer

defeito no nível ou na mira pode comprometer a medição, causando erros. Problemas como danos nos códigos da mira podem afetar a precisão dos resultados.

Figura 42: O nível digital como sistema de medição



Fonte: Traduzido de INGEN (2002)

A calibração do sistema do nível é um método para verificar a precisão do conjunto nível-mira. O procedimento envolve realizar uma leitura de altura, deslocar a mira em uma distância previamente conhecida e, em seguida, fazer uma nova leitura. Ao comparar as diferenças entre as medições do nível e os valores reais do deslocamento, é possível avaliar o desempenho do equipamento.

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélites (SGNS), ou GNSS são sistemas que permitem a localização tridimensional de objetos em qualquer parte da superfície da Terra, por meio de receptores (figura 40) que captam ondas de rádio emitidas por satélites.

O RTK é um sistema de posicionamento baseado na transmissão de dados de correção entre dois receptores GNSS. Ele opera com dois equipamentos: um receptor fixo, chamado base, e um receptor móvel, conhecido como rover. Ambos possuem o mesmo hardware, mas com configurações distintas. Enquanto a base permanece estacionária em um ponto de referência, o rover se movimenta para coletar dados de posicionamento em tempo real.

O coletor é o dispositivo que gerencia o RTK, possuindo um *software* específico para executar levantamentos, processar dados e ajustar configurações.

Atualmente, esse equipamento pode ser substituído por aplicativos de celular, que desempenham as mesmas funções.

O receptor GNSS opera captando sinais emitidos por satélites, que transmitem informações de posicionamento e tempo. A partir desses sinais, o receptor calcula sua distância em relação aos satélites e determina sua localização com alta precisão. O RTK, apresentado na figura 43 é um dos tipos de receptores GNSS, garantindo medições com margem de erro de apenas 1 a 2 cm em áreas rurais, além de registrar os pontos de forma rápida e eficiente.

Figura 43: RTK



Fonte: CPE Tecnologia ([s.d.])

O RTK é um equipamento muito utilizado atualmente devido a Lei 10.267 de 28 de agosto de 2001, complementada pelo decreto 4.449/02, que exige partir de 21 de novembro de 2023 o georreferenciamento certificado pelo Incra para imóveis rurais, sendo obrigatório para propriedades de 25 hectares ou mais.

Por fim, é apresentado o laser scanner 3D (figura 44), utilizado na técnica LIDAR, que é capaz de modelar um terreno através de feixes de luz.

Figura 44: Laser scanner 3D



Fonte: Embratop

A título de curiosidade, o IFMG *Campus* Santa Luzia dispõe de alguns desses equipamentos disponíveis, sendo eles:

- a) 1 teodolito mais antigo, que serve quase como item de coleção;
- b) 4 teodolitos mais novos;
- c) 5 estações totais;
- d) 10 primas;
- e) 10 miras;
- f) 10 tripés (um para cada equipamento).

O prisma, apresentado na Figura 45, ainda não havia sido mencionado. Ele é composto por espelhos que refletem o sinal emitido pela estação total, permitindo a determinação precisa da distância até o ponto medido.

Figura 45: Prisma



Fonte: Arquivo pessoal

O equipamento responsável pela medição emite um sinal até o prisma e retorna. Com base nesse retorno o equipamento determina com precisão a distância até o prisma.

4 LEVANTAMENTO DE PRÁTICAS E CONTEXTOS

Este tópico consiste na discussão com diversos profissionais da área, ligados a diferentes contextos. Foram elencados três profissionais, que tiveram como critério de escolha algumas questões como a condição de acesso, a fim de uma tentativa de estabelecer um panorama técnico. Foram escolhidos um profissional de uma Superintendência Pública (SUDECAP), um profissional de um órgão de desenvolvimento urbano (Prefeitura de Santa Luzia) e um profissional da iniciativa privada.

4.1 Levantamentos topográficos em contextos públicos e institucionais

4.1.1 O caso da SUDECAP

A autora deste trabalho, durante o período de graduação, atuou como estagiária na Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH) durante um ano e três meses na Diretoria Regional de Fiscalização Urbanística e Ambiental da regional Venda Nova que faz parte da Secretaria Municipal de Políticas Urbanas (SMPU), e a partir disso, pode se conectar com outras Secretarias da PBH.

Dito isso, para fundamentar os estudos feitos no presente trabalho, neste tópico será desenvolvido um estudo a partir da SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital), uma autarquia da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte criada pela Lei 1.747, de 09 de dezembro de 1969 e é vinculada à Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura (SMOBI), essa secretaria tem como objetivo a implementação da política de obras públicas, e de acordo com a Prefeitura, uma das competências da SMOBI é: Planejar, acompanhar e fiscalizar a execução de trabalhos topográficos e geotécnicos das obras municipais, justificando assim, a escolha desse órgão como um dos objetos de estudo.

O site da Prefeitura de Belo Horizonte disponibiliza um documento que descreve os Procedimentos de Projetos da SUDECAP. O capítulo 5 deste documento diz respeito à Topografia e foi publicado em fevereiro/2022 e atualizado em dez/2023 e traz informações gerais sobre como os trabalhos de campo são realizados pela SUDECAP. De acordo com esse documento, os trabalhos são divididos em três etapas:

A primeira etapa é a elaboração do que eles chamam de Plano de Topografia, que é um documento elaborado para definir a área de levantamento, os tipos de levantamentos e as metodologias a serem utilizadas, a necessidade de lançamento de plantas de parcelamento do solo, as feições e toponímias a serem levantadas e representadas na planta, a escala da apresentação final e as informações sobre o transporte das coordenadas. Para elaboração desse Plano é necessário estudar a área de levantamento no local e também através de documentos e até levantamentos topográficos anteriores.

A segunda etapa é a execução dos trabalhos de campo, que é realizado após a aprovação do Plano de Topografia, e consiste na execução dos serviços necessários para a coleta das informações topográficas da área escolhida. Devem ser levantados todos os elementos relevantes para o projeto ou o estudo.

Durante o levantamento topográfico, é necessário apresentar um Relatório de Acompanhamento dos Serviços, visando permitir que o setor da SUDECAP responsável pela fiscalização dos serviços de Topografia tenha controle do cronograma.

E a terceira etapa são os serviços de escritório, que compreende o processamento dos dados (cálculos), desenho e a apresentação dos serviços topográficos.

Em sequência, o documento aborda a equipe e as funções de cada profissional. Tal equipe é composta por um Topógrafo, um Nivelador/Operador, os Auxiliares e o Engenheiro Agrimensor, que possuem as seguintes responsabilidades:

- a) Topógrafo: responsável por planejar o serviço, elaborar os croquis de campo, gerenciar a equipe, calcular as coordenadas dos pontos a serem locados (projeto e obra), a segurança da equipe na execução dos serviços e o uso dos equipamentos da equipe;
- b) Nivelador/Operador: responsável pela operação da estação total;
- c) Auxiliares: responsáveis por coletar dados/cadastro com o prisma, cravar de piquetes e pregos, pintar o nome dos pontos de poligonal e pontos locados, transportar material utilizado no levantamento topográfico, implantar marcos de obra nos empreendimentos, abrir PVs, BLs e caixas para cadastro;
- d) Engenheiro Agrimensor: **RESPONSÁVEL TÉCNICO** pelo serviço. Deve supervisionar e orientar toda a equipe de campo, fazer a comunicação entre a equipe de campo e a equipe de escritório, conferir os cálculos, conhecer o empreendimento e dar respostas à coordenação.

Os levantamentos topográficos realizados pela SUDECAP podem ser classificados quanto à posição em relação à superfície terrestre em que são executados: superficial, hidrográfico e subterrâneo. Dentro de cada classificação, o

serviço pode se enquadrar em um dos tipos de levantamento a seguir, a ser definido a partir de quais informações são necessárias para o projeto ou estudo:

a) Levantamentos Topográficos Superficiais:

- Levantamento Planimétrico Cadastral;

Um tipo de levantamento com múltiplas funções no qual várias informações são levantadas dentro da área de interesse. Nele devem ser levantados todos os elementos e as interferências encontrados no campo com a finalidade de modelar e representar de forma genuína a realidade encontrada.

- Levantamento Planimétrico;

Diferentemente do Levantamento Planimétrico Cadastral, esse não possui múltiplas funções, então atende a um projeto/obra/estudo específico. Pode ser utilizado para fechamento de quarteirões para amarração de PL(s) (Planta de Loteamento) e para levantamento de perímetro com objetivo de confecção de memorial descritivo do limite do imóvel, fornecendo subsídio para a regularização do documento de propriedade do imóvel.

- Levantamento Planialtimétrico para Estudo e Cadastro de Redes Subterrâneas;

Usual em complementações e/ou atualizações de Levantamentos que carecem de informações sobre determinada rede de serviço público.

- Levantamento Planialtimétrico para Cálculo de Volume (Cubagem);

Tem a função de medir volumes escavados e/ou depositados e de acompanhamento da obra. Esse serviço possui um outro documento que descreve como ele deve ser realizado, que é o Caderno de Encargos da SUDECAP, mas não será discutido aqui.

- Levantamento Altimétrico (Nivelamento);

Tem como objetivo determinar as alturas de uma superfície já referenciada, com posições planimétricas já conhecidas. O Nivelamento pode ser Trigonométrico com utilização de Estação Total, desde que os equipamentos e os acessórios estejam aferidos e que sejam utilizadas técnicas para minimização dos erros.

A técnica aconselhada é o Nivelamento Trigonométrico Preciso, que possibilita medir a diferença de nível entre diferentes pontos do terreno por meio da

resolução de triângulos. A técnica consiste em instalar a estação total entre os dois pontos dos quais se deseja obter o desnível, ao invés de instalá-la sobre um dos pontos como se procede no Nivelamento Trigonométrico Tradicional.

- Exploração Locada.

Esse tipo de Levantamento é usual quando já existe um projeto e é preciso extrair novas seções transversais, de forma que seja viável realizar comparações com as seções originais do projeto. Pode ser usado diretamente no campo para estudar a implantação de projetos viários, com a finalidade de identificar possíveis interferências não previstas no projeto original, seja por erro, omissão ou por se tratar de projetos antigos e desatualizados.

- b) Levantamentos Hidrográficos:

- Levantamento Hidrográfico – Topobatimetria;

Aplicável em levantamentos de calhas de cursos d'água, canais e galerias abertas. Devem ser levantados o leito e uma faixa para ambos os lados do curso d'água. A metodologia desse tipo de levantamento é a mesma do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, mas neste também é obrigatória a apresentação de seções transversais e perfil.

- Levantamento Hidrográfico – Batimetria.

Usada para mapear superfícies submersas de corpos d'água: lagos, lagoas e acumulações d'água. Aplica-se apenas em superfícies com espelho d'água, já para o levantamento das bordas, deve-se usar o Levantamento Planialtimétrico Cadastral.

O levantamento deve ser realizado utilizando-se um ecobatímetro hidrográfico digital com transdutor monofeixe, equipamento no qual um receptor GNSS é fixado em uma embarcação. Para isso, são desejáveis boas condições de navegabilidade, sem ondulação e ventos.

- c) Levantamento Topográfico Subterrâneo

É aplicado para levantamento de túneis e de galerias/canais fechados (redes de macrodrenagem). Diferentemente dos outros tipos de Levantamento realizados pela SUDECAP, esse em específico apenas detalha o que precisa conter no levantamento, e não a forma que ele é realizado.

A escolha do tipo de levantamento a ser realizado depende das informações de campo necessárias aos projetos ou estudos que serão elaborados. E para a execução de qualquer levantamento, deve ser implantada uma poligonal fechada.

Todos os Levantamentos Planialtimétricos devem representar o relevo do terreno estudado de forma tridimensional. Durante o trabalho de campo, devem ser levantados pontos estratégicos, observando o relevo e suas deformações, de modo que o terreno seja bem representado.

A escolha da SUDECAP como um dos objetos de estudo se justifica pela relevância de suas atribuições no contexto urbano de Belo Horizonte. Como uma autarquia diretamente vinculada à SMOBI, a SUDECAP desempenha um papel fundamental na execução de obras públicas, sendo um dos órgãos responsáveis por garantir a base técnica para projetos de urbanização e infraestrutura na cidade. A escolha deste órgão se alinha com a necessidade de aprofundar o estudo sobre a relação entre o(a) profissional Arquiteto(a) Urbanista e a Topografia a partir da SUDECAP.

A atuação do(a) profissional Arquiteto(a) Urbanista no setor é um ponto relevante a ser analisado. Embora esse profissional não faça parte da equipe técnica listada no documento da SUDECAP, durante o desenvolvimento do trabalho foi possível chegar a uma figura bastante relevante no tema por conta da sua formação e área de atuação. Gilmar Siqueira é formado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e atualmente é Gerente de Topografia e Geotecnia na SUDECAP.

Gilmar, antes do curso de Arquitetura e Urbanismo se formou Técnico em Estradas e logo após a conclusão do Ensino Superior realizou duas pós-graduações: Topografia e Georreferenciamento e Gestão de cidades. Durante o curso técnico e a graduação sempre se interessou por disciplinas de Topografia, o que fez com que gostasse da área e tivesse interesse em se especializar.

O trabalho de Gilmar consiste na verificação dos levantamentos topográficos e estudos geotécnicos dos projetos a cargo da SUDECAP, fazendo a elaboração dos estudos de desapropriação para as obras municipais, bem como a elaboração dos materiais topográficos e geotécnicos internos para regularização

fundiária (parcelamento do solo e registro de imóveis). Além da elaboração de levantamentos topográficos e mapas de declividade para modificação de parcelamento do solo.

Além disso, a Lei Municipal nº 9330, de 29 de Janeiro de 2007 que institui o Plano de Carreira da SUDECAP, traz no Anexo II as atribuições específicas de acordo com o cargo:

XIII - TÍTULO DO EMPREGO PÚBLICO: ARQUITETO
ÁREAS DE ATUAÇÃO: dependências da SUDECAP e demais órgãos e localidades quando determinado pelo ente autárquico.
Descrição Sumária: Orientar, controlar e/ou executar atividades técnicas inerentes à sua área de atuação profissional, elaborando e desenvolvendo projetos arquitetônicos e complementares, subsidiando o planejamento, monitoramento e supervisão do programa de obras da SUDECAP (Belo Horizonte, 2007).

Sendo assim, observamos que é possível para um(a) Arquiteto(a) Urbanista atuar em uma autarquia pública diretamente vinculada à Topografia, embora seja necessário um conhecimento complementar para tal atuação.

4.1.2 O caso da Prefeitura de Santa Luzia

Outro órgão público a ser estudado no contexto do presente trabalho é a Prefeitura Municipal de Santa Luzia (PMSL), para isso foi realizado um estudo sobre a atuação de Lucas Diogo Perdigão, que é Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo pela Universidade Federal de Viçosa e tem MBA (*Master in Business Administration*) em gestão de Projetos pelo SENAC-MG (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial). Atualmente é servidor efetivo na Prefeitura Municipal de Santa Luzia, ocupando o cargo de Engenheiro Agrimensor, além de atuar como Gerente de Geoinformação e Planejamento Territorial na secretaria de Desenvolvimento Urbano.

Na Prefeitura, Perdigão atua em projetos de parcelamento do solo e levantamentos topográficos para construção de novas edificações. Mas a principal área de atuação dele é na regularização e cadastro/identificação dos imóveis da Prefeitura. A equipe dele é responsável pela coordenação do patrimônio imobiliário e supervisão de topografia.

Além disso, ele é gerente de Geoinformação e Planejamento Territorial e comanda três coordenações: Patrimônio Imobiliário, Sistema de Informação

Geográficas, e Planejamento Territorial. Mas como Engenheiro Agrimensor suas principais funções são:

- a) Produzir levantamento planialtimétrico cadastral, quando solicitado. Geralmente para alguma obra ou intervenção em algum prédio público (escolas ou postos de saúde). Ou até mesmo para alguma intervenção de infraestrutura urbana (pavimentação, drenagem, etc);
- b) Confecção de plantas;
- c) Levantamento planimétrico georreferenciado para regularização de imóvel ou para projeto base de reurb (ver nome desse projeto);
- d) Emissão da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) sobre responsabilidade desses serviços.

Na Prefeitura de Santa Luzia, a equipe de Topografia é composta pelo gerente, Lucas Perdigão, um Engenheiro Civil, um Assistente Administrativo, um Técnico em Topografia e um Auxiliar em Topografia. Não há presença de Arquitetos(as) Urbanistas envolvidos diretamente em trabalhos topográficos. A integração com os Arquitetos(as) Urbanistas ocorre apenas no momento da elaboração do projeto avançado, que necessita de levantamento topográfico como base para seu desenvolvimento.

Na Prefeitura de Santa Luzia, os trabalhos de topografia são realizados utilizando a estação total ou o receptor GNSS, sendo este último de particular relevância, uma vez que fornece diretamente a coordenada georreferenciada. Em contrapartida, a estação total exige a realização de diferentes para se chegar à coordenada georreferenciada. Em termos técnicos, a fotogrametria é empregada para o levantamento cadastral planialtimétrico, sendo realizado com o auxílio de um drone e um receptor GNSS. O receptor GNSS é responsável por amarrar as imagens captadas pelo drone, permitindo a integração precisa dos dados.

Outra figura importante no contexto da PMSL é a empresa Esteio - Engenharia e Aerolevantamentos, responsável por alguns serviços de Topografia da PMSL, como o mapeamento para a modernização do SIG (Sistema de Informação Geográfica) de Santa Luzia, com o objetivo de facilitar o acesso a dados atualizados para as secretarias e autarquias municipais.

Para isso a empresa utilizou o levantamento aerofotogramétrico e foram realizadas 16 faixas de voo na direção Leste/Oeste, para recobrir a área do Município e dos Distritos de Ribeirão da Mata, Barreiro do Amaral e Pinhões, na escala 1:8.000, totalizando 110 km².

Através do perfilamento a LASER foi possível obter dados altimétricos da área. Como resultado, foi gerada a nuvem de pontos caracterizando o MDS (Modelo Digital da Superfície), que consiste no conjunto de pontos que representa tridimensionalmente a superfície terrestre, incluindo todos os elementos que estão presentes acima do terreno, como edificações, vegetação, pontes e outras estruturas. Esta nuvem foi filtrada para geração do MDT (Modelo Digital do Terreno), ou seja, o conjunto de pontos que caracterizam o solo, sem os pontos de edificações, vegetação e outros. E o MDT foi utilizado para geração das curvas de nível, dos pontos que compuseram a base cartográfica e na geração das ortofotos.

4.2 Práticas topográficas com o uso de drones e RTK

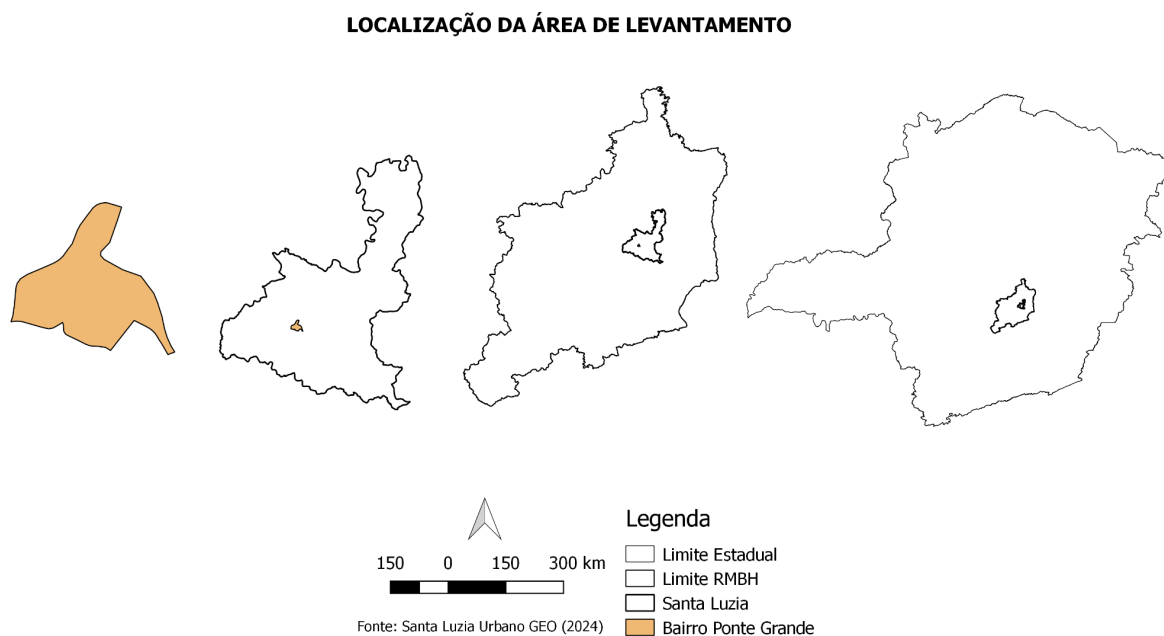
Além das interações com os órgãos públicos, foi realizado um acompanhamento prático do trabalho de um profissional independente do setor privado. Enius Marcus Soares Santos exerce atividades na área de Topografia desde 1978, tendo também ocupado cargos na Prefeitura Municipal de Santa Luzia, como Coordenador de Regularização Fundiária e Coordenador de Geoprocessamento, entre 2015 e 2018.

Apesar de sua vasta experiência, Enius não possuía formação acadêmica específica na área até recentemente, tendo atuado com base no conhecimento adquirido ao longo dos anos. Com apenas o Ensino Fundamental concluído, ele finalizou o Ensino Médio em 2022 e, a partir disso, iniciou o curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia. No entanto, optou por seguir o Curso Técnico de Agrimensura, sendo atualmente Técnico em Agrimensura e cursando Engenharia Civil.

Enius trabalha com a Restituição aerofotogramétrica, uma técnica que se divide em duas etapas: a primeira envolve a marcação dos pontos de controle, que serão intermediados pelo drone; na segunda etapa, o drone sobrevoa a área demarcada, realizando o levantamento planialtimétrico.

No dia 24/09/2024 foi realizado o acompanhamento do trabalho do Enius. A figura 46 representa a localização da área de levantamento, que consiste no Bairro Ponte Grande, em Santa Luzia.

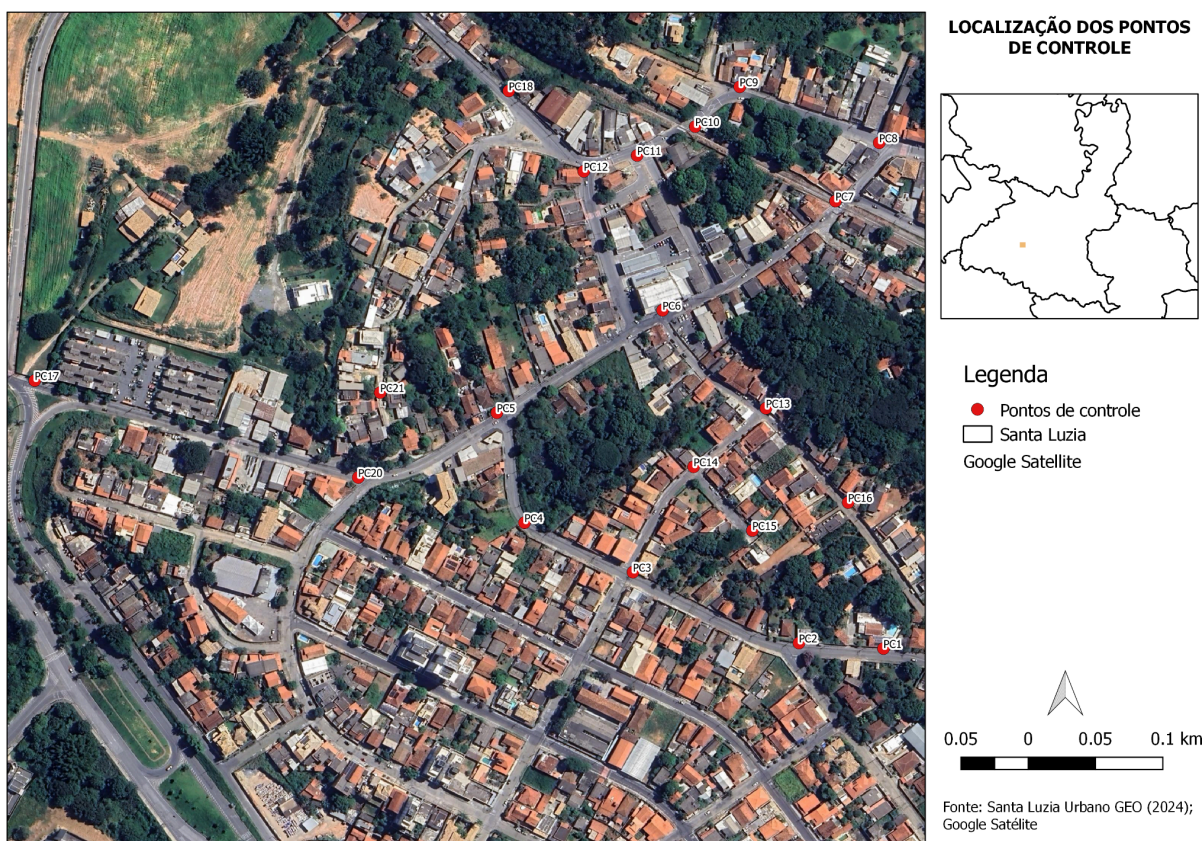
Figura 46: Localização da área de levantamento



Fonte: Elaboração própria a partir de Santa Luzia Urbano Geo (2024).

O trajeto para marcação dos Pontos de Controle inicia na esquina da Rua José Antunes com a Rua Alto do Tanque, esse local é o encontro do bairro Ponte Grande com o bairro Nossa Senhora das Graças. Ao todo foram 21 Pontos de Controle, e a localização deles está presente no mapa da figura 47. Os pontos estão numerados na ordem de marcação.

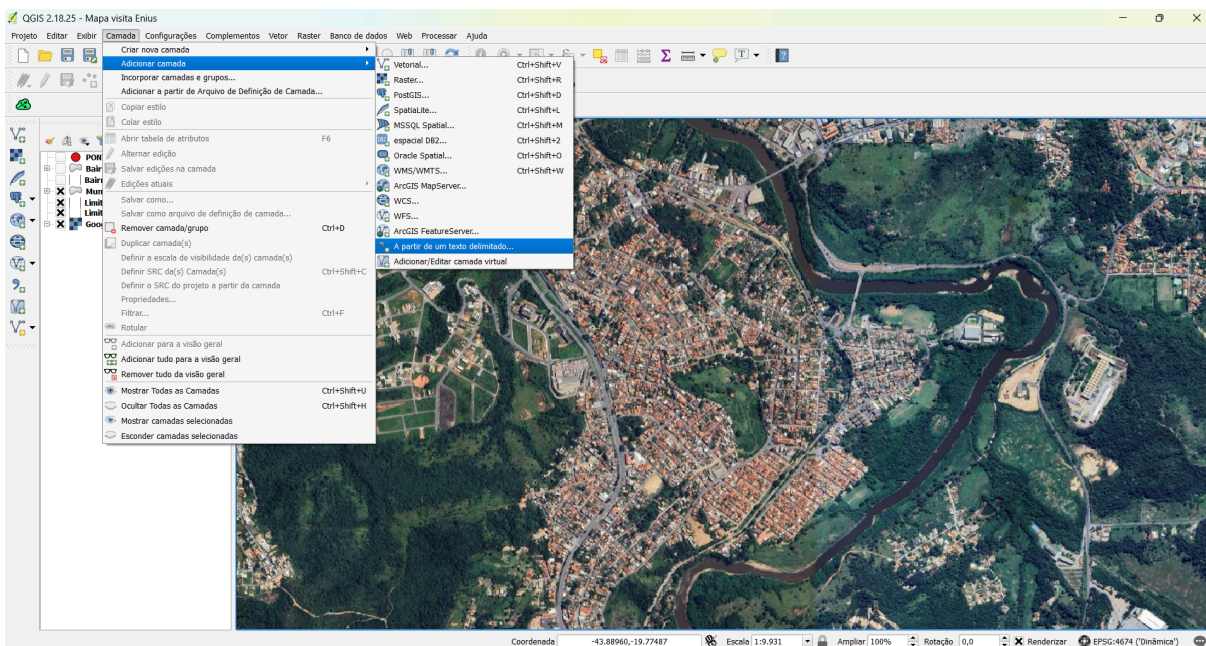
Figura 47: Localização dos pontos de controle



Fonte: Elaboração própria a partir de Santa Luzia Urbano Geo (2024); Google Satélite.

Há um ponto relevante a ser destacado com relação ao mapa da figura 47, pois o RTK (receptor GNSS) capta as coordenadas de localização do ponto e gera um arquivo .txt e a partir desse arquivo foi feito um teste juntamente com o professor Leandro de Aguiar e Souza para verificar a forma de importação desse tipo de arquivo para o QGIS, com o intuito de elaborar o referido mapa. O procedimento para esse processo está ilustrado na figura 48 e segue os seguintes passos: Camada > Adicionar camada > A partir de um texto delimitado.


Figura 48: Processo de elaboração do mapa dos pontos de controle



Fonte: Arquivo pessoal

No entanto, como todo teste está sujeito a falhas, ao importar o arquivo .txt, houve a perda dos dados referentes ao primeiro Ponto de Controle, uma vez que esses dados foram utilizados como uma espécie de título, conforme ilustrado na figura 49.

Figura 49: Aba de criação de camada do QGIS

 Criar uma camada a partir de arquivo de texto delimitado

Nome do Arquivo:

Nome da camada: Codificação:

Formato do arquivo: CSV (texto separado por delimitador) Delimitadores personalizados Delimitador de expressão regular

Opções de registro: Número de linhas de cabeçalho a descartar: Primeiro registro tem nomes de campos

Opções do campo: Aparar campos Descartar campos vazios Separador decimal é a vírgula

Definição de geometria: Coordenadas de ponto Texto bem conhecido (WKT) Sem geometria (atributo apenas de tabela)

Campo X: Campo Y: Coordenadas GMS

Configurações da camada: Usar índice espacial Usar índice de subgrupos Olhar arquivo

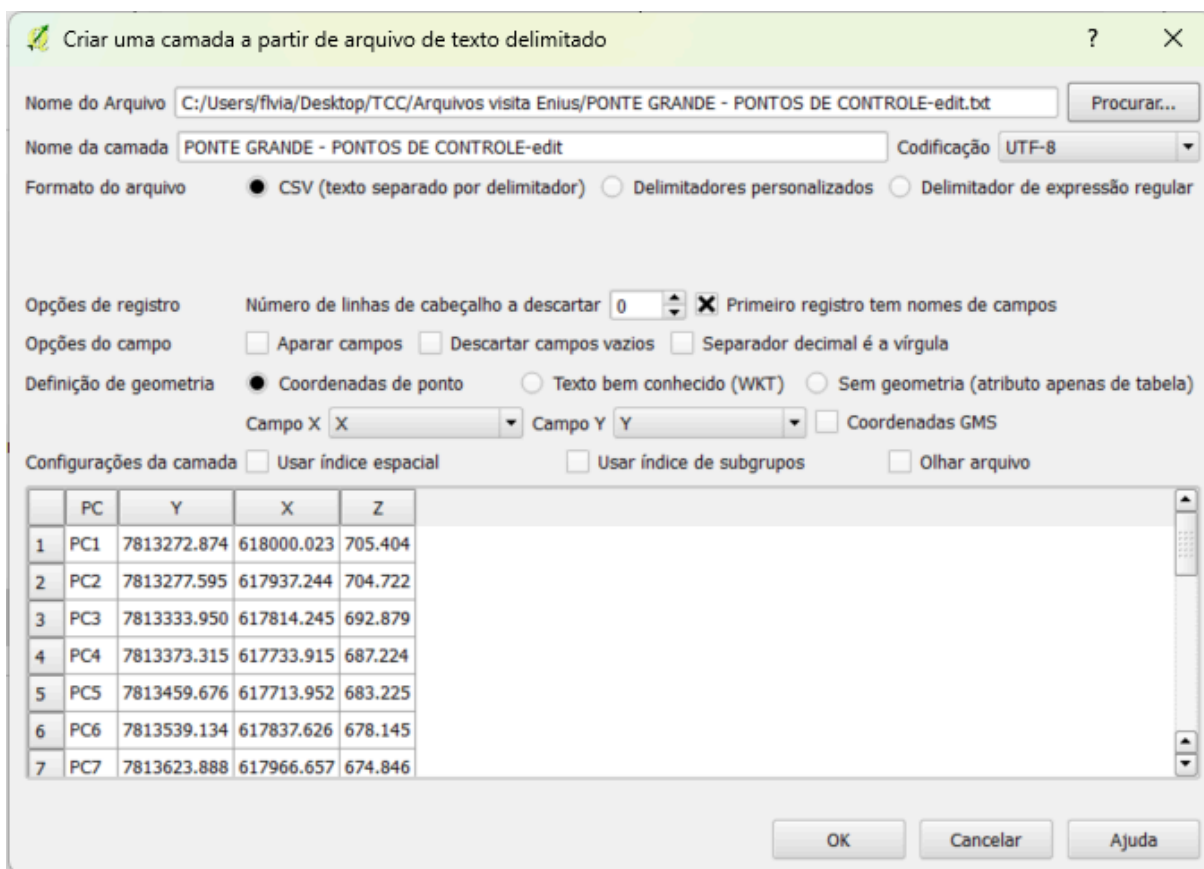
	PC1	7813272.874	618000.023	705.404
1	PC2	7813277.595	617937.244	704.722
2	PC3	7813333.950	617814.245	692.879
3	PC4	7813373.315	617733.915	687.224
4	PC5	7813459.676	617713.952	683.225
5	PC6	7813539.134	617837.626	678.145
6	PC7	7813623.888	617966.657	674.846
7	PC8	7813669.350	617999.482	673.133

Names dos campos com X e Y devem ser selecionados

Fonte: Arquivo pessoal

Para solucionar essa questão, foi adicionado ao arquivo .txt uma nova linha, destinada a ser usada como título, conforme ilustrado na figura 50.

Figura 50: Aba de criação de camada do QGIS



Fonte: Arquivo pessoal

Por fim, foi possível elaborar o mapa apresentado anteriormente, que indica a localização dos Pontos de Controle captados durante a visita.

Ainda com relação à visita realizada com o Enius, foram marcados os Pontos de Controle no formato de X, conforme a figura 51, uma vez que alguns modelos de drones não permitem identificar outros tipos de marcação. Ressalta-se a importância de evitar a escolha de locais com alta concentração de hidrogênio elétrico ou vegetação densa, a fim de evitar possíveis interferências durante o levantamento topográfico.

Figura 51: Marcação de um ponto de controle



Fonte: Arquivo pessoal

Cada ponto de controle marcado no solo requer o posicionamento do RTK no centro do ponto, conforme ilustrado na figura 52. Para garantir que o equipamento esteja adequadamente nivelado, utilize um nível de bolha presente em sua haste para garantir que ele não esteja inclinado.

Figura 52: Captação do Ponto de Controle



Fonte: Arquivo pessoal

Após a captura de todos os pontos, foi selecionado um estratégico local para posicionar o drone, de modo a garantir um voo eficiente. Para isso, monta-se um heliponto, conforme ilustrado na figura 53.

Figura 53: Drone pronto para voar



Fonte: Arquivo pessoal

Com o drone posicionado no heliponto, foi utilizado o aplicativo para celular denominado Dronelink, conforme ilustrado na figura 54. Esse aplicativo tem a função de automatizar as missões de voo do drone, facilitando o processo de coleta de imagens e direções.

Figura 54: Controle do drone

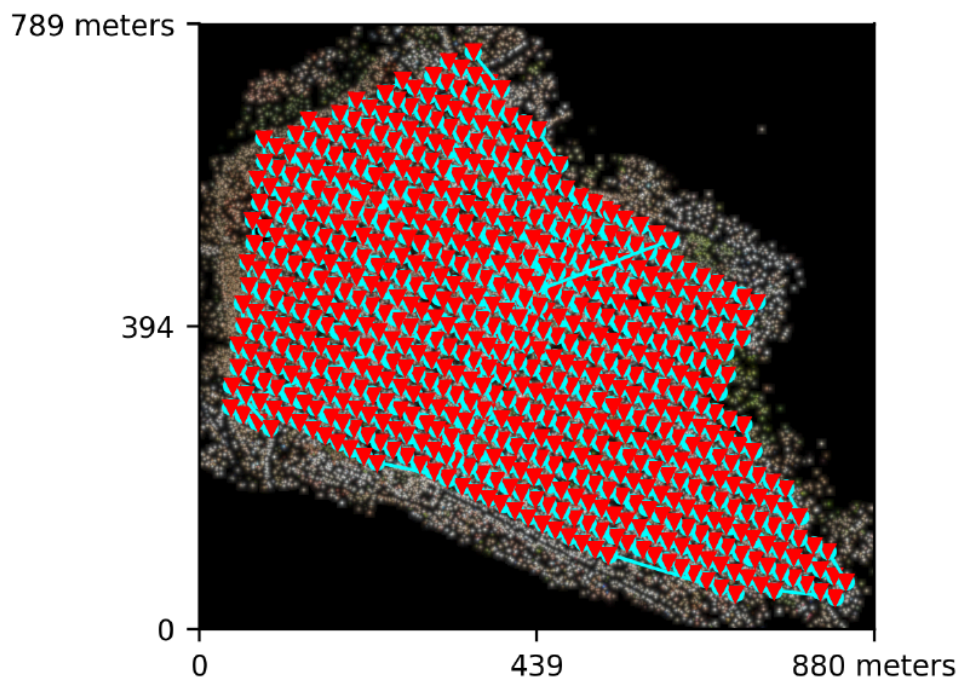


Fonte: Arquivo pessoal

O voo com o drone foi tentado diversas vezes, mas em todas as tentativas, o drone retornou ao heliponto sem concluir o levantamento, indicando uma intercorrência no processo. Como todo voo de drone exige autorização da ANAC, atualmente há a possibilidade de solicitar uma nova autorização. Contudo, foi constatado que ocorreu uma intercorrência devido à presença de aviões de combate a incêndios na região.

Devido a um desencontro de agendas, não foi possível realizar um novo acompanhamento na mesma área. No entanto, teve-se acesso aos produtos gerados pelo levantamento, sendo o primeiro deles apresentado na figura 55.

Figura 55: Relatório de levantamento



Fonte: Mappa

Como foi exposto anteriormente, o trabalho realizado com drone, também denominado aerofotogrametria, consiste na combinação de várias imagens aéreas. A figura 55 acima ilustra as fotos individuais capturadas para formar a imagem aérea da área, que está representada na figura 56.

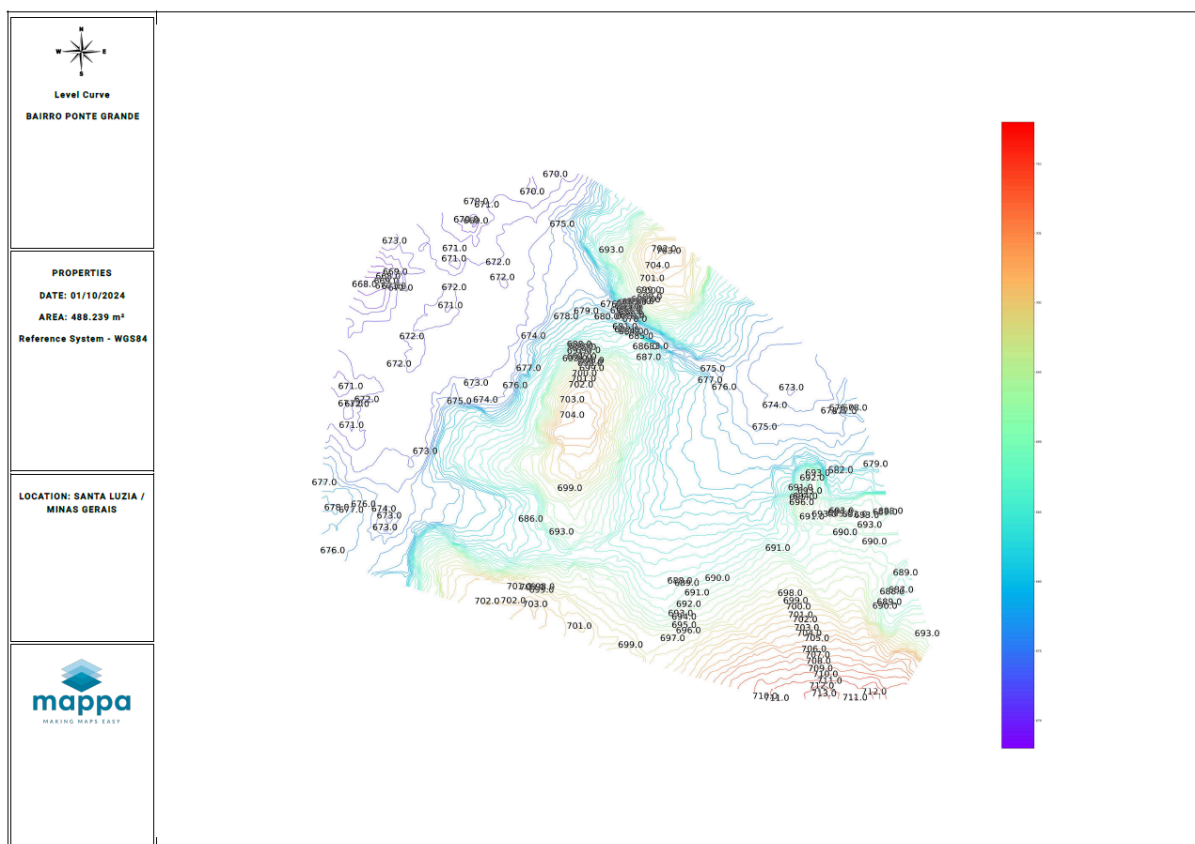
Figura 56: Ortofoto do levantamento



Fonte: Mappa

A figura 57, por sua vez, apresenta o levantamento topográfico propriamente dito, permitindo identificar as curvas de nível com base em sua altitude e representação cromática, onde o vermelho indica o ponto de maior altitude e o roxo, o ponto de menor altitude.

Figura 57: Curvas de nível do levantamento



Fonte: Mappa

Em resumo, os produtos gerados a partir do levantamento topográfico realizado com RTK e drone oferecem uma representação detalhada e precisa da área mapeada. A combinação dessas tecnologias resulta em imagens aéreas de alta resolução, que, quando sobrepostas e comprovadas, geram uma visão clara do terreno. As curvas de nível, representadas por diferentes núcleos, permitem uma compreensão mais profunda das variações altimétricas do local, com destaque para os pontos mais altos e baixos.

5 PLANO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL

O capítulo a seguir apresenta um Plano de Atuação Profissional, a fim de consolidar as reflexões sobre a atuação do(a) Arquiteto(a) Urbanista no campo da Topografia, quais ações e estratégias necessárias para atuação na área.

Inicialmente, aborda-se a formação acadêmica e técnica na Topografia, justificando a necessidade de uma capacitação complementar para que o profissional possa atuar com competência.

Na sequência, o próximo tópico trata de questões relativas à atuação nas subáreas da Topografia. Cada tipo de trabalho envolve um processo diferente de acordo com suas peculiaridades. Por isso, é essencial que os profissionais estejam atentos às boas práticas que garantam a efetividade do levantamento.

Outro ponto indispensável para a atuação profissional é o domínio dos recursos necessários para a atuação profissional, que envolvem tanto equipamentos físicos, como estações totais e drones, quanto *softwares* específicos de modelagem e processamento de dados. O avanço tecnológico tem transformado significativamente os métodos de coleta e interpretação de informações topográficas, exigindo que o profissional se mantenha atualizado para garantir precisão e eficiência nos levantamentos.

Além dos aspectos técnicos, é importante discutir os desafios de ser uma Arquiteta Urbanista no mercado, especialmente no contexto da Topografia. Como foi discutido ao longo do trabalho, é uma área com menor atuação de profissionais Arquitetos(as) Urbanistas. Adicionalmente, há desafios relacionados à presença feminina na área, uma vez que a Topografia ainda se configura como um setor predominantemente masculino. A inclusão desse tópico permite, portanto, uma reflexão sobre os obstáculos e oportunidades para diversificação do mercado.

Por fim, este capítulo encerra-se com a discussão sobre posicionamento profissional e construção de clientes, abordando estratégias para consolidação no mercado de trabalho. Além do conhecimento técnico, o profissional precisa desenvolver habilidades de networking, comunicação e gestão para captar e manter clientes. Dessa forma, este tópico reforça a importância de um planejamento estratégico para a atuação autônoma ou em empresas do setor.

5.1 Qualificação acadêmica e técnica

Com base nos levantamentos até aqui dedicados, tem-se que o tempo médio de dedicação às disciplinas de Topografia no curso de Arquitetura e Urbanismo é de aproximadamente 57 horas em um curso de 3.600 horas.

Em complemento ao assunto discutido no tópico “2.4 A Topografia na formação dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo baseado na Estrutura

Curricular do curso”, foi feito um estudo dos mesmos Planos Pedagógicos, mas com foco no ensino direto ou indireto da Topografia.

Quadro 2: Análise da disciplina de Topografia nas Instituições Federais

INSTITUIÇÃO	DISCIPLINA	CARGA HORÁRIA	LIGAÇÃO COM A TOPOGRAFIA
IFMG - Campus Santa Luzia	Cartografia e Topografia	30 horas	Direta
	Geoprocessamento Aplicado ao Planejamento Urbano e Regional	30 horas	Indireta
CEFET-MG- Campus Timóteo	Topografia e Desenho Topográfico	60 horas	Direta
	Cartografia e Geoprocessamento	60 horas	Indireta
IFF - Campus Campos Centro	Topografia Aplicada à Arquitetura I	60 horas	Direta
	Geoprocessamento Aplicado à Arquitetura e Urbanismo (optativa)	40 horas	Indireta
IFPR - Campus Umuarama	Topografia	80 horas	Direta
IFMS - Campus Jardim	Topografia	80 horas	Direta
	Geoprocessamento Aplicado à Arquitetura e ao Urbanismo	60 horas	Indireta
IFSP - Campus SPO	Topografia	42,8 horas	Direta
IFRS - Campus Rio Grande	Topografia	50 horas	Direta
	Geoprocessamento	50 horas	Indireta

Fonte: Elaboração própria

O Geoprocessamento está indiretamente ligado à Topografia porque utiliza os dados topográficos como base para análises espaciais e representações cartográficas. Através dos levantamentos topográficos é possível estudar a direção, impactos ambientais e o planejamento urbano. Além disso, a cartografia e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) dependem dessas informações para garantir maior precisão nas representações espaciais e integração com outras bases de dados. Dessa forma, ainda que não realize diretamente os levantamentos de campo, o Geoprocessamento analisa e interpreta os dados gerados pela Topografia.

É interessante observar que em alguns cursos apenas a disciplina de Topografia é ofertada. Enquanto em outros, Topografia e Geoprocessamento são ofertados em uma única disciplina. Além disso, em outros cursos, o Geoprocessamento entra como uma disciplina optativa, como o caso do IFF

Campus Campos Centro. No IFMG Santa Luzia, na versão anterior do Plano Pedagógico, isso também acontecia, mas no Plano atual, a disciplina de Geoprocessamento também é uma disciplina obrigatória para a formação do(a) profissional.

Com base nos dados coletados e apresentados no quadro 2, entende-se que a média horária dedicada a conteúdos informáticos diretamente ligados à Topografia é de 58 horas, enquanto os conteúdos indiretamente ligados é de 48 horas.

A análise dos Planos Pedagógicos das instituições federais que ofertam o curso de Arquitetura e Urbanismo demonstra uma variação na abordagem do tema, sendo comum que a disciplina de Topografia apareça como um componente isolado, sem a devida articulação com práticas e equipamentos de tecnologia avançada. Na perspectiva de uma atuação na área, esse panorama aponta que a formação é exígua, confirmando a necessidade de conhecimentos complementares.

Com base nas ementas desses mesmos cursos e do tópico 3.1 do presente trabalho, há um conjunto de técnicas que não são contempladas, tais como:

- a) Restituição aerofotogramétrica;
- b) Posicionamento com o uso do RTK;
- c) NTRIP;
- d) LIDAR.

No que diz respeito ao conjunto normativo, a norma considerada fundamental é a NBR 13133, que estabelece diretrizes e requisitos técnicos para a realização de levantamentos topográficos no Brasil, garantindo precisão e qualidade. A Norma define como realizar os levantamentos mais convencionais, como o levantamento planimétrico, altimétrico e planialtimétrico, além de estabelecer limites de erro para cada tipo de levantamento, garantindo que os dados obtidos sejam confiáveis para diferentes aplicações, desde projetos arquitetônicos até infraestruturas urbanas. Por fim, a Norma determina de que maneira os materiais topográficos devem ser apresentados, como as cadernetas de campo.

Para além da NBR 13133, outro conjunto de documentos importante de se conhecer são as Especificações e Normas Gerais para Levantamentos

Geodésicos do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, que visam garantir os requisitos mínimos de precisão a serem adotados em levantamentos que utilizam técnicas de medição que determinam a posição de pontos na Terra com grande precisão.

O IBGE descreve os principais métodos de coleta de dados, incluindo:

- a) Levantamento Clássico – Uso de estações totais e nivelamento geométrico.
- b) Levantamento GNSS (GPS) – Métodos como RTK para alta precisão.

Cada método tem requisitos de precisão e tolerância que devem ser seguidos conforme a finalidade do levantamento, então o IBGE especifica os procedimentos de ajuste e compensação de erros para garantir a precisão dos dados geodésicos.

As normas do IBGE definem como os dados devem ser organizados e apresentados em memoriais descritivos, relatórios e bases cartográficas e estabelece padrões para o formato digital dos dados, garantindo compatibilidade com o banco de dados geodésico do IBGE. É importante compreender esse conjunto normativo para garantir levantamentos topográficos e geodésicos de qualidade.

Para uma estimativa de carga horária, temos que na faculdade de Arquitetura e Urbanismo a carga horária de uma disciplina de Topografia varia entre 30 e 80 horas. Os Cursos Técnicos de Agrimensura possuem entre 1200 e 1800 horas, mas incluem outras matérias além da topografia. E os cursos de Especialização variam de 40 a 300 horas, dependendo do foco e do nível de aprofundamento.

Sendo assim, compreende-se serem necessárias 120 horas intraclasse (equivalente a um curso de extensão bem estruturado) e 200 a 300 horas extraclasse (equivalente a um estágio de 6 meses a 1 ano com atividades contínuas). Isso totalizam algo entre 320 e 420 horas, um volume que permitiria ao arquiteto urbanista atuar com maior segurança na área. No entanto, esse montante corresponde a cerca de 10% da carga horária total exigida pela DCN para o curso de Arquitetura e Urbanismo. Considerando a ampla gama de conhecimentos e habilidades que devem ser contemplados ao longo da formação, a probabilidade de um curso de Arquitetura e Urbanismo ofertar essa quantidade de horas

exclusivamente para uma área é um contingente baixo. Dessa forma, a inclusão de uma carga horária tão significativa voltada especificamente para a Topografia exigiria uma reestruturação curricular substancial, o que, na prática, representa um desafio diante da necessidade de equilibrar os diversos campos do conhecimento inerentes à profissão.

Sendo assim, para uma atuação completa de um(a) Arquiteto(a) Urbanista na área da Topografia é necessário conhecimentos em:

a) Teoria (aulas teóricas)

- Conceitos básicos e avançados de topografia - 30 horas;
- Legislação e normas - 20 horas;
- Interpretação de levantamentos topográficos - 20 horas;
- Uso de *softwares* (AutoCAD Civil 3D, QGIS, etc.) - 50 horas.

b) Prática (aulas em campo)

- Levantamento topográfico com equipamentos (estação total, GNSS, nível) - 100 a 200 horas;
- Processamento de dados - 50 horas;
- Geração de mapas e modelagem do terreno - 50 horas.

Foi feita uma indicação de cargas horárias necessárias. No entanto, entende-se que essa definição não é rígida e pode ser ajustada ou aprimorada em um momento posterior. A distribuição sugerida considera a complexidade dos conteúdos, a necessidade de prática em campo e a realidade de formação dos profissionais de Arquitetura e Urbanismo. Além disso, a carga horária prática pode variar conforme o nível de envolvimento do profissional com projetos reais e a disponibilidade de estágios e atividades complementares. Dessa forma, a proposta serve como um referencial inicial, que pode ser adaptado de acordo com as demandas específicas da formação e da atuação profissional.

É fundamental que, ainda durante a graduação, sejam oferecidas disciplinas optativas que possibilitem a ampliação do conhecimento na área de Topografia. No entanto, considerando o cenário atual, essa mudança dificilmente ocorrerá a curto prazo, uma vez que a estrutura curricular dos cursos de Arquitetura e Urbanismo segue diretrizes estabelecidas que não preveem uma formação aprofundada nessa área específica.

Além disso, mesmo que o estudante curse disciplinas optativas voltadas para a Topografia, seu diploma continuará conferindo apenas o título de Arquiteto e Urbanista, sem uma especialização formal na área. Dessa forma, compreende-se que o caminho mais adequado para a obtenção de uma qualificação mais específica e reconhecida é a realização de uma pós-graduação, que possibilita não apenas o aprofundamento dos conhecimentos técnicos, mas também a obtenção de um título que ateste essa especialização. Destaca-se o PRONATEC (Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego), criado em 2011 com a finalidade de ampliar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT), por meio de programas, projetos e ações de assistência técnica e financeira (Ministério de Educação, [s.d.]), atuando no ensino técnico de nível médio e na formação inicial e continuada, permitindo que trabalhadores possam se capacitar ou atualizar seus conhecimentos.

Dentro desse contexto, os Institutos Federais desempenham um papel estratégico na oferta dos cursos FIC (Formação Inicial e Continuada), já que são instituições de ensino responsáveis por implementar e ampliar a capacitação profissional em diversas regiões do país, conforme a lei Lei nº 12.513, de 26 de outubro de 2011, que institui o PRONATEC. Por meio de suas unidades, os IFs oferecem uma ampla variedade de cursos FIC, com base nas necessidades locais de qualificação e desenvolvimento.

Na esfera da Topografia, cabe citar o curso FIC em Topografia Planimétrica, ofertado pelo Instituto Federal Sertão Pernambuco *Campus* Santa Maria da Boa Vista, que tem como conteúdo programático:

- a) Estaqueamento;
- b) Orientação magnética e geográfica;
- c) Planimetria Levantamento topográfico;
- d) Levantamento irradiação;
- e) Sistema de coordenadas;
- f) Avaliação de áreas;
- g) Escala;
- h) Desenho de poligonais.

Em conclusão, a análise realizada evidencia as limitações da formação dos(as) Arquitetos(as) Urbanistas no que diz respeito à Topografia. Embora as Diretrizes Curriculares Nacionais prevejam uma formação ampla, o tempo dedicado às disciplinas de Topografia nos cursos de Arquitetura e Urbanismo é limitado para garantir uma atuação plena, considerando a complexidade e as necessidades práticas dessa área. Sendo assim, a necessidade de formação complementar para atuar com a Topografia se torna evidente, especialmente quando se considera a importância das técnicas avançadas, que não são contempladas nas ementas das disciplinas de Topografia nos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

Nesse cenário, programas como o PRONATEC e os cursos FIC oferecidos pelos Institutos Federais têm um papel fundamental ao oferecerem oportunidades de capacitações específicas. Portanto, a integração entre a formação acadêmica e a oferta de cursos técnicos e de especialização é imprescindível para suprir as lacunas existentes e garantir que os Arquitetos Urbanistas estejam plenamente preparados para enfrentar os desafios e exigências da profissão, especialmente no que se refere às atividades de levantamento e análise topográfica.

5.2 Subáreas de atuação no campo da Topografia: ferramentas e recursos necessários

Para esse tópico, foi feita uma listagem de trabalhos atualmente demandados, destacando os recursos necessários para atuar em cada um deles.

5.2.1 *Levantamento planialtimétrico de terrenos urbanos*

O primeiro passo para a realização de um levantamento planialtimétrico é compreender as necessidades do projeto. Esse levantamento é essencial para a concepção de edificações, permitindo a correta inserção do imóvel no terreno, compatibilização com infraestrutura urbana, drenagem e acessibilidade.

Na perspectiva de um trabalho de campo para um terreno urbano de pequeno porte - até 1000 m², considera-se que o uso da Estação Total é o mais adequado, pois integra medições angulares e lineares, o que é essencial para terrenos onde pequenas variações podem impactar significativamente nos projetos.

Para garantir a precisão do levantamento, algumas boas práticas devem ser adotadas. O terreno deve estar sem obstruções entre o equipamento e os pontos de interesse. Também é necessário ter cautela ao trabalhar em ambientes com alta vibração, pois isso pode afetar a precisão das medições.

No mercado, diversas empresas oferecem equipamentos adequados para esse tipo de levantamento. A CPE Tecnologia, por exemplo, dispõe de um “Super Combo Kit Estação Total Geodetic GD2i-8 com Prisma Tipo Leica” pelo valor de R\$ 11.390,00. Esse kit inclui:

- a) 1 Estação Total Geodetic GD2i-8;
- b) 2 Baterias;
- c) 1 Alvo refletivo;
- d) 1 Cabo de energia para o carregador;
- e) 1 Pen drive;
- f) 1 Carregador;
- g) 1 Certificado de calibração;
- h) 1 Um kit chave;
- i) 1 Maleta;
- j) 1 Tampa para luneta;
- k) 1 Prisma com Suporte Geodetic Tipo Leica;
- l) 1 Tripé em Alumínio para Estação Total;
- m) 1 Bastão em Alumínio de 3,60 metros.

Para aqueles que estão iniciando na área e ainda não possuem uma cartela de cliente, a locação dos equipamentos pode ser uma alternativa viável. A loja Shop Top, por exemplo, oferece a diária da Estação Total por R\$ 87,00. Vale ressaltar que os valores de compra e locação podem sofrer variações de acordo com o câmbio do dólar.

O uso da Estação Total requer uma equipe mínima de duas pessoas: um topógrafo, responsável por operar o equipamento, e um auxiliar, que segura o prisma refletor. Além disso, é fundamental o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como botinas, capacete e coletes refletores, garantindo a segurança dos profissionais em campo.

Os equipamentos mais recentes possuem um sistema de memória que armazena os dados coletados, dispensando o uso da caderneta de campo. Tais dados são processados por diversos *softwares* especializados, como o Bentley TopoGRAPH, uma ferramenta avançada para Topografia. Esse *software* permite a importação dos dados coletados pela Estação Total, facilitando a visualização e análise das informações coletadas. Além disso, conta com recursos para modelagem digital do terreno, possibilitando a criação de curvas de nível e o cálculo de volumes de corte e aterro.

Em relação aos valores, o Bentley TopoGRAPH pode ser adquirido em diferentes modalidades de licenciamento. A assinatura anual, chamada Virtuoso Subscription, inclui treinamento e suporte técnico personalizado, com preços a partir de R\$ 6.057,00 por ano. Já a licença perpétua, que permite o uso do *software* sem necessidade de renovação, pode chegar a R\$ 15.142,00. Esses valores podem variar conforme o tipo de licença e os serviços adicionais contratados.

5.2.2 Levantamento planimétrico de imóveis rurais

No cenário atual, o levantamento planimétrico para imóveis rurais tem sido amplamente empregado, especialmente devido às exigências legais do georreferenciamento. Como citado no tópico 3.2, o georreferenciamento de imóveis rurais se tornou obrigatório desde novembro de 2023, conforme a Lei nº 10.267, ampliando significativamente a demanda por esse tipo de serviço.

Nesse contexto, o equipamento RTK, utilizando a técnica NTRIP, se destaca como uma das principais tecnologias aplicadas. Esse método permite a correção em tempo real dos sinais GNSS, garantindo maior precisão na obtenção das coordenadas geográficas. Além disso, o NTRIP utiliza uma base fixa já existente, dispensando a necessidade de instalação de uma base própria em campo, o que otimiza tempo e recursos. Essa abordagem torna os levantamentos mais ágeis e confiáveis.

Uma das vantagens do uso do RTK com NTRIP é a possibilidade de operação individual, eliminando a necessidade de um auxiliar de topografia para manuseio do prisma refletor, como ocorre em levantamentos convencionais com

Estação Total. Isso representa uma redução de custos e maior praticidade para profissionais que atuam sozinhos em campo.

Com relação aos equipamentos, a CPE Tecnologia oferece o “Kit Receptores GNSS RTK Híbrido CHC - (i90 Base / i93 Rover)”, que custa R\$ 53.900,00 e inclui:

- a) 1 receptor i73 com rádio interno;
- b) 1 receptor i93 com rádio interno;
- c) 1 coletora de dados;
- d) 1 *software LandStar* em português;
- e) 1 tripé;
- f) 1 base nivelante;
- g) 1 adaptador;
- h) 1 bastão;
- i) 1 suporte de coletora;
- j) 1 bipé.

Além da aquisição, há também a possibilidade de locação. Na CPE Tecnologia, o mesmo kit pode ser alugado por R\$ 990,00 por mês, o que pode ser uma alternativa interessante para profissionais que realizam levantamentos esporádicos e desejam reduzir investimentos iniciais.

Como mencionado no tópico 3.1.7, a coletora opera a partir do *LandStar System*. No caso da compra do kit completo, o *software* já está incluído. Entretanto, para quem adquire os itens separadamente, a licença do *LandStar7* custa R\$ 2.490,00. Esse *software*, voltado para mapeamento e levantamento em dispositivos Android e coletoras de dados CHCNAV, é amplamente testado e utilizado em campo. Embora sua versão gratuita esteja disponível para estudos e simulações, é necessário adquirir a licença para uso profissional.

No método NTRIP, é essencial contar com uma conexão estável com a internet, pois a correção dos dados GNSS ocorre em tempo real por meio de redes de referência. Isso exige planejamento prévio para garantir cobertura de sinal em campo.

Quanto aos EPIs, é fundamental utilizar botinas, coletes refletivos e outros itens de segurança apropriados para o trabalho em campo. Em áreas mais

densamente vegetadas, pode ser necessário portar um facão para abertura de caminho.

Por fim, para o processamento e validação dos dados coletados, o *software* QGIS surge como uma excelente opção. Sendo uma ferramenta gratuita e de código aberto, o QGIS permite o georreferenciamento, análise espacial e a geração de produtos cartográficos. Dependendo do modelo do RTK é possível exportar os dados em formato SHP, que é o formato suportado pelo QGIS.

5.2.3 Levantamento planialtimétrico na escala do bairro, para fins de regularização fundiária

Cabe destacar o trabalho de Enius, abordado no tópico 4.2, que atua diretamente com a restituição aerofotogramétrica para fins de regularização fundiária. Esse método consiste na extração de informações tridimensionais (altimétricas e planimétricas) a partir de imagens aéreas, permitindo a elaboração de plantas topográficas detalhadas, essenciais para processos de georreferenciamento e legalização de propriedades rurais e urbanas.

Para esse tipo de levantamento, recomenda-se o uso do RTK em conjunto com um drone, o que possibilita obter tanto a imagem georreferenciada da área quanto os dados topográficos necessários. Essa abordagem permite que um único profissional execute o trabalho em campo de forma autônoma, como faz Enius.

Nesse tipo de levantamento é possível usar o mesmo modelo de rtk citado anteriormente “Kit Receptores GNSS RTK Híbrido CHC - (i90 Base / i93 Rover)”, que custa R\$ 53.900,00 ou por aluguel no valor de R\$ 990,00 mensal. Além disso, é necessário o drone, como o “Drone DJI Matrice 300 RTK com 2 Baterias”, que custa R\$47.900,00 na CPE ou pode ser alugado por R\$529,00 por dia. Outros itens necessários incluem tinta de piso para marcação dos pontos de controle, colete refletivo e boné para proteção solar.

Além dos equipamentos, é necessário preparar o local para o levantamento. A montagem da base deve ser realizada em um ponto estratégico, sendo instalada de 4 a 5 horas antes do início do levantamento. Também é

indispensável obter a autorização da ANAC para realizar os voos com o drone. Entretanto, alguns desafios podem surgir durante a execução do levantamento. O rádio externo, por exemplo, pode não funcionar corretamente em áreas com forte interferência de sinal, como em locais próximos a redes de alta tensão, torres de comunicação ou presídios. Além disso, o drone não pode operar em áreas densamente arborizadas, pois a vegetação interfere na captação das imagens.

No que se refere a coleta de dados, é necessário utilizar o *LandStar System*, que normalmente já vem incluso no kit completo do RTK. Enquanto o processamento das informações ocorre no Mappa, ferramenta responsável por processar imagens e gerar produtos cartográficos, como ortofotos, Modelos Digitais do Terreno, Modelos Digitais de Superfície e curvas de nível, que possui um plano mensal de R\$ 599,00.

5.2.4 A Topografia na medição de pilhas de minério e de rejeitos minerários

A cubagem é uma das áreas de atuação na Topografia, sendo essencial para o cálculo do volume de pilhas de minério, rejeitos minerários e outros materiais estocados a granel. Esse processo é fundamental para a gestão de estoques, controle de produção e conformidade ambiental, especialmente no setor de mineração.

Para o processo de medição volumétrica entende-se que a tecnologia LIDAR é a mais adequada. O Laser Scanner 3D emite um feixe de luz que mede com extrema precisão as distâncias e formas de terrenos, estruturas ou objetos. A partir desses dados, é gerada uma nuvem de pontos tridimensional que representa detalhadamente o relevo ou a forma do objeto analisado.

No mercado, há diversas opções de equipamentos para cubagem. A empresa CPE, por exemplo, comercializa o Laser Scanner Portátil 3D FDJ Trion S1 pelo valor de R\$ 99.900,00, sendo possível alugá-lo por R\$ 400,00 ao dia.

A realização da cubagem pode variar conforme o tamanho da área a ser levantada. Em locais menores é possível trabalhar utilizando um Laser Scanner 3D portátil manualmente, apenas caminhando pelo terreno. Para áreas mais extensas, a tecnologia pode ser acoplada a um drone, cobrindo grandes superfícies em menos

tempo. De toda forma, em ambos os casos é possível trabalhar de forma independente.

Na indústria da mineração, essa tecnologia desempenha um papel essencial no mapeamento de áreas para novos projetos, atualização de modelos de minas em operação, medição de volumes de pilhas de minério e rejeitos, além do monitoramento de deslocamentos em taludes e barragens, contribuindo para a segurança das estruturas.

A realização desse tipo de levantamento exige o uso de EPIs, como capacete, botas de segurança e colete refletivo, garantindo a segurança dos profissionais durante a operação, especialmente nos locais de mineração.

Com base na nuvem de pontos, o *software* Bentley TopoGRAPH é capaz de realizar os cálculos volumétricos. A assinatura anual do programa, como já dito anteriormente, tem assinaturas a partir de R\$ 6.057,00 por ano.

5.2.5 O uso da topografia no levantamento de estruturas de alta complexidade: imóveis históricos e formações geológicas

A topografia é amplamente utilizada tanto para levantamento de estruturas e edificações com alto nível de complexidade e detalhes. Podendo ser usada para levantamento de igrejas para documentação do patrimônio histórico e projetos de restauração arquitetônica, garantindo a preservação de edificações antigas e sua adaptação para novos usos. Ou no levantamento de grutas e cavernas, permitindo o mapeamento detalhado da estrutura geológica, identificando seus relevos, formações rochosas, desníveis e outros acidentes geográficos.

Para ambos os casos, o método mais recomendado é o LIDAR com Laser Scanner 3D, uma tecnologia capaz de capturar e representar mínimos detalhes da superfície analisada. Esse método se destaca por sua precisão, rapidez na coleta de dados e capacidade de operar em locais de difícil acesso, como o interior de igrejas com ornamentação complexa ou cavernas de grande profundidade.

A principal diferença entre os levantamentos de edificações históricas e de grutas está na necessidade de equipamentos de proteção específicos. No caso das igrejas, muitas vezes é necessário apenas acesso a pontos elevados por meio de andaimes ou drones, enquanto em grutas e cavernas o levantamento exige

capacete, lanternas de cabeça, botas antiderrapantes e, em alguns casos, equipamentos de escalada e segurança, especialmente em terrenos instáveis ou trechos com desníveis acentuados, caso seja necessário o acesso ao interior da estrutura.

Empresas especializadas, como a CPE, oferecem equipamentos para esse tipo de levantamento. Um exemplo é o Laser Scanner Portátil 3D FDJ Trion S1, que pode ser adquirido por R\$ 99.900,00 ou alugado por R\$ 400,00 ao dia. Dependendo da complexidade do local e do nível de detalhamento exigido, é possível operar o equipamento de forma individual ou em equipe.

Cabe lembrar que o Laser Scanner 3D pode ser equipado em um drone, especialmente em locais como cavernas, que são de difícil acesso. O modelo de Laser Scanner 3D que é possível acoplar em um drone é o “Zenmuse L2” que custa R\$ 88.850,00 e o drone “Drone DJI Matrice 300 RTK com 2 Baterias - Excelente Estado” custa R\$47.900,00. O aluguel do Laser Scanner 3D é R\$ 400,00 por dia enquanto o drone custa R\$ 529,00 por dia.

Se tratando de *software*, o mais usual é o Faro Scene, utilizado para processar e analisar dados de Laser Scanner 3D. Ele possui uma ferramenta para unir nuvens de pontos e permite criar visões panorâmicas em 360°. Quanto ao preço, é difícil obter um valor exato sem entrar em contato com distribuidores ou representantes oficiais da FARO.

5.3 Posicionamento profissional e construção de clientes

Por se tratar de uma área pouco comum aos(as) Arquitetos(as) Urbanistas, é essencial traçar estratégias para se apresentar ao mercado de trabalho como profissional e obter uma cartela de clientes.

Uma boa estratégia, ainda durante a graduação, é buscar oportunidades de estágio ou trainee em empresas que atuam na área. Essas experiências proporcionam um aprendizado técnico essencial, além de permitir a familiarização com normas e regulamentações do setor. Trabalhar diretamente com Topógrafos e Engenheiros Agrimensores também ajuda a compreender os desafios da profissão e a desenvolver habilidades que serão valiosas no futuro, agregando experiência ao currículo.

Após essa fase inicial de aprendizado e construção de contatos, uma abordagem promissora é atuar junto com outros Arquitetos e Urbanistas oferecendo levantamentos topográficos para reformas, ampliações e regularizações. Isso facilita o desenvolvimento do projeto e agrega valor ao trabalho conjunto, tendo em vista que a Topografia é uma ferramenta projetual essencial para estudos de implantação de edificações, delimitação de platôs e taludes, acessos e movimentações de terra.

Projetos de movimentação de terra, aferição de obras e compatibilização de levantamentos topográficos tornam a proposta mais atrativa. A conferência de locação de elementos construtivos, por exemplo, é uma necessidade frequente em obras que exigem alta precisão, e oferecer esse serviço pode consolidar sua posição no mercado.

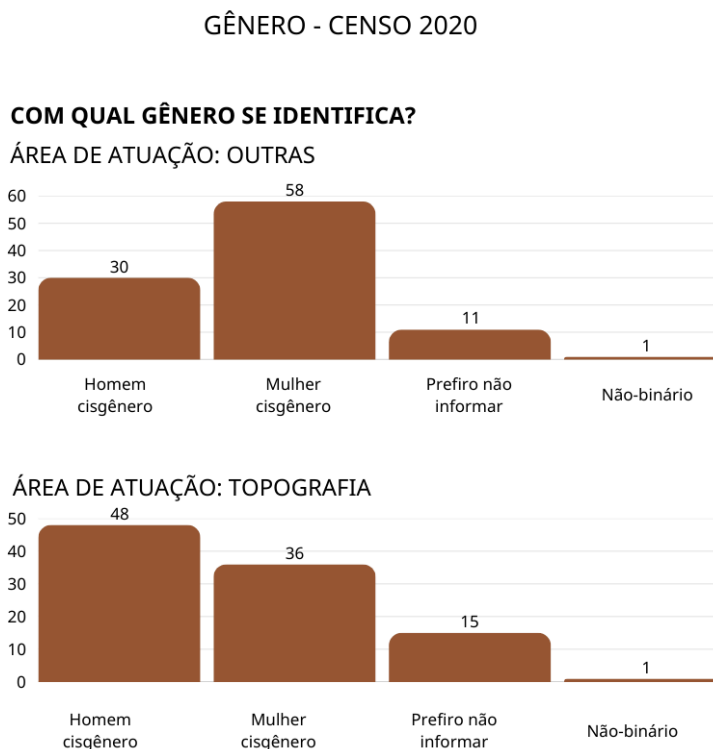
Por fim, estratégias de divulgação são fundamentais para conquistar clientes e se posicionar no mercado. Criar um portfólio digital que reúna levantamentos realizados, estudos de caso e diferenciais do serviço pode ser um ótimo ponto de partida. Utilizar redes sociais para compartilhar conteúdos explicativos sobre a Topografia aplicada à Arquitetura e Urbanismo ajuda a demonstrar autoridade no assunto. Além disso, o *networking* ativo, com participação em eventos e aproximação de escritórios e profissionais da área, pode gerar oportunidades e fortalecer sua presença no mercado.

5.4 Os Desafios de ser Arquiteta Urbanista

Cabe lembrar que no tópico “2.3 A atuação do profissional Arquiteto(a) Urbanista na Topografia” foi feito um levantamento dos dados obtidos pelo CAU. No Plano de Atuação foi feito uma filtragem adicional, pensando no sexo feminino.

A figura 58 expõe o percentual de mulheres atuando na área da Topografia ou em outras áreas da Arquitetura e Urbanismo.

Figura 58: Distribuição de gênero por área de atuação – Censo II



Fonte: Elaboração própria a partir de CAU, 2020.

Tais dados são relativamente recentes, considerando que o CAU não realizou novas pesquisas desde então. Observa-se que a presença masculina é predominante na área de Topografia, mesmo dentro do campo da Arquitetura e Urbanismo, que, conforme discutido anteriormente neste trabalho, não conta com uma participação significativa de Arquitetos(as) Urbanistas nessa atividade.

A análise dos dados do Censo do CAU revela que a presença feminina na Topografia é significativamente reduzida. A Topografia é comumente associada ao trabalho masculino. Desde a formação acadêmica até a atuação profissional, a presença feminina nesse setor parece ser desestimulada por diferentes fatores. Muitas vezes, ainda na universidade, observa-se uma divisão de áreas, na qual as mulheres são mais direcionadas para atividades relacionadas a projetos arquitetônicos e de interiores, enquanto a Topografia e os levantamentos são vistos como setores mais técnicos e operacionais, frequentemente vinculados ao trabalho de campo e ao manuseio de equipamentos especializados. Essa divisão não ocorre por falta de interesse ou competência, mas sim devido a uma construção cultural que influencia, de maneira sutil ou explícita, as escolhas profissionais.

Além do desafio de ingressar na área, muitas profissionais enfrentam dificuldades para permanecer nela. Mulheres que atuam em áreas predominantemente masculinas encontram resistência por parte de colegas e clientes a partir da necessidade constante de comprovar sua capacidade técnica. Em alguns casos, são submetidas a questionamentos que não são direcionados a profissionais homens, o que evidencia uma desigualdade na percepção de competência.

Apesar dessas barreiras, a participação feminina na Topografia tem o potencial de enriquecer a área, trazendo novas perspectivas e tornando o setor mais inclusivo e diverso. Para isso, é fundamental que haja maior incentivo desde a formação acadêmica, com disciplinas que valorizem a participação das alunas, além da divulgação de referências femininas na área. No âmbito profissional, torna-se essencial a promoção de um ambiente de trabalho mais receptivo, onde a competência seja reconhecida independentemente do gênero.

6 CONSIDERAÇÕES E APONTAMENTOS

Por fim, é importante destacar que a formação acadêmica do(a) Arquiteto(a) Urbanista é regulamentada pelo MEC e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que dedicam uma carga horária reduzida à Topografia. Por outro lado, a atuação profissional é regida pelo CAU, conforme a Resolução CAU/BR nº 21, fundamentada na Lei nº 12.378/2010, que assegura a possibilidade de atuação desses profissionais na área. No entanto, ao longo deste trabalho, ficou evidente que, apesar da permissão legal, a prática da Topografia pelos(as) Arquitetos(as) Urbanistas ainda enfrenta desafios significativos, resultantes de lacunas na formação acadêmica e de barreiras culturais ligadas à prática profissional.

O curso de Arquitetura e Urbanismo, embora abrangente em diversos aspectos, apresenta limitações em termos de profundidade nas diversas áreas estabelecidas nas DCNs. Dada a ampla gama de atribuições previstas pela legislação mencionada, torna-se evidente que o tempo de duração do curso é exíguo para preparar o profissional para uma atuação plena em todas essas frentes. Dessa maneira, a formação complementar surge como uma necessidade para aqueles que desejam se especializar em campos específicos, como a Topografia,

garantindo um exercício profissional mais qualificado e alinhado às demandas do mercado.

Outro ponto relevante abordado foi a disparidade de gênero dentro da Topografia. O levantamento de dados demonstrou que a atuação feminina nesse setor ainda é reduzida, sendo impactada por fatores culturais e estruturais que direcionam as mulheres a áreas consideradas menos técnicas. A ampliação da participação das mulheres nesse campo não é apenas uma questão de equidade, mas também um fator que pode contribuir para a diversificação das abordagens e perspectivas dentro da profissão.

Além das questões de formação e representatividade, o uso de tecnologias como GNSS, RTK e LIDAR tornou-se essencial para levantamentos mais precisos e eficientes, ampliando significativamente as possibilidades de atuação no setor. No entanto, a incorporação dessas tecnologias ao dia a dia dos(as) Arquitetos(as) Urbanistas ainda encontra barreiras, seja pela falta de familiaridade com essas tecnologias ou pela ausência de uma abordagem mais aprofundada sobre sua aplicabilidade nos cursos de graduação.

A experiência adquirida durante a elaboração deste estudo, incluindo entrevistas com profissionais e acompanhamento de levantamentos em campo, demonstrou que há espaço para os(as) Arquitetos(as) e Urbanistas nessa área, desde que haja investimento na qualificação.

REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ, Adriana; BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Cláudio; RIBEIRO, Rosina. **Topografia para Arquitetos**. Rio de Janeiro: Book Link, 2003. Disponível em: <https://www.academia.edu/16885321/Topografia_para_Arquitetos>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ANDRADE, Júlio de Silva; JÚNIOR, José Machado Coelho; NETO, Fernando Cartaxo Rolim. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. Disponível em: <https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2418/1/livro_topografiaGeral.pdf>. Acesso em: 7 set. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ATLAS ESCOLAR. **Introdução à Cartografia**. Disponível em: <<https://atlasescolar.ibge.gov.br/cartografia.html>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

BELO HORIZONTE (Município). **Lei ordinária nº 9.330, de 6 de julho de 2007**. Institui o Plano de Carreira da Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2007/933/9330/lei-ordinaria-n-9330-2007-institui-o-plano-de-carreira-da-superintendencia-de-desenvolvimento-da-capital-sudecap-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; FRANCISCHI JUNIOR, Jarbas Prado de; PAULA, Lyrio Silva de. **ABC da topografia: para tecnólogos, arquitetos e engenheiros**. São Paulo: Blucher, 2018. *E-book*. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br>>. Acesso em: 03 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.378, de 31 de dezembro de 2010**. Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências. Brasília - DF; 189ª da Independência e 122ª da República. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12378.htm>. Acesso em: 09 ago. 2024.

BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5651-rces002-10&category_slug=junho-2010-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 07 ago. 2024.

CARDOSO, M. F. et al. **Estudos sobre mapeamento temático: correlação de dados ambientais.** In: II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 2007, Presidente Prudente. Anais [...]. Presidente Prudente: UNESP, 2007. Disponível em: <https://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2007_II_SBG/artigos/A_076.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2024.

CARMO, Junio César dos Santos; FERREIRA, Bruno Rafael de Souza; ROSA, Diego de Jesus Queiroz. **Uso de RPA (*Remotely Piloted Aircraft System*) aplicado ao georreferenciamento de imóveis rurais.** Disponível em: <<https://periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/444>>. Acesso em: 05 ago. 2024.

Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR). **Censo 2020.** Disponível em: <https://caubr.gov.br/censo2020/?page_id=20>. Acesso em: 24 jul. 2024.

CAU/BR. **COMPARATIVO DOS CENSOS DE ARQUITETAS E ARQUITETOS E URBANISTAS DO BRASIL 2012(I) E 2020 (II).** Disponível em: <<https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2021/12/Comparativo-Censo-2012-2020.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2024.

Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. **Resolução CAU/BR nº 21, de 5 de abril de 2012.** Dispõe sobre as atividades e atribuições profissionais do arquiteto e urbanista e dá outras providências. Disponível em: <<https://transparencia.caubr.gov.br/arquivos/resolucao21.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2024.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. **Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo - Campus Timóteo.**

Disponível em:

<https://www.arquitetura-urbanismo.timoteo.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/332/2023/03/PPC_Arquitetura_e_Urbanismo_CEFET-MG_Campus_Timteio_novembro_2021.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2024.

COCCO, Renata Michelin; KOZLOSKI, Cássia Laire. **METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO.**

Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/pixo/article/view/19076>>.

Acesso em: 05 ago. 2024.

COUTINHO, Larissa Guedes. **O ensino de topografia no curso de arquitetura e urbanismo: uma abordagem pela aprendizagem ativa** . CesRevista, v. 29, n. 2,

pág. 5-19, 2015. Disponível em:

<<https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/cesRevista/article/view/554>>. Acesso

em: 18 ago. 2024.

CPE Tecnologia. **Como funciona o uso de drones na coleta de dados topográficos?** Disponível em:

<<https://blog.cpetecnologia.com.br/drones-coleta-de-dados-topograficos/>>. Acesso

em: 15 ago. 2024.

CPE TECNOLOGIA. **RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo: conheça agora.** Disponível em:

<<https://blog.cpetecnologia.com.br/ja-ouviu-falar-sobre-a-rbmc-rede-brasileira-de-monitoramento-continuo-dos-sistemas-gnss/>>. Acesso em 07 fev. 2025.

CPE TECNOLOGIA. **Tecnologia NTRIP: o que é e como utilizar em campo.**

Disponível em:

<<https://blog.cpetecnologia.com.br/voce-conhece-a-tecnologia-ntrip/>>. Acesso em:

10 fev. 2025.

CUNHA, Ane Hungaro; MENEZES, Alexandre Monteiro; PALHARES, Sérgio Ricardo; SILVA, Maria Beatriz de Castro; VIEIRA, Caio Faria Camargos.

Metodologia de ensino de topografia nas escolas de arquitetura e urbanismo em Minas Gerais, com o uso de tecnologia digital. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/46147>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

DAIBERT, João Dalton. **Topografia: técnicas e práticas de campo.** São Paulo: Érica, 2014.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **Qual a diferença entre drone, VANT e RPAS?** Disponível em: <<https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/qual-a-diferenca-entre-drone-vant-e-rpas/>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ESTEIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/A. **Sistema de Informações Geográficas - Santa Luzia.** Disponível em: <<https://www.esteio.com.br/executados/sig/santa-luzia/>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

Fédération Internationale des Géomètres. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/athens/papers/ts03/ts03_2_lenz.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

GIEHL, Samuel; HUINCA, Suelen Cristina Movio. **AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE MONITORIA DE TOPOGRAFIA PROPOSTA PELO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL DA FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL.** Disponível em: <https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2017/CA_02510.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

GONÇALVES, Luiz Gustavo Dantas. **AEROFOTOGRAMETRIA APLICADA AO ACOMPANHAMENTO DE CANTEIRO DE OBRAS.** Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30541/1/2020_LuizGustavoDantasGoncalves_tcc.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Aerofotogrametria. Atlas Escolar.** Disponível em:

<<https://atlascolar.ibge.gov.br/cartografia/21736-aerofotogrametria.html>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dicionário cartográfico**. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/vocabulario-e-glossarios/16496-dicionario-cartografico.html>>. Acesso em: 29 jul. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Homologação de marcos geodésicos**. Disponível em:

<https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/homologacao_marcos/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RBMC em Tempo Real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS**. Disponível em:

<<https://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/2008-2005/3067-rbmc-em-tempo-real-via-ntrip-e-seus-beneficios-nos-levantamentos-rtk-e-dgps>>. Acesso em: 12 fev. 2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RBMC-IP - *Brazilian Network for Continuous Monitoring of the GNSS Systems in real time***. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/en/geosciences/geodetic-positioning/services-for-geodetic-positioning/19291-brazilian-network-for-continuous-monitoring-of-the-gnss-systems-in-real-time.html?edicao=19293>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RESOLUÇÃO - PR no 22, de 21-07-83**. Disponível em:

<https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/bservico1602.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual técnico de posicionamento**. 1. ed. Disponível em:

<https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_tecnico_posicionamento_1ed.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2024.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual técnico de georreferenciamento: limites rurais.** 2. ed. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/Manual_Tecnico_de_Georreferenciamento_2_Edicao.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **LiDAR: sensores e plataformas.** Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/lidar>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Sensoriamento s.d.Remoto.** Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/drones>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Sensoriamento Remoto.** Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/lidar#:~:text=O%20LIDAR%20\(Light%20Detection%20and,fonte%20de%20luz%2C%20o%20laser.>](http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/lidar#:~:text=O%20LIDAR%20(Light%20Detection%20and,fonte%20de%20luz%2C%20o%20laser.>)>. Acesso em: 15 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.** Disponível em: <https://cm-kls-content.s3.amazonaws.com/201801/INTERATIVAS_2_0/GEOPROCESSAMENTO_E_SENSORIAMENTO_REMOTO/U1/LIVRO_UNICO.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. **PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO BACHARELADO EM ARQUITETURA E URBANISMO.** Disponível em: <<https://www.ifms.edu.br/centrais-de-conteudo/documentos-institucionais/projetos-pedagogicos/projetos-pedagogicos-dos-cursos-de-graduacao/projeto-pedagogico-do-curso-superior-de-arquitetura-e-urbanismo-campus-jardim.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS *CAMPUS SANTA LUZIA*. **PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE BACHARELADO EM ARQUITETURA E URBANISMO**. Disponível em: <https://www.ifmg.edu.br/santaluzia/ensino/cursos-1/arquivos/PPC_ARQUITETURA_E_URBANISMO_FEV.2023APROVADOPELAPROEN.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2024.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul *Campus Rio Grande*. **PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO - BACHARELADO**. Disponível em: <<https://ifrs.edu.br/riogrande/wp-content/uploads/sites/16/2024/04/PPC-Arquitetura-e-Urbanismo-2023.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SÃO PAULO. **PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO - PPC - BACHARELADO EM ARQUITETURA E URBANISMO**. Disponível em: <<https://drive.ifsp.edu.br/s/ZBYsEhnS2mguXeb>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ *Campus Umuarama*. **PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO**. Disponível em: <<https://ifpr.edu.br/umuarama/wp-content/uploads/sites/26/2018/08/PPC-ARQUITETURA-E-URBANISMO-APROVADO-PELA-PROENS.compressed.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. **Projeto Pedagógico do Curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo *Campus Campos Centro***. Disponível em: <<https://portal1.iff.edu.br/nossos-campi/campos-centro/cursos-nova-interface/arquivos/ppc-arquitetura.pdf/view>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INSTITUTO FEDERAL SERTÃO PERNAMBUCO. ***Campus Santa Maria da Boa Vista* oferta curso FIC em Topografia Planimétrica**. Disponível em: <<https://portalantigo.ifsertaope.edu.br/index.php/campus/santa-maria-da-boa-vista/6652-fic-topografia>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

JÚNIOR, Dionísio Costa Cruz; PAULO, Adriano; TEIXEIRA, Niel Nascimento. **Gestão urbana: avaliação do desempenho da técnica de Posicionamento GNSS RTK.** Disponível em:

<<https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2287/1344>>. Acesso em: 28 ago. 2024.

JÚNIOR, José Machado. **Topografia Básica - 3ª Ed.** Recife: 2026. Disponível em:<<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/topografia/livros/TOPOGRAFIA%20BASICA%203%20ED.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2024.

LAROUCHE, Christian; MENZORI, Mauro. **ANÁLISE DO DESEMPENHO DE SENSOR LIDAR NA MEDIÇÃO DE DESNÍVEIS.** Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/14855/209209213414>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

LOPES, Juliano Marçal. **USO DE TECNOLOGIA GNSS-RTK NO CONTROLE AUTOMATIZADO DE MÁQUINAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E INFRAESTRUTURA VIÁRIA.** Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/296887551.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MACKENZIE. **O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA GNSS E SUAS APLICAÇÕES NA TOPOGRAFIA.** Disponível em: <https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2019/Trabalhos/PIBIC_-_PROJETO_-_O_DESENVOLVIMENTO_DA_TECNOLOGIA_GNSS_E_SUAS_APLICA%C3%87%C3%95ES_NA_TOPOGRAFIA.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2025.

MAZIERO, Teresinha Peixe. **ENSINO DE TOPOGRAFIA NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO POR MEIO DE APRENDIZAGEM ATIVA.** Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8651722>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MEDEIROS, Edivaldo Carmo. **Topografia e suas tecnologias.** Disponível em: <<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/56221/1/Edivaldo.pdf>>.

Acesso em: 05 ago. 2024.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Pronatec**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=34661:pronatec>>. Acesso em: 18 fev. 2025.

M. JÚNIOR, José; C. R. NETO, Fernando; S. C. O. ANDRADE, JÚLIO. **Topografia geral. E-book**. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/topografia/livros/TOPOGRAFIA%20GERAL%203%20ED.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2024.

MELO, Alcília Afonso Albuquerque; PEREIRA, Ivanilson Santos; SIMÕES, Matheus Batista. **O uso da ferramenta digital laser scanner para a documentação do patrimônio moderno: bloco CM. UFCG. 1977**. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/rct/article/view/7003>>. Acesso em: 05 ago. 2024.

MENEZES, Alexandre Monteiro; PALHARES, Sérgio Ricardo; SILVA, Maria Beatriz de Castro. **O uso de tecnologia digital no ensino de topografia nas escolas de arquitetura em Minas Gerais - Brasil**. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/46151>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

MUSEU DA TOPOGRAFIA. **Histórico da Topografia**. Disponível em: <<http://museudetopografia.ufrgs.br/museudetopografia/index.php/historico-da-topografia>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

National Ecological Observatory Network. **LiDAR basics**. Disponível em: <<https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/lidar-basics>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

National Oceanic and Atmospheric Administration. **What is LiDAR?** Disponível em: <<https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **PROCEDIMENTOS DE PROJETOS**. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sudicap/projetos-de-infraestrutura>>. Acesso em: 30 ago. 2024.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura**. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura>>. Acesso em: 30 ago. 2024.

PRINCETON UNIVERSITY. **Global Navigation Satellite System (GNSS)**. Disponível em: <<https://www.princeton.edu/~alaink/Orf467F07/GNSS.pdf>>. Acesso em 10 fev. 2025.

RESEARCH GATE. **Light Detection and Ranging (LIDAR): An Emerging Tool for Multiple Resource Inventory**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/233622295_Light_Detection_and_Ranging_LIDAR_An_Emerging_Tool_for_Multiple_Resource_Inventory>. Acesso em: 10 fev. 2025.

RESEARCH GATE. **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/226922592_Networked_Transport_of_RTCM_via_Internet_Protocol_NTRIP>. Acesso em: 10 fev. 2025.

RESEARCH GATE. **System Calibration of Digital Levels—Experimental Results of Systematic Effects**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228885905_System_Calibration_of_Digital_Levels-Experimental_Results_of_Systematic_Effects>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SCIELO BRASIL. **A restauração na trajetória de um teodolito do acervo do MAST**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/anaismp/a/ThTwBDW58g4fDdhF3sYkCDz/?lang=pt#:~:text=O%20teodolito%20%C3%A9%20um%20instrumento,zenitais%2011%20e%20azimutes%2012>>. Acesso em 07 fev. 2025.

SOUSA, Marcos Timóteo Rodrigues de; ROSAS, Celbo Antonio Fonseca. **O uso do teodolito mecânico no ensino da topografia: as formas “artesaniais” de coleta de dados frente às novas tecnologias de precisão**. Ciência Geográfica, Bauru, v. 1, pág. 309-321, jan./dez. 2019. Disponível em: <https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_1/agb_xxiii_1_web/agb_xxiii_1>

-21.pdf >. Acesso em: 02 mar. 2025.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de Topografia**. [s.l.] Bookman Editora, 2014.

VETTORAZZI, C. A. **Fotogrametria aplicada à engenharia**. Disponível em: http://www.ler.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/leb450/Vettorazzi/LEB450_Fotogrametria_2016.pdf. Acesso em: 6 dez. 2024.

ZIMMERMANN, Cláudio Cesar. **TOPOGRAFIA I: CONCEITOS GERAIS E PLANIMETRIA**. Disponível em: <https://petecv.ufsc.br/wp-content/uploads/2021/06/Apostila-Topografia-I-Junho-2021-%C3%9Altima.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2024.