

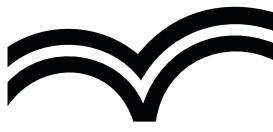
# FUNDAMENTOS DE TOPOGRAFIA

Prof. Vitor Motoaki Yabiku



2019

1ª Edição



Copyright © UNIASSELVI 2019

*Elaboração:*

*Prof. Vitor Motoaki Yabiku*

*Revisão, Diagramação e Produção:*

*Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI*

Ficha catalográfica elaborada na fonte pela Biblioteca Dante Alighieri

UNIASSELVI – Indaial.

Y11f

Yabiku, Vitor Motoaki

Fundamentos de topografia. / Vitor Motoaki Yabiku. – Indaial:  
UNIASSELVI, 2019.

230 p.; il.

ISBN 978-85-515-0319-5

1. Topografia. - Brasil. II. Centro Universitário Leonardo Da Vinci.

CDD 526.98

# APRESENTAÇÃO

---

Caro acadêmico! Bem-vindo ao Livro Didático Fundamentos da Topografia. Ele é dividido em três unidades: Unidade 1 – Introdução à topografia; Unidade 2 – Técnicas de levantamento topográfico e Unidade 3 – GNSS, Geoprocessamento e Normas Técnicas.

A Unidade 1 é uma introdução à topografia e nela é abordado o tema de Geodésia, que é o mapeamento levando em consideração a curvatura terrestre e os impactos gerados no desenvolvimento e obtenção de coordenadas para orientação no espaço. Em seguida serão abordados os tópicos de introdução à topografia, levando em consideração os conceitos necessários para o entendimento e interpretação de informações topográficas presentes em plantas e projetos arquitetônicos e de engenharia, além de constar a descrição dos equipamentos utilizados em serviços de campo juntamente com suas respectivas fotos e funcionalidades. Esta é uma unidade de grande importância para que o aprendizado seja exponencial, porque os conceitos e equipamentos apresentados irão impactar nas unidades seguintes.

A Unidade 2 aborda as técnicas de levantamento topográfico, focando nos cálculos empregados em campo e escritório para solução de problemas cotidianos enfrentados pelos profissionais que atuam na área. Nesta unidade serão focados os cálculos baseados em geometrias obtidas em campo para mapeamentos tridimensionais e bidimensionais.

A Unidade 3 apresenta técnicas de levantamento com o uso de equipamentos GNSS, que é o grande aliado da engenharia e arquitetura no mapeamento urbano e rural, assim como no desenvolvimento de demarcações de obras. Nesta unidade serão apresentados os métodos para o levantamento, utilizando equipamentos GNSS e também os equipamentos empregados no sensoriamento remoto, além das normas que são empregadas para aferir a qualidade dos trabalhos executados.

Espero que você, acadêmico, esteja satisfeito com o curso que está desenvolvendo e trabalhe para construir uma sociedade com maior respeito, e consciênciade que o estudo é essencial para o crescimento pessoal e social.

Boa leitura e bons estudos!

Prof. Vitor Motoaki Yabiku



Você já me conhece das outras disciplinas? Não? É calouro? Enfim, tanto para você que está chegando agora à UNIASSELVI quanto para você que já é veterano, há novidades em nosso material.

Na Educação a Distância, o livro impresso, entregue a todos os acadêmicos desde 2005, é o material base da disciplina. A partir de 2017, nossos livros estão de visual novo, com um formato mais prático, que cabe na bolsa e facilita a leitura.

O conteúdo continua na íntegra, mas a estrutura interna foi aperfeiçoada com nova diagramação no texto, aproveitando ao máximo o espaço da página, o que também contribui para diminuir a extração de árvores para produção de folhas de papel, por exemplo.

Assim, a UNIASSELVI, preocupando-se com o impacto de nossas ações sobre o ambiente, apresenta também este livro no formato digital. Assim, você, acadêmico, tem a possibilidade de estudá-lo com versatilidade nas telas do celular, tablet ou computador.

Eu mesmo, UNI, ganhei um novo layout, você me verá frequentemente e surgirei para apresentar dicas de vídeos e outras fontes de conhecimento que complementam o assunto em questão.

Todos esses ajustes foram pensados a partir de relatos que recebemos nas pesquisas institucionais sobre os materiais impressos, para que você, nossa maior prioridade, possa continuar seus estudos com um material de qualidade.

Aproveito o momento para convidá-lo para um bate-papo sobre o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE.

Bons estudos!

# BATE SOBRE O PAPO ENADE!



Olá, acadêmico!



Você já ouviu falar sobre o ENADE?

Se ainda não ouviu falar nada sobre o ENADE, agora você receberá algumas informações sobre o tema.

Ouviu falar? Ótimo, este informativo reforçará o que você já sabe e poderá lhe trazer novidades.



Vamos lá!



Qual é o significado da expressão ENADE?

## EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

Em algum momento de sua vida acadêmica você precisará fazer a prova ENADE.



Que prova é essa?

É **obrigatória**, organizada pelo INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Quem determina que esta prova é obrigatória... O MEC – Ministério da Educação.



O objetivo do MEC com esta prova é o de avaliar seu desempenho acadêmico assim como a qualidade do seu curso.

**Fique atento!** Quem não participa da prova fica impedido de se formar e não pode retirar o diploma de conclusão do curso até regularizar sua situação junto ao MEC.



Não se preocupe porque a partir de hoje nós estaremos auxiliando você nesta caminhada.



Você receberá outros informativos como este, complementando as orientações e esclarecendo suas dúvidas.



Você tem uma trilha de aprendizagem do ENADE, receberá e-mails, SMS, seu tutor e os profissionais do polo também estarão orientados.



Participará de webconferências entre outras tantas atividades para que esteja preparado para #mandar bem na prova ENADE.

Nós aqui no NEAD e também a equipe no polo estamos com você para vencermos este desafio.



Conte sempre com a gente, para juntos mandarmos bem no ENADE!





# SUMÁRIO

<b>UNIDADE 1 - INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA .....</b>	<b>1</b>
<b>TÓPICO 1 - GEODÉSIA.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 CONCEITOS DE GEODÉSIA .....</b>	<b>3</b>
<b>3 REFERENCIAIS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS .....</b>	<b>4</b>
3.1 ELIPSOIDE.....	5
3.2 GEOIDE .....	6
3.3 RELAÇÃO ENTRE AS SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA .....	9
<b>4 DATUM.....</b>	<b>10</b>
4.1 DATUM TOPOCÊNTRICO .....	11
<b>5 PROJEÇÕES.....</b>	<b>12</b>
5.1 DATUM GEOCÊNTRICO .....	12
<b>6 SISTEMAS DE COORDENADAS .....</b>	<b>14</b>
6.1 SISTEMAS DE COORDENADAS ELIPSOIDAI.....	14
6.2 SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) .....	17
<b>RESUMO DO TÓPICO 1.....</b>	<b>22</b>
<b>AUTOATIVIDADE .....</b>	<b>23</b>
<b>TÓPICO 2 - TOPOGRAFIA: INTRODUÇÃO E CONCEITOS .....</b>	<b>25</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
2.1 REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA .....	25
2.2 OBRAS .....	27
2.3 CADASTRO AMBIENTAL E URBANO .....	29
<b>3 TIPOS DE LEVANTAMENTO .....</b>	<b>30</b>
3.1 PLANIMÉTRICO .....	30
3.2 ALTIMÉTRICO.....	31
3.3 PLANIALTIMÉTRICO .....	32
3.3.1 Altura, Altitude e Cota .....	32
3.4 LEVANTAMENTO COM COORDENADAS GEORREFERENCIADAS .....	33
3.5 LEVANTAMENTO COM COORDENADAS ARBITRÁRIAS .....	33
<b>4 ÂNGULOS .....</b>	<b>35</b>
4.1 FORMA SEXAGESIMAL .....	35
4.2 FORMA DECIMAL .....	36
4.3 CONVERSÃO DE COORDENADAS SEXAGESIMAIS PARA DECIMAIS E VICE-VERSA.....	36
<b>5 DISTÂNCIAS .....</b>	<b>38</b>
5.1 MEDIDA DIRETA DE DISTÂNCIAS.....	38
5.2 MEDIDA INDIRETA DE DISTÂNCIAS.....	39
5.3 DISTÂNCIA INCLINADA, HORIZONTAL E VERTICAL.....	40
<b>6 DECLIVIDADES.....</b>	<b>42</b>
<b>7 ORIENTAÇÕES .....</b>	<b>43</b>
7.1 FUNÇÃO DA ORIENTAÇÃO PARA A TOPOGRAFIA .....	43
7.1.1 Norte magnético .....	44

7.1.2 Norte geográfico .....	45
7.1.3 Norte de quadrícula .....	45
7.2 AZIMUTE.....	45
7.3 RUMO.....	47
7.4 CONVERSÃO DE RUMOS PARA AZIMUTES.....	49
<b>8 ERROS DE MEDAÇÃO .....</b>	<b>50</b>
8.1 ERROS GROSSEIROS.....	50
8.2 ERROS SISTEMÁTICOS .....	50
8.3 ERROS ACIDENTAIS.....	51
<b>9 UNIDADES DE MEDIDA .....</b>	<b>51</b>
<b>10 EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>52</b>
10.1 TEODOLITO.....	52
10.2 ESTAÇÃO TOTAL .....	53
10.3 NÍVEL GEOMÉTRICO.....	55
10.4 GPS .....	56
10.4.1 Gps De Navegação .....	58
10.5 VANT .....	59
10.6 PERIFÉRICOS.....	61
10.6.1 Régua Graduada .....	61
10.6.2 Tripé.....	62
10.6.3 Conjunto Prisma e Bastão.....	63
10.6.4 Piquetes e Demarcações.....	64
10.6.5 Equipamentos Complementares .....	65
<b>RESUMO DO TÓPICO 2.....</b>	<b>69</b>
<b>AUTOATIVIDADE .....</b>	<b>70</b>
<b>UNIDADE 2 - TÉCNICAS DA TOPOGRAFIA .....</b>	<b>73</b>
<b>TÓPICO 1 - GEOMETRIA APLICADA À TOPOGRAFIA .....</b>	<b>75</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>2 TIPOS DE TRIÂNGULOS .....</b>	<b>76</b>
<b>3 TRIÂNGULO RETÂNGULO E SOMATÓRIO ANGULAR INTERNO.....</b>	<b>77</b>
<b>4 CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO .....</b>	<b>78</b>
<b>5 FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS .....</b>	<b>79</b>
5.1 FUNÇÃO SENO.....	80
5.2 FUNÇÃO COSSENO.....	82
5.3 FUNÇÃO TANGENTE .....	83
5.4 FUNÇÕES ARCO.....	84
<b>6 TEOREMA DE PITÁGORAS .....</b>	<b>84</b>
6.1 CÁLCULOS DE DISTÂNCIAS HORIZONTAIS E VERTICAIS .....	85
6.2 CÁLCULOS DE DISTÂNCIAS INCLINADAS .....	89
<b>7 LEI DOS SENOS .....</b>	<b>90</b>
7.1 AQUISIÇÃO DE DISTÂNCIAS.....	92
7.2 AQUISIÇÃO DE ÂNGULOS .....	94
<b>8 LEI DOS COSSENOS .....</b>	<b>97</b>
8.1 AQUISIÇÃO DE DISTÂNCIAS.....	98
8.2 AQUISIÇÃO DE ÂNGULOS .....	99
<b>9 CÁLCULO DO PERÍMETRO .....</b>	<b>101</b>
<b>10 CÁLCULO DE ÁREAS.....</b>	<b>103</b>
10.1 MÉTODO DE HERÓN .....	103
10.2 MÉTODO DE GAUSS .....	104
<b>RESUMO DO TÓPICO 1.....</b>	<b>109</b>

AUTOATIVIDADE .....	110
<b>TÓPICO 2 - MÉTODOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO .....</b>	<b>111</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>2 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO .....</b>	<b>111</b>
<b>2.1 MÉTODO DA POLIGONAÇÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>2.1.1 Poligonal aberta .....</b>	<b>112</b>
<b>2.1.2 Poligonal fechada.....</b>	<b>116</b>
<b>2.1.3 Poligonal enquadrada .....</b>	<b>117</b>
<b>2.1.4 Estação livre.....</b>	<b>119</b>
<b>3 CÁLCULO DE AZIMUTES .....</b>	<b>120</b>
<b>3.1 CÁLCULO DE COORDENADAS.....</b>	<b>123</b>
<b>3.2 APLICAÇÃO DAS LEIS DO SENO E DO COSSENO EM SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>128</b>
<b>3.2.1 Implantação de marcos .....</b>	<b>129</b>
<b>3.2.2 Implantação de marcos para alinhamentos .....</b>	<b>130</b>
<b>3.3 IDENTIFICAÇÃO DE COTAS INACESSÍVEIS .....</b>	<b>136</b>
<b>3.4 CÁLCULOS DE ERROS DE MEDIDA.....</b>	<b>139</b>
<b>3.4.1 Erro angular.....</b>	<b>139</b>
<b>3.4.2 Erro linear .....</b>	<b>140</b>
<b>LEITURA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>143</b>
<b>RESUMO DO TÓPICO 2.....</b>	<b>145</b>
<b>AUTOATIVIDADE .....</b>	<b>146</b>
 UNIDADE 3 - GNSS, NORMAS E PRODUTOS DA TOPOGRAFIA .....	147
<b>TÓPICO 1 - MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS E GEOPROCESSAMENTO .....</b>	<b>149</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>149</b>
<b>2 GPS .....</b>	<b>150</b>
<b>3 GLONASS .....</b>	<b>150</b>
<b>4 TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO COM GNSS .....</b>	<b>151</b>
<b>4.1 MÉTODO ESTÁTICO .....</b>	<b>151</b>
<b>4.2 MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO.....</b>	<b>152</b>
<b>4.3 MÉTODO SEMICINEMÁTICO (STOP AND GO).....</b>	<b>152</b>
<b>4.4 MÉTODO CINEMÁTICO.....</b>	<b>153</b>
<b>4.5 MÉTODO RELATIVO CINEMÁTICO EM TEMPO REAL (RTK).....</b>	<b>153</b>
<b>5 FATORES QUE AFETAM A PRECISÃO NO LEVANTAMENTO GPS.....</b>	<b>155</b>
<b>5.1 DISTRIBUIÇÃO DE SATÉLITES NA ÓRBITA EM RELAÇÃO AO POSICIONAMENTO EM SOLO.....</b>	<b>155</b>
<b>5.2 OBSTRUÇÕES FÍSICAS NAS PROXIMIDADES DO LEVANTAMENTO.....</b>	<b>157</b>
<b>5.3 ÂNGULO DE MÁSCARA .....</b>	<b>158</b>
<b>6 REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO (RBMC) .....</b>	<b>159</b>
<b>7 SENSORIAMENTO REMOTO.....</b>	<b>161</b>
<b>7.1 SENsores ORBITAIS ATIVOS E PASSIVOS.....</b>	<b>161</b>
<b>7.2 AEROFOTOGRAFETRIA.....</b>	<b>162</b>
<b>8 GEOPROCESSAMENTO.....</b>	<b>163</b>
<b>8.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAD) .....</b>	<b>164</b>
<b>8.2 FERRAMENTAS DO GEOPROCESSAMENTO.....</b>	<b>167</b>
<b>8.2.1 Atributos alfanuméricos.....</b>	<b>168</b>
<b>8.2.2 Atributos geométricos .....</b>	<b>170</b>
<b>9 RELACIONAMENTO ESPACIAL.....</b>	<b>171</b>

<b>10 POTENCIALIDADES DO GEOPROCESSAMENTO .....</b>	<b>171</b>
<b>11 LIMITAÇÕES DO GEOPROCESSAMENTO .....</b>	<b>172</b>
<b>12 GEOPROCESSAMENTO E TOPOGRAFIA .....</b>	<b>173</b>
<b>RESUMO DO TÓPICO 1.....</b>	<b>177</b>
<b>AUTOATIVIDADE .....</b>	<b>178</b>
<b>TÓPICO 2 - NORMATIZAÇÕES.....</b>	<b>179</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>179</b>
<b>2 NBR 13.133 – EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO .....</b>	<b>179</b>
2.1 NBR 10.582 – APRESENTAÇÃO DA FOLHA PARA DESENHO TÉCNICO .....	182
2.2 NBR 14.166 – REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL .....	182
2.3 NBR 10.068 – FOLHA DE DESENHO: LAYOUT E DIMENSÕES.....	183
<b>RESUMO DO TÓPICO 2.....</b>	<b>190</b>
<b>AUTOATIVIDADE .....</b>	<b>191</b>
<b>TÓPICO 3 - PRODUTOS DA TOPOGRAFIA .....</b>	<b>193</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>193</b>
<b>2 REPRESENTAÇÃO NUMÉRICA DO TERRENO.....</b>	<b>193</b>
2.1 CURVAS DE NÍVEL .....	193
2.2 MODELO DIGITAL DO TERRENO .....	196
2.3 MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE .....	197
<b>3 CÁLCULO DE VOLUME .....</b>	<b>198</b>
3.1 PERFIL LONGITUDINAL.....	198
3.2 SEÇÕES TRANSVERSAIS .....	200
<b>4 PROJETO GEOMÉTRICO RODOVIÁRIO.....</b>	<b>202</b>
4.1 COMPONENTES DE UM PROJETO GEOMÉTRICO RODOVIÁRIO .....	202
4.1.1 Terreno primitivo .....	203
4.1.2 Configuração de traçado.....	204
4.1.3 Tangentes .....	205
4.1.4 Curva circular.....	206
4.1.5 Curva espiral .....	209
4.1.6 Superelevação.....	210
4.1.7 Superlargura.....	211
<b>5 LOCAÇÃO DE OBRAS .....</b>	<b>212</b>
<b>6 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART) .....</b>	<b>213</b>
<b>7 MEMORIAL DESCRIPTIVO.....</b>	<b>214</b>
<b>RESUMO DO TÓPICO 3.....</b>	<b>223</b>
<b>AUTOATIVIDADE .....</b>	<b>224</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>226</b>

## INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

**A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:**

- desenvolver e interpretar tipos de coordenadas utilizadas em plantas topográficas e obras;
- identificar, questionar e resolver problemas existentes na comparação entre projeto e realidade;
- avaliar serviços topográficos antigos e compatibilizar com unidades de medida atuais;
- interpretar e avaliar uma planta topográfica quanto à sua finalidade;
- distinguir equipamentos de acordo com suas funcionalidades.

### PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em dois tópicos. No decorrer da unidade você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – GEODÉSIA

TÓPICO 2 – TOPOGRAFIA: INTRODUÇÃO E CONCEITOS



## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os objetivos da topografia está o mapeamento de áreas, e como estamos sobre a superfície do planeta Terra, precisamos levar em consideração o seu posicionamento geográfico e muitas vezes a curvatura do planeta. A ciência que estuda este mapeamento do formato terrestre e seu posicionamento sobre ela é a Geodésia. Friedrich Robert Helmert, que foi professor de Geodésia na Universidade de Aachen e, posteriormente, diretor do Instituto Geodésico da Prússia, definiu a Geodésia como “A ciência que se ocupa da medição do campo gravífico da Terra e da representação cartográfica da sua superfície” (*apud* CASACA; MATOS; DIAS, 2010, p. 1).

A Geodésia, no século XIX, era dividida em dois tipos: a Geodésia Superior, que compreendia o posicionamento sobre a superfície terrestre e os estudos dos campos de gravidade, e a Geodésia Inferior, que compreendia o mapeamento somente sobre um plano cartográfico mais aproximado da realidade.

Para o profissional que atua na área de topografia, o conhecimento de Geodésia é extremamente importante para que a representação espacial do serviço executado seja realizada de maneira satisfatória e não haja equívocos na apresentação de plantas, tanto quanto as coordenadas, projeções e escalas utilizadas.

## 2 CONCEITOS DE GEODÉSIA

O entendimento da Geodésia faz-se necessário para que o responsável técnico do trabalho entenda que os elementos que formam a topografia não são somente restritos ao local de trabalho. O serviço topográfico pode relacionar-se a feições posicionadas geograficamente no planeta, sendo necessário, assim, o entendimento de como posicionar-se de acordo com essas coordenadas geográficas e também em relação ao nível do mar.

Os conceitos e denominações utilizados na Geodésia frequentemente são esquecidos pelos acadêmicos e profissionais da área pelo desconhecimento, entretanto, os resultados da Geodésia são utilizados no cotidiano pela maioria das pessoas que desejam atualmente se locomover nas grandes cidades com o uso de GPS ou até mesmo utilizando mapas impressos. O conhecimento do posicionamento terrestre de maneira dinâmica atualmente só é possível pela

utilização de conceitos de Geodésia e conhecimentos acerca do globo terrestre. Para que esse posicionamento seja possível são utilizados os referenciais.

Seguindo o objetivo da Geodésia, que tem como foco uma descrição da geometria terrestre, nos tópicos a seguir são apresentados os referenciais para a modelagem destes dados.

### 3 REFERENCIAIS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS

O posicionamento terrestre é importante tanto para uma pessoa quanto para os elementos que estão situados sobre a superfície terrestre. Todo elemento que ocupa espaço está situado num local no planeta Terra, portanto, é possível de ser referenciado no espaço.

Os referenciais são necessários, por exemplo, quando você vai a um determinado local desconhecido e precisa conversar com alguém para conseguir informações sobre como chegar ao local desejado. Durante a conversa, geralmente a pessoa “perdida” indica um local muito conhecido e próximo ao local onde é desejado chegar, desta maneira, estabelece-se um referencial entre a pessoa que está “perdida” e quem está ouvindo a mensagem, para que ambos falem do mesmo local que é o objetivo.

O posicionamento geográfico funciona de maneira muito semelhante, entretanto, como as formas e dimensões do planeta são muito maiores do que, por exemplo, um bairro, é necessário que seja utilizado um sistema de coordenadas para que todas as pessoas entendam do que está sendo conversado. Estes sistemas de coordenadas são projetados sobre uma esfera achatada denominada **elipsoide**, que tem a função de fornecer as coordenadas planimétricas (em duas dimensões).

O elipsoide, citado no parágrafo anterior, tem a função de fornecer essas coordenadas planimétricas, mas não consegue fornecer referências altimétricas. Para os serviços e plantas de engenharia, o referencial altimétrico é muito importante e funciona da mesma forma que o referencial planimétrico, sendo necessário fornecer uma referência. Qualquer ponto pode ser uma referência altimétrica para o que se deseja medir. Por exemplo, a sua altura é verificada da base do seu pé até o limite da sua cabeça. Caso o referencial para medir a altura de um indivíduo fosse o joelho, a altura dele seria menor do que a realidade, portanto, para muitos serviços de engenharia é tomado como referencial altimétrico o nível do mar.

A utilização do nível médio do mar é uma referência oficial para a altimetria, e até o ano de 1946 não existia um referencial único para a altimetria no país, desta maneira, as obras contavam com diferentes referenciais, sendo necessária uma compatibilização destas informações. A partir deste ano, foi adotado como referencial o marégrafo de Torres-RS e posteriormente este referencial foi alterado para Imbituba-SC, pois a variação identificada neste marégrafo era menor na

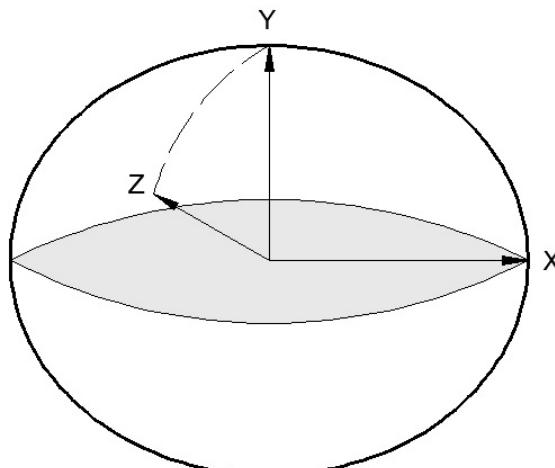
comparação com os outros existentes no país. Atualmente, a referência altimétrica pode ser baseada no **geoide**.

Para entender esse posicionamento é necessário ter conhecimento das três superfícies utilizadas para a determinação deste posicionamento: o elipsoide, o geoide e a superfície topográfica, que serão retratadas nos tópicos a seguir.

### 3.1 ELIPSOIDE

A superfície terrestre não possui um formato homogêneo. O planeta possui uma forma imprevisível perante a matemática, portanto foi necessário criar uma circunferência na qual fosse possível projetar toda a superfície para um referencial. De acordo com o Glossário Cartográfico do IBGE (IBGE, 2018a, s.p.), o elipsoide é “a distância vertical a partir de um referencial, geralmente o nível médio dos mares, ao ponto considerado. As altitudes obtidas pelo rastreamento de satélites artificiais têm como referência um elipsoide, sendo, por isso, geométricas”. Essa forma previsível, matematicamente, chamada de elipsoide, é a generalização da forma da Terra descrita por uma elipse, como a apresentada na Figura 1:

FIGURA 1 – FORMA DE UMA ELIPSE, FORMANDO O ELIPSOIDE



FONTE: O autor

A forma terrestre possui um achatamento nos polos, sendo necessário representar isso também no elipsoide. Através da geometria apresentada na Figura 1, é possível perceber que a forma é composta por duas distâncias. Uma que acompanha o eixo das abscissas (X) e outra que acompanha o eixo das ordenadas (Y). A consequência do achatamento dos polos é a impossibilidade de fazer a representação terrestre num círculo perfeito, sendo necessário o uso do elipsoide com achatamento no sentido norte-sul.

## 3.2 GEOIDE

O geoide é outra superfície de referência utilizada para a representação do planeta, entretanto, o foco desta é a representação altimétrica e não planimétrica, como o elipsoide. A representação altimétrica é baseada também numa referência: o nível do mar.

O nível médio dos mares está submetido à força da gravidade, que é variável em todo o planeta devido a forças naturais existentes. Dessa maneira, o valor de  $10 \text{ m/s}^2$  não pode ser afirmado como sempre verdadeiro, variando positiva ou negativamente devido ao posicionamento terrestre. Para realizar a medição do impacto desta variação gravitacional no nível dos mares, que é a nossa referência, são utilizados os **marégrafos**.

Existem vários marégrafos situados no Brasil e eles têm a função de registrar o nível médio dos mares. O primeiro marégrafo utilizado como referência de nível foi o de Torres (RS), em 1946, que foi substituído posteriormente pelo situado no Porto de Imbituba (SC), em 1958 (IBGE, 1990, p.1). Além destes marégrafos citados, existem outros, como o de Laguna (SC), Porto Belo (SC), Rio de Janeiro (RJ), Belém (PA), Recife (PE), Fortaleza (CE), Sepetiba (RJ), Vitória (ES), Canavieiras (BA), dentre outros situados na costa brasileira. Cada um dos marégrafos registra a altitude média do nível dos mares no local onde ele está situado, entretanto, esse nível médio dos mares sobre a ação da força da gravidade varia de acordo com o posicionamento na superfície terrestre. Esta variação do campo gravitacional ocorre devido às forças geológicas que influenciam na distribuição da massa da Terra, impactando no nível médio dos mares. A divergência deste nível pode ser observada no Quadro 1, que compara os níveis em relação à referência de Imbituba:

QUADRO 1 – VALORES MÉTRICOS DE DIVERGÊNCIA DO NÍVEL DOS MARES EM RELAÇÃO AO MARÉGRAFO DE IMBITUBA

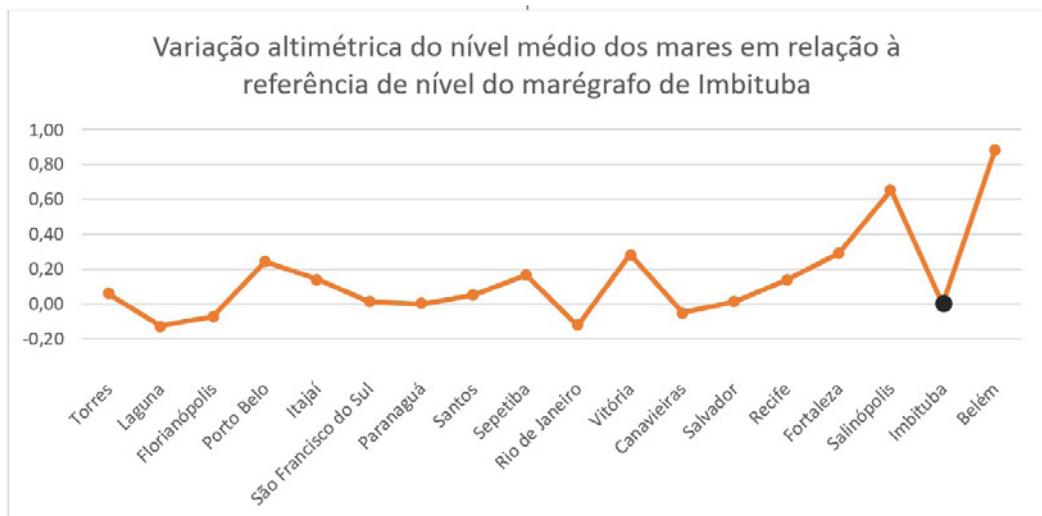
Marégrafo	Divergência (m)
Torres	+0,0584
Laguna	-0,1267
Florianópolis	-0,0727
Porto Belo	+0,2426
Itajaí	+0,1399
São Francisco do Sul	+0,0136
Paranaguá	+0,0010
Santos	+0,0521
Sepetiba	+0,1657
Rio de Janeiro	-0,1237
Vitória	+0,2840
Canavieiras	-0,0509

Marégrafo	Divergência (m)
Salvador	+0,0113
Recife	+0,1382
Fortaleza	+0,2923
Salinópolis	+0,6535
Belém	+0,8808

FONTE: IBGE (1990, p. 4)

A Figura 2 apresenta o gráfico gerado a partir desta variação, sendo possível verificar de maneira mais simplificada essa amplitude, de mais de 1 metro, existente entre Sepetiba (RJ) e Belém (PA). Fica também mais visível que Paranaguá, São Francisco do Sul e Salvador possuem pouca divergência em relação ao marégrafo de Imbituba:

FIGURA 2 – GRÁFICO DE VARIAÇÃO ALTIMÉTRICA DO NÍVEL MÉDIO DOS MARES EM COMPARAÇÃO À REFERÊNCIA DE IMBITUBA



FONTE: IBGE (1990)

A partir da referência de nível (RN) fixada no porto de Imbituba, vários pontos foram transportados para diferentes locais do país, gerando uma malha de pontos contendo informação de altitude com precisão para que fossem utilizados em projetos, especialmente de saneamento básico, irrigação, estradas e comunicação. O transporte destes pontos para o interior do país e demais áreas litorâneas foi um marco para a engenharia, tendo em vista todo o esforço e equipamento empregado para o desenvolvimento de tal tarefa. Os benefícios para as obras de grande porte foram enormes, tendo em vista que após o uso deste mesmo referencial as obras poderiam ter um controle altimétrico de maior confiabilidade.

A Figura 3 apresenta a distribuição desta malha de pontos com informações altimétricas de precisão no Brasil:

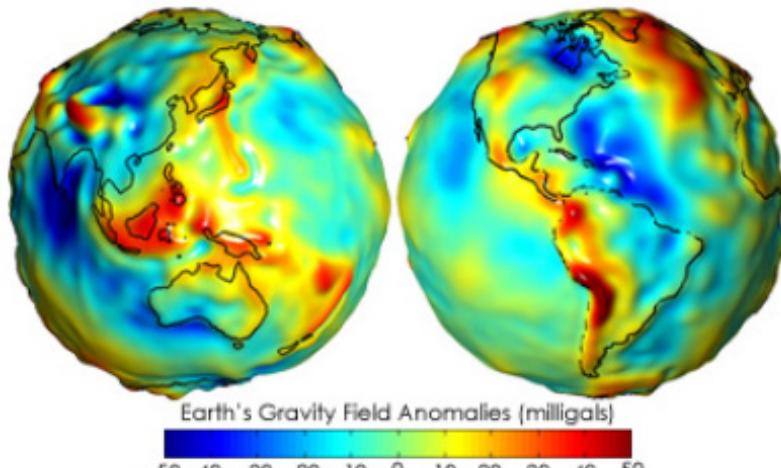
FIGURA 3 – REDE ALTIMÉTRICA DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO



FONTE: IBGE (2017, p. 1)

A variação deste nível médio dos mares ocorre em todo o mundo e é registrada para compor um mapeamento global desta variação, com isso gera um modelo que representa um potencial gravitacional igual em toda sua extensão, representando, consequentemente, o nível dos mares. Este modelo é chamado de **geoide**. A Figura 4 apresenta um modelo geoidal:

FIGURA 4 – GEOIDE



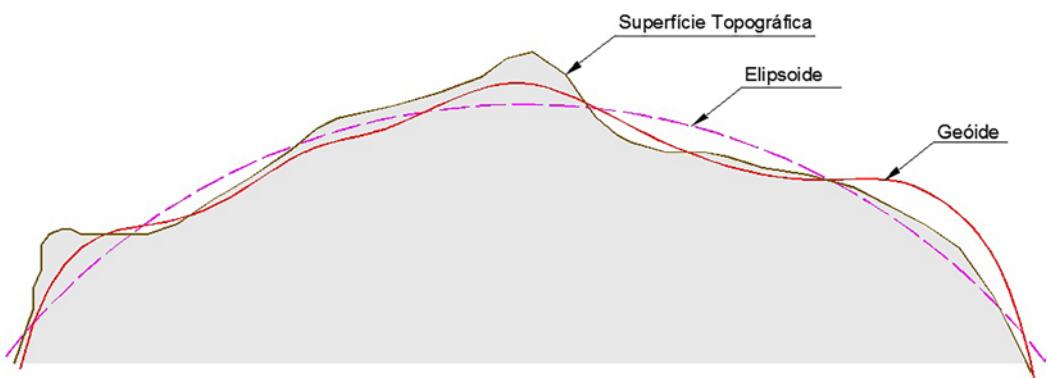
FONTE: Nasa (2004, s.p.)

Na Figura 4, os pontos com cor mais intensa representam uma anomalia gravitacional mais forte. A área onde está situada a Cordilheira dos Andes e o Mar do Caribe, por exemplo, são locais onde a gravidade está alterada, gerando uma deformidade no geoide.

### 3.3 RELAÇÃO ENTRE AS SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

Agora que você já conhece as duas superfícies necessárias para a interpretação dos dados topográficos é possível cruzar as informações sobre estas, obtendo um resultado de coordenadas planimétricas e altimétricas: são os dados planialtimétricos. Na Figura 5 é possível observar o elipsoide e geoide em sobreposição à superfície topográfica:

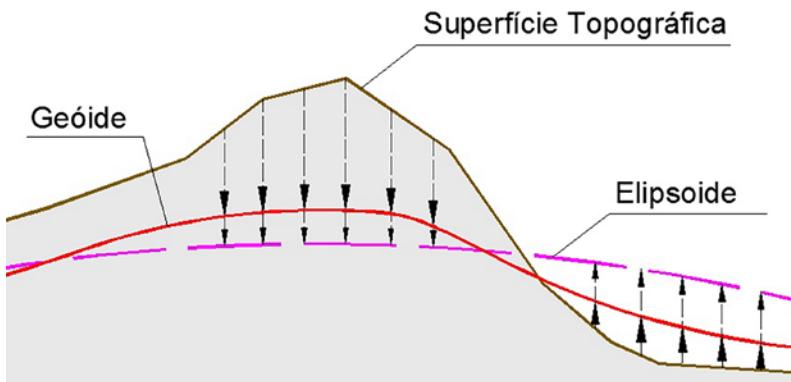
FIGURA 5 – ELIPSOIDE, SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA E GEOIDE



FONTE: O autor

A superfície topográfica é o local onde os seres vivos estão situados e é onde os equipamentos de topografia são instalados para o desenvolvimento de serviços topográficos. Para a aquisição de coordenadas geográficas precisas do ponto onde o indivíduo está trabalhando é necessária a instalação de equipamento GPS (*Global Positioning System*) apropriado, que fornecerá essas coordenadas. Estas coordenadas fornecidas pelo GPS são provenientes de um elipsoide de referência, como apresentado na Figura 6:

FIGURA 6 – PROJEÇÃO DE DADOS DA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA PARA ELIPSOIDE E VICE-VERSA



FONTE: O autor

Na Figura 6, as setas menores indicam que as informações existentes na superfície topográfica são projetadas para o elipsoide, tanto a superfície topográfica que está acima dele quanto a que está abaixo, resultando numa superfície equivalente para toda a representação. As setas maiores representam a projeção dos dados para o nível do mar, que é baseada no geoide.

## 4 DATUM

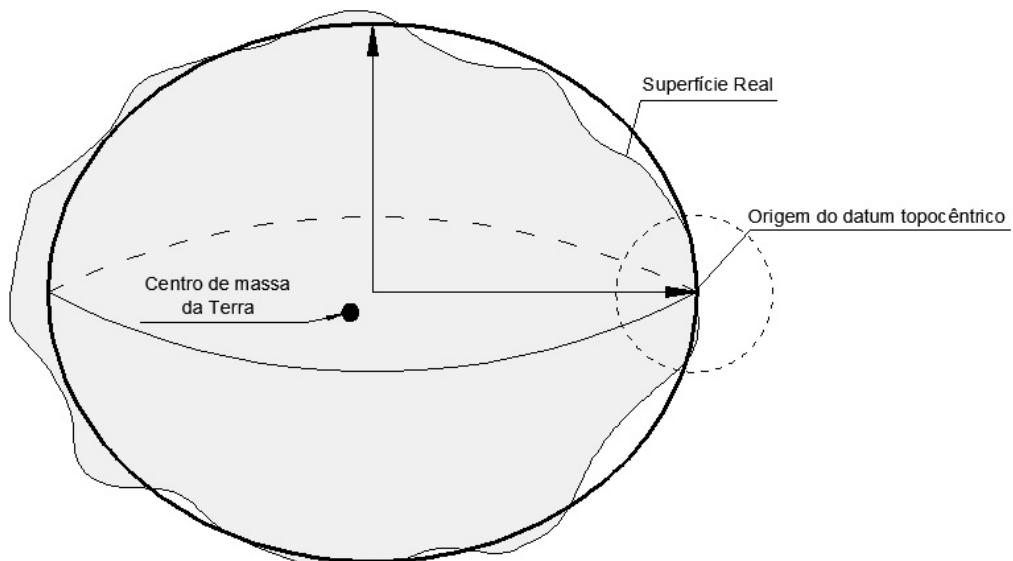
O formato do elipsoide, como já visto anteriormente, é baseado na geometria de uma elipse que deve assemelhar-se ao formato do planeta, mas apesar desta ser uma descrição rápida da geometria, ainda resta um problema: Onde amarrar este elipsoide?

Amarrar o elipsoide é também encontrar uma referência espacial para que ele fique fixo em relação ao planeta Terra, caso contrário, o elipsoide ficaria solto e não seria possível fazer a projeção do planeta sobre ele. Esta referência espacial pode ser uma das duas opções: um local na superfície terrestre ou o seu centro de massa. A determinação da origem de referência do elipsoide é denominada Datum, e é por isso que numa obra ou projeto é sempre importante a compatibilização de coordenadas de acordo com o Datum utilizado. A diferença de coordenadas entre diferentes “Data” (plural de Datum) pode superar os 30 metros.

## 4.1 DATUM TOPOCÊNTRICO

A amarração do elipsoide pode ser realizada de acordo com a topografia do terreno, portanto, na superfície terrestre. Quando isso ocorre, nomeamos esta amarração de **Datum Topocêntrico**, porque ele se adapta à superfície na qual deseja ser realizada a projeção das informações de maneira que diminuam as distorções. O benefício da utilização deste Datum é que pode haver menores distorções em uma região do elipsoide, entretanto, em outras áreas as distorções são grandes e a transmissão de dados para pessoas que não utilizam este mesmo referencial pode gerar erros lineares muito grandes. A Figura 7 auxilia na interpretação do que é descrito sobre a amarração deste elipsoide na superfície terrestre:

FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO DE ORIGEM DE UM DATUM TOPOCÊNTRICO



FONTE: O autor

Observando a Figura 7, podemos perceber que no local onde está indicado “Origem do datum topocêntrico” existe uma grande concordância entre o formato do elipsoide e o formato da superfície real. Essa concordância faz com que existam menores deformações na representação do terreno, entretanto, a concordância não persiste por uma extensão total do elipsoide, resultando em áreas de grandes deformações. As áreas muito acima ou abaixo do elipsoide são afetadas de maneira que sofrem distorções na projeção de suas informações, e para isso foi pensado numa maneira de tentar diminuir esses erros. A solução foi utilizar uma amarração no centro de massa da Terra: o datum geocêntrico.

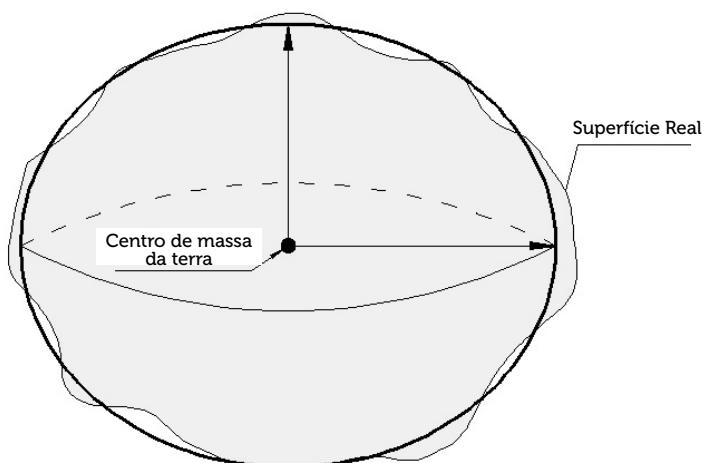
## 5.1 DATUM GEOCÊNTRICO

No Brasil, a partir da Resolução n° 01/2005, entrou em vigor em 25 de fevereiro de 2015 o Datum Sirgas 2000, que é datum a ser utilizado como referência espacial para todos os dados georreferenciados produzidos e utilizados em território nacional. Antes deste datum, era utilizado o SAD69, um referencial topocêntrico.



A diferença na utilização do antigo datum topocêntrico (SAD69) e o atual datum geocêntrico (SIRGAS2000) varia de acordo com a localidade e pode alcançar diferenças de mais de 30 metros.

FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DA ORIGEM DE UM DATUM GEOCÊNTRICO



FONTE: O autor

Observando a Figura 8, pode ser verificado que a origem dos eixos horizontal e vertical e o centro de massa da Terra é a mesma, fazendo com que os únicos elementos variáveis na concordância entre a superfície real e o elipsoide sejam suas dimensões. Isso faz com que não exista um ponto da superfície terrestre beneficiado em detrimento do restante, resultando numa distorção mais homogênea.

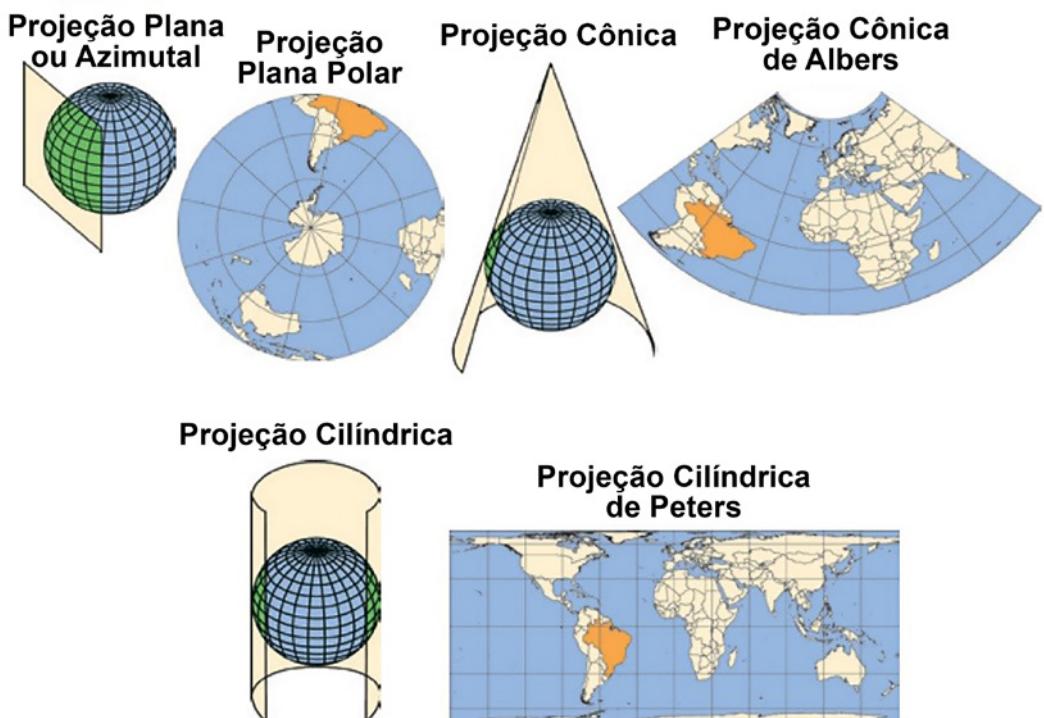
## 5 PROJEÇÕES

As projeções são formas de representar este elipsoide numa superfície bidimensional, como uma planta impressa ou, até mesmo, a maneira de representar o globo terrestre na tela de um computador. O desafio das projeções é conseguir realizar a representação de uma forma geométrica elipsoidal numa superfície

bidimensional sem que as distorções, de formas e áreas, sejam exageradas, tentando ao máximo demonstrar com veracidade as formas do planeta.

Para que seja possível projetar a superfície topográfica da Terra numa superfície plana, é necessário algo que irá facilitar esta projeção da superfície elipsoidal para uma plana. Para isso são utilizadas formas geométricas que poderão ser colocadas tangencialmente ao elipsoide para formar uma superfície plana como: círculo, cone e cilindro. Estas geometrias apresentadas são também denominadas como “superfícies de projeção”. A Figura 9 demonstra três exemplos que são os mais empregados para a criação de mapas.

FIGURA 9 – PROJEÇÃO PLANA OU AZIMUTAL, PROJEÇÃO CÔNICA E PROJEÇÃO



FONTE: IBGE (2009)

A visualização da Figura 9 facilita a compreensão, pois nela é possível observar a superfície de projeção envolta ao elipsoide terrestre. Na projeção Plana ou Azimutal o local onde a superfície de projeção está encostando (ou tangenciando) é o de menor deformação, enquanto os locais que estão longe deste ponto de tangencia são os locais de maior deformação porque deverão ser “esticados” para poderem ser apresentados no mapa.

Na superfície cônica e cilíndrica, apesar de existir maior área de tangência que na projeção Plana, também existem os locais que apresentam maior deformação. Na projeção cônica são os polos (porque a projeção cônica pode ser empregada

tanto para o polo sul quanto para o norte) e as áreas equatoriais. Na projeção cônica o ponto de tangência é mais aproximado aos trópicos de Câncer e Capricórnio, enquanto que na projeção cilíndrica este ponto de tangência é na linha do Equador.

A projeção cilíndrica apresenta uma menor deformação para as áreas próximas à linha do Equador, aumentando sua deformação quanto mais distante deste local. Esta projeção é a mais utilizada para desenvolvimento de mapas no Brasil, apesar de não ser a mais adequada para representação de áreas ao sul do país, entretanto, com o uso de softwares, atualmente, para captação de coordenadas, o cálculo de áreas é compensado para que seja obtido um valor numérico sem as deformidades inerentes à uma projeção.

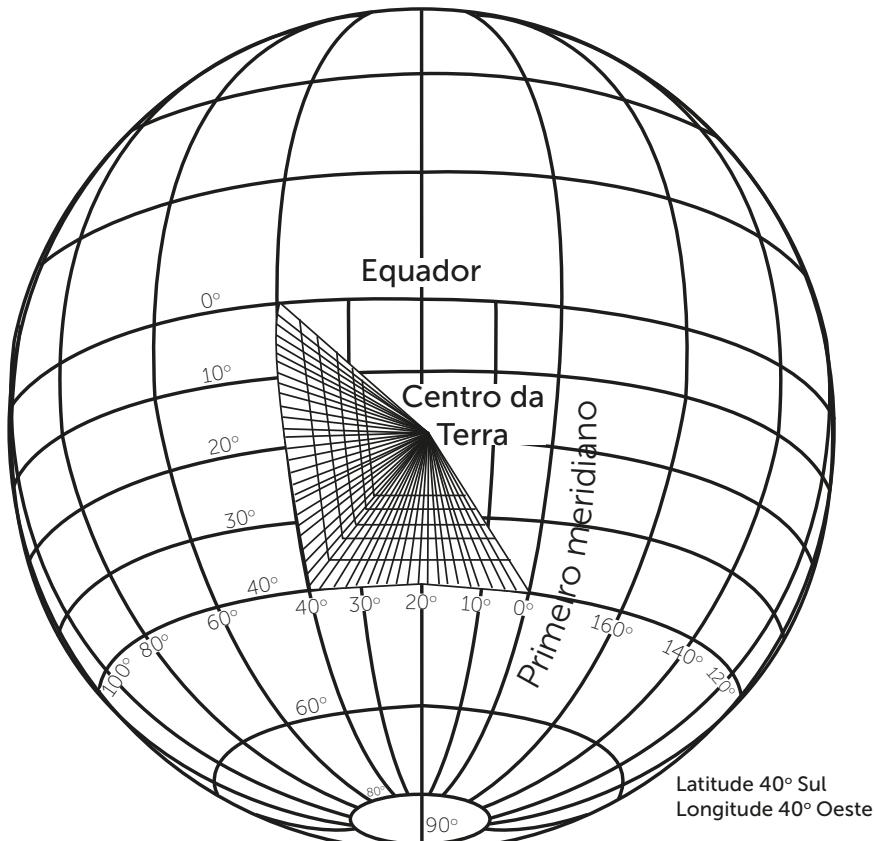
## 6 SISTEMAS DE COORDENADAS

Agora que você já sabe o que são elipsoides e datum, é preciso saber se localizar sobre o planeta Terra. Todos os elementos presentes na superfície terrestre ocupam um espaço na superfície, mas como poderia ser possível localizar estes elementos? A resposta para isso é a utilização de um sistema de coordenadas geográficas.

### 6.1 SISTEMAS DE COORDENADAS ELIPSOIDAIAS

Com a utilização de um sistema de coordenadas geográficas é possível criar uma maneira de se localizar no planeta a partir da criação de linhas imaginárias, que vão de norte a sul e de leste a oeste. A Figura 9 apresenta como são estas linhas imaginárias de norte a sul e de leste a oeste:

FIGURA 9 – DIVISÃO DE UM SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS E SEU REFERENCIAL GEOCÊNTRICO



FONTE: <[https://www2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoes/representacao.html](https://www2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoes/representacao.html)>. Acesso em: 27 set. 2018.



As linhas que partem de norte a sul são denominadas meridianos e as linhas que partem de leste a oeste são denominadas de paralelos.

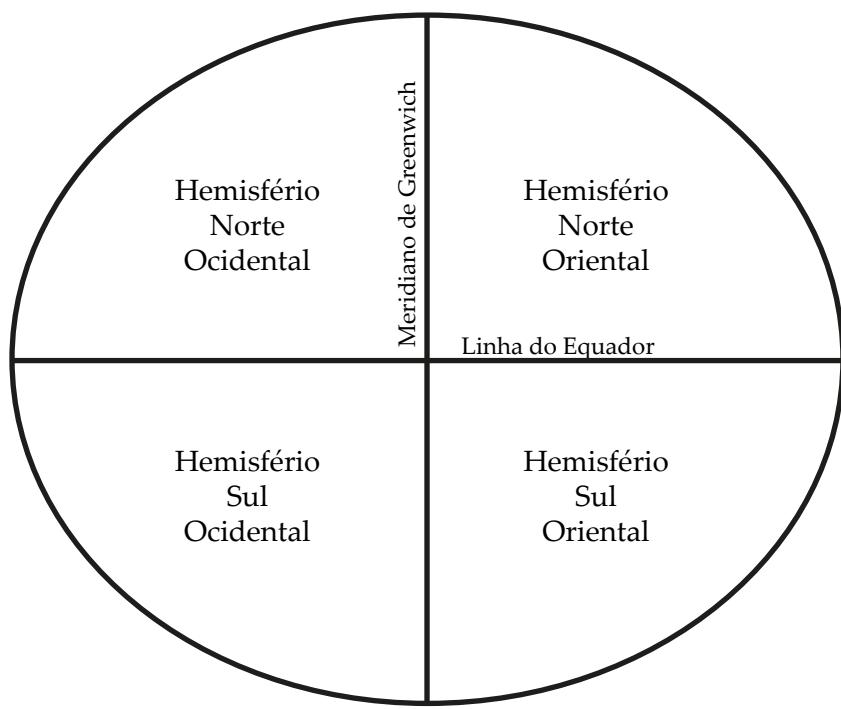
As linhas formadas na vertical, com orientação do norte ao sul, têm a função de medir a longitude e a linha formada na horizontal, do leste ao oeste, serve para medir a latitude. Para exemplificar, pense numa melancia sendo fatiada e que o corte começasse de cima para baixo. Cada local onde a faca passa, de cima para baixo, é um meridiano. Caso eu quisesse fazer cubinhos dessa melancia, precisaria também cortar com a faca da esquerda para a direita. Cada local por onde a faca passa, da esquerda para a direita, é um paralelo. Tanto para os paralelos quanto para os meridianos existem linhas principais, que servem para dividir o

planeta, gerando hemisférios. Os hemisférios facilitam na interpretação das coordenadas geográficas e são gerados da seguinte maneira:

- Dividindo o planeta através de uma linha horizontal no centro do elipsoide, temos os hemisférios norte e sul, gerados pela Linha do Equador.
- Dividindo o planeta através de uma linha vertical, temos os hemisférios leste e oeste, gerado pelo Meridiano de Greenwich, que está na localidade de Greenwich, em Londres.

A divisão do planeta desta maneira faz com que existam dois hemisférios de acordo com a longitude (linhas de norte a sul) e dois hemisférios de acordo com a latitude (linhas de leste a oeste). A Figura 10 mostra essa divisão do planeta de acordo com meridianos e paralelos:

FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO DOS HEMISFÉRIOS



FONTE: O autor

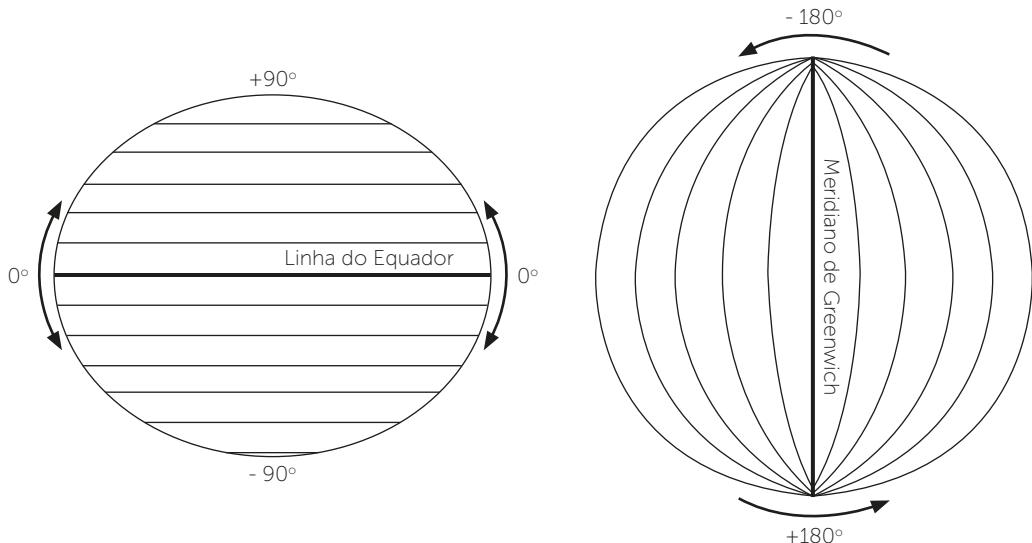
As coordenadas geográficas são utilizadas para referenciar um local na superfície terrestre, entretanto, para interpretá-las é necessário saber que:

- a longitude são linhas verticais, portanto, servem para medir as distâncias de leste a oeste. O hemisfério ocidental, de acordo com a longitude, é negativo (-). Por consequência, o hemisfério oriental é positivo (+);

- a latitude são linhas horizontais, portanto, servem para medir distâncias de norte a sul. O hemisfério sul, de acordo com a latitude, é negativo (-). Por consequência, o hemisfério norte é positivo (+).

Para referenciar uma posição sobre a superfície terrestre são utilizadas as coordenadas geográficas. As coordenadas geográficas possuem limites angulares que devem ser respeitados utilizando a Linha do Equador e o Meridiano de Greenwich. O ângulo máximo para a latitude é  $90^\circ$  e para longitude são  $180^\circ$ , como pode ser verificado na Figura 11:

FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO ANGULAR MÁXIMA PARA LATITUDE E LONGITUDE



FONTE: O autor

O município de Indaial-SC, por exemplo, está localizado nas seguintes coordenadas:

- Latitude:  $-26^\circ 54' 00''$
- Longitude:  $-49^\circ 14' 00''$

Analizando as coordenadas apresentadas, mesmo sem saber que o referido município está dentro do Brasil, é possível saber que ele está localizado no hemisfério sul ocidental, pois ambas as coordenadas estão negativas.

## 6.2 SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)

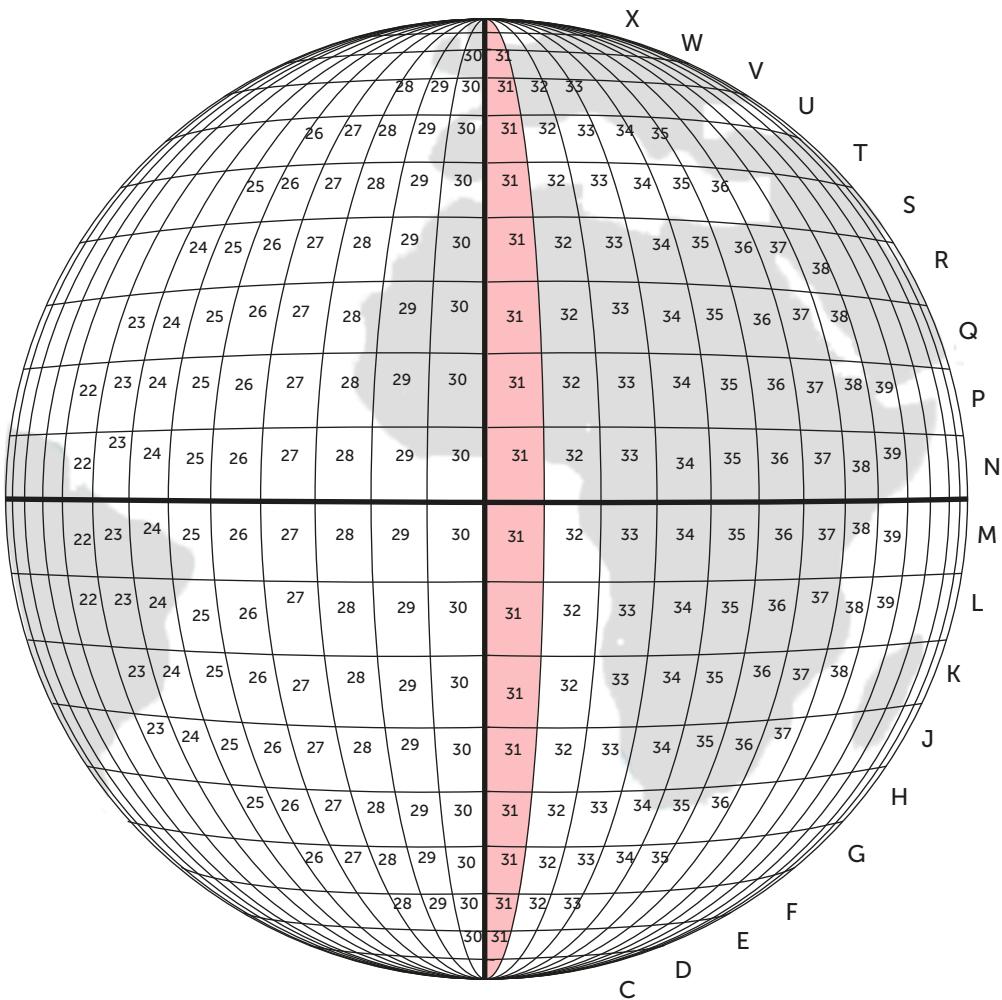
Até agora foi mencionado o sistema de coordenadas referenciado ao elipsóide terrestre, mas também existe outro sistema de coordenadas muito utilizado na engenharia: as coordenadas do plano cartesiano. Estas coordenadas do plano cartesiano podem descrever coordenadas geográficas, desde que estas sejam UTM.

As coordenadas UTM seguem a seguinte linha de raciocínio:

- Divide-se o elipsoide em 60 fusos de  $6^\circ$  cada.
- Divide-se o elipsoide em paralelos de  $8^\circ$  cada, formando pequenos “cubinhos” do planeta Terra.
- Cada um dos fusos recebe uma numeração e cada um dos paralelos uma letra para identificação.

A Figura 12 representa como fica a organização deste sistema de coordenadas:

FIGURA 12 – SISTEMA DE COORDENADAS UTM



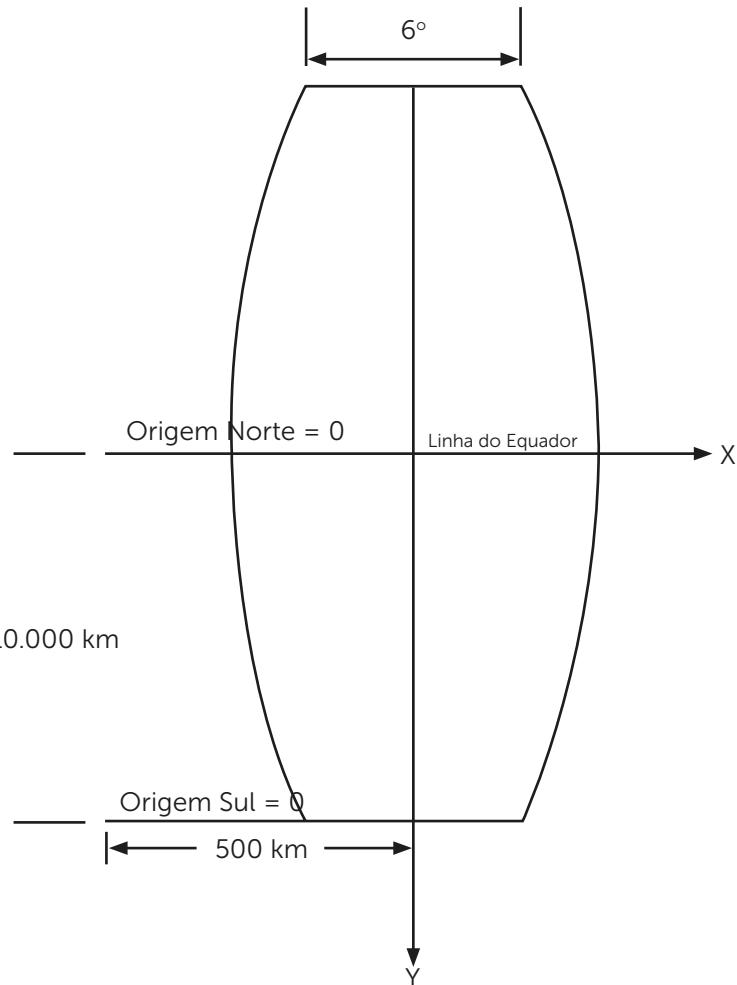
FONTE: O autor

Com a utilização deste sistema de coordenadas UTM podemos dividir o planeta através destes “cubinhos”, que são identificados por meio de números e letras e, em seguida, dentro dele, utilizar um sistema de coordenadas cartesianas para nos

localizarmos. Este sistema de coordenadas cartesianas possui limites dentro de cada um dos fusos e a Linha do Equador é a origem das coordenadas Y para o hemisfério norte, contando do 0 até os 10.000 km para norte, e o hemisfério sul, contando do 10.000 km até o 0 ao sul. Para o eixo X, os valores devem ser contados desde o limite oeste do fuso até o limite leste, chegando a 500 km no meio do fuso.

A Figura 13 apresenta esquematicamente o funcionamento deste sistema:

FIGURA 13 – FUNCIONAMENTO DO SISTEMA UTM



FONTE: O autor

As coordenadas UTM têm ganhado muita força nos últimos anos devido à ampliação do georreferenciamento nos setores de engenharia e arquitetura. Isso se deve ao fato de este sistema de coordenadas ser compatível com coordenadas plano-cartesianas que são as empregadas em softwares de desenho técnico.

O mapeamento da superfície terrestre já não é uma novidade para os profissionais atualmente. Através de softwares e equipamentos de campo já é

possível captar informações de grande precisão para gerar uma representação visual que pode ser muito importante para diversos órgãos públicos e para tomada de decisões empresariais, ou, no mínimo, servirá para orientação para tomar uma direção.

Mas você sabia que existe uma diferença entre mapas e carta? Paul S. Anderson escreveu em seu livro denominado Princípios de Cartografia Básica um tópico específico para contemplar este tema. Veja a seguir.



Não existe uma diferença rígida entre os conceitos de mapa e carta. É, portanto, difícil estabelecer uma separação definitiva entre os significados dessas designações. A palavra mapa teve origem na Idade Média, quando era empregada exclusivamente para designar as representações terrestres. Depois do século XIV, os mapas marítimos passaram a ser denominadas cartas, como, por exemplo, as chamadas "cartas de marear" dos Portugueses. Posteriormente, o uso da palavra carta generalizou-se e passou a designar não só as cartas marítimas, mas também, uma série de outras modalidades de representação da superfície da Terra, causando uma certa confusão.

Este texto, a distinção entre mapa e carta é um tanto convencional e subordinada à ideia da escala, notando-se, entretanto, certa preferência pelo uso da palavra mapa. Na realidade, o mapa é apenas uma representação ilustrativa e pode perfeitamente incluir o caso particular da carta, dentre os povos de língua inglesa. Entretanto, entre os engenheiros cartógrafos brasileiros observa-se o contrário, isto é, o predomínio do emprego da palavra carta. Apesar dessas diferenças, quase todos concordam com as definições formais existentes:

**MAPA:** Definição simples: representação dos aspectos geográficos -naturais ou artificiais da Terra destinada a fins culturais, ilustrativos ou científicos.

Definição do Dicionário Cartográfico (Oliveira, 1980, p. 233):

Representação gráfica, em geral uma superfície plana e numa determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra, ou de um planeta ou satélite. As posições dos acidentes devem ser precisas, de acordo, geralmente, com um sistema de coordenadas. Serve igualmente para denominar parte ou toda a superfície da esfera celeste.

O mapa, portanto, pode ou não ter caráter científico especializado e é frequentemente, construído em escala pequena, cobrindo um território mais ou menos extenso.

**CARTA:** Definição simples: representação precisa da Terra, permitindo a medição de distâncias, direções e a localização de pontos.

Definição do Dicionário Cartográfico (Oliveira, 1980, p. 57):

Representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, principalmente a avaliação precisa das distâncias, direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes; representação plana, geralmente em média ou grande escala, de uma superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecendo um plano nacional ou internacional. Nome tradicionalmente empregado na designação do documento cartográfico de

âmbito naval. É empregado no Brasil, também como sinônimo de mapa em muitos casos.

Assim, a carta é comumente considerada como uma representação similar ao mapa, mas de caráter especializado construído com uma finalidade específica e geralmente em escala média ou grande; de 1:1.000.000 ou maior.

A definição de carta como "mapa de alta precisão" chama a atenção para diferença entre precisão cartográfica e conteúdo cartográfico. A precisão depende das normas de posição planimétrica e altimétrica que determinam onde cada acidente está localizado na carta. Desta forma, ela reflete o controle aplicado na confecção de mapas e cartas e não depende da qualidade de detalhes do mapa, o que faz parte do conteúdo. O conteúdo está altamente condicionado pela escala e pela época da confecção. Aliás, uma carta topográfica com apenas três pequenas ilhas tem muita precisão e pouco conteúdo, enquanto um mapa de uma área urbana feita por foto interpretação não restituída pode ter pouca precisão (portanto não é uma carta) e muito conteúdo. O tema também tem influência. Por exemplo, uma rua, construída depois da confecção da carta topográfica não diminui a precisão dessa, mas afeta o seu conteúdo, que fica um pouco desatualizado.

FONTE: ANDERSON, Paul S. et al. **Princípios de cartografia básica**. v. 1, Rio de Janeiro: FIBGE, 1982. Disponível em: <http://bit.ly/2Zr97N9>. Acesso em: 16 mar. 2019.

# RESUMO DO TÓPICO 1

**Neste tópico, você aprendeu que:**

- Existem três superfícies que devem ser utilizadas para o levantamento topográfico: o elipsoide, o geoide e a superfície topográfica. As três unidas fornecem o referencial planimétrico e o altimétrico.
- O elipsoide é uma forma geométrica que deve se assemelhar ao máximo à superfície terrestre e deve ser “amarrado” a um ponto da superfície terrestre. Essa “amarração” ou determinação de referência para o elipsoide fornece a origem dele. Essa origem é chamada de Datum, que pode ser geocêntrico quando amarrado no centro de massa do planeta, ou topocêntrico, quando amarrado na superfície topográfica.
- O elipsoide é utilizado para projetar informações da superfície da Terra e nele também é possível empregar sistemas de coordenadas geográficas. Essas coordenadas geográficas servem para referenciar a posição no planeta.

## AUTOATIVIDADE



1 O planeta Terra é composto por diferentes feições em sua topografia: planícies, planaltos, morros e diversas outras. Não é possível prever matematicamente estas diferentes formas, portanto, para que fosse possível desenvolver cálculos matemáticos para projetar e identificar locais na superfície do planeta foi desenvolvido o(a):

- a) ( ) Elipsoide.
- b) ( ) Superfície de projeção.
- c) ( ) Geoide.
- d) ( ) Projeção cilíndrica.
- e) ( ) Datum.

2 O uso das coordenadas geográficas, atualmente, é facilitado por softwares disponíveis para uso em celulares e computadores, mas nem sempre foi assim. Até mesmo hoje, na engenharia e arquitetura, é difícil conhecer distâncias entre dois pontos a partir de dados de latitude e longitude que são os tipos de coordenadas mais conhecidas, portanto, para os projetos de infraestrutura e planejamento urbano são muito mais utilizadas as coordenadas UTM. A partir disso, assinale a alternativa correta:

- a) ( ) As coordenadas geográficas são baseadas no centro do município onde se está mapeando. A partir deste local é que partem as coordenadas centrais do levantamento realizado.
- b) ( ) As coordenadas de latitude e longitude são as mais utilizadas para os projetos de engenharia, por serem mais conhecidas entre as pessoas que desconhecem informações de engenharia.
- c) ( ) As coordenadas UTM são as mais empregadas em projetos arquitetônicos e de engenharia, porque utilizam medidas métricas que facilitam as interpretações de dados.
- d) ( ) As coordenadas de latitude e longitude são métricas e, portanto, são simples de serem interpretadas para os projetos de arquitetura e engenharia, facilitando a interpretação por parte dos usuários destas informações.
- e) ( ) Através do sistema de coordenadas não é possível calcular as distâncias entre pontos. Os softwares que apresentam estas distâncias possuem uma base de dados com informações que estipulam as distâncias entre os locais medidos.



## TOPOGRAFIA: INTRODUÇÃO E CONCEITOS

### 1 INTRODUÇÃO

A topografia pode ser empregada em diversas atividades que requisitem interpretações em duas ou três dimensões, isso porque ela faz uso de ângulos e distâncias que também são empregados em desenhos técnicos para representação de algo que está presente no espaço (já construído) ou qualquer elemento a ser projetado.

O emprego de conhecimentos matemáticos e novas ferramentas de serviço em campo, além dos softwares, vem resultando numa topografia rápida e com resultados qualitativos significativos para empresas públicas e privadas que precisam de respostas ágeis para tomada de decisão ou desenvolvimento de produtos finais.

Mapear áreas para uma posterior execução de obra é uma tarefa tradicional da topografia, mas ela tem possibilidades e objetivos muito maiores que simplesmente isso, conforme será abordado nas seções a seguir.

### 2 OBJETIVOS

A Topografia, assim como a Geodésia, tem a função de mapeamento, e essa atividade permeia diversas áreas do conhecimento. O mapeamento gera possibilidades de organização espacial, determinação de cálculos de engenharia, identificação de locais inacessíveis, dentre muitas outras atividades que serão elencadas a seguir.

#### 2.1 REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

Regularização fundiária de um terreno, loteamento ou qualquer outra área é o conjunto de processos que visam à legalidade jurídica da propriedade, quitando débitos e registrando publicamente a posse. Atualmente, em todo o Brasil, essa questão é muito difícil de ser resolvida, devido à burocracia envolvida e aos altos custos que necessitam ser investidos para a emissão de alguns documentos públicos, resultando em atitudes sem validade realizadas pela população.

A regularização fundiária é um resultado da organização espacial e ela é muito importante quando se trata de municípios, isso porque é responsabilidade do município o zoneamento urbano e organização de vias de tráfego que vão permear as áreas existentes, tanto em áreas rurais quanto urbanas. O zoneamento urbano instituído pelo município visa organizar as diretrizes para disposição de determinadas atividades na cidade, por exemplo, áreas exclusivamente industriais e comerciais, áreas exclusivamente residenciais ou mistas.

Além da necessidade de regularização fundiária municipal visando ao plano diretor, é importante o registro de posse de terras, para o qual faz-se necessária uma planta topográfica para mapeamento da área e determinação de confrontantes (vizinhos) e localização do terreno. Além dos dados contidos na planta topográfica, também é necessária uma intensa atividade burocrática para levantamento de dados de matrícula de terreno e situação cadastral em prefeitura e cartório de registro de imóveis, o que faz com que, muitas vezes, a regularização fundiária de um terreno seja uma atividade multidisciplinar envolvendo profissionais de diversas áreas.

Uma atividade muito empregada no Brasil é a compra e venda de terras a partir de contratos particulares desenvolvidos e emitidos pelo vendedor. Esse tipo de documento, geralmente desenvolvido sem nenhum padrão, não tem reconhecimento legal algum perante o Estado, apesar de conter assinatura de ambas as partes e geralmente registrada em cartório. A assinatura desse tipo de contrato não garante que o terreno não seja de posse de outra pessoa (que não o vendedor) e nem que a mesma venda tenha sido efetuada outras vezes, gerando diversos “donos” da mesma propriedade, por isso sugere-se que sempre antes de efetuar a compra de uma área é necessária a busca de informação em:

- **Prefeituras:** verificação de zoneamento, débitos e processos em que o imóvel pode estar submetido.
- **Cartório de Registro de Imóveis:** identificação de matrícula do imóvel, assim como verificação de possíveis partilhas a qual o imóvel pode estar submetido.
- **Órgão regulador ambiental do referido estado:** identificar possíveis restrições ambientais.
- **Escrivania de paz:** efetuar escritura pública de compra e venda pagando todas as taxas apresentadas.

Os requisitos para a regularização de um terreno podem variar de acordo com o município, mas sempre é importante verificar a possibilidade de **desmembramento**. O desmembramento é um processo de compra de uma parte menor de um terreno de tamanho superior, no entanto, obedecendo ao tamanho do lote mínimo tanto na área urbana quanto rural. Para que seja possível realizar o desmembramento de uma área é necessário que o terreno, do qual será desmembrada uma parcela, tenha matrícula no Registro de Imóveis e esteja com sua descrição regularizada. Esse terreno maior, do qual será desmembrada uma parcela, será a “matrícula-mãe” do terreno menor, que terá uma matrícula própria.

Além desta maneira de obter a legalidade da propriedade do terreno, também existem os processos de **usucapião**. O processo de usucapião ocorre quando o “possuidor” da área não possui uma comprovação jurídica da sua posse, entretanto, ela pode ser comprovada a partir de documentos que demonstrem sua permanência sem litígio (contestação por divisa) por um período de tempo.

O serviço topográfico para todos os processos é necessário, e para que seja bem executado é sempre necessária a coleta de informações dos proprietários (quando for mais de um), bem como dos confrontantes. Essa coleta de dados vai além dos nomes, RG e CPF de cada um, sendo muitas vezes necessária a análise de documentação de memorial descritivo, plantas, Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) e matrícula do imóvel. Para essa análise, em quase a totalidade das vezes, é imprescindível a presença dos interessados, pois antigamente as ferramentas e equipamentos de medição eram muito imprecisas e a determinação de limites de terrenos era feita com elementos que não eram fixos e confiáveis para perdurar por muito tempo, sendo preciso fazer um acordo entre vizinhos.

Não é incomum encontrar senhores donos de terras que possuem uma escritura pública de compra e venda atestando uma área com dimensões diferentes da materializada no local, sendo necessário o ajuste dos dados do terreno. Esse ajustamento de informações do terreno para que se adéque à realidade é denominado **Retificação de área**.

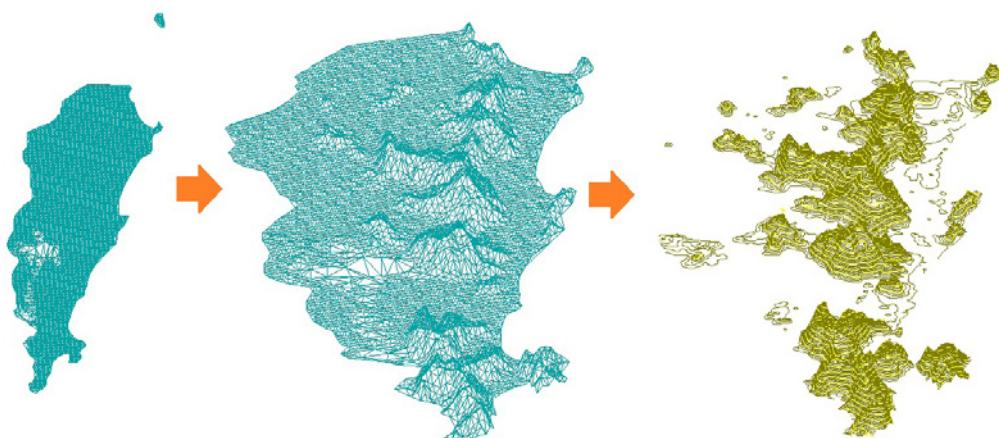
## 2.2 OBRAS

As obras estão constantemente vinculadas à topografia, seja para o seu desenvolvimento e implantação de projetos no terreno, como o seu controle. Já imaginou como seria a implantação de obras de grande porte, como represas, rodovias, túneis, pontes e estádios de futebol, sem um controle? Seria um grande desastre, com obras cheias de linhas tortuosas e desnivelamentos. Para evitar estes problemas, a topografia é empregada em obras de engenharia civil para a implantação de projetos e controle deles.

A primeira etapa do desenvolvimento de um projeto, seja de grande, médio ou pequeno porte, é o reconhecimento do terreno. Para adquirir esse reconhecimento do terreno é necessária a visita técnica ao local e também o levantamento topográfico para representação da situação da área. Esse mapeamento do terreno primitivo, sem nenhuma benfeitoria do projeto, é realizado com o levantamento topográfico que desenvolve o **Modelo Digital de Terreno (MDT)**. O MDT é capaz de representar o terreno de maneira numérica através de triangulação ou desenvolvimento de curvas de nível.

A Figura 14 apresenta um Modelo Digital de Terreno de Florianópolis a partir de triangulação de pontos e curvas de nível:

FIGURA 15 – MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT) DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS A PARTIR DE TRIANGULAÇÃO (ESQUERDA E MEIO) E CURVAS DE NÍVEL (DIREITA)



FONTE: O autor

Na Figura 14 é possível observar diferentes métodos de fazer um modelo digital de terreno. É sobre esse MDT que o projeto deverá ser sobreposto para ser possível realizar cálculos de volume para terraplanagem, determinação de áreas de projeto, dentre outras definições de obra. Sem essa representação gráfica do terreno não é possível quantificar elementos no projeto e, apesar da figura estar representando a totalidade de um município, o MDT também tem a função de detalhar pequenas áreas.



Após concluído o projeto e preparado o terreno para sua implantação é necessária uma nova etapa no levantamento topográfico: a **locação de obra**.

Para esta etapa – locação de obra – é necessário muito entrosamento entre a equipe que desenvolveu o projeto e a equipe de campo, para que as informações sejam bem interpretadas e não restem dúvidas quanto às atividades que devem ser executadas.

Na locação de obra o projeto deve ser implantado de acordo com as referências implantadas em campo. Essas referências podem ser piquetes de madeira, de concreto ou até mesmo de ferro, que servem como referência para instalação do equipamento. Sem essas referências não é possível a locação de obra, e vale ressaltar que este tipo de serviço possui grandes benefícios para grandes obras, diminuindo sua importância quanto menor ela é. Geralmente, em

grandes obras, o serviço de topografia é contratado para a locação das estacas de fundação, dessa forma pode assim garantir melhor precisão do que utilizando equipamentos convencionais, como linha e trena, que são bem mais utilizados em pequenas obras.

## 2.3 CADASTRO AMBIENTAL E URBANO

O mapeamento para finalidade de regularização ambiental é muito comum em áreas rurais, especialmente em grandes áreas, que nem sempre possuem delimitação materializada por cercas ou muros. O cadastro e regularização ambiental poderia estar dentro do tópico de Regularização Fundiária, entretanto, é tão específico que merece um tópico só para ele.

Uma das leis que é amplamente utilizada atualmente é a Lei nº 12.651, de 2012, também conhecida como Novo Código Florestal. Essa lei é uma evolução do Decreto nº 23.793/34 (Código Florestal de 1934) e nestes dois documentos existem informações para delimitação de Áreas de Proteção Permanente (APP) que são extremamente importantes e restritivas na área da construção civil. O Novo Código Florestal cita no art. 3º:

[...] II - Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas [...] (BRASIL, 2012, s.p.).

A delimitação delas, tanto em área urbana quanto em área rural, pode ser executada através de técnicas de topografia e suas delimitações seguem as determinações constantes no Capítulo II, Seção I, da referida lei:

I as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscientos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscientos) metros;

II as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

- IV as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- X as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejo-so e encharcado.
- § 1º Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou representamento de cursos d'água naturais (BRASIL, 2012, s.p.).

Observando o conteúdo na lei, referente à delimitação das áreas de APP, podemos identificar que estas delimitações são baseadas em metragens e declividades a partir da topografia do terreno ou das larguras de cursos d'água. Com base nestas informações, o serviço de topografia realiza a coleta de dados de campo, incluindo larguras de rios e uma malha de pontos na qual possa ser identificada a declividade do terreno, para que possam ser identificadas as áreas de preservação permanente.

### 3 TIPOS DE LEVANTAMENTO

A topografia é uma ferramenta para uso em diversas áreas do conhecimento e, como uma ferramenta, ela pode ser utilizada de diversas maneiras. A topografia pode representar diversas informações contidas no espaço, mas assim como em desenho técnico, ela pode representar de acordo com diferentes perspectivas. Além disso, existem distinções quanto aos tipos de informações apresentadas pelo trabalho, por isso num serviço topográfico é possível distinguir as atividades quanto à planimetria e altimetria, além das coordenadas serem georreferenciadas ou arbitrárias.

#### 3.1 PLANIMÉTRICO

A planimetria representa os dados referentes ao plano de duas dimensões (2D). É um dado que não contém informação de cota ou altitude do terreno, por isso é como se fosse realizada uma vista aérea do projeto.

Vale ressaltar que a altitude é um valor referente ao nível do mar e a cota é um valor de altitude com um referencial adotado pelo técnico ou usuário, por exemplo:

- a altura do telhado de uma residência no município de Indaial, em relação ao solo, é de 3,5 metros, portanto, a cota do solo é igual a 0 (zero) e a base do telhado é 3,5 m;
- a altitude do telhado da mesma residência é 64 metros em relação ao nível do mar.

Apesar de a planimetria somente conter as informações de posicionamento do levantamento topográfico, ela possui ainda muitas funções:

- descrição de situação do local mapeado;
- informação de distâncias entre feições;
- projeção de edificações;
- locação de obras;
- planejamento de loteamentos;
- qualquer outra representação que não requira a apresentação de altitude ou cotas de elementos.

Atualmente, para obter informações de planimetria podem ser realizados os tradicionais levantamentos topográficos utilizando equipamentos como Estação Total e Teodolito, ou também podem ser utilizadas novas técnicas, como o levantamento topográfico com drone ou utilização de imagens de satélite. A utilização de drones e imagens de satélite para o levantamento topográfico também pode apresentar informações de altitude ou cotas, mas os resultados planimétricos são de maior confiabilidade através do uso de softwares e equipamentos adequados, por isso é mais comum a utilização para essa finalidade.

## 3.2 ALTIMÉTRICO

A altimetria retrata a descrição altimétrica dos elementos presentes na área de trabalho e esta descrição pode ser feita relativa ao nível do mar ou através de um outro elemento presente na área mapeada. A altimetria é o atributo de um levantamento topográfico que deseja representar declividades, altitudes e uma posição espacial em três dimensões.

A ausência da altimetria impossibilita a interpretação de aclives ou declives no terreno e também o posicionamento de elementos estruturais em diferentes níveis, por isso sua representação é importante para facilitar a interpretação do usuário na leitura da planta topográfica. A representação da altimetria numa planta topográfica é feita atrelando o valor do eixo Z nas coordenadas X e Y.

O uso da altimetria de maneira independente é incomum para a topografia, sendo até mesmo desnecessária a representação desta informação de

maneira solitária. Para a correta apresentação deste dado é feito o levantamento planialtimétrico.

### 3.3 PLANIALTIMÉTRICO

Planialtimetria é a união da planimetria com a altimetria, portanto, neste tipo de trabalho você precisa apresentar não somente informações num plano de duas dimensões, como também adicionar informações de altitude ou cota. Esse tipo de trabalho requisita uma melhor interpretação do usuário, por ser necessária uma visualização em três dimensões (3D), tanto numa planta impressa quanto numa tela de computador.

A inserção desta terceira dimensão acrescenta uma grande gama de resultados que podem ser apresentados e uma maior dificuldade técnica para os profissionais da área. Os resultados da planialtimetria podem ser:

- cálculo de volume;
- criação de taludes para corte e aterro;
- desenvolvimento de projetos rodoviários;
- identificação de cotas de edificações;
- verificação e criação de laudo de verticalidade de edificações, torres e postes.

Estas atividades, citadas anteriormente, são realizadas exclusivamente com a planialtimetria, entretanto, todas as atividades citadas no anteriormente também podem ser melhoradas com o uso da altimetria. Um grande exemplo é a criação de projetos de loteamentos, onde geralmente são criadas plantas em duas dimensões representando somente a planimetria para a delimitação e localização dos lotes para venda, mas nessa planta também podem ser inseridas informações de cotas para a execução da obra.

#### 3.3.1 Altura, Altitude e Cota

A diferença entre estas diferentes denominações é pequena, entretanto, causa bastante confusão entre profissionais e acadêmicos. Perceba nos itens a seguir as denominações sendo aplicadas ao mesmo objeto, um prédio residencial:

- Altitude é o valor de distância vertical entre o nível do mar e o ponto desejado. Exemplo: o prédio onde Josiane mora está numa altitude de 630 metros em relação ao nível do mar.
- Altura é o valor de distância vertical entre um ponto arbitrado e o ponto desejado. Exemplo: a altura do prédio onde Josiane mora é de 30 metros.
- Cota é um valor numérico distinto entre dois pontos desejados. A diferença entre estes é a altura. Exemplo: foi feito um levantamento topográfico no condomínio onde Josiane mora. A cota atribuída para base do prédio dela é de 15 metros e a cota do topo é de 45 metros.

Através do uso de qualquer uma das denominações é possível ter um referencial altimétrico, mas é necessário saber a distinção delas para não fazer confusão no momento de interpretar trabalhos topográficos e plantas de engenharia.

### 3.4 LEVANTAMENTO COM COORDENADAS GEORREFERENCIADAS

O sistema de coordenadas geográficas é utilizado constantemente por quase toda a população que atualmente possui celular. É comum utilizar aplicativos que fornecem seu posicionamento sobre um mapa para facilitar a movimentação do indivíduo, tanto em áreas urbanas quanto rurais, e isso ocorre devido à existência do sistema de coordenadas geográficas.

O termo “coordenadas georreferenciadas” é utilizado na topografia para indicar que as coordenadas topográficas estão amarradas a esse sistema de coordenadas geográficas e podem ser visualizadas sobre um elipsoide. Georreferenciar um trabalho significa posicioná-lo na superfície terrestre fornecendo ao trabalho coordenadas geográficas, e os benefícios do uso destas coordenadas são:

- Não materializar o vértice não é um problema, pois as coordenadas geográficas são estáticas e referenciadas a um sistema invisível, não precisando de objetos para existir.
- É possível relacionar o posicionamento da área mapeada com outras áreas já mapeadas, obtendo distâncias de maneira mais simples.
- A precisão para grandes obras, utilizando equipamentos de bom desempenho, é superior ao uso de equipamentos convencionais de topografia.

Como já foi apontado anteriormente, o levantamento topográfico necessita de três superfícies para análise: o elipsoide, o geoide e a superfície topográfica. Estas três superfícies têm a finalidade de referenciar os mapeamentos executados no planeta através da malha de coordenadas geográficas, portanto, cada ponto mapeado vai conter uma coordenada de latitude, longitude e altitude em relação ao nível do mar.

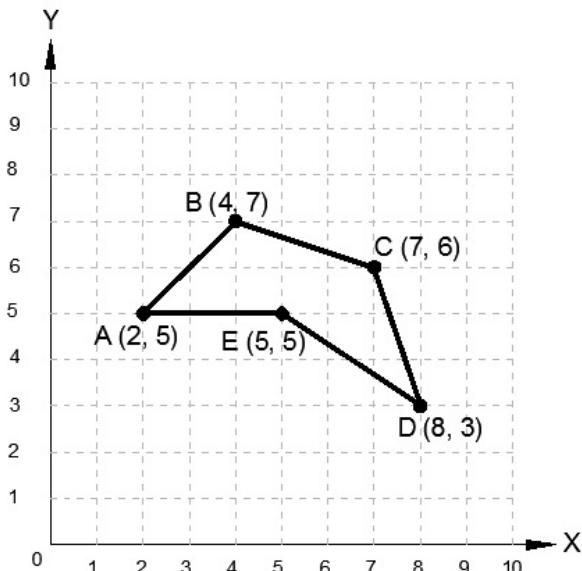
### 3.5 LEVANTAMENTO COM COORDENADAS ARBITRÁRIAS

Todo levantamento topográfico deve ser “amarrado” a um referencial espacial, caso contrário ele não pode ser desenhado para a criação de uma planta topográfica. Já foi citada anteriormente a possibilidade de fazer essa amarração ao elipsoide com coordenadas geográficas, mas será que não tem outra forma de executar o serviço sem uma referência geográfica? É possível trabalhar com as coordenadas arbitrárias.

As coordenadas arbitrárias, como o nome sugere, são coordenadas aleatórias geradas pelo técnico responsável e que são referenciadas ao plano

cartesiano. O plano cartesiano é formado pelo eixo X na horizontal (também denominado eixo das abscissas) e o eixo Y na vertical (também chamado de eixo das ordenadas), como apresentado na Figura 16.

FIGURA 16 – PLANO CARTESIANO



FONTE: O autor

É possível observar que o plano cartesiano da Figura 16 apresenta somente as informações de coordenadas dos pontos, portanto, é composto somente por duas dimensões. Na mesma figura é possível observar um polígono composto por cinco vértices (A, B, C, D e E) e que cada vértice possui uma coordenada referenciada ao eixo X e Y. Este polígono gerado poderia ser a área mapeada de um terreno rural e cada um dos vértices é referenciado a um elemento existente fisicamente no local, como árvores, postes, bocas de lobo, mourões de cerca e até mesmo elementos de tamanho físico mais considerável, como rochas.

As coordenadas arbitrárias existem sobre o plano cartesiano e não podem ser comparadas com elementos geográficos, a não ser que as coordenadas sejam convertidas. Para estas coordenadas convertidas de maneira correta é necessário que pontos sejam captados em campo com a utilização de um GPS adequado para atividades de topografia.

Para georreferenciar essa área mapeada com coordenadas arbitrárias é necessário que pelo menos dois pontos do levantamento, por exemplo, os pontos A e D da Figura 16, sejam georreferenciados, podendo amarrar todo o terreno nesses dois pontos, gerando as coordenadas geográficas para todo o perímetro.

Atualmente, os serviços topográficos com coordenadas arbitrárias são cada vez menos frequentes, pois os órgãos governamentais que requisitam os serviços topográficos, sejam para o planejamento e ordenamento urbano ou para obras de engenharia, solicitam que o trabalho seja georreferenciado. O uso de coordenadas arbitrárias ainda existe, entretanto, com a evolução e redução de preços dos equipamentos GPS para a área de topografia, será cada vez mais incomum, no futuro, o uso deste tipo de coordenadas.

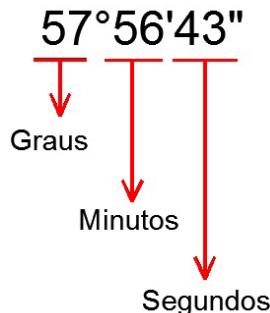
## 4 ÂNGULOS

O estudo dos ângulos é muito importante para o profissional da área de Topografia. Afinal, as distâncias sem o ângulo não conseguem definir áreas e nem volumes que são de extrema importância para diversas atividades dentro da Arquitetura, Engenharia e Ciências Geográficas. Estes ângulos estão muito relacionados às vistas que estão sendo apresentadas do desenho ou planta, podendo ser apresentada uma vista frontal, lateral ou superior (vista de planta). Existem duas maneiras mais conhecidas de utilização dos ângulos: a forma sexagesimal e a decimal.

### 4.1 FORMA SEXAGESIMAL

A maneira de representação angular mais utilizada é a sexagesimal. Esta maneira de representação é denominada desta forma pelo fato de obedecer a um sistema de numeração baseado em 60 unidades. Para empregar esta representação em ângulos são necessários os graus, minutos e segundos. Um exemplo de representação angular de maneira sexagesimal é demonstrado a seguir:

FIGURA 17 – REPRESENTAÇÃO ANGULAR DE MANEIRA SEXAGESIMAL



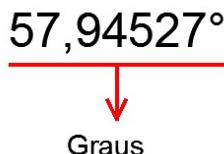
FONTE: O autor

- **Segundos:** são limitados a 60. Caso ultrapasse este valor, acrescenta-se 1 unidade à casa dos minutos.
- **Minutos:** são limitados a 60. Caso ultrapasse este valor, acrescenta-se 1 unidade à casa dos graus.
- **Graus:** são limitados a 360, que é o total de um círculo e também do elipsoide utilizado para representação da Terra.

## 4.2 FORMA DECIMAL

A forma de representação angular decimal tem esse nome pela utilização de 10 unidades. Além disso, ela não utiliza em sua representação os símbolos de minutos e segundos, sendo somente o símbolo de grau ( $^{\circ}$ ). Um exemplo de representação angular de maneira decimal é demonstrado a seguir:

FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO ANGULAR DE MANEIRA DECIMAL



57,94527°

↓

Graus

FONTE: O autor

Nesta forma de representação angular, todos os valores após a vírgula representam os minutos e segundos.



As coordenadas decimais são menos conhecidas pelo público em geral, mas são muito utilizadas em softwares de automação topográfica e outros diversos da área de Engenharia, por isso, trabalhar com estes dados é muito importante.

## 4.3 CONVERSÃO DE COORDENADAS SEXAGESIMAS PARA DECIMAS E VICE-VERSA

Muitas vezes é necessária a conversão de dados sexagesimais para decimais e vice-versa, especialmente quando é preciso utilizar um software computacional. Os softwares geralmente empregam esta forma angular pela ausência de caracteres especiais, como o utilizado nos minutos e segundos, facilitando os cálculos. Para

fazer esta conversão é necessário saber a representação dos minutos e segundos para os graus, então siga o seguinte raciocínio:

- I- Cabem 60 segundos dentro de um minuto, então o segundo é equivalente a  $\frac{1}{60}$  de minuto.
- II- Cabem 60 minutos dentro de um grau, então o minuto é equivalente a  $\frac{1}{60}$  de grau, como demonstrado na Figura 19:

FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO COMPARATIVA DOS MINUTOS E SEGUNDOS EM RELAÇÃO AOS GRAUS

$$\frac{1}{60}$$

$$57'56'41,37''$$

$$\frac{1}{60}$$

FONTE: O autor

- I- Se os segundos são  $\frac{1}{60}$  de minutos e os minutos são  $\frac{1}{60}$  dos graus, para saber quanto um segundo representa para um grau é necessário fazer a multiplicação de  $\frac{1}{60} \times \frac{1}{60}$  para chegar ao resultado de  $\frac{1}{3600}$ .
- II- Portanto, os minutos são  $\frac{1}{60}$  de grau e segundos são  $\frac{1}{3600}$  de grau.

A seguir está o método de conversão de coordenadas sexagesimais para decimais:

FIGURA 20 – MÉTODO DE CONVERSÃO DE COORDENADAS SEXAGESIMAIAS PARA DECIMAIAS

$$57^\circ$$

$$56 / 60 = 0,9333$$

$$41.37 / 3600 = 0,0114916$$

→ Ângulo:  $57 + 0,9333 + 0,0114916 = 57,944825^\circ$

FONTE: O autor

Para o sentido contrário, de graus decimais para sexagesimais, o método de conversão segue o sentido inverso:

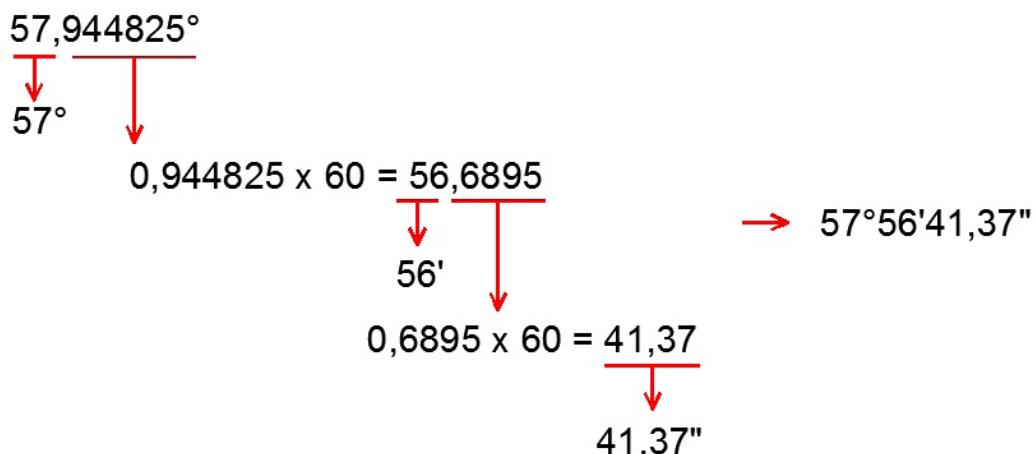
- I- O valor antes da vírgula é igual aos graus. Eles não se alteram.

II- Todo o valor após a vírgula é multiplicado por 60. No resultado, o total apresentado antes da vírgula é igual aos minutos.

III- No resultado do passo anterior utilize as casas depois da vírgula para multiplicar por 60 novamente. Este resultado é igual aos segundos.

A seguir está o método de conversão de coordenadas decimais para sexagesimais:

FIGURA 21 – MÉTODO DE CONVERSÃO DE COORDENADAS DECIMAIAS PARA SEXAGESIMAIAS



FONTE: O autor

## 5 DISTÂNCIAS

As distâncias são de importância tão grande quanto os ângulos para o serviço topográfico, entretanto, é o elemento de maior equívoco pela maior parte dos usuários. Existem erros e conceitos que precisam ser entendidos quanto às distâncias e é muito problemático o uso de distâncias de maneira errada em obras e mapeamentos. Loteamentos são grandes exemplos de empreendimentos que sofrem com o emprego errado de distâncias e também do uso de equipamentos inadequados para trabalho.

### 5.1 MEDIDA DIRETA DE DISTÂNCIAS

As medidas diretas de distâncias necessitam de equipamentos que forneçam os resultados de maneira instantânea e visível. Um exemplo de equipamento tradicionalmente utilizado para obter esta medida direta de distância é a trena, que, dependendo da marca, pode fornecer as distâncias tanto em centímetros quanto em polegadas.

O benefício da utilização de um referencial comum a todos é o entendimento facilitado para a comunicação. As unidades de centímetros, milímetros e metros são conhecidas por uma infinidade de pessoas, facilitando as medições e comparações de áreas e distâncias, mas imagine se todos os países tivessem uma unidade de medida diferente. Seria uma grande confusão realizar a conversão de dados e a comunicação seria muito mais complicada, por isso vários equipamentos são desenvolvidos para o uso destas medidas diretas fracionadas de acordo com essas unidades de medidas citadas.

A trena é muito utilizada na construção civil e na arquitetura, entretanto, possui erros embutidos que não são muito fáceis de corrigir. Existem diversos tipos de trena: de madeira, de fibra de vidro, de metal e até eletrônica, mas todas possuem um erro que vai variar de acordo com a temperatura, umidade e também de acordo com a maneira que o usuário está utilizando.

Empregar trenas em obras é uma das maneiras mais corretas e simples de identificar distâncias em obras atualmente, entretanto, ela está submetida à alguns erros que nem sempre são tão simples de se identificar em campo. São eles:

- Dilatação: trenas de aço são suscetíveis à dilatação e quando empregadas em grandes distâncias estes erros podem acumular, gerando valores errados e muito mais perceptíveis quando analisados num projeto.
- Catenária: catenária é o “embarrigamento”, que ocorre numa trena quando esticada. Para compensar isso é feito o estiramento dela de maneira que fique o mais reta possível. Ocorre com maior frequência em trenas de fibra de vidro que tendem a se deformar em função deste estiramento, desta forma, apresentando uma medida inferior à realidade do campo.

As medidas indiretas são, muitas vezes, mais simples, de uso em serviços de campo, entretanto, para grandes distâncias a obtenção dos valores pode ter um resultado errado devido à valores angulares que não são levados em consideração e também aos erros de dilatação e catenária apresentados acima.

## 5.2 MEDIDA INDIRETA DE DISTÂNCIAS

Além da medida direta existem as medidas indiretas das distâncias. Estas medidas são feitas através de proporções ou uso de leis trigonométricas para a obtenção de resultados de distâncias. Uma das formas é o emprego de fórmulas matemáticas para a aquisição de distâncias ou a proporção de elementos comuns no dia a dia. Exemplos:

- A largura de um corredor é igual à altura de Carlos, que mede 1,80 metros.
- Esta árvore é três vezes maior que o carro, que possui 1,5 metros de altura, portanto, a árvore tem 4,5 metros.
- A distância entre um vértice ao outro da frente do terreno é três vezes menor que o seu comprimento.

Pelo fato da distância indireta se relacionar também ao uso de fórmulas trigonométricas, a topografia empregando teodolito, que necessita do uso de fórmulas trigonométricas para cálculos de distâncias, é uma forma indireta de aquisição de distâncias. Já o uso de Estação Total, que fornece a distância de forma imediata, é conhecida como um modo direto de obtenção de distâncias.



O uso do teodolito para cálculo de distâncias é um tipo de obtenção indireta de distâncias.

## 5.3 DISTÂNCIA INCLINADA, HORIZONTAL E VERTICAL

É importante saber a distinção entre as distâncias inclinadas, horizontais e verticais, pois a que aparece em planta topográfica de maneira mais frequente é a horizontal. A distância horizontal é a distância apresentada entre um ponto e outro em um plano de duas dimensões, isto é, desconsiderando a altura ou diferença de cotas dos itens medidos.

Quando utilizamos equipamentos de medição direta, geralmente o tipo de distância que obtemos é a inclinada, isso porque não consideramos o ângulo em relação à horizontal. Para conhecer o ângulo existente entre a distância horizontal e inclinada é necessário o uso de algum equipamento que o forneça e, quanto maior este ângulo, maior a diferença entre estas distâncias. Na Figura 21 é apresentada uma representação da distância inclinada entre os pontos A e B:

FIGURA 22 – REPRESENTAÇÃO DE DISTÂNCIA HORIZONTAL



FONTE: O autor

Na Figura 22 a linha mais espessa representa a distância horizontal entre os pontos A e B. A distância horizontal é importante no desenvolvimento de projetos que requisitem a representação das áreas, mas não as distâncias inclinadas, como projetos hidrossanitários ou que necessitem de cabeamento. A utilização de distâncias horizontais em trechos de terreno onde existem declives ou aclives é um erro do ponto de vista técnico, porque as distâncias inclinadas são maiores que as horizontais presentes em planta e por isso é sempre necessária uma atenção a este detalhe na interpretação de projetos topográficos, de terraplanagem, de locação de obras ou quaisquer outros que necessitem do emprego de distâncias em terrenos irregulares. A distância inclinada é a informação correta para utilização em projetos que necessitem de distâncias para empregar em quantitativos de orçamento ou projetos executivos. A distância inclinada é representada pela figura a seguir, através da linha de maior espessura que liga diretamente os pontos A e B:

FIGURA 23 – REPRESENTAÇÃO DA DISTÂNCIA INCLINADA



FONTE: O autor

A distância vertical é o terceiro tipo de distância de grande importância para interpretação e desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetônicos. Esta distância vertical pode ser obtida através da distância inclinada e do ângulo formado entre a linha do horizonte e a linha que liga os pontos medidos ou também pode ser obtida através de cotas informadas nos pontos. A Figura 24 apresenta, em linha de maior espessura, a distância vertical entre os pontos A e B:

FIGURA 24 – REPRESENTAÇÃO DA DISTÂNCIA VERTICAL



FONTE: O autor

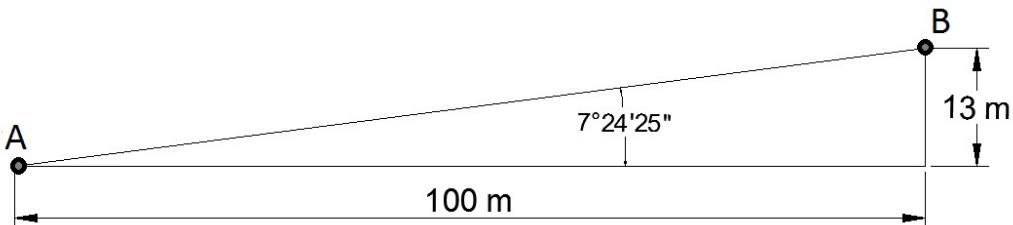
Em plantas topográficas planimétricas somente são apresentadas as distâncias horizontais, e a justificativa para isso é que área é uma grandeza bidimensional, então, caso for necessário, somente a representação das áreas contidas num local é necessária a planta topográfica planimétrica e não a planialtimétrica. Essa explicação é uma das grandes dificuldades enfrentadas por profissionais da área durante o contato com clientes, pois são leigos e geralmente não compreendem facilmente a diferença entre as distâncias horizontais e inclinadas, sempre tentando rebater os dados de planta com informações coletadas com trenas ou outros equipamentos com pouca precisão.

## 6 DECLIVIDADES

As declividades podem ser quantificadas, sejam de elementos naturais como rios, morros e planaltos ou elementos produzidos pelo ser humano, como rodovias, calçamentos e tubulações. O cálculo de declividade tem grande importância no setor de infraestrutura, especialmente na drenagem urbana e saneamento básico. As declividades influenciam na drenagem da água, especialmente na velocidade do escoamento dela, isso porque uma velocidade muito alta não é desejada, mas uma velocidade muito baixa favorece alagamentos. Para o saneamento básico, as declividades influenciam no bombeamento de água e na pressão do sistema.

As declividades também são aplicadas no setor viário para a construção de rodovias e segurança viária e podem ser empregadas de maneira percentual (%) ou em graus ( $^{\circ}$ ), como o apresentado a seguir:

FIGURA 25 – DECLIVIDADE PERCENTUAL E EM GRAUS



FONTE: O autor

A Figura 25 apresenta:

- Declividade percentual de  $7^{\circ}24'25''\%$  entre os pontos A e B, pois são 13 metros de deslocamento vertical e 100 metros de deslocamento horizontal.
- Declividade de  $7^{\circ}24'25''^{\circ}$  entre os pontos A e B, pois esta é a abertura angular existente entre a linha horizontal e a linha que liga os pontos A e B.

O tipo de declividade mais empregada na área de projetos civis é a percentual, pela maior facilidade de aplicação em campo, enquanto que para a área de mapeamentos ambientais é mais comum ver em leis e também normas a utilização de valores angulares. De qualquer modo, é possível realizar a conversão entre uma e outra e, para isso, é necessário saber o deslocamento vertical e horizontal. As fórmulas para encontrar as declividades tanto em percentual quanto em graus são:

#### Declividade percentual

$$d(\%) = \left( \frac{DV}{DH} \right) * 100$$

#### Declividade em graus

$$d(^{\circ}) = \text{arc} \cdot \tan \left( \frac{DV}{DH} \right)$$

Para a utilização destas fórmulas é necessário saber que DV é a distância vertical, representada pelos 13 metros existentes na Figura 24, e o DH é a distância horizontal representada pelos 100 metros da mesma figura.

## 7 ORIENTAÇÕES

A orientação é o maior desafio e também um dos maiores objetivos da topografia. Através da orientação é dada a independência para os vértices de um levantamento, retirando a interdependência deles e dando mais confiabilidade ao serviço.

### 7.1 FUNÇÃO DA ORIENTAÇÃO PARA A TOPOGRAFIA

Como a topografia lida com os mapeamentos sobre a superfície terrestre, é necessário que todos utilizem uma mesma orientação. Pensando em orientações terrestres, existem pontos cardeais principais (norte – N, sul – S, leste – L e oeste – O) e os pontos colaterais (nordeste – NE, sudeste – SE, sudoeste – SO e noroeste – NO). Qualquer um destes pontos poderia ser utilizado para orientação de trabalhos topográficos, mas como padrão é seguido o Norte.

Apesar de estarmos acostumados a simplesmente dizer “norte” para esta orientação no planeta, existe mais de um norte para tal finalidade: o norte magnético, o norte geográfico e o norte de quadrícula.

## 7.1.1 Norte magnético

O planeta Terra funciona como um ímã gigante no espaço e, assim como um ímã, possui polos positivos e negativos. O termo conhecido como “norte magnético”, que geograficamente aponta para o polo norte é, na verdade, o polo sul magnético do ímã. O contrário acontece para o “sul geográfico”, que geograficamente aponta para o sul, mas na verdade é o polo norte magnético do ímã. Isso acontece porque no eletromagnetismo as ondas eletromagnéticas saem do polo norte para o polo sul do ímã. É por este eletromagnetismo que a bússola aponta para o norte geográfico, indicando também o restante dos pontos cardeais para orientação. A figura a seguir apresenta a bússola utilizada pelo profissional da área de Topografia para determinar o norte magnético:

FIGURA 26 – BÚSSOLA PARA IDENTIFICAÇÃO DE NORTE MAGNÉTICO



FONTE: O autor

Na bússola apresentada, a seta apontando para cima, em cor mais intensa, é o norte magnético identificado pelo equipamento, e é possível perceber em toda a circunferência da bússola os valores angulares contidos numa circunferência.

O norte magnético varia de acordo com os anos e seu local não é fixo, por isso foi determinado um norte geográfico fixo.

## 7.1.2 Norte geográfico

A orientação baseada no norte magnético não é a única existente para tal finalidade. Outra utilizada é o norte geográfico ou norte verdadeiro. A diferença entre o norte geográfico e o norte magnético é que estão em pontos diferentes do planeta Terra. Enquanto o norte geográfico está no polo norte, o norte magnético pode estar em outra localidade, como no Canadá ou na Groenlândia, por isso em alguns mapas a referência utilizada é o norte geográfico, que é estático.

É possível identificar o norte geográfico através dos softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG) disponíveis para computadores. Nestes softwares é possível a utilização de camadas contendo informações de delimitação de continentes, municípios e estados para o desenvolvimento de um mapa e, para finalização, é possível a inserção de uma rosa dos ventos apontando para o norte verdadeiro.

## 7.1.3 Norte de quadrícula

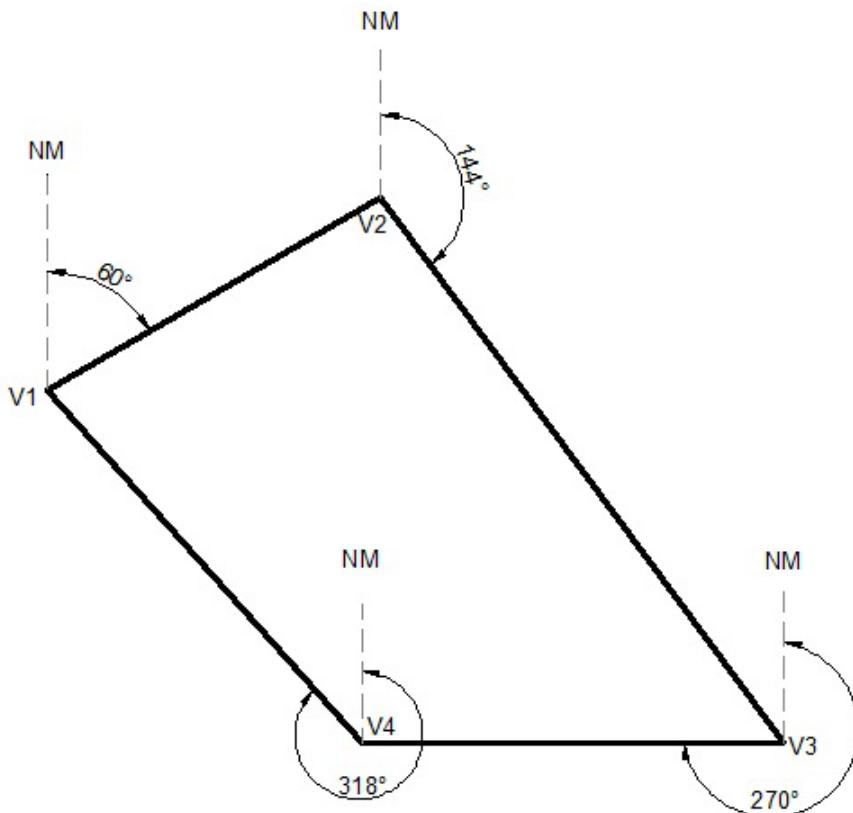
O norte de quadrícula é utilizado quando é empregado o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM). Acadêmico, você se lembra de que nesse sistema o planeta é dividido em pequenas quadrículas? Cada quadrícula possui um norte apontando para a vertical, dessa forma, cada local do planeta Terra dentro de uma quadrícula diferente também possui um norte diferente.

Não existe um equipamento de campo que determine de maneira instantânea o norte de quadrícula, por isso ele também é identificado através dos softwares de Sistema de Informação Geográfica utilizados para o desenvolvimento de mapas. Isso faz com que exista desconhecimento por parte dos profissionais da topografia que não utilizam softwares SIG, compelindo-os ao uso errado dos nortes na orientação.

## 7.2 AZIMUTE

O azimute é a distância angular dentre o norte (escolhido pelo técnico responsável) e o alinhamento desejado, sempre no sentido horário. Ele é muito importante no desenvolvimento de trabalhos de topografia que são para a delimitação de áreas, especialmente rurais, que não possuem cercas ou outros elementos que delimitem fisicamente o terreno, porque a partir do ângulo fornecido pelo azimute é possível ter o alinhamento que faz a divisa da área. Na Figura 26 é apresentado um esquema de como utilizar o azimute para delimitação de áreas:

FIGURA 27 – REPRESENTAÇÃO DO AZIMUTE



FONTE: O autor

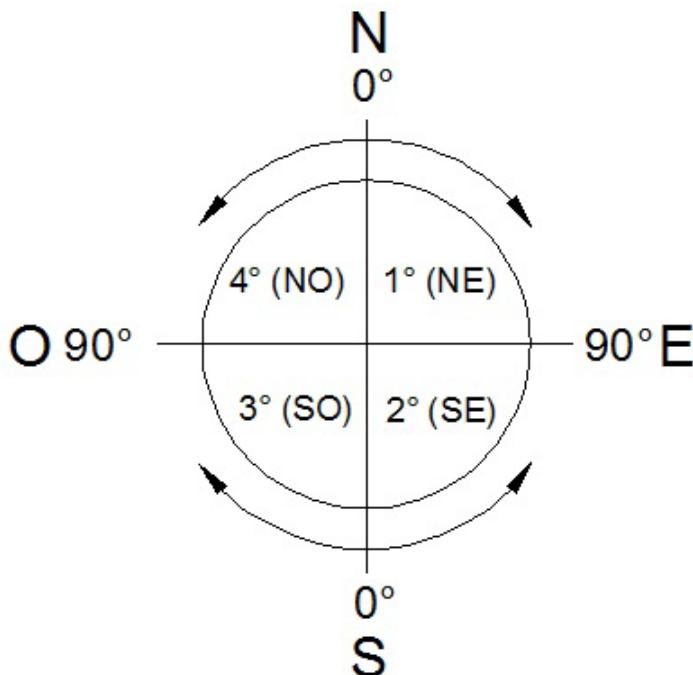
Na Figura 27, os vértices V1, V2, V3 e V4 delimitam a área do polígono nesta mesma sequência. Este polígono poderia estar representando uma área rural, por exemplo, e entre cada vértice deveria ter uma cerca ou muro para delimitação da área, mas é muito comum em áreas rurais os limites de terrenos serem feitos com base em elementos não duráveis, como árvores, rochas e rios.

O fato de os vértices muitas vezes não serem perenes faz com que sejam perdidos os limites da área, sendo necessário recorrer ao azimuthe para a identificação dos vértices novamente. Na Figura 27 foi escolhido o norte magnético para a criação do azimuthe e os valores angulares atribuídos aos vértices são desde este norte escolhido até o próximo alinhamento do terreno, sendo desnecessário um marco físico para a sua marcação, tornando os vértices independentes.

## 7.3 RUMO

Diferente do azimute que varia de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , o rumo pode chegar somente até o valor de  $90^\circ$ , isso porque ele divide o círculo trigonométrico em quatro quadrantes que recebem os nomes de acordo com os pontos colaterais (nordeste – NE, sudeste – SE, sudoeste – SO e noroeste – NO). Sua orientação também é diferente do azimute, que corre no sentido horário. Para o rumo, cada quadrante tem uma orientação diferente que precisa ser respeitada, como demonstrado a seguir:

FIGURA 28 – REPRESENTAÇÃO DE RUMO



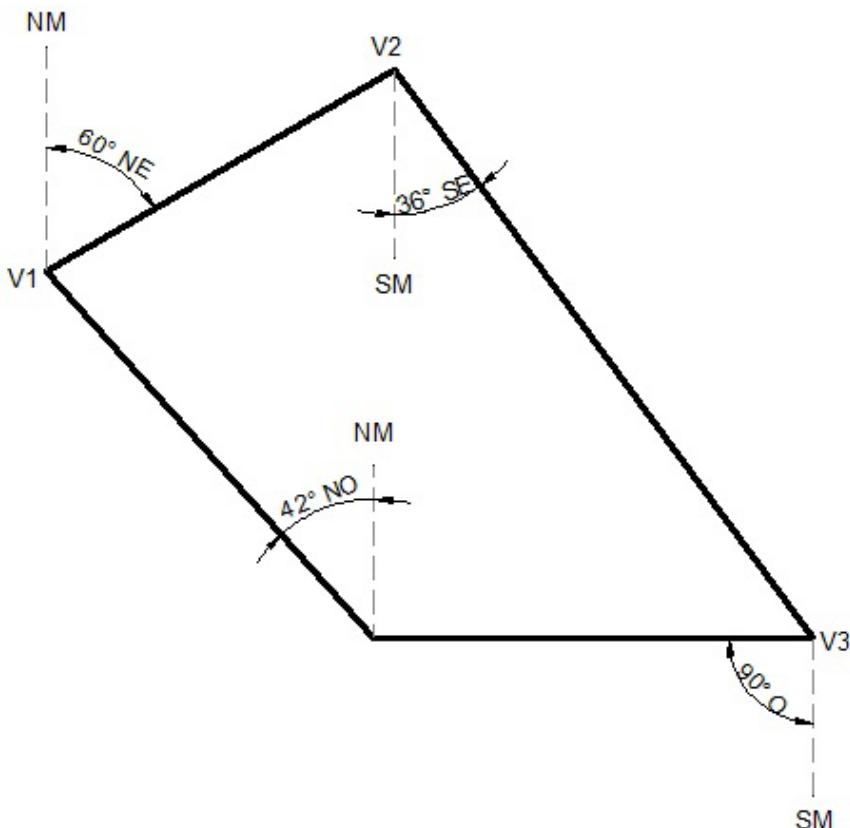
FONTE: O autor

Para cada quadrante existe uma especificidade devido às suas características de orientação, por isso a seguir estão elencadas as características de cada um dos quadrantes, lembrando que cada um deles possui até  $90$  graus:

- **Quadrante nordeste (NE):** o ângulo é contado seguindo o sentido horário a partir do norte (N) até o leste (E).
- **Quadrante sudeste (SE):** o ângulo é contado seguindo o sentido anti-horário a partir do sul (S) até o leste (E).
- **Quadrante sudoeste (SO):** o ângulo é contado seguindo o sentido horário a partir do sul (S) até o leste (E).
- **Quadrante noroeste (NO):** o ângulo é contado seguindo o sentido anti-horário a partir do norte (N) até o oeste (O).

Quando os valores angulares forem exatamente coincidentes com os pontos cardinais são aplicados os valores de  $0^\circ$  e o ponto cardenal desejado. Estas orientações dos quadrantes são facilmente confundíveis e mais complicadas em relação ao uso dos azimutes, por isso é sempre necessário ter muita atenção no uso dos rumos. Na figura seguinte é apresentada a mesma delimitação de área simulada para a explicação do azimute, mas sendo utilizados rumos:

FIGURA 29 – APLICAÇÃO DE RUMOS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA



FONTE: O autor

Na Figura 29, os valores angulares variam na orientação do rumo por ser baseada no norte magnético (NM) ou no sul magnético (SM), e isso ocorre devido à orientação do próximo alinhamento. Do ponto V1 até o V2 existem menos de  $90^\circ$  e ele está localizado no primeiro quadrante, já no alinhamento V2 até o V3 é possível perceber que ele está no quadrante sudeste (SE), sendo necessária a representação anti-horário do ângulo que resulta nos  $36^\circ$ . Essa mesma metodologia é mantida até o fechamento do polígono. Vale ressaltar que todos os ângulos de um valor de rumo são repetidos quatro vezes dentro de um círculo trigonométrico, por isso é sempre necessário utilizar os indicadores de quadrantes nos rumos.

A utilização de rumos é cada vez menor, justamente pela facilidade do uso do azimute para orientação, mas existem ainda vários documentos em cartórios e prefeituras utilizando como orientação os rumos, por isso é necessário para o profissional da área ter o conhecimento para a conversão deste tipo de dados.

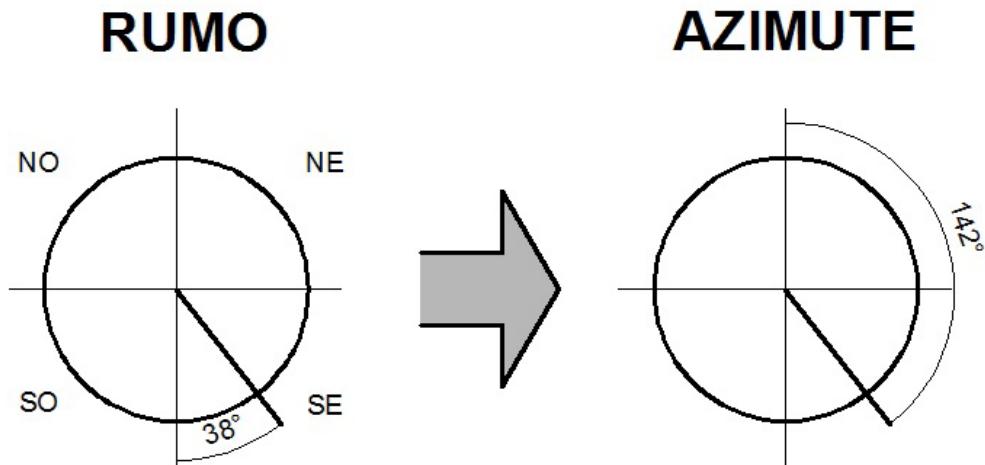
## 7.4 CONVERSÃO DE RUMOS PARA AZIMUTES

A conversão dos rumos para azimutes baseia-se na totalidade angular existente dentro de um círculo trigonométrico. Para realizar a conversão destes dados é necessário identificar em qual quadrante encontra-se o alinhamento e seguir esta lógica:

- Quadrante NE: o valor angular do rumo é o mesmo do azimute.
- Quadrante SE: é necessário subtrair o valor do rumo de  $180^\circ$ .
- Quadrante SO: o valor angular de rumo precisa ser somado a  $180^\circ$ .
- Quadrante NO: o valor angular de rumo precisa ser subtraído de  $360^\circ$ .

É possível seguir outras formas de conversão de valores de rumo para azimute, entretanto, a apresentada é a mais simples e rápida para atividades profissionais. Na Figura 30 é apresentado o resultado da conversão de um valor de  $38^\circ$  SE de rumo para o azimute de  $142^\circ$ :

FIGURA 30 – REPRESENTAÇÃO DA CONVERSÃO DE RUMOS PARA AZIMUTES



FONTE: O autor

## 8 ERROS DE MEDIÇÃO

Durante um serviço topográfico podem acontecer diversos eventos que geram erros de medição. Estes erros podem ser mínimos ou de proporções desastrosas, que fazem com que seja necessário refazer todo o trabalho, mas se o profissional possui prática de campo, estes erros podem ser minimizados a ponto de serem quase imperceptíveis. De qualquer forma, estes erros sempre estarão presentes nos serviços de topografia e não podem ser ignorados.

### 8.1 ERROS GROSSEIROS

Os erros grosseiros são aqueles exagerados em relação à normalidade de um serviço de topografia. Estes erros geralmente são ocasionados por uma falta de atenção e inabilidade do operador do equipamento e acabam afetando todo o trabalho, sendo necessária reparação instantânea (quando possível) ou refazer o trabalho todo. Alguns exemplos são dados a seguir:

- deixar cair o instrumento de medição;
- utilizar equipamentos muito antigos e inadequados para a execução do trabalho;
- desnivelar, de maneira intensa e abrupta, o equipamento no momento do trabalho etc.

Para evitar estes erros grosseiros é necessário simplesmente mais atenção do responsável e um planejamento para que os serviços demandados sejam executados com equipamentos adequados e equipe capacitada a entender os problemas acometidos aos levantamentos de campo num serviço de topografia.

### 8.2 ERROS SISTEMÁTICOS

Os erros sistemáticos, diferentes dos erros grosseiros, não são tão fáceis de identificar em campo por serem pequenos e frequentes. Eles atuam num só sentido e possuem sinal positivo ou negativo (COLLISCHONN *et al.*, 2017, p. 8). Muitas vezes, o autor do erro não tem conhecimento do problema que está causando, dessa forma, acaba replicando o mesmo erro diversas vezes. Alguns exemplos são dados a seguir:

- utilização de equipamento sem aferição (calibração);
- não configurar adequadamente o equipamento durante a execução do serviço (temperatura, pressão atmosférica e constante de prisma);
- deixar o equipamento sempre levemente desnivelado por dificuldade de centralizar a bolha que identifica o nível.

Para evitar os erros sistemáticos é necessário realizar a calibração do equipamento, mantendo-o sempre aferido para a execução de serviços, e também possuir conhecimento para a configuração de equipamento para o trabalho desejado.

## 8.3 ERROS ACIDENTAIS

O termo acidental, aqui, não tem conotação de acidente, mas sim de imprevisibilidade. Os erros acidentais são as imprevisões inevitáveis que afetam cada medida. Estes erros são provocados pela imperfeição dos nossos sentidos, por irregularidades atmosféricas e por pequenos erros inevitáveis na construção dos instrumentos. Os erros acidentais atuam de maneira completamente irregular sobre os resultados das medições e se apresentam com sinal positivo e negativo. Somente estes erros irregulares e acidentais são considerados na compensação e no ajustamento através de estatística.

## 9 UNIDADES DE MEDIDA

As unidades de medida para áreas são diversas, mas entre as mais utilizadas estão os metros quadrados, hectares e quilômetros quadrados. Estas medidas são utilizadas de acordo com a área mapeada. Para áreas muito extensas, o uso de hectares e quilômetros é comum, já nas áreas urbanas, onde as áreas dos terrenos não são muito grandes, é mais comum o uso de metros quadrados.

O metro quadrado ( $m^2$ ) é equivalente a um quadrado de 1 metro de largura por 1 metro de comprimento, e a mesma ideia adota-se para o quilômetro quadrado ( $km^2$ ). Um quilômetro quadrado é equivalente a 1.000.000,00  $m^2$  e, pelo fato de ser uma medida aplicada a áreas muito grandes, é raramente vista em relatórios técnicos, com ressalva para os projetos de infraestrutura que ocupam grandes áreas.

Outra medida muito utilizada em documentos antigos é o alqueire. Esta unidade de medida varia de acordo com a região. Em São Paulo o alqueire equivale a 24.200,00  $m^2$  e em Goiás este valor vai para 48.400,00  $m^2$ . Para cada região é necessário que o responsável técnico realize uma pesquisa de quanto mede um alqueire, pois este valor pode variar de um estado para outro.

A grande diferença é para o uso de hectares (ha). Um hectare é equivalente a 10.000  $m^2$  e é muito mais utilizado na área rural, sendo inclusive requisitado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) no mapeamento de áreas. A relação destas unidades mais utilizadas, de acordo com sua respectiva metragem, é:

- $m^2$ : 10.000  $cm^2$
- ha: 10.000  $m^2$
- $km^2$ : 1.000.000  $m^2$

# 10 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos topográficos estão numa grande evolução tecnológica nos últimos anos, com a utilização de imagens de satélite, drones e também equipamentos GPS de alta qualidade. Entretanto, os equipamentos “clássicos” não deixaram de ter serventia e ainda executam tarefas que nenhum dos equipamentos mais avançados faz.

## 10.1 TEODOLITO

O teodolito é um dos equipamentos mais tradicionais da topografia, porém já é tratado atualmente como uma peça de museu por várias empresas e profissionais. Isso porque sua funcionalidade era limitada, pois não havia um distânciómetro embutido nele e os dados fornecidos eram basicamente angulares. Para a aquisição de distâncias é necessária a utilização da régua graduada e também a aplicação de fórmulas que forneçam a distância horizontal e diferença de nível entre os pontos de interesse. A figura a seguir apresenta um exemplo de teodolito:

FIGURA 31 – TEODOLITO



FONTE: O autor

O teodolito apresentado na figura é eletrônico, isso quer dizer que na tela são apresentados os valores angulares na medida em que os movimentos do equipamento são realizados. A seguir são apresentadas as funções dos componentes do teodolito apresentado na Figura 31:

- **Luneta (1):** é o principal elemento constituinte do equipamento e o componente de número 1, onde é possível visar o ponto desejado na medição. O equipamento faz movimentos horizontais, sendo possível identificar os ângulos entre um ponto e outro do mapeamento, e a luneta faz movimentos verticais, sendo possível identificar os ângulos verticais existentes entre esses mesmos pontos.
- **Parafuso de ajuste fino (2):** demarcado na Figura 31 (número 2) está o parafuso de ajuste fino. Ele serve para travar o equipamento e impedir seus movimentos, e existe tanto para o movimento vertical quanto horizontal. A função de travar o movimento do equipamento é muito importante, porque em determinados momentos é necessário que o operador se afaste da luneta ou realize movimentos próximos ao equipamento, podendo efetuar pequenas alterações na leitura. Para evitar essas alterações, o movimento pode ser impedido pela trava do parafuso. Este parafuso é duplo, contendo uma divisão entre um parafuso externo (maior) e interno (menor). O parafuso externo tem a função de travar o equipamento e o interno gira para realizar um ajuste fino da visada, assim, pode ter maior precisão nos ângulos.
- **Tela (3):** na tela são apresentados os dados angulares de medição. Nela podem ser verificados os ângulos horizontais e verticais para os pontos desejados.
- **Prumo óptico (4):** o prumo óptico apresenta um retículo para visualização perpendicular do equipamento, podendo assim colocá-lo no prumo em relação ao solo. Colocar o equipamento no prumo significa posicioná-lo na vertical em relação ao solo, desta maneira, ele também precisa estar perfeitamente nivelado utilizando as bolhas de nivelamento existentes.
- **Parafusos calantes (5):** auxiliam no nivelamento do equipamento. Servem para fazer um ajuste fino na horizontalidade do equipamento.

Ainda que sejam menos utilizados, os teodolitos continuam sendo comercializados atualmente e, em alguns casos, são atrativos devido ao preço mais baixo em relação aos equipamentos, como a Estação Total e GPS. A execução de muitos serviços do ramo da engenharia ainda é viável utilizando este tipo de equipamento, entretanto sua produtividade é muito menor que outros disponíveis no mercado, fazendo com que sua popularidade fique cada vez menor ao longo dos anos.

## 10.2 ESTAÇÃO TOTAL

A estação total é um dos equipamentos mais utilizados atualmente para o levantamento topográfico e foi considerada a evolução do teodolito, pois nela existe um distanciômetro que apresenta resultados instantâneos. A aparência deste aparelho é muito semelhante em relação ao teodolito, mas sua utilidade e produtividade em serviços é muito maior, tornando-o muito popular na execução de obras e captação de dados de campo.

Outro fator que tornou a estação total muito mais popular e produtiva em relação ao teodolito foi a inserção de um software interno para armazenamento de dados. Alguns fabricantes de teodolito, posteriormente, implementaram maneiras de realizar o armazenamento interno dos dados coletados em campo, mas a ausência do distanciômetro ainda pesava muito para os profissionais da

área que optavam pela estação total. Ela, além de fornecer os dados de distância sem necessitar de cálculos manuais ou anotações de campo, pode armazenar dados de distâncias, ângulos e coordenadas de pontos, facilitando o trabalho de captação de dados e desenvolvimento de projeto em escritório. A figura a seguir representa um modelo de estação total:

FIGURA 32 – ESTAÇÃO TOTAL



FONTE: O autor

O modelo de estação total apresentado na Figura 32 necessita de um prisma para que seja calculada e apresentada a distância dos pontos desejados. Este prisma tem a função de refletir um feixe laser emitido pelo distanciômetro, e a partir disso é calculada a distância entre o equipamento e o prisma. Atualmente já existem estações totais que não necessitam deste prisma para apresentar as distâncias, estas são chamadas de “estações totais não prismáticas”. A seguir são elencadas as funções dos componentes destacados na Figura 32:

- **Colimador (1):** o colimador tem a função de fazer uma mira “grossa” no ponto desejado. Esta mira não é de precisão, portanto, após colimar é necessário olhar pela luneta para fazer um ajustamento. Este colimador é, em alguns equipamentos, um pequeno tubo no qual é possível observar um triângulo branco quando o visualizador e o equipamento estão alinhados. Para conseguir colimar o equipamento é necessário alinhar o triângulo visualizado dentro do colimador ao ponto desejado.

- **Luneta (2):** possui a mesma função da luneta no teodolito, entretanto é possível perceber que a da estação total é maior. Isso ocorre pois é nela onde está localizado o distânciómetro, acarretando um aumento de volume neste componente do equipamento.
- **Nível linear de bolha (3):** existem duas bolhas utilizadas para nivelar o equipamento, a bolha circular e a linear. A bolha linear é a mais sensível e consequentemente a mais difícil de nivelar no equipamento. A ausência de nivelamento na estação total reflete em avisos na tela que impedem que o trabalho seja continuado até o momento em que a horizontalidade dele seja retomada.
- **Tela (4):** possui a função de apresentar os dados visualizados e captados em campo. Nesta tela são apresentados os dados angulares (horizontais e verticais) e também distâncias captadas pelo equipamento, além de todos os softwares embutidos na sua memória.
- **Foco (5):** para ajustar o foco é necessário girar o componente presente na luneta. A ausência de foco nos levantamentos topográficos dificulta o andamento do serviço e muitas vezes induz o responsável a levantar dados errados que aumentam os erros de processamento.
- **Parafusos de ajuste fino (6 e 7):** os parafusos de ajuste fino na estação total têm a mesma função do teodolito. Estes parafusos têm a função de travar o movimento vertical e horizontal do equipamento, além de fazer um refinamento da visualização do ponto desejado.
- **Parafuso calante (8):** os parafusos calantes na estação também têm a mesma função dos parafusos calantes existentes no teodolito, sendo importantes para o nivelamento do equipamento.
- **Eixo da luneta (9):** o eixo da luneta representa o centro vertical do equipamento. É a partir deste ponto que devemos medir a altura do equipamento em relação ao solo.

A estação total foi um grande avanço para o mapeamento topográfico e ainda é muito útil e insubstituível em várias situações. A presença de equipamentos mais avançados não descarta sua utilidade, especialmente para obras que necessitam de estaqueamentos e delimitações baseadas em ângulos e distâncias que não podem ser verificados por drones e nem por vários tipos de GPS.

### 10.3 NÍVEL GEOMÉTRICO

O nível geométrico é um equipamento utilizado para nivelar grandes distâncias com uma grande precisão. A função deste equipamento não é medir distâncias horizontais, e sim distâncias verticais, para isso faz uso da régua graduada (item 16.1). A figura seguinte apresenta um modelo de nível geométrico:

FIGURA 33 – NÍVEL GEOMÉTRICO



FONTE: O autor

Este equipamento é um dos mais baratos existentes na topografia, sendo a porta de entrada para muitos profissionais da área. Seu custo é muito inferior ao de uma estação total e até mesmo de um teodolito, entretanto, sua área de aplicação também é menor, e atualmente é quase restrita a obras e identificação de recalques de edificações.

O nível geométrico não possui uma luneta com movimentação vertical, mas pode se mover horizontalmente, sendo também possível identificar com pouca precisão os ângulos entre pontos. Nele não existe tela para apresentação de informações e nem softwares internos para armazenamento de dados, tornando-o um equipamento pouco atrativo para alguns profissionais, tendo em vista que a maioria das obras não exige uma grande precisão altimétrica e que as estações totais também conseguem identificar desníveis entre pontos.

## 10.4 GPS

O GPS é um Sistema de Posicionamento Global, portanto ele não se refere a um equipamento específico. Referem-se a “equipamentos GPS” aqueles que conseguem trabalhar com esse sistema, retornando dados de posicionamento terrestre e, muitas vezes, cruzando este posicionamento com outras informações que facilitam a interpretação por parte do usuário.

Atualmente, este sistema de posicionamento global existe em alguns países do mundo, mas inicialmente foi criado pelos Estados Unidos e denominou-se GPS. Também existem sistemas de posicionamento por satélite criados por outros países:

- *Glonass*: Rússia.
- *Galileo*: União Europeia.
- *Beidou ou Compass*: China.

Os equipamentos GPS destinados aos serviços de topografia são muito diferentes dos utilizados pela maioria das pessoas no seu dia a dia. Quando esta tecnologia GPS é mencionada, muitos pensam num celular ou até mesmo num equipamento pequeno de navegação marítima, entretanto a tecnologia empregada nos equipamentos topográficos tem a função de fornecer uma grande precisão para os trabalhos, diferente dos equipamentos do dia a dia. A Figura 34 demonstra um modelo de equipamento GPS utilizado nos serviços topográficos:

FIGURA 34 – EQUIPAMENTO GPS RTK



FONTE: O autor

Existe uma variedade de equipamentos GPS que são diferenciados de acordo com o seu modo de uso e frequência de sinais captados. O equipamento apresentado na Figura 34 é do tipo *Real Time Kinect* (RTK), captando sinais de satélites GPS, que é o sistema americano de satélites, e *Glonass*, que é um sistema russo de satélites. O equipamento RTK fornece coordenadas de precisão

instantaneamente, fundamentado numa base que deve se manter fixa num local definido na área do serviço e, por isso, esse equipamento é composto por duas antenas e receptores: a base e o rover. A base é o receptor que deve se manter estático no levantamento para realizar os ajustes de coordenadas enviadas pelo rover, que tem posicionamento dinâmico de acordo com os pontos que são desejados captar em campo. Para que o mapeamento ocorra com o uso do rover ele deve ter um pequeno tempo de rastreio estático sobre o ponto desejado, por exemplo, caso seja necessário mapear a distância entre dois bordos de pista, é necessário o auxiliar de campo ir até os dois bordos e deixar um tempo (de menos de 1 minuto, geralmente) o equipamento estático nivelado para em seguida gravar a informação no equipamento.

As informações gravadas no equipamento são visualizadas através da interface controladora apresentada ao lado direito da Figura 34. É nessa interface controladora que são apresentadas as coordenadas de latitude e longitude para o ponto captado e, dependendo do modelo, também é possível carregar um mapa-base para a melhor interpretação do posicionamento.

Além deste tipo de equipamento RTK, também existem os “pós-processados”. Estes são equipamentos que não fornecem a coordenada instantânea com precisão para o usuário. O tempo de rastreio geralmente é bem maior em relação aos equipamentos RTK, acarretando numa baixa produtividade de serviços de campo e num processamento de dados maior no escritório. A aparência deste equipamento é muito semelhante ao do RTK, mas com a diferença de que não possui uma controladora.

O valor para este equipamento GPS, destinado ao uso em serviços topográficos, é considerado alto por muitos profissionais, girando em faixas que vão desde R\$ 30.000,00 até pouco acima do dobro disso, por isso muitos profissionais que não têm acesso a esta tecnologia acabam alugando os equipamentos ou até mesmo executando o georreferenciamento de maneira errada através de softwares que não fornecem a precisão necessária. É aconselhável a utilização de equipamentos precisos para a execução de levantamentos topográficos, pois a responsabilidade do levantamento é firmada através da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), que transfere toda a responsabilidade do serviço para o profissional, tornando-o consciente de todas as implicações da má execução dos serviços.

#### 10.4.1 Gps De Navegação

O equipamento de rastreio de GPS, conhecido como “GPS de navegação”, foi muito popular na área de mapeamento por muitos anos, até a chegada dos equipamentos celulares que identificavam de maneira rápida, mas com pouca precisão, o posicionamento terrestre. Um exemplar deste tipo de equipamento é apresentado a seguir:

FIGURA 35 – EQUIPAMENTO GPS DE NAVEGAÇÃO



FONTE: O autor

O equipamento apresentado nesta figura caiu em desuso por muitos pelo fato de a sua precisão ser, muitas vezes, pior do que a apresentada por um telefone celular atual. A sua precisão varia de 15 a 10 metros, e este posicionamento não atende às necessidades dos serviços topográficos, sendo descartado pela maioria dos profissionais da área de topografia que utilizam este equipamento meramente para identificar o posicionamento aproximado.

## 10.5 VANT

Os VANTS (veículo aéreo não tripulado), conhecidos como drones, são muito utilizados para o mapeamento topográfico e podem ser de duas categorias: de asa fixa ou multirrotores. Os equipamentos de asa fixa são os que possuem mais autonomia para execução de trabalhos mais longos e se parecem muito com um avião, sendo impulsionados por um motor fixo na sua traseira. Os multirrotores se assemelham a um pequeno helicóptero e possuem uma autonomia menor justamente por gastar mais bateria no seu percurso. Na figura seguinte são demonstrados exemplares de cada categoria:

FIGURA 36 – VANT DE ASA FIXA (ESQUERDA) E VANT MULTIRROTOR (DIREITA)



FONTE: O autor

A utilização de VANT é muito recente na área de mapeamento e tem serventia para muitas áreas além de arquitetura e engenharia. Dentre várias atividades possíveis para o emprego do drone, na sequência são listadas algumas:

- mapeamento e identificação de doenças em plantações;
- identificação de desmatamentos florestais ilegais;
- criação de mosaico de imagens abrangendo grandes áreas;
- criação de modelo digital de elevação para cálculos de volume para terraplanagem;
- mapeamento urbano para ordenamento urbano;
- georreferenciamento de imóveis rurais.

Além destas atividades elencadas, os drones também são muito utilizados para lazer e gravações profissionais de eventos e esportes, indicando que não somente os profissionais da área de engenharia o utilizam. O fato de o VANT voltado para o uso profissional ser equipado, geralmente, com câmeras de alta performance, acarreta ao usuário também conhecer informações sobre capturas de imagem para configuração de acordo com o ambiente e assim obter os melhores resultados.

Para a área de Engenharia, esta tecnologia veio facilitar a captação de dados de campo e agilizar os serviços, mas não supre totalmente as necessidades, especialmente quando o assunto é obra. O VANT pode fazer o mapeamento de áreas muito extensas, que ao comparar com a tradicional Estação Total demoraria dias para a execução. Mas, afinal, como é realizada a locação de obras com o

VANT? Como mapear áreas internas de uma edificação sem uma estação total?  
Como identificar a altitude do solo abaixo da copa de árvores?

O VANT não pode fazer serviços de locação de obra, assim como não pode realizar voos em áreas internas de edificações e abaixo do nível das árvores. A locação de obras através do serviço topográfico é feita por meio do uso de uma estação total, e para que o VANT seja eficaz é necessário que voe acima das edificações e elementos que possam colidir com ele, portanto, ainda não é possível que eles realizem serviços de mapeamentos internos ou que consigam desconsiderar a altura da vegetação num levantamento. Para estas atividades é necessária a interpretação do técnico responsável para averiguar as reais necessidades do serviço e o correto equipamento a ser empregado.

Apesar dos preços de mercado serem muito atrativos para a aquisição de um VANT, existem muitas tarefas ainda não executadas por este equipamento, por isso é um erro afirmar que esta tecnologia veio para sucatear a estação total e o GPS. Os equipamentos topográficos são complementares de acordo com suas finalidades e, muitas vezes, a utilização de vários é requisitada para trabalhos complexos.

## 10.6 PERIFÉRICOS

Os principais equipamentos topográficos foram apresentados nos tópicos anteriores e eles são utilizados em conjunto com outros equipamentos de menor preço, mas não de menor importância. Sem os periféricos não seria fácil fazer o mapeamento topográfico das áreas e o seu correto uso reflete no bom entendimento, por parte do profissional, no trabalho que está sendo executado.

### 10.6.1 RÉGUA GRADUADA

A régua graduada é um equipamento periférico utilizado junto ao teodolito e ao nível geométrico. Para ambos os equipamentos, o emprego da régua graduada é importante para o cálculo de distância horizontal e vertical entre o ponto ocupado e no qual está sendo realizada a leitura. A régua graduada é apresentada a seguir:

FIGURA 37 – RÉGUA GRADUADA



FONTE: O autor

A régua graduada apresenta intervalos de 1 em 1 centímetro, mudando de cor (alternando entre preto e vermelho) de acordo com a metragem, por isso, quando observado na luneta, é possível identificar a altura da régua para utilizar essa altura nos cálculos para obtenção da altura do equipamento e também sua distância horizontal.

O armazenamento dos valores lidos numa régua graduada deve ser feito pelo operador do equipamento de maneira manual, isto é, realizando a leitura e anotando para seu posterior uso. A leitura da informação de metros e centímetros é facilitada pela graduação presente na régua, entretanto, a informação de milímetro é difícil de ser captada, pelo fato de ser uma interpretação do operador. Por exemplo, caso a mira do equipamento esteja entre o valor de 1,72 e 1,73 metros, é o operador quem deve verificar quantos centímetros existem acima da marca de 1,72 metros. Isso ocorre porque não existem graduações que representem os milímetros, gerando algumas vezes ambiguidades nas leituras do mesmo ponto através de diferentes técnicos operadores de equipamento.

## 10.6.2 TRIPÉ

O tripé é o suporte dos principais equipamentos de campo e em sua mesa superior é onde eles devem ser apoiados. O tripé precisa ser instalado em campo e, em seguida, ajustadas as alturas dos três pés para facilitar no nivelamento do equipamento. A altura geralmente empregada para a instalação do tripé é a altura do peito do operador, entretanto, em locais de declive muito acentuado, esta altura deve ser empregada a partir do ponto mais baixo onde o operador irá manipular o equipamento para que ele tenha altura suficiente em todos os ângulos da rotação do equipamento. A figura a seguir apresenta o equipamento:

FIGURA 38 – TRIPÉ



FONTE: O autor

Os tripés mais comuns utilizados para os levantamentos topográficos são os de alumínio, apesar de também serem encontrados em madeira. Os de madeira são mais resistentes e não amassam, entretanto são pesados para serem carregados em trabalhos que requisitam caminhadas ou percursos longos, por isso o tripé mais utilizado hoje em dia é o de alumínio.

### 10.6.3 CONJUNTO PRISMA E BASTÃO

O conjunto de prisma e bastão é essencial para o uso da estação total. Mesmo os equipamentos que têm a opção de não utilizar o prisma são projetados para o seu uso, assegurando uma captação de dados a uma maior distância com o uso desse prisma refletor, podendo ultrapassar quilômetros de distância. A Figura 38 apresenta um conjunto de prisma e bastão utilizado para mapeamento topográfico:

FIGURA 39 – CONJUNTO PRISMA E BASTÃO (ESQUERDA), PRISMA (CENTRO) E BOLHA NIVELANTE (DIREITA)



FONTE: O autor

A Figura 39 apresenta, além do conjunto bastão e prisma, a bolha nivelante. Ela é importante para que o conjunto esteja na vertical no momento da captação do dado pela estação total, caso contrário, as distâncias horizontais e verticais serão calculadas erradas.

#### 10.6.4 PIQUETES E DEMARCAÇÕES

É comum ouvir, especialmente na área de Engenharia Civil, o termo “estaqueamento”. Ele geralmente refere-se à atividade de fundações de obras, que se destina à estabilização da estrutura para desenvolvimento da construção, mas também é um termo utilizado no levantamento topográfico por alguns profissionais. O termo estaqueamento, na topografia, refere-se a cravar estacas para delimitação da área mapeada ou também determinar pontos de controle em campo.

Os pontos de controle são pontos que precisam ter visibilidade em campo, e para isso precisam ter uma materialização com objetos que não possam ser confundidos com feições naturais (como pedras, galhos de árvore e marcações simples no solo), podem ser fabricados em madeira, concreto ou metal. A figura a seguir demonstra um piquete de madeira tradicionalmente utilizado em serviços de campo de topografia:

FIGURA 40 – PIQUETES DE MADEIRA



FONTE: O autor

Os piquetes de madeira possuem formato geralmente como o apresentado nesta figura, mas podem ser diferenciados quanto às dimensões e também ranhuras. A dimensão apresentada pelo piquete demonstrado é de 30 cm de altura por 15 cm de largura e profundidade, entretanto, de acordo com a necessidade do trabalho, estas dimensões podem ser alteradas para que estas demarcações tenham mais visibilidade.

Por serem objetos facilmente quebráveis e não terem função conhecida por muitas pessoas, eles são comumente furtados ou corrompidos, alterando a precisão do trabalho efetuado. Em áreas urbanas, as demarcações e pontos de amarração de serviço são feitas também por chapas metálicas que são cravadas no chão ou coladas na superfície com cola epóxi, e estas são facilmente violáveis por pessoas com pouco conhecimento da sua função ou, por estarem em superfícies de grande tráfego, quebram e perdem a função.

Os pontos de demarcação não têm somente importância para delimitação de áreas. São importantes também para a materialização de pontos de apoio para o serviço topográfico. Na maioria das vezes não é possível a instalação do equipamento topográfico sobre os vértices que delimitam uma área, desta maneira, a delimitação de área é feita com base em ângulos e distâncias a partir de um ponto externo ao perímetro, por isso é necessário inserir estacas nestes pontos de apoio. A técnica mais utilizada para o mapeamento é a denominada poligonação, e será abordada adiante.

A utilização de spray de tinta para ressaltar os piquetes e marcos é uma prática comum e positiva no mapeamento topográfico. A utilização de cores fortes atribui uma importância maior para elementos presentes no campo, fortalecendo a necessidade de mantê-los intactos para sua posterior utilização.

## 10.6.5 EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES

Além dos equipamentos periféricos apresentados, também são necessários outros para a execução do serviço de topografia. Estes equipamentos

complementares são de fácil acesso a qualquer pessoa, mas sem eles a organização e a execução de um levantamento topográfico ficam comprometidas. São eles:

- trena;
- régua;
- linha de náilon;
- materiais de escritório;
- protetor solar e inseticida;
- rádio comunicador;
- marreta e pregos;
- facão;
- equipamentos de segurança;
- água;
- bússola;
- spray de tinta.

A maioria destes objetos listados é necessária ao levantamento topográfico, mas muito esquecidos por alguns profissionais. A ausência de trena num levantamento inviabiliza o levantamento topográfico planialtimétrico, pois é com ela que pode ser identificada a altura do equipamento após instalado, informação importante para os posteriores cálculos. Vale ressaltar que a trena de fibra de vidro, apesar de maleável e versátil, muitas vezes é um grande problema para o levantamento topográfico. Isso porque ela é constantemente tracionada, gerando um efeito de mola nela mesma e esticando-a de uma forma que a escala centimétrica presente acabe se distorcendo. Por exemplo: um metro, após ser esticado várias vezes, acaba se tornando 1,05 metro. Essa razão faz com que muitas vezes seja preferível utilizar uma trena metálica, que sofre a dilatação causada pela temperatura, em comparação à trena e fibra de vidro.

Régua e equipamentos de escritórios são úteis para fazer o croqui da situação de campo, algo extremamente necessário para a orientação no escritório no desenvolvimento do desenho técnico para a criação da planta topográfica. A linha de náilon é geralmente utilizada para a delimitação de pequenas áreas ou materialização de alinhamentos que devem ser seguidos, sendo também um dos objetos de grande importância para o profissional que deseja trabalhar em obras. O rádio comunicador nem sempre é necessário, pois, dependendo do tamanho do serviço, as pessoas são capazes de comunicar-se sem a necessidade de equipamentos para longas distâncias, sendo mais indicado para mapeamentos de grandes extensões ou em locais onde existe muita influência externa de som.

Os objetos de segurança levam em consideração a proteção do profissional dentro de áreas em construção e em campo aberto, podendo levar em conta a proteção solar (protetor solar em creme e também chapéu) como item de segurança. A marreta, pregos e spray de tinta são necessários para a implantação de piquetes ou demarcações no terreno para que posteriormente possa ser identificado por outra pessoa além daquela que executou o mapeamento, e a bússola é indicada também para ser levada em campo para a obtenção de direções quando necessária a referência ao norte magnético.

## LEITURA COMPLEMENTAR

### FUNDAMENTOS DA TOPOGRAFIA

Luiz Augusto Koenig Veiga  
 Maria Aparecida Zehnpfennig Zanetti  
 Pedro Luiz Faggion

Os elementos repassados neste tópico são fundamentais para a prática do levantamento topográfico, entretanto, existem outros elementos teóricos que fazem parte do arcabouço de conhecimento do mapeamento topográfico.

A quantidade de conceitos que tiveram seu uso menos frequente pela atualização de tecnologias e metodologias empregadas é grande, trazendo consigo uma quantidade de informações que não é mais empregada em atividades de campo nem escritório, entretanto, para análise de futuras documentações que utilizem estes conceitos anteriores a esta inovação tecnológica, vale ressaltar os seguintes tópicos:

- declinação magnética;
- radianos;
- nível de cantoneira;
- alqueires.

A declinação magnética é a diferença angular entre o norte magnético e o norte geográfico. Ele ainda é um conceito muito utilizado na aviação, entretanto, para a área da topografia é raramente empregado quando se utilizam equipamentos atuais no serviço de campo. Mesmo com a utilização somente de estação total ou até mesmo teodolito, a declinação magnética raramente é empregada nos mapas de maneira a fazer algum diferencial na interpretação dos dados, muitas vezes, sendo inserido por técnicos sem o conhecimento da sua real representatividade.

Radianos é um método diferente de dividir o círculo trigonométrico: ao invés de dividi-lo em 360 partes iguais para que cada uma represente 1 grau, ele é dividido em 400 partes, fazendo com que cada um represente 1 radiano. Esta é uma maneira de representação angular dificilmente empregada por profissionais da área, até pela dificuldade de comunicação com outras áreas do conhecimento e também pela falta de praticidade no emprego destes dados em softwares atuais.

Nível de cantoneira é um equipamento utilizado no levantamento de campo. Ele serve para nivelar equipamentos periféricos que não possuem o nível de bolha embutido, portanto é acoplado o nível de cantoneira para que isso seja feito. Este equipamento foi um periférico utilizado muito quando o teodolito era a maneira mais produtiva de realizar levantamentos topográficos, entretanto, hoje em dia não é mais visto seu emprego.

Alqueires é um conceito controverso de medida de áreas, especialmente rurais. É possível vê-lo em alguns documentos de registro de imóveis ou até mesmo documentações antigas de prefeituras que contêm no descritivo os alqueires. Esta é uma medida que varia de acordo com as regiões brasileiras, e por esta dificuldade de compatibilização de dados é muito mais comum atualmente o uso das unidades de medida hectare, m<sup>2</sup> e km<sup>2</sup>. O emprego destas unidades padrão de medidas facilita atividades de engenharia, ordenamento urbano e arquitetura.

FONTE: VEIGA, Luís A. K.; ZANETTI, Maria A. Z.; FAGGION, Pedro L. **Fundamentos de topografia**: engenharia cartográfica e de agrimensura, Curitiba: UFPR, 2012. Disponível em: <[http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos\\_topo.pdf](http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2019.

# RESUMO DO TÓPICO 2

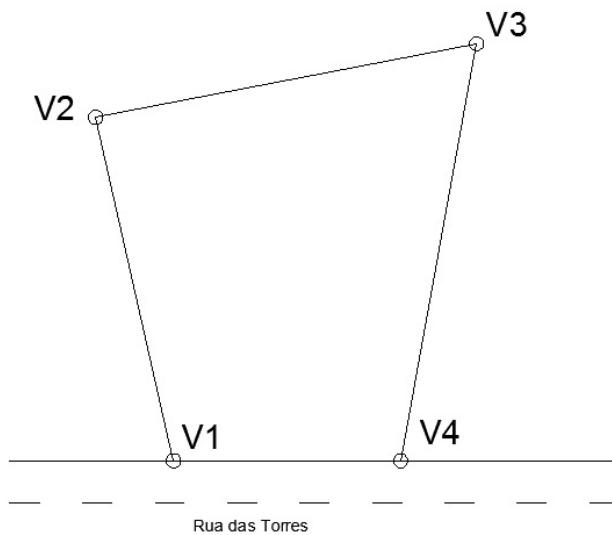
**Neste tópico, você aprendeu que:**

- A topografia utiliza distâncias e ângulos para mapeamento. Estas distâncias podem ser horizontais, inclinadas e verticais, e é necessária sua distinção para utilização em plantas e levantamentos de campo.
- O levantamento topográfico pode ser distinto de acordo com os tipos de informações coletadas e do sistema de coordenadas empregado. Os levantamentos podem ser classificados como planimétricos, quando representam somente dados bidimensionais, e planialtimétricos, quando apresentam dados tridimensionais.
- Quanto ao posicionamento terrestre, os trabalhos de topografia podem ser georreferenciados quando corretamente referenciados à superfície terrestre, ou podem ser de coordenadas arbitrárias quando referenciados ao plano cartesiano.
- Os equipamentos topográficos variam de acordo com a atividade a ser executada e muitas vezes se complementam. O uso da famosa estação total não supre as funções de um GPS e vice-versa.
- A orientação de um alinhamento é realizada através do rumo ou azimute, e estes são baseados no norte, que pode ser magnético, geográfico ou de quadrícula.

## AUTOATIVIDADE



1 Em 1972 foi realizado um levantamento topográfico empregando um teodolito, bússola e régua graduada. As distâncias foram calculadas em campo, entretanto, os rumos foram obtidos através da bússola. O levantamento precisou ser atualizado, mas não existiam demarcações físicas como piquetes ou marcos de concreto para a delimitação da área, portanto, foi necessário empregar conhecimentos para conversão dos rumos em azimutes e, assim, fazer a implantação dos marcos que iriam delimitar o terreno.



FONTE: O autor

Converta os rumos que constam na matrícula do imóvel para azimutes para que, dessa forma, seja possível delimitar o terreno:

- I- Alinhamento V1-V2:  $12^{\circ}52'00''$  NO.
- II- Alinhamento V2-V3:  $79^{\circ}05'42''$  NE.
- III- Alinhamento V3-V4:  $10^{\circ}19'05''$  SO.
- IV- Alinhamento V4-V1:  $0^{\circ}$  O.

Com base na figura e nos rumos apresentados, realize a conversão dos ângulos de orientação para azimutes:

Alinhamentos	Azimutes
V1-V2	
V2-V3	
V3-V4	
V4-V1	

FONTE: O autor

2 O levantamento topográfico vai muito além de medição de distâncias e emprega ângulos que devem ser analisados de maneira tridimensional, sendo também muito importante a interpretação de plantas de engenharia e arquitetura. Além do conhecimento da manipulação dos equipamentos de campo, também é necessário o conhecimento de Geodésia para a correta correlação entre coordenadas captadas e o georreferenciamento de trabalhos. Sobre os levantamentos topográficos, identifique e assinale a alternativa correta:

- a) ( ) A utilização de coordenadas arbitrárias é um erro do ponto de vista técnico, pois atualmente os serviços topográficos devem ser executados com coordenadas georreferenciadas.
- b) ( ) Através do uso de GPS não é possível identificar posteriormente ângulos nem distâncias dos vértices, pois eles estão sobre uma superfície elipsoidal e não num plano cartesiano bidimensional.
- c) ( ) Através da captação de informações de distância e ângulos com a estação total ou teodolito, em campo é possível calcular distâncias inclinadas, verticais e horizontais, mas numa planta topográfica planimétrica somente é representada a informação da distância horizontal.
- d) ( ) O levantamento planimétrico pode ser utilizado para o orçamento de cabeamento para ligação de linhas telefônicas, por exemplo.
- e) ( ) As informações captadas por equipamentos GPS são adquiridas a partir do elipsoide, que é um modelo matemático de representação da Terra, portanto a altitude identificada por ele é referente ao nível do mar.



## UNIDADE 2

---

# TÉCNICAS DA TOPOGRAFIA

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

**A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:**

- resolver problemas topográficos em campo com o uso da trigonometria;
- analisar e corrigir problemas de levantamentos topográficos feitos por terceiros;
- calcular áreas e perímetros sem uso de softwares;
- determinar distâncias e ângulos para delimitação de áreas.

## PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em dois tópicos. No decorrer da unidade você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

**TÓPICO 1 – GEOMETRIA APLICADA À TOPOGRAFIA**

**TÓPICO 2 – MÉTODOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO**



## GEOMETRIA APLICADA À TOPOGRAFIA

### 1 INTRODUÇÃO

Na topografia, a geometria é muito aplicada para a representação das áreas. Sua importância é muito maior quando abordado o assunto de implantação de obras, pois mesmo com a disponibilidade de equipamentos avançados, como o drone ou o GPS, a geometria empregada por meio de estação total ou teodolito é mais confiável e certificada por profissionais da área.

Antes do emprego dos sistemas de coordenadas geográficas no desenvolvimento de levantamentos topográficos, o sistema mais empregado era o de coordenadas arbitrárias, e ele era baseado na geometria dos elementos que compunham o local, amarrando-o às feições estáticas no terreno, fortalecendo a necessidade desta estrutura de amarração estar fixa e ter confiabilidade para perdurar por anos no local.

A aplicação da geometria na topografia é muito importante devido às medidas indiretas de distâncias. As medidas indiretas de distâncias são aquelas nas quais precisam ser empregados cálculos ou relações para a obtenção da distância desejada. As medidas diretas de distâncias são aquelas captadas instantaneamente por equipamentos como a trena, o distancíometro laser, a régua e outros existentes e amplamente utilizados.

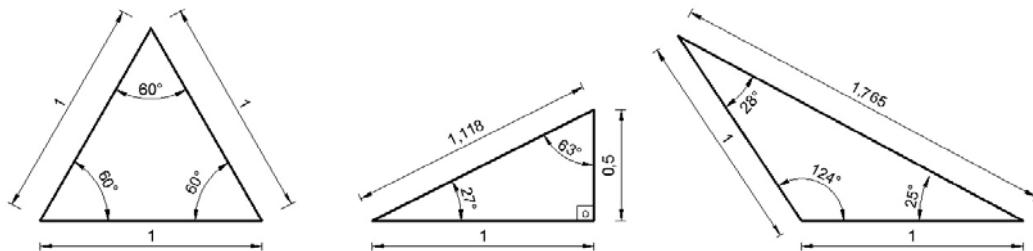
Por meio da geometria é possível mapear áreas e posicionar elementos no espaço em três dimensões, sendo atualmente muito mais importante devido à necessidade de representação destas dimensões em meio digital, diferenciando o desenho técnico tradicional no qual geralmente são feitas representações de vistas de acordo com perspectivas (frontal, lateral, superior). Vale ressaltar que estas vistas ainda são muito utilizadas, especialmente pela necessidade de impressões de plantas e mapas, entretanto, na topografia, a visualização e compreensão tridimensional é um requisito para a interpretação de projetos de todas as escalas.

## 2 TIPOS DE TRIÂNGULOS

Triângulo é um tipo de geometria que conta com três lados e três ângulos e é muito importante para a topografia. Sua versatilidade é tão grande que na maioria dos serviços de topografia o triângulo é utilizado, seja para cálculo de áreas ou volumes ou até mesmo determinação de distâncias e ângulos.

A variedade de triângulos é dada a partir da análise do tamanho dos seus lados e ângulos, sendo a partir disso possível distingui-los para que diferentes equações sejam aplicadas para resolução de problemas. Os diferentes tipos de triângulos são apresentados na Figura 2:

FIGURA 2 – TRIÂNGULO EQUILÁTERO ACUTÂNGULO (ESQUERDA), TRIÂNGULO ESCALENO RETÂNGULO (CENTRO) E TRIÂNGULO ISÓSCELES OBTUSÂNGULO (DIREITA)



FONTE: O autor

Na Figura 2 são demonstrados três triângulos diferentes, classificados quanto aos valores angulares da seguinte forma:

- Triângulo acutângulo: possui todos os ângulos agudos, ou seja, com medidas inferiores a  $90^\circ$ .
- Triângulo retângulo: possui um dos ângulos igual a  $90^\circ$ .
- Triângulo obtusângulo: possui ao menos um dos ângulos obtusos, ou seja, maior que  $90^\circ$ .

A classificação de acordo com as medidas das suas arestas é feita da seguinte forma:

- Triângulo equilátero: possui os três lados iguais.
- Triângulo escaleno: possui todos os lados diferentes.
- Triângulo isósceles: possui dois lados iguais.

Conhecer o triângulo com o qual se trabalha é imprescindível para saber quais equações aplicar na resolução de problemas.

### 3 TRIÂNGULO RETÂNGULO E SOMATÓRIO ANGULAR INTERNO

O triângulo retângulo é uma das geometrias de maior importância para a topografia. É com ele que podem ser realizados cálculos de maneira rápida e segura com a função de conseguir desníveis entre pontos e também distâncias, horizontais ou inclinadas para inserção em plantas e resolução de problemas de campo.

O triângulo é formado por três lados e, consequentemente, três ângulos que descreverão a geometria. A Equação 1 para o valor total angular dentro de um polígono é a seguinte:

Equação 1:

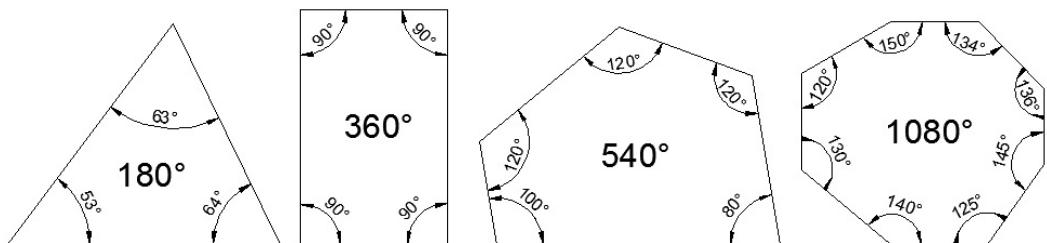
$$T^\circ = 180^\circ \cdot (n - 2)$$

Em que:

$n$  = número de lados do polígono

A fórmula destacada tem a função de calcular o total angular dentro de um polígono, portanto, serve para um pentágono, hexágono e diversos formatos, inclusive o triângulo. A figura a seguir demonstra polígonos e seus ângulos internos para exemplificar a fórmula:

FIGURA 3 – TOTAL DO SOMATÓRIO ANGULAR DENTRO DE POLÍGONOS: TRIÂNGULO, RETÂNGULO, PENTÁGONO E OCTÓGONO



FONTE: O autor

É possível perceber na figura que apesar dos ângulos não serem iguais no triângulo, o somatório é de  $180^\circ$ , isso acontece sempre e serve para todos os polígonos apresentados.

A necessidade de encontrar o ângulo interno de um polígono faz-se necessária na topografia com grande frequência, especialmente para o cálculo de erro angular, que será abordado adiante, entretanto, também existe a maneira de encontrar o total angular externo de um polígono, como demonstrado a seguir:

Equação 2:

$$T^\circ = 180^\circ \cdot (n + 2)$$

Em que:

$n$  = número de lados do polígono

A característica do triângulo retângulo é a presença de um ângulo de  $90^\circ$  dentro da geometria, podendo variar os outros dois ângulos existentes dentro dele. Esse ângulo fixo presente dentro do triângulo faz com que ele possa ser aplicado em situações diversas no serviço topográfico e também aplicável às funções básicas presentes dentro de um círculo trigonométrico, como será abordado nos próximos tópicos.

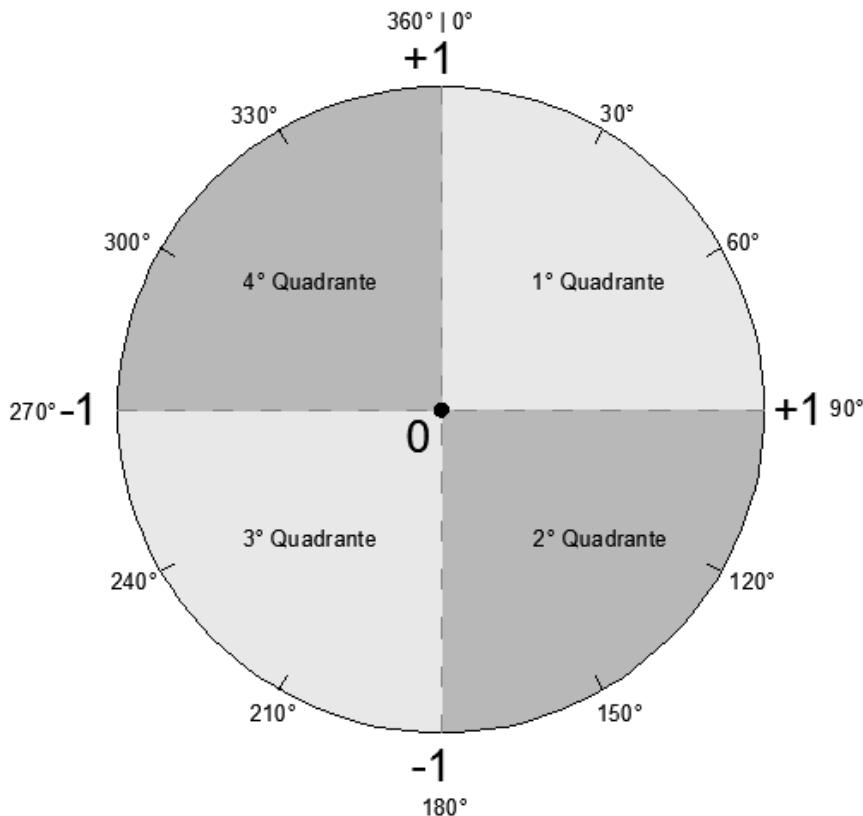
## 4 CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO

Os valores angulares são baseados no círculo trigonométrico. Este círculo é utilizado para a aplicação de fórmulas trigonométricas e é muito empregado na topografia devido às diferentes distâncias e ângulos utilizados na interpretação dos dados. O círculo que será empregado nas atividades deste livro terá valores máximos de  $360^\circ$ , e com o uso das fórmulas de seno, cosseno e tangente é possível o cálculo das distâncias inclinadas, horizontais ou verticais para aplicação em projetos ou locação de obras.

Existe outra maneira de utilizar medidas angulares dentro de um círculo trigonométrico, por exemplo, os grados. Este método de divisão angular é pouco utilizado na topografia e divide o círculo trigonométrico em 400 unidades, portanto, um grau é equivalente a 0,9 graus.

Uma grande dica sobre o círculo trigonométrico é que ele possui o raio equivalente a uma unidade, sendo essa positiva ou negativa de acordo com o eixo analisado (abscissas = eixo X, ordenadas = eixo Y), portanto, todos os valores representados nestes eixos estão entre o valor +1 e -1, como apresenta a Figura 1:

FIGURA 1 – CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO COM VALORES ANGULARES RESSALTADOS NUM INTERVALO DE 30 GRAUS



FONTE: O autor

O círculo apresentado na figura demonstra que o posicionamento central do círculo trigonométrico é igual a 0 e que seus limites estão num raio de 1 unidade. A imagem também apresenta os valores angulares ressaltados variando num intervalo de 30 graus, entretanto, é possível fazer infinitas divisões dentro deste círculo, devido aos minutos e segundos presentes dentro de todos os graus.

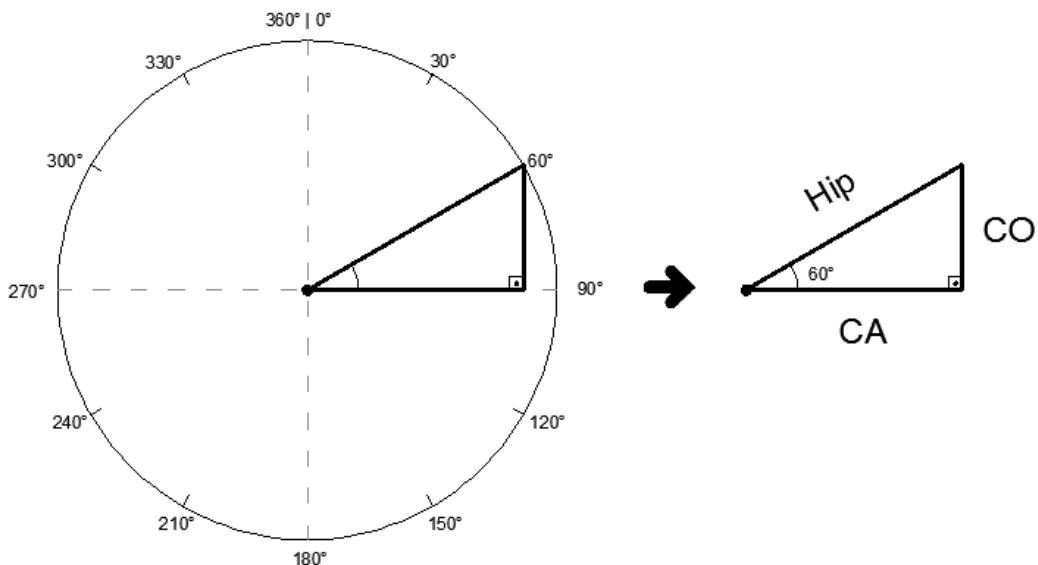
Sobre o círculo trigonométrico é possível aplicar funções baseadas nos ângulos que são determinantes na solução de problemas de campo na topografia, como as funções seno, cosseno e tangente.

## 5 FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS

As funções trigonométricas são baseadas no ângulo e podem ser aplicadas a valores horizontais e verticais. Apesar dos avanços tecnológicos, muitos problemas de campo no levantamento topográfico são passíveis de resolução utilizando estas funções, basta que o responsável tenha conhecimento do serviço e uma boa interpretação de campo.

As funções trigonométricas que iremos utilizar são baseadas no triângulo retângulo que se posiciona dentro do círculo trigonométrico, como mostra a seguinte figura:

FIGURA 4 – TRIÂNGULO RETÂNGULO INSCRITO NO CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO



FONTE: O autor

O triângulo retângulo é uma geometria composta por três lados e três ângulos, sendo que um destes é sempre 90 graus. Neste tipo de triângulo podem ser distintos os lados de acordo com sua funcionalidade trigonométrica: os catetos, representados por CA e CO, e a hipotenusa, representada por Hip, na FIGURA 1. É com base nestas informações que as funções de seno, cosseno e tangente serão apresentadas.

## 5.1 FUNÇÃO SENO

O cálculo do seno tem o objetivo de projetar os valores para o eixo X ou Y em função do ângulo empregado, e a fórmula que deve ser empregada no triângulo retângulo para encontrar o valor de seno é a seguinte:

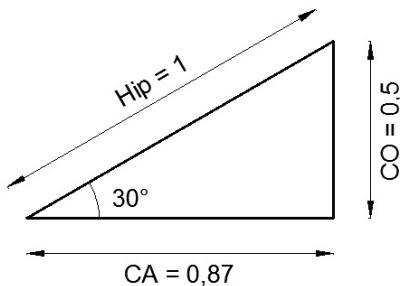
Equação 3:

$$\text{seno} = \frac{CO}{Hip}$$

Sendo:  
**CO** = Cateto Oposto  
**Hip** = Hipotenusa

O valor resultante desta divisão é sempre um valor inferior a 1 e maior que -1, isso porque o triângulo empregado nesta geometria possui um cateto oposto com valor máximo de 1. A figura a seguir apresenta a disposição dos catetos e hipotenusa num triângulo retângulo:

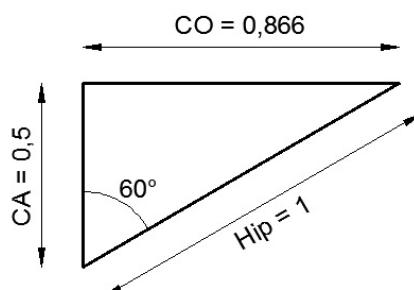
FIGURA 5 – DISPOSIÇÃO E TAMANHOS DE CATETOS E HIPOTENUSA NO TRIÂNGULO RETÂNGULO COM ÂNGULO PARTINDO DO EIXO DAS ABCISSAS



FONTE: O autor

O triângulo apresentado na FIGURA 5 demonstra como CA (cateto adjacente) o valor de 0,87 que consta na linha horizontal e como CO (cateto oposto) o valor de 0,5 da linha vertical e, por último, o valor igual a 1 como a hipotenusa. O cateto adjacente, neste caso, é a linha horizontal de 0,87 porque é adjacente ao ângulo de 60°. A linha vertical de 0,5 é oposta a este ângulo, mas caso o triângulo fosse alterado, os catetos também teriam sua disposição modificada, como demonstrado na FIGURA 6:

FIGURA 6 – DISPOSIÇÃO E TAMANHOS DE CATETOS E HIPOTENUSA NO TRIÂNGULO RETÂNGULO COM ÂNGULO PARTINDO DO EIXO DAS ORDENADAS



FONTE: O autor

Nesta figura, as medidas empregadas são as mesmas para a linha vertical, horizontal e diagonal da FIGURA 5, mas neste caso estas linhas representam elementos trigonométricos diferentes devido ao ângulo de referência que também é diferente. O ângulo empregado como referência na última imagem é de 60°, determinando que o cateto oposto a ele é a linha horizontal e o cateto adjacente é a linha vertical, que é o contrário do que ocorre na FIGURA 5.

Para o triângulo demonstrado na FIGURA 6, o valor de seno de 60° é:

$$\text{seno } 60^\circ = \frac{0,866}{1} = 0,866$$

Na prática, essa fórmula pode ser utilizada para a aquisição do cateto oposto, já que o valor angular será fornecido pelo equipamento, seja a estação total ou o teodolito, e com o cateto oposto pode-se interpretar dados de campo para cálculos de desniveis ou distâncias horizontais.



Nestes dois triângulos demonstrados é possível perceber que para calcular o tamanho do elemento projetado para o eixo X e Y (abscissas e ordenadas, respectivamente) podem ser utilizados dois ângulos, um partindo do horizonte e outro partindo da vertical, por isso é necessária sempre a interpretação do triângulo a ser empregado no exercício ou trabalho topográfico.

Vale ressaltar que, apesar de as figuras serem diferentes, o triângulo representado é o mesmo, o que difere é somente o ângulo de referência. Caso deseje encontrar o valor do cateto oposto no primeiro triângulo é necessária a aplicação da fórmula sobre o valor de 30°, e caso seja desejado encontrar o mesmo cateto no segundo triângulo, é preciso aplicar na fórmula o valor de 60°.

## 5.2 FUNÇÃO COSSENO

O cálculo do cosseno, assim como a função seno, tem o objetivo de projetar os valores para o eixo X ou Y em função do ângulo empregado. A fórmula que deve ser aplicada para encontrar o valor de cosseno no triângulo retângulo é apresentada a seguir:

Equação 1:

$$\text{cosseno} = \frac{CA}{Hip}$$

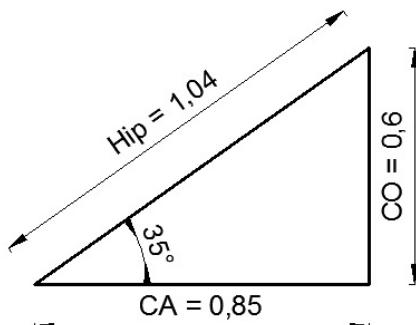
Sendo:

CA = Cateto Adjacente

Hip = Hipotenusa

O posicionamento do cateto oposto e adjacente para a utilização da fórmula do cosseno segue a mesma metodologia da apresentada para o seno. O cateto oposto é aquele que tem seu tamanho variando de acordo com o tamanho do ângulo de referência, portanto eles estão diretamente proporcionais. Já o cateto adjacente é aquele que não se altera de acordo com a variação angular fixo. Na FIGURA 7 é apresentado um exemplo de triângulo retângulo que será utilizado para o cálculo do cosseno:

FIGURA 7 – APLICAÇÃO DA FUNÇÃO COSSENO NO TRIÂNGULO RETÂNGULO



FONTE: O autor

Para o triângulo demonstrado na FIGURA 7 o valor de cosseno é:

$$\text{cosseno } 35^\circ = \frac{0,85}{1,04} = 0,817$$

O valor resultante da divisão do cateto adjacente pela hipotenusa é uma projeção dela para o eixo X (abcissas), correspondendo nos estudos topográficos a uma distância horizontal. Na prática, seguindo o mesmo caso da função seno, o equipamento topográfico utilizado em campo fornece o ângulo e a distância inclinada (que é a hipotenusa), e através destes dados é possível calcular a distância horizontal.

## 5.3 FUNÇÃO TANGENTE

A função tangente possui uma versatilidade em relação às demonstradas anteriormente, pois ela não necessita utilizar a hipotenusa. A Equação 2 demonstra a fórmula da tangente:

Equação 2:

$$\tan = \frac{CO}{CA}$$

Em que:

CO = Cateto oposto

CA = Cateto adjacente

Somente o emprego dos catetos para a determinação do valor da hipotenusa facilita eventuais serviços topográficos, especialmente no uso do teodolito, que não possui o distancíometro e, por causa disso, não captura as distâncias inclinadas diretamente. Através do uso dos catetos é possível a determinação da hipotenusa através do Teorema de Pitágoras, assunto que será abordado no próximo tópico.

Através da função arco tangente é possível reverter o valor numérico de tangente para o valor angular, e essa função também consta nas calculadoras científicas.

## 5.4 FUNÇÕES ARCO

As funções de arco são inversas às funções trigonométricas apresentadas anteriormente, portanto arco-seno, arco-cosseno e arco-tangente são as funções que irão retornar o valor angular a partir de um número racional que é resultado das fórmulas trigonométricas.

É sabido que o valor de cosseno de  $0^\circ$  é 1 e que o seno de  $90^\circ$  também é 1, mas e se fosse necessário saber o valor angular do cosseno de 0,6156614753? Para descobrir este valor é necessário utilizar na calculadora a função arco-cosseno, ou  $\frac{-1}{\text{sen}}$ , para encontrar o valor angular de  $52^\circ$  que é a resposta para esta questão.

A inversão da função (aplicação da função arco) funciona tanto para a função cosseno quanto para a tangente e o seno, desta maneira, todos os valores numéricos apresentados como resultados das funções trigonométricas podem ser retornados para seu valor angular.

## 6 TEOREMA DE PITÁGORAS

O triângulo é a forma geométrica de maior uso na topografia. Através do uso do triângulo são modelados terrenos e realizados os serviços topográficos destinados à engenharia, portanto, para finalizar os estudos sobre o triângulo retângulo, será abordado o Teorema de Pitágoras.

Este teorema é muito empregado nas aulas de Geometria de Ensino Médio, entretanto, o enfoque aqui é direcionado para a topografia e resolução de

problemas encontrados em campo e escritório. O Teorema de Pitágoras descreve o seguinte:

Equação 3:

$$\text{hip}^2 = \text{CA}^2 + \text{CO}^2$$

Em que:

$\text{CO}$  = Cateto oposto

$\text{CA}$  = Cateto adjacente

A equação que descreve o Teorema de Pitágoras diz que o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos, e por levar em consideração somente as distâncias contidas na geometria não se faz necessário conhecer os outros dois ângulos que compõem o triângulo. A única regra que deve ser obrigatoriamente seguida é a de que o triângulo deve conter, num dos ângulos, os  $90^\circ$ , configurando um triângulo retângulo.

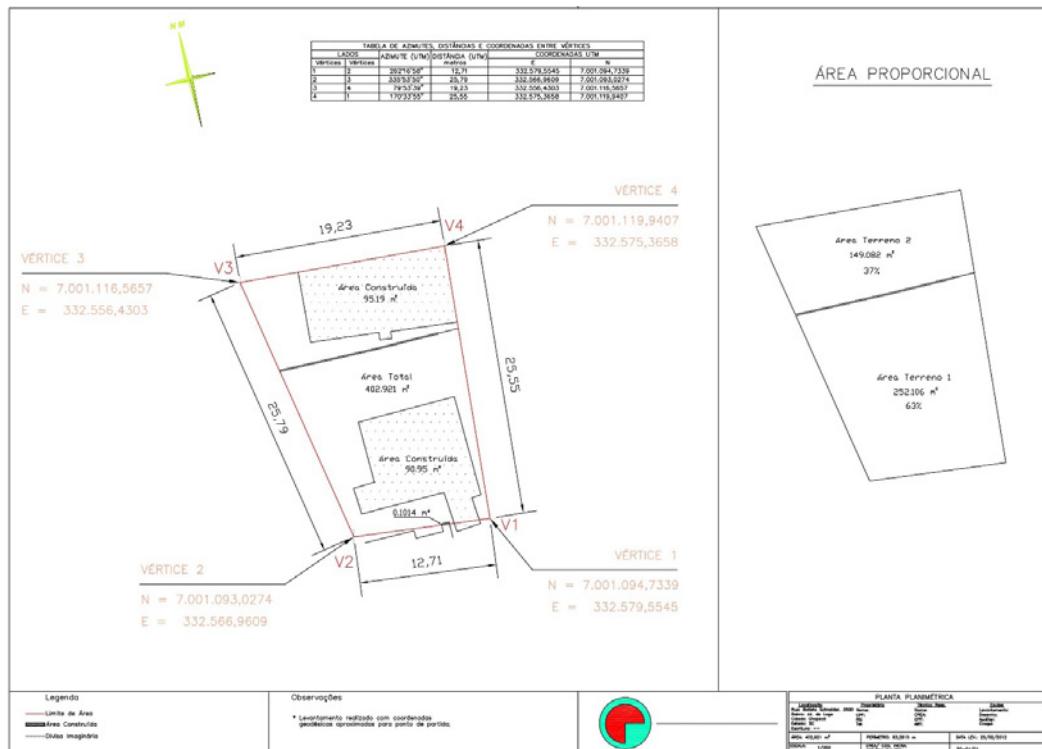
A presença de triângulos retângulos não é tão comum num levantamento topográfico, mas existem casos em que é possível forçar o emprego desta geometria para facilitar posteriores cálculos e também existem maneiras de interpretar triângulos retângulos dentro de outros polígonos, facilitando cálculos de coordenadas e distâncias entre vértices. Seu uso é muito comum nos cálculos de distâncias inclinadas, horizontais e cálculos de diferenças de nível.

## 6.1 CÁLCULOS DE DISTÂNCIAS HORIZONTAIS E VERTICIAIS

A distinção entre distância horizontal e vertical é, várias vezes, ignorada por profissionais da engenharia e arquitetura, especialmente aqueles que não estão acostumados a trabalhar com plantas topográficas. Isso ocorre porque muitas vezes o indivíduo está habituado a trabalhar com projetos arquitetônicos, hidráulicos ou elétricos que levam em consideração cortes e vistas para a interpretação de uma planta, algo que não acontece na análise tridimensional de um terreno que utiliza curvas de nível projetadas sobre a área para essa interpretação.

É necessário lembrar que as distâncias horizontais se situam num plano bidimensional, portanto são muito importantes para cálculos de área. As plantas topográficas impressas apresentam as distâncias horizontais e não as inclinadas, portanto é através destas distâncias que você realiza o cálculo de áreas e perímetros para terrenos ou estruturas presentes no espaço. A FIGURA 8 demonstra uma planta topográfica planimétrica:

FIGURA 8 – EXEMPLO DE PLANTA TOPOGRÁFICA PLANIMÉTRICA E REPRESENTAÇÃO DE DISTÂNCIAS HORIZONTAIS



FONTE: O autor

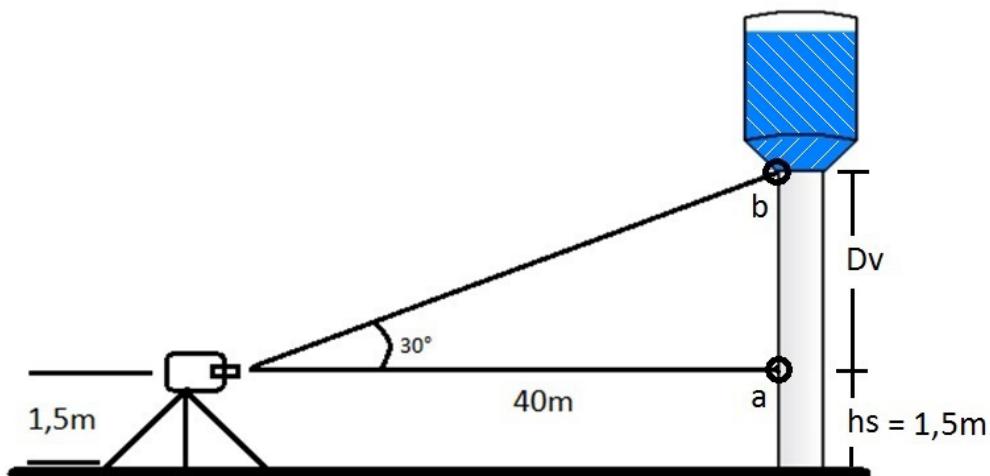
A FIGURA 8 apresenta uma planta com os dados de um tipo de levantamento topográfico já citado anteriormente: a planimetria. O levantamento topográfico planimétrico somente representa dados em duas dimensões, o plano X (das abscissas) e o Y (das ordenadas) e, portanto, não existem meios de o usuário da planta identificar alturas ou altitudes de pontos mapeados. A função da planta é somente a representação de distâncias e ângulos que podem ser apresentados no próprio desenho ou em tabela junto à planta topográfica.

O terreno apresentado na FIGURA 8 possui somente quatro vértices, denominados de V1, V2, V3 e V4. Cada um destes pontos possui coordenadas que estão posicionadas sobre a superfície terrestre e com elas é possível fazer a representação sobre softwares que interpretem estas coordenadas, entretanto não é possível calcular volumes para corte e aterro, tendo sua serventia muito vinculada ao cadastro técnico municipal e desenvolvimento de plantas de situação. A planta de situação é aquela que descreve a disposição dos elementos no terreno e geralmente é solicitada antes de qualquer tipo de modificação que esteja para ocorrer naquele terreno, seja no âmbito cadastral pela prefeitura ou para obras civis.

Para a utilização do Teorema de Pitágoras em campo são necessárias condições ideais para criar um triângulo retângulo e, com isso, adquirir

distâncias horizontais e verticais. Para criar estes triângulos é necessário o uso de um equipamento que forneça os ângulos e também suas distâncias, portanto, a estação total e o teodolito são os indicados para esta tarefa. A FIGURA 9 apresenta as condições ideais para empregar o Teorema de Pitágoras na aquisição da altura da base da caixa d'água até o chão:

FIGURA 9 – EMPREGO DO TEOREMA DE PITÁGORAS PARA ADQUIRIR ALTURA DE CAIXA D'ÁGUA



FONTE: O autor

Na FIGURA 9 é visível que para saber a altura da base da caixa d'água, representada pelo ponto “b” é necessário somar Dv e hs, que são:

- Dv: distância vertical.
- Hs: é a altura do prisma, denominada em algumas estações totais por “altura do sinal”.

A situação apresentada na FIGURA 9 só é possível devido às seguintes condicionantes que permitem o cálculo do Dv pelo Teorema de Pitágoras:

- I- A luneta deve estar fixada no ângulo alinhado à horizontal. Este ângulo vertical pode ser  $0^\circ$  ou  $90^\circ$ , dependendo da configuração do equipamento empregado.
- II- O objeto do qual se mede a altura deve estar verticalmente alinhado. Caso ele esteja inclinado, a medida não será calculada corretamente.
- III- A distância do ponto “a” até o chão deve ser medida com medida fornecida pelo bastão onde está fixo o prisma.

No exemplo apresentado na FIGURA 9, a distância horizontal de 40 metros é fornecida pelo próprio equipamento e a altura da base da caixa d'água deve ser calculada manualmente nas estações totais prismáticas e teodolitos.

A aquisição indireta de alturas de objetos é comum pela falta de praticidade no uso de trena ou outro equipamento de medições diretas, e essa aquisição indireta de dados também funciona com outros elementos existentes na infraestrutura urbana, por exemplo, pontes, prédios, rede de distribuição elétrica e tubulações aéreas (muito comum em áreas portuárias). As etapas que devem ser seguidas em campo são apresentadas a seguir:

- Etapa 1: instale a estação total a distância que seja suficiente para que o ângulo vertical entre a base e o topo do objeto mapeado não seja muito agudo. Esse posicionamento é necessário para que a luneta não fique muito inclinada e impossibilite o técnico de visualizar o ponto medido.
- Etapa 2: fixe o movimento vertical da luneta no ângulo paralelo ao horizonte e ajuste a altura do prisma e bastão para que fique na altura da estação total, possibilitando o uso de um triângulo retângulo.
- Etapa 3: mire com a luneta no centro do prisma e em seguida mire no topo da estrutura desejada.
- Etapa 4: grave o ângulo identificado. Na FIGURA 9 o referido ângulo é de 30°.
- Etapa 5: para calcular a distância vertical (Dv) é necessário aplicar a fórmula da hipotenusa, como demonstrado a seguir:

$$\tan = \frac{Co}{Ca}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{Dv}{40}$$

$$0.57735026919 \times 40 = Dv$$

$$23,094 = Dv$$

Através do cálculo realizado verifica-se que a distância entre o ponto “a” e o ponto “b”, denominado Dv, é de 23,094 metros, mas essa não é ainda a altura do chão até a base da caixa d’água. Para conseguir o valor total é necessário somar o valor de “hs”, que neste caso é 1,5 m, portanto:

$$Altura\ total = 23,094 + 1,5$$

$$Altura\ total = 24,594\ m$$

A utilização de cálculos para aquisição indireta destas distâncias é fundamental no uso de estações totais prismáticas. Quando é empregada a estação total não prismática, o valor de altura do prédio pode ser obtido utilizando o valor da hipotenusa multiplicado ao seno do ângulo formado entre os pontos medidos (“a” e “b” na FIGURA 9).

## 6.2 CÁLCULOS DE DISTÂNCIAS INCLINADAS

As distâncias inclinadas têm uma importância especial quando se tratam de obras lineares, por exemplo:

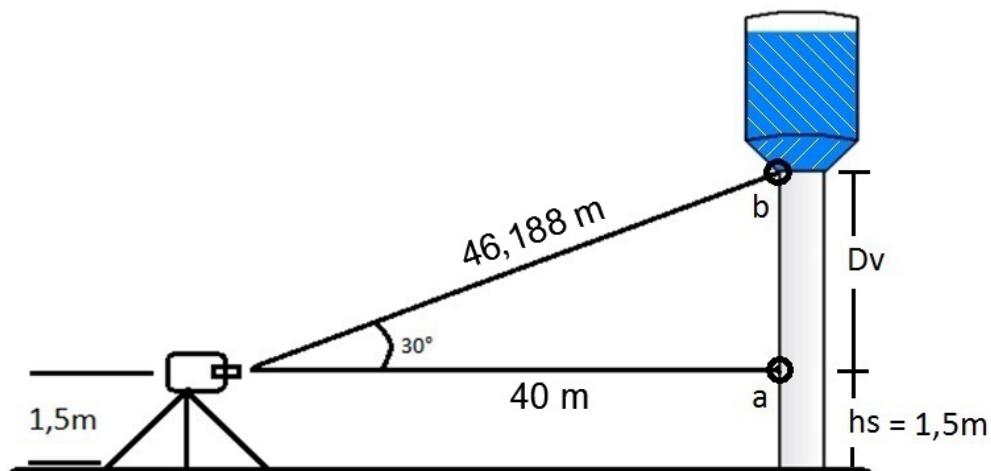
- obras e projetos rodoviários;
- projetos e obras de drenagem;
- implantação e estudos de redes de distribuição de eletricidade;
- delimitação de perímetros em áreas de aclives;
- determinação de declividades para restrições ambientais etc.

Como citado anteriormente, para que numa planta seja possível a utilização de distâncias inclinadas é preciso conhecer as cotas ou altitudes dos pontos de interesse. Para os projetos ou obras de rodovias que possuem um grande desenvolvimento linear e com grande influência de aclives e declives não é possível somente se basear nas distâncias horizontais. A utilização apenas de distâncias lineares numa rodovia acarreta numa menor contabilização de materiais, como aterro, brita graduada, pavimento asfáltico e também outros elementos que compõem a drenagem e sinalização, impactando no orçamento de obra.

Para as obras de drenagem, implantação de redes de distribuição elétrica e determinação de perímetros, o problema da má interpretação de plantas é o mesmo. A utilização de distâncias horizontais gera uma quantificação menor do que a realidade e uma consequente dificuldade para o entendimento do erro gerado, sendo um desafio para muitos profissionais na execução de obras.

A FIGURA 10 demonstra a distância inclinada e a horizontal com o mesmo exemplo da caixa d'água já utilizado anteriormente:

FIGURA 10 – DIFERENÇA MÉTRICA ENTRE A DISTÂNCIA INCLINADA E A DISTÂNCIA HORIZONTAL



FONTE: O autor

Este exemplo da caixa d'água demonstrado é prático quando se tratam de levantamentos topográficos, afinal, como demonstrado no item 0, a altura total do solo até a base da caixa d'água é mais de 24 metros, e não é qualquer trena que conseguiria prolongar-se até essa distância na vertical.

Num triângulo retângulo a distância inclinada é a hipotenusa, a distância horizontal é o cateto adjacente e a distância vertical é o cateto oposto, portanto, possuindo a distância horizontal e o ângulo de  $30^\circ$  é necessária a aplicação da fórmula do cosseno para a aquisição da distância inclinada, como demonstrado a seguir:

$$Co = \frac{Ca}{hip}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{40}{hip}$$

$$hip = \frac{40}{\cos 30^\circ}$$

$$hip = \frac{40}{0,866025}$$

$$hip = 46,188\text{ m}$$

A sequência de cálculo demonstrada é baseada na premissa da disponibilidade da distância horizontal e do ângulo de  $30^\circ$  sendo aplicados num triângulo retângulo, entretanto, a possibilidade de em outros trabalhos estarem disponíveis a informação de distância inclinada e também este ângulo é plausível. Para este caso, em que somente estão disponíveis a hipotenusa e o valor angular, é necessário realizar a multiplicação destes dois valores para obter a distância horizontal.

## 7 LEI DOS SENOS

A lei dos senos é muito útil para a aquisição de informações angulares e de distâncias, especialmente quando é uma locação de estacas nos serviços de topografia. A configuração da sua equação é muito simples, facilitando seu uso mesmo em serviços de campo, os quais necessitam de uma resposta rápida. A fórmula é fornecida na sequência:

Equação 4:

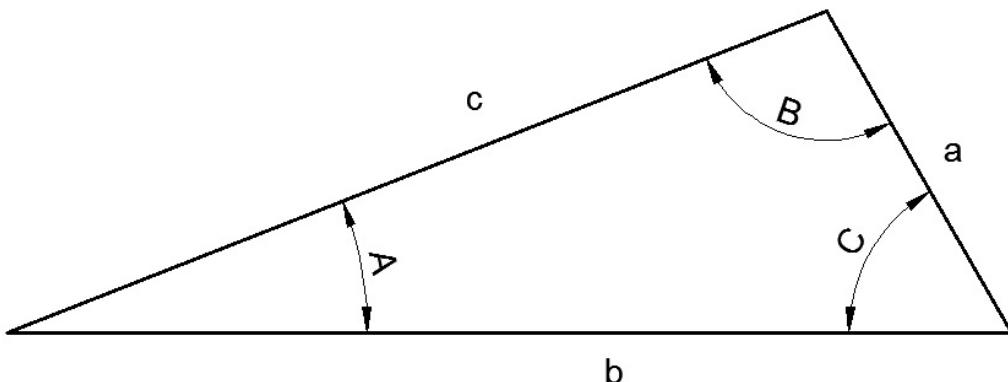
$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

Sendo que:

$A, b \text{ e } c = \text{lados de um triângulo};$   
 $\sin A, B \text{ e } C = \text{seno dos ângulos } A, B \text{ e } C.$

A distância empregada nesse relacionamento de igualdade da equação varia de acordo com o tamanho de  $A$ , como pode ser observado na FIGURA 11:

FIGURA 11 – DISPOSIÇÃO DE ÂNGULOS E DISTÂNCIAS PARA LEI DOS SENOS



FONTE: O autor

A FIGURA 11 demonstra o posicionamento dos elementos da equação da lei dos senos dentro de um triângulo. Como também pode ser observado, o triângulo empregado no exemplo não possui um ângulo de  $90^\circ$ , portanto, para o uso da lei dos senos não é um pré-requisito este tipo de triângulo, e isso flexibiliza muito mais o seu uso nos trabalhos topográficos.

O ordenamento das distâncias e ângulos dentro do triângulo não precisa ser igual ao demonstrado na FIGURA 11, podendo ser alterado de acordo com o usuário da equação, por exemplo, o ângulo  $A$  pode ser alocado no triângulo no local do ângulo  $C$ , desde que a distância  $a$  também esteja oposta ao ângulo  $A$ , e assim por diante. Vale ressaltar que o uso desta equação não precisa ter o emprego de todos os lados do triângulo, podendo ser utilizada a equação somente entre dois lados e um dos seus respectivos ângulos.

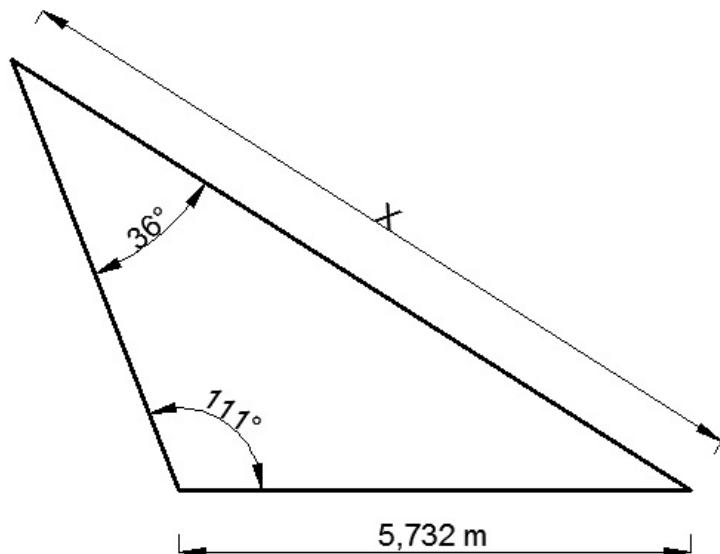
Analizando o exemplo de triângulo empregado para o uso da lei dos senos é possível perceber que o ângulo  $A$  impacta diretamente no tamanho do lado  $a$  do triângulo, portanto eles estão diretamente relacionados e também são diretamente proporcionais: quanto maior o ângulo, maior a distância e vice-versa. Esta relação também funciona para o lado  $c$  e o ângulo  $C$ , assim como para o lado  $b$  e o ângulo  $B$ .

Em síntese, para o uso da lei dos senos são necessários, no mínimo, três elementos descritivos de um triângulo, podendo ser duas medidas de arestas e um ângulo ou dois ângulos e uma medida de suas arestas, desde que estes valores possam se relacionar de forma descrita para uso na equação.

## 7.1 AQUISIÇÃO DE DISTÂNCIAS

Com a lei dos senos é possível calcular qualquer lado de um triângulo, desde que você tenha uma incógnita dentro da equação. Para a aquisição da informação de distâncias é necessário que estejam presentes no triângulo ao menos uma distância e dois ângulos, como demonstrado na FIGURA 12:

FIGURA 12 – DISPOSIÇÃO DE DADOS NUM TRIÂNGULO PARA AQUISIÇÃO DE DISTÂNCIA PELA LEI DOS SENOS



FONTE: O autor

No triângulo apresentado na FIGURA 12, somente dois ângulos estão presentes dentro do perímetro: o de  $111^\circ$ , que é o ângulo relacionado à distância  $X$ , e o ângulo de  $36^\circ$ , que se relaciona à distância de  $5,732 \text{ m}$ . A configuração apresentada permite que seja empregada a lei dos senos para o cálculo da distância  $X$ , porque existe um relacionamento entre as distâncias e os ângulos, mas caso isso não ocorresse, não seria possível o emprego da equação. A ausência do ângulo de  $36^\circ$  ou da distância de  $5,732 \text{ m}$  seria um impeditivo para empregar a lei dos senos na aquisição do valor de  $X$ .

A solução para encontrar o valor da distância solicitada através de  $X$  é a inserção destes valores na Equação 4, da lei dos senos, como demonstrado a seguir:

$$\frac{5,732}{\operatorname{sen}36^\circ} = \frac{X}{\operatorname{sen}111^\circ}$$

$$X \cdot \operatorname{sen}36^\circ = 5,732 \cdot \operatorname{sen}111^\circ$$

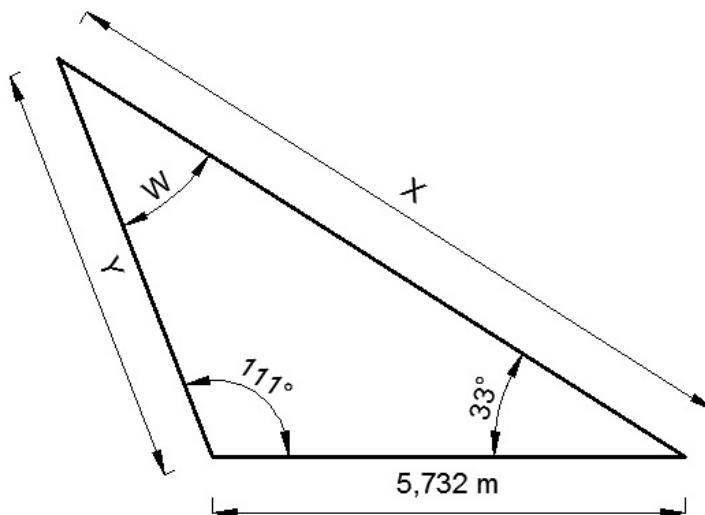
$$X = \frac{5,732 \cdot \operatorname{sen}111^\circ}{\operatorname{sen}36^\circ}$$

$$X = 9,1041m$$

Os valores de seno de  $111^\circ$  e seno de  $36^\circ$  foram obtidos utilizando calculadora científica e são 0,933580426 e 0,587785252, respectivamente. O uso de calculadora científica para resolução de problemas de maneira direta, como demonstrado na sequência resolutiva da equação anterior, é importante para que não existam erros de arredondamento que gerem impactos na precisão do levantamento topográfico executado, por isso a calculadora é muitas vezes um dos equipamentos de suporte levados a campo.

O exemplo demonstrado na FIGURA 12 é uma amostra do ideal para aplicação da lei dos senos no cálculo de distâncias, entretanto, existem configurações de triângulos que não nos permitem o uso de tal função. A existência de problemas que não permitam um relacionamento direto entre o ângulo e a distância resulta numa impossibilidade de uso da lei dos senos, como demonstra a FIGURA 13:

FIGURA 13 – TRIÂNGULO COM DOIS ÂNGULOS E DISTÂNCIAS, MAS SEM POSSIBILIDADE DE USO DIRETO DA LEI DOS SENOS



FONTE: O autor

Verificando a FIGURA 13 é possível perceber que o ângulo de  $32^\circ$  não possui uma distância na qual possa ser relacionado e, por fim, acaba impossibilitando

o uso direto da lei dos senos porque gera duas incógnitas na equação, como é demonstrado a seguir:

$$\frac{Y}{\operatorname{sen} 33^\circ} = \frac{X}{\operatorname{sen} 111^\circ}$$

A situação apresentada na FIGURA 13 demonstra uma impossibilidade de uso **direto** da lei dos senos, entretanto, é possível descobrir o ângulo que falta dentro do triângulo. Para descobrir esse ângulo é necessário saber que dentro de um triângulo existem  $180^\circ$ , dessa maneira, para descobrir o valor angular  $W$  é necessário somar os dois valores angulares conhecidos e depois subtrair do total existente dentro do triângulo, como apresentamos:

$$\begin{aligned} 180^\circ &= W + 33^\circ + 111^\circ \\ W &= 180^\circ - (33^\circ + 111^\circ) \\ W &= 36^\circ \end{aligned}$$

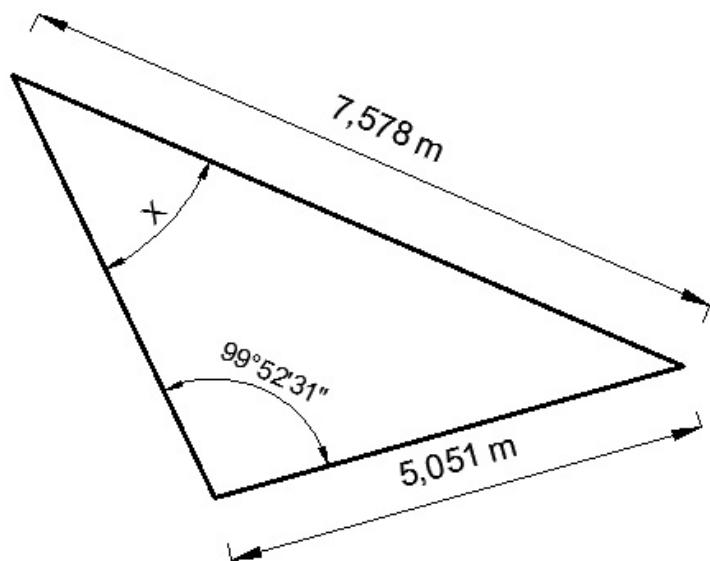
Após descobrir o ângulo que falta para completar toda a descrição do triângulo, torna-se possível o uso da lei dos senos e, assim, descobrindo a distância  $X$  de interesse já apresentada (9,1041 m).

## 7.2 AQUISIÇÃO DE ÂNGULOS

A aquisição de ângulos pela lei dos senos exige um passo a mais do que a aquisição de dados de distâncias. Isso porque a distância já é fornecida em valores métricos e a incógnita angular existente na equação é do seno do ângulo, portanto é necessário transformar este valor de seno do ângulo para o valor angular e isso será feito por intermédio de uma calculadora científica.

Descobrir o ângulo pela lei dos senos seguirá a mesma metodologia empregada no item 0 (Aquisição de distâncias), que mantém como incógnita o valor que se deseja descobrir para em seguida realizar os cálculos. Neste caso, o valor mantido em incógnita será o seno do ângulo que se deseja identificar. Na FIGURA 14 é apresentado um triângulo no qual será empregada a lei dos senos para a aquisição de valores angulares.

FIGURA 14 – DISPOSIÇÃO DE DADOS NUM TRIÂNGULO PARA AQUISIÇÃO DE ÂNGULOS PELA LEI DOS SENOS



FONTE: O autor

A disposição de dados na FIGURA 14 apresenta dois valores de distâncias das arestas e um ângulo. Perceba que o ângulo de  $99^{\circ}52'31''$  relaciona-se à distância de 7,578 m e que a incógnita angular X está relacionada à distância de 5,051 m. Estes valores são diretamente proporcionais e o aumento angular em qualquer um dos vértices acarreta no aumento do tamanho das arestas, por isso podem ser empregados os valores apresentados na equação da lei dos senos.

A montagem da equação para que seja identificado o valor de X é demonstrada a seguir:

$$\frac{7,578}{\operatorname{sen} 99^{\circ}52'31''} = \frac{5,051}{\operatorname{sen} X}$$

$$7,578 \cdot x = 5,051 \cdot \operatorname{sen} 99^{\circ}52'31''$$

$$\operatorname{sen} x = \frac{5,051 \cdot \operatorname{sen} 99^{\circ}52'31''}{7,578}$$

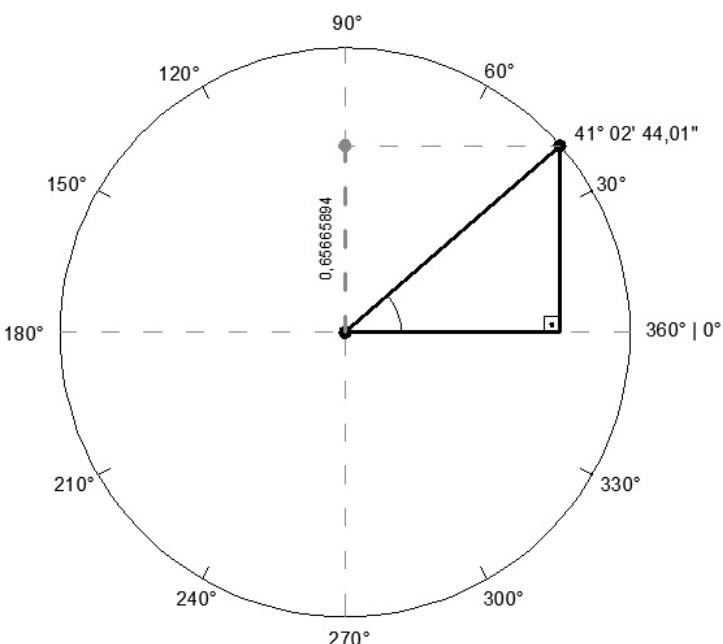
$$\operatorname{sen} x = 0,65665894$$

A aquisição de valores angulares pela lei dos senos passa pelo processo de transformação do valor do seno do ângulo para o real valor angular existente no vértice. Isso porque o que foi encontrado através da equação é um valor que pode variar de -1 a 1. Este valor resultante não é um ângulo ou um valor de metragem, e sim um posicionamento dentro do círculo trigonométrico.

Os valores de seno e cosseno sempre são valores que variam entre -1 a 1, porque indicam o posicionamento dentro de um círculo trigonométrico que possui o raio igual a 1 e o valor de 0,65665894 que é o resultado do seno de X é um posicionamento no eixo Y (também chamado de eixo das ordenadas).

A figura a seguir demonstra um círculo trigonométrico e o posicionamento do seno de x projetado sobre o eixo das ordenadas, entretanto, o valor de  $0^\circ$  será posicionado paralelo ao horizonte como configurado em alguns equipamentos topográficos:

FIGURA 15 – PROJEÇÃO DO VALOR DE SENO SOBRE O EIXO Y (EIXO DAS ORDENADAS)



FONTE: O autor

Na FIGURA 15 foi formado um triângulo retângulo, no vértice do triângulo que coincide com a origem do círculo trigonométrico encontra-se o ângulo de  $41^\circ 02' 44,01''$ . Este é o valor angular referente à medida de 0,65665894 encontrado no seno de x e este valor é projetado sobre o eixo Y que tem o valor máximo igual a 1.

Todos os valores dentro deste intervalo de -1 e 1 podem ser convertidos em ângulos, pois estão dentro dos  $360^\circ$  do círculo trigonométrico. Para fazer esta conversão do seno para o valor angular é necessário utilizar a fórmula inversa do seno: o arco seno.

O arco seno, em muitas calculadoras, é utilizado através da função *shift* que inverte a função presente. Apertando este botão, e em seguida a função seno,

é possível inverter a função. A sequência de processos para conseguir reverter o valor de seno para ângulo é demonstrada a seguir:

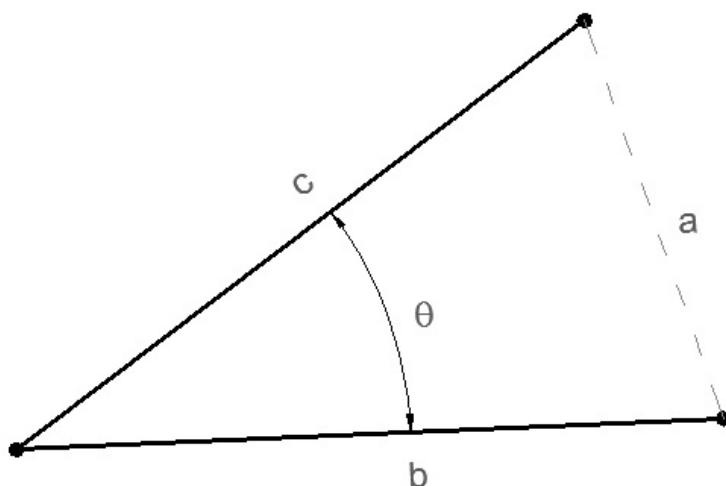
$$\begin{aligned} \text{sen } x &= 0,65665894 \\ \text{arcsen } 0,65665894 &= 41,04555959 \\ 41,04555959 &= 41^\circ 02' 01'' \end{aligned}$$

O processo de conversão de valores angulares decimais para sexagesimais já foi apresentado no Tópico 1 do livro didático. Nas calculadoras também existe uma tecla que realiza a conversão automática. Esta tecla geralmente é sinalizada através dos sinais de grau, minuto e segundo ( $^\circ$  ' '') e serve para conversão de decimal para sexagesimal e vice-versa.

## 8 LEI DOS COSSENO

A lei dos cosenos é também uma das equações de grande utilidade em serviços de campo na área de Topografia. Por meio dela é possível calcular distâncias entre dois pontos sem a necessidade de instalação do equipamento sobre um deles. Isso permite que sejam realizadas medidas de grandes distâncias sem que o técnico precise alterar o equipamento de lugar e, assim, simplesmente realizando leituras das distâncias mediante o deslocamento do prisma ou até mesmo sem este deslocamento utilizando equipamentos que não necessitem dele (conhecidas como estações totais não prismáticas). A figura seguinte apresenta a disposição dos itens contidos dentro da lei dos cosenos dentro de um triângulo:

FIGURA 16 – CONFIGURAÇÃO DA LEI DOS COSSENO DENTRO DE UM TRIÂNGULO



FONTE: O autor

Na FIGURA 16, as arestas  $c$  e  $b$  devem possuir dimensões conhecidas, assim como o ângulo formado entre elas. Por meio destas variáveis é possível calcular a dimensão da aresta  $a$ . A equação que define a lei dos cossenos é apresentada a seguir:

Equação 5:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2.b.c.\cos\Theta$$

$\Theta$  = Ângulo de abertura entre  $b$  e  $c$

O ordenamento de itens na lei dos cossenos não precisa ser sequencial ( $a$ ,  $b$  e  $c$ ) como o apresentado, podendo variar através de outras letras para incógnitas e também passando o valor de  $a^2$  para o outro lado da igualdade como uma raiz, como o demonstrado a seguir:

Equação 6:

$$a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2.b.c.\cos\Theta}$$

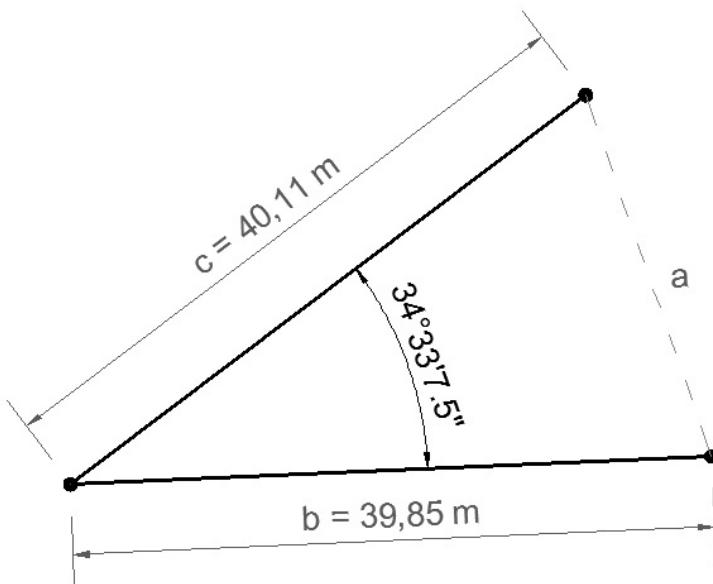
Para o emprego desta equação de maneira manual sugere-se a versão original dela para que sejam menores as possibilidades de erros com a raiz. Já para a utilização da equação em calculadora científica sugere-se a segunda forma apresentada com o valor abaixo da raiz dentro de um parêntese para que a calculadora interprete que o valor total está submetido ao radical.

A lei dos cossenos é a equação mais adequada para o levantamento topográfico, porque num levantamento é comum as dimensões dos lados  $b$  e  $c$  do triângulo serem captadas através da estação total e o ângulo entre estas duas arestas também ser fornecido pelo equipamento, tornando o cálculo simples e objetivo.

## 8.1 AQUISIÇÃO DE DISTÂNCIAS

Para o uso da lei dos cossenos, assim como na lei dos senos, são necessários ao menos três dados de dentro de um triângulo, entretanto, neste caso, são requisitados obrigatoriamente dois dados de distâncias e um de ângulo, servindo para a resolução de problemas, como mostra a seguinte figura:

FIGURA 17 – DISPOSIÇÃO DE ELEMENTOS NUM TRIÂNGULO PARA QUE SEJA EMPREGADA A LEI DOS COSSENO



FONTE: O autor

Na FIGURA 17, as linhas de maior espessura representam os lados do triângulo que possuem as distâncias captadas pela estação total e o lado denominado **a** é o que se deseja descobrir. É possível perceber que no triângulo presente nesta figura não é possível o emprego da lei dos senos, porque não existe nenhuma distância relacionando-se diretamente ao ângulo de  $34^{\circ}33'7,5''$  e as duas distâncias apresentadas nas arestas do triângulo não possuem relacionamento com nenhum ângulo indicado. Também não é possível calcular os dois ângulos omitidos sabendo do total angular de  $180^{\circ}$  do triângulo, impossibilitando também uma possível divisão da referente geometria em dois triângulos retângulos para aplicação do Teorema de Pitágoras.

Para a solução deste problema é necessário o emprego da lei dos cosenos e a sequência de resolução desta equação é apresentada a seguir:

Para os cálculos de distância serem mais práticos e rápidos é recomendada a utilização de calculadora, pois a realização destes tipos de cálculos de forma manual tomaria muito tempo dentro de um período de execução de obra e as funções de calculadoras presentes em celular nem sempre são ágeis e confiáveis o suficiente para funções angulares.

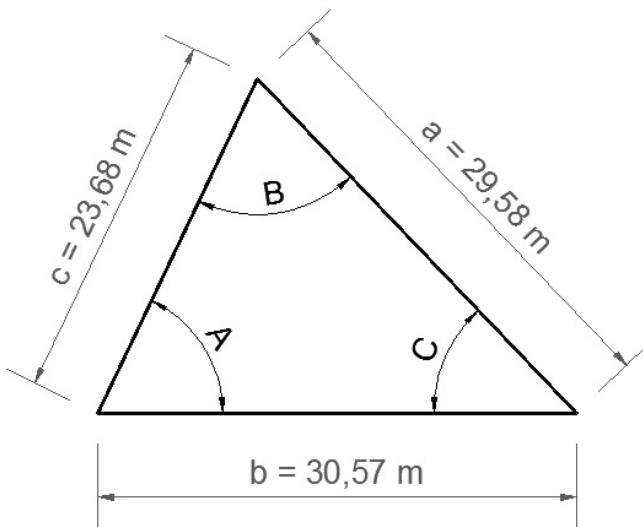
## 8.2 AQUISIÇÃO DE ÂNGULOS

A utilização da lei dos cosenos para a aquisição de ângulos é algo menos frequente na topografia, entretanto, também é possível calcular ângulos presentes

dentro de um triângulo através dela. Sua utilização torna-se mais eficaz com a união da lei dos senos após descobrir o primeiro ângulo interno do triângulo para que os cálculos sejam realizados mais rapidamente.

Somente uma situação justifica a utilização da lei dos cossenos num triângulo para a identificação do ângulo: a presença apenas de distâncias descrevendo o triângulo. A FIGURA 18 demonstra a situação:

FIGURA 18 – SITUAÇÃO PASSÍVEL DO USO DA LEI DOS COSSENOSS PARA AQUISIÇÃO DE DADO ANGULAR



FONTE: O autor

Como pôde ser observado, no triângulo não existem ângulos internos descrevendo a geometria. Para a aquisição do primeiro ângulo é possível utilizar a lei dos cossenos mantendo como incógnita o valor do cosseno do ângulo que é empregado na equação. A resolução e as etapas para encontrar o ângulo de A são demonstradas a seguir:

$$a^2 = 39,85^2 + 40,11^2 - 2 \cdot 39,85 \cdot 40,11 \cdot \cos 34^\circ 33' 7,5''$$

$$a^2 = 1588,0225 + 1608,8121 - 2 \cdot 39,85 \cdot 40,11 \cdot \cos 34^\circ 33' 7,5''$$

$$a^2 = 3196,8346 - 3196,767 \cdot \cos 34^\circ 33' 7,5''$$

$$a^2 = 3196,8346 - 2632,892371$$

$$a^2 = 563,942229$$

$$a = \sqrt{563,942229}$$

$$a = 23,7474 \text{ m}$$

Para a lei dos cossenos, assim como na lei dos senos, o valor encontrado diretamente na fórmula é relativo ao cosseno do ângulo, sendo necessário fazer sua conversão através da equação do arco cosseno, que é a função inversa do cosseno, sendo possível identificar o ângulo em sua forma decimal para em seguida convertê-lo para sexagesimal.

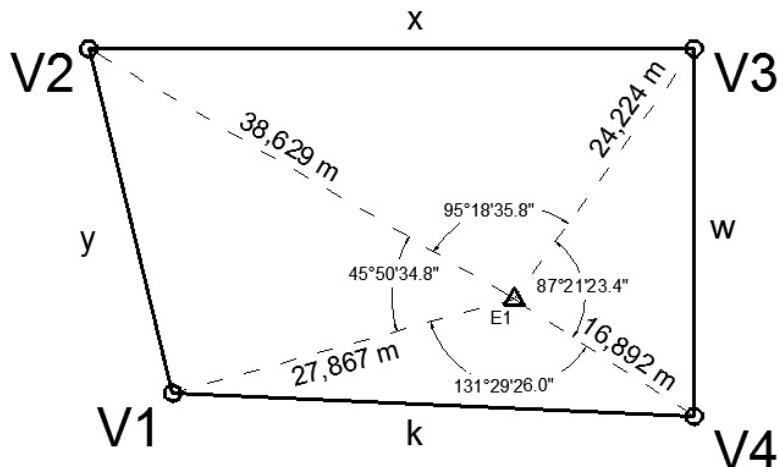
A combinação do uso da lei dos senos e da lei dos cossenos nos serviços de campo permite a solução de problemas de estakeamento de obras e delimitação de áreas sem que o técnico responsável necessite ir ao escritório para processar dados requisitados para a identificação de pontos no terreno, dinamizando o serviço e evitando custos desnecessários a serem inseridos no orçamento.

## 9 CÁLCULO DO PERÍMETRO

O cálculo do perímetro de uma área é baseado nas regras de trigonometria apresentadas, portanto, regra do seno, cosseno e tangente e também lei do seno e lei do cosseno. A partir de uma geometria apresentada de uma área é possível a dissolução desta em triângulos na qual será possível o cálculo de suas arestas, compondo, assim, a área total.

A seguir é apresentada uma área mapeada através da topografia, sendo apresentados também os elementos que foram captados através da topografia que utilizou o método da estação livre:

FIGURA 19 – EXEMPLO DE ÁREA PARA CÁLCULO DE PERÍMETRO



FONTE: O autor

A FIGURA 19 é um polígono de quatro vértices que foi mapeado através de apenas um ponto instalado no ponto E1, que é representado por meio de um triângulo. A partir deste ponto E1, que é o ponto de estação, são lançadas as irradiações que podem ser tomadas como base para a divisão do polígono em triângulos.

gulos. Pelo fato de a estação total conseguir apresentar os ângulos e distâncias, estes triângulos são compostos por dois lados conhecidos e um ângulo conhecido, portanto, a equação mais adequada para o cálculo dos valores x, y, k e w é a lei dos cossenos. A soma de todas estas incógnitas será o valor do perímetro da área. Para encontrar o valor de x, a equação fica configurada da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}x^2 &= 38,629^2 + 24,224^2 - 2 \cdot 38,629 \cdot 24,224 \cdot \cos 95^\circ 18' 35,8'' \\x^2 &= 2079,001 - (-173,1948) \\x^2 &= \sqrt{2252,1958} \\x &= 47,45 m\end{aligned}$$

Os cálculos para encontrar a incógnita w são demonstrados a seguir:

$$\begin{aligned}w^2 &= 24,224^2 + 16,892^2 - 2 \cdot 24,224 \cdot 16,892 \cdot \cos 87^\circ 21' 23,4'' \\w^2 &= 872,1418 - (37,7450) \\w^2 &= \sqrt{834,3968} \\w &= 28,86 m\end{aligned}$$

Os cálculos para encontrar a incógnita k são demonstrados a seguir:

$$\begin{aligned}k^2 &= 16,892^2 + 27,867^2 - 2 \cdot 16,892 \cdot 27,867 \cdot \cos 131^\circ 29' 26'' \\k^2 &= 1016,909 - (-623,713) \\k^2 &= \sqrt{1684,6994} \\k &= 41,04 m\end{aligned}$$

Os cálculos para encontrar a incógnita y estão em seguida:

$$\begin{aligned}y^2 &= 27,867^2 + 38,629^2 - 2 \cdot 27,867 \cdot 38,629 \cdot \cos 45^\circ 50' 34,8'' \\y^2 &= 2268,7693 - (1499,8019) \\y^2 &= \sqrt{768,9674} \\y &= 27,73 m\end{aligned}$$

Após calcular todas as incógnitas que representam as arestas destes polígonos é preciso somar todas para encontrar o perímetro, desta forma:

$$\begin{aligned}\text{Perímetro} &= x + w + k + y \\ \text{Perímetro} &= 47,45 + 28,86 + 41,04 + 27,73 \\ \text{Perímetro} &= 145,08 m\end{aligned}$$

O cálculo de perímetro no local do levantamento topográfico pode tomar muito tempo, mas caso o cálculo seja imprescindível para o andamento do serviço, esta é uma metodologia que pode ser aplicada para a solução dos problemas. O uso de equação em calculadora científica também facilita os serviços de campo, tendo em vista que na calculadora os valores poderão ser inseridos de maneira direta, de forma que o resultado é diretamente apresentado.

## 10 CÁLCULO DE ÁREAS

O cálculo de áreas é também um elemento muito importante, pois vários documentos que regularizam terras têm como base esta informação, portanto, a metodologia empregada no cálculo da área é requisito mínimo para quem deseja discutir ou questionar resultados.

Para o cálculo de áreas serão abordadas duas metodologias: o método de Herón e o de Gauss. O método de Herón é baseado na triangulação da área e o de Gauss nas coordenadas que a delimitam.

### 10.1 MÉTODO DE HERÓN

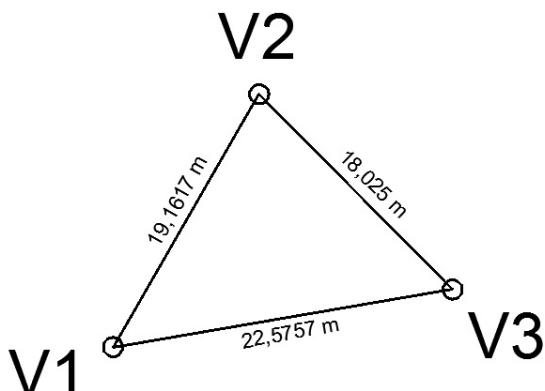
O método de Herón é aplicado para cálculos de áreas as quais não possuem o descriptivo angular do seu mapeamento. A equação que representa estes cálculos não emprega valores angulares, somente distâncias das arestas de triângulos, como apresenta a equação a seguir:

$$A = \sqrt{p.(p-a).(p-b).(p-c)}$$

$$p = \frac{a+b+c}{2}$$

O método de Herón requisita conhecer todas as arestas do triângulo, portanto é trabalhoso e nem sempre compensa em trabalhos de campo. A FIGURA 20 apresenta um triângulo no qual será utilizado o citado método para o cálculo de sua área:

FIGURA 20 – TRIÂNGULO PARA APLICAÇÃO DE MÉTODO DE HERÓN NO CÁLCULO DE ÁREAS



FONTE: O autor

Para início dos cálculos é necessário o valor de  $P$  a partir das arestas presentes no triângulo:

$$P = \frac{19,1617 + 18,0250 + 22,5757}{2}$$

$$P = 29,8812$$

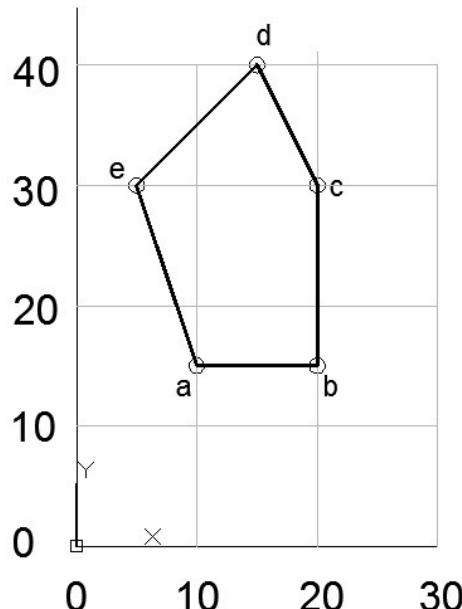
$$A = \sqrt{29,8812 \cdot (29,8812 - 19,1617) \cdot (29,8812 - 18,0250) \cdot (29,8812 - 22,5757)}$$

$$A = 166,5651 m^2$$

## 10.2 MÉTODO DE GAUSS

O método de Gauss requisita o uso das coordenadas da poligonal na qual se deseja calcular a área. Por meio destas coordenadas, que deverão ser X e Y, deverá ser organizada uma tabela para que sejam organizados os cálculos. O gráfico a seguir demonstra a geometria na qual será baseado o exemplo para a realização do cálculo de área a partir do método de Gauss.

GRÁFICO 1 - ÁREA CALCULADA A PARTIR DO USO DO MÉTODO DE GAUSS



FONTE: O autor

Mediante o método de Herón é possível calcular as áreas pela triangulação do polígono, mas é necessário conhecer todas as distâncias entre vértices. Utilizando o método de Gauss que emprega as coordenadas dos pontos é possível realizar este cálculo sem a necessidade da triangulação do polígono e nele não é necessário conhecer as distâncias entre os vértices, somente as coordenadas X e Y. Para calcular a área é necessário organizar as coordenadas em uma tabela que tenha, no mínimo, a identificação do ponto, a coordenada X e a coordenada Y. Cabe ressaltar que o primeiro ponto seja replicado na última linha para que feche o cálculo da área do polígono.

Em seguida a coordenada X do primeiro ponto multiplica a coordenada Y do segundo ponto, seguindo esta mesma metodologia até a última coordenada Y. O sentido inverso também acontece, sendo necessário multiplicar a primeira coordenada Y do primeiro ponto pela coordenada X do segundo ponto. Após a realização das multiplicações é necessário realizar o somatório de todos os valores encontrados para as coordenadas X que multiplicaram Y e as coordenadas Y que multiplicaram X, como apresentado a seguir.

TABELA 1 - LISTAGEM DE COORDENADAS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE GAUSS

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	X Y	Y x
a	10	15		
b	20	15	$10 \times 15 = 150$	$15 \times 20 = 300$
c	20	30	$20 \times 30 = 600$	$15 \times 20 = 300$
d	15	40	$20 \times 40 = 800$	$30 \times 15 = 450$
e	5	30		

e	5	30	$15 \times 30 = 450$	$40 \times 5 = 200$
a	20	15	$5 \times 15 = 75$	$30 \times 10 = 300$
<b>Total</b>			<b>2075</b>	<b>1550</b>

FONTE: O Autor

Após realizar esta organização e multiplicação de coordenadas é preciso que estas sejam colocadas na seguinte fórmula:

$$\text{Área} = \frac{\Sigma(x.y) - \Sigma(y.x)}{2} = \frac{2075 - 1550}{2} = 262,5 \text{ m}^2$$

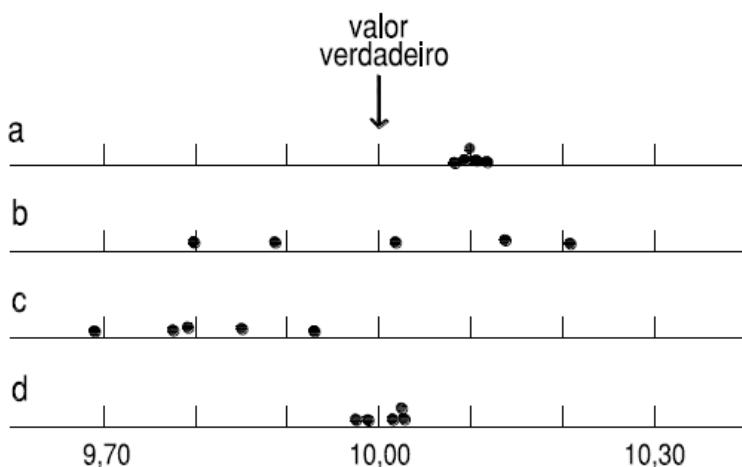
A aplicação do método de Gauss é feita dentro dos softwares de desenho técnico que apresentam os valores de área de forma dinâmica através de comandos, mas isso somente ocorre devido a existência de coordenadas do desenho dentro de um plano cartesiano. Na ausência de coordenadas seria necessário o emprego de outro método de cálculo de áreas, entretanto, o método de Gauss é um dos mais simples para a determinação desta grandeza.



### Precisão e exatidão

Conforme a NBR 13133/1994, "Exatidão é o grau de aderência das observações em relação ao seu valor verdadeiro..." e "Precisão é o valor que expressa o grau de aderência das observações entre si".

O grau de aderência é representado por um número estatístico denominado Desvio Padrão. A exatidão também é conhecida como acurácia. A figura a seguir representa quatro situações distintas de medições em uma base de calibração.



Em (a) temos muito boa aderência nas medições, erros acidentais muito pequenos, os pontos medidos encontram-se bem agrupados o que indica boa precisão. Porém, observa-se que apesar de apresentar boa precisão, o agrupamento está deslocado do valor verdadeiro, o que indica a presença de um erro sistemático, portanto, a medição tem precisão, mas não tem exatidão (acurácia).

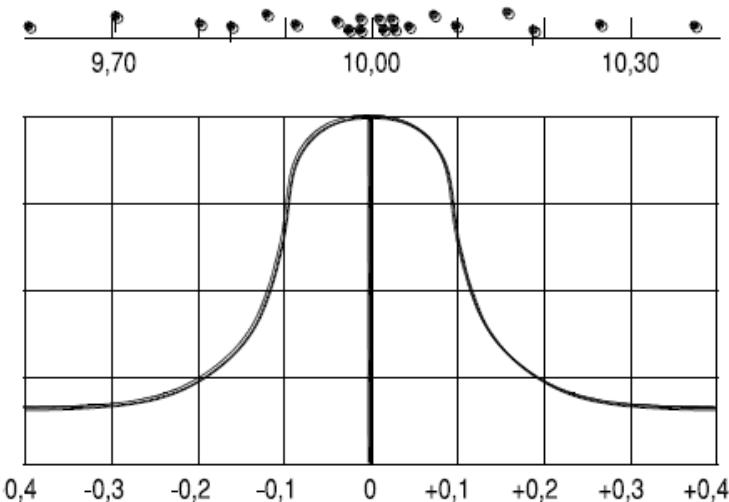
Em (b), o resultado da medição é exato, pois a distribuição é uniforme em torno do valor verdadeiro. Nota-se que o resultado é pouco preciso por haver grande dispersão das medições entre si (fraco agrupamento). Uma possível causa é o uso de instrumento com precisão baixa. Neste caso é sempre recomendável a verificação da dispersão com relação à tolerância.

Em (c) temos fraca precisão, pois os resultados não estão bem agrupados e nota-se que há a existência de erro sistemático. O resultado neste caso não é exato pelo fato de que as medidas não se encontram distribuídas uniformemente em torno do valor verdadeiro. Esta medição não deve ser considerada. Deve-se retornar a campo e fazer uma análise dos instrumentos e dos procedimentos utilizados.

Em (d) a precisão é boa, boa aderência nas medições e o resultado é exato. Os valores estão bem distribuídos com relação ao valor verdadeiro. Erros acidentais pequenos e isenta de erros sistemáticos. É a melhor das medições. Quando isentos de erros sistemáticos, os valores medidos estão distribuídos aleatoriamente em torno do valor verdadeiro, isto é, todos os valores medidos se repartem ao redor, pouco mais ou menos do valor verdadeiro, tem exatamente os mesmos à esquerda e à direita. Eles sempre estão mais densos nas proximidades do valor verdadeiro e mais dispersos na medida em que se afastam deste. Como a distribuição é aleatória, isto caracteriza um erro acidental (pequenos erros inevitáveis na medição). Estes são erros acidentais, não havendo, portanto, erro sistemático.

Observa-se que a precisão está associada ao agrupamento dos valores em relação ao valor médio. Percebe-se que em (d) os valores estão praticamente tão agrupados quanto em (a) e isto quer dizer que em (d) tem-se a mesma precisão que em (a), assim como (c) é mais preciso que (b). Como a exatidão é o agrupamento dos valores medidos em relação ao valor mais provável, as medidas de (b) e (d) estão mais próximas do exato se comparadas com (a) e (c), pois estão mais agrupadas em relação ao valor verdadeiro. Observa-se também que em (b), mesmo existindo uma grande variação das medidas, elas se encontram em torno do valor verdadeiro. A média das medidas em (b) estará próxima do valor verdadeiro.

As propriedades dos erros acidentais são ressaltadas claramente na curva de erros, conhecida como Curva de Gauss.



- os erros positivos e negativos de mesma magnitude, têm aproximadamente a mesma frequência, de maneira que a sua soma tende a zero "0";
- a média dos resíduos é aproximadamente nula;
- aumentando o número de observações, aumenta a probabilidade de se chegar próximo ao valor real;
- os pequenos erros são mais frequentes que os grandes;
- os grandes erros são mais escassos.

A determinação de um valor verdadeiro (exato) é feita com instrumentos muito precisos, pois trarão um grande adensamento dos valores quando se faz uma grande série de medições. Após a análise das precisões, podemos considerar um valor médio como sendo o exato para efeito de comparação com futuras medições.

FONTE: COLLISCHONN, Carolina et al. **Módulo III - unidade curricular topografia I: introdução à ciência topográfica.** 2017. <<http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

# RESUMO DO TÓPICO 1

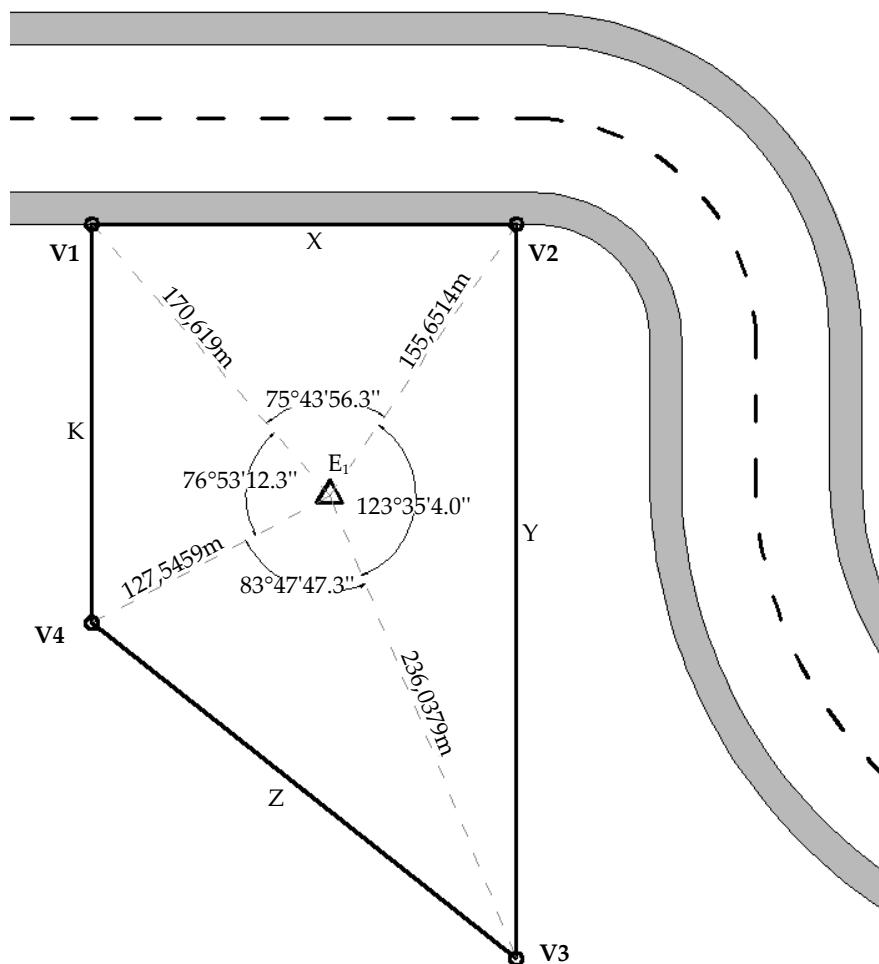
**Neste tópico, você aprendeu que:**

- Por meio de funções trigonométricas é possível resolver problemas de campo sem a necessidade de softwares especializados.
- Os cálculos de áreas podem ser realizados em campo.
- Existem diferenças entre as distâncias inclinadas e horizontais e estas podem ser compatibilizadas por intermédio de equações trigonométricas.
- É possível saber o total interno angular de um polígono conhecendo a quantidade de vértices que o compõe.

## AUTOATIVIDADE



Um engenheiro foi contratado para a regularização de uma área rural que já não possui delimitação materializada por marcos de concreto e cerca. Não existem dúvidas quanto às confrontações entre os vizinhos existentes, e as devidas documentações foram entregues como embasamento para o levantamento topográfico, portanto, foi decidida a execução do levantamento topográfico para atualização de matrícula no cartório de registro de imóveis. Nesta atualização de registro de imóveis é necessária a inserção do perímetro e área do terreno. A área mapeada é a seguinte:



FONTE: O autor

A partir dos dados contidos na figura apresentada, calcule:

- O perímetro do terreno;
- A área do terreno;

## MÉTODOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

### 1 INTRODUÇÃO

Agora que já foram introduzidas as equações necessárias para as atividades de topografia, elas serão aplicadas para a execução dos serviços através de simulações de problemas existentes em locais de obra e delimitações de áreas.

Quando o assunto é topografia, existem duas possíveis atividades:

- a captação de dados, que representa o terreno através de um modelo digital; e
- implantação, que visa inserir feições de projetos no terreno.

Os itens abordados neste tópico 2 serão necessários para estas duas possíveis atividades.

### 2 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO

O levantamento topográfico necessita de visibilidade para que possa acontecer. Para os locais onde existe uma grande área a ser mapeada, que pode ser totalmente observada por um ponto, os serviços são mais rápidos e o equipamento não precisa mudar de lugar, porque, por meio deste ponto já é possível captar todos os ângulos e distâncias para mapear a área.

Já para os locais onde não é possível observar o todo por um ponto, é necessário mudar o equipamento de local para que toda a área seja mapeada, criando um caminho por onde o equipamento foi instalado. Este caminho é chamado de poligonal. Existem vários tipos de poligonal, que serão abordados a seguir.

#### 2.1 MÉTODO DA POLIGONAÇÃO

A poligonização é o método de levantamento topográfico que cria a poligonal. Ela é um mapeamento de todos os caminhos feitos pela estação total durante a execução do serviço, gerando uma geometria que pode ser linha, no caso de a estação não voltar para o ponto inicial, ou um polígono, no caso de a estação voltar ao ponto inicial do levantamento.

Este método é a base para a captação de dados de campo, especialmente de áreas muito grandes que não podem ser vistas inteiramente a partir de um ponto no terreno. A poligonal geralmente não é a informação que consta em plantas topográficas, sendo somente a base para as informações que nela constam. As informações que constam nas plantas topográficas são adquiridas a partir dos pontos onde a estação total é estacionada na poligonal.

Existem três tipos de poligonal: a aberta, a fechada e a enquadrada. Estas são sempre muito utilizadas para mapeamentos topográficos e seu uso está relacionado muito mais às facilidades da sua aplicação do que à extensão da área levantada. Além destas poligonais, também existe o método da estação livre, que será abordado nos tópicos seguintes, mas antes de abordar o tema de poligonal é necessária a apresentação dos seguintes conceitos:

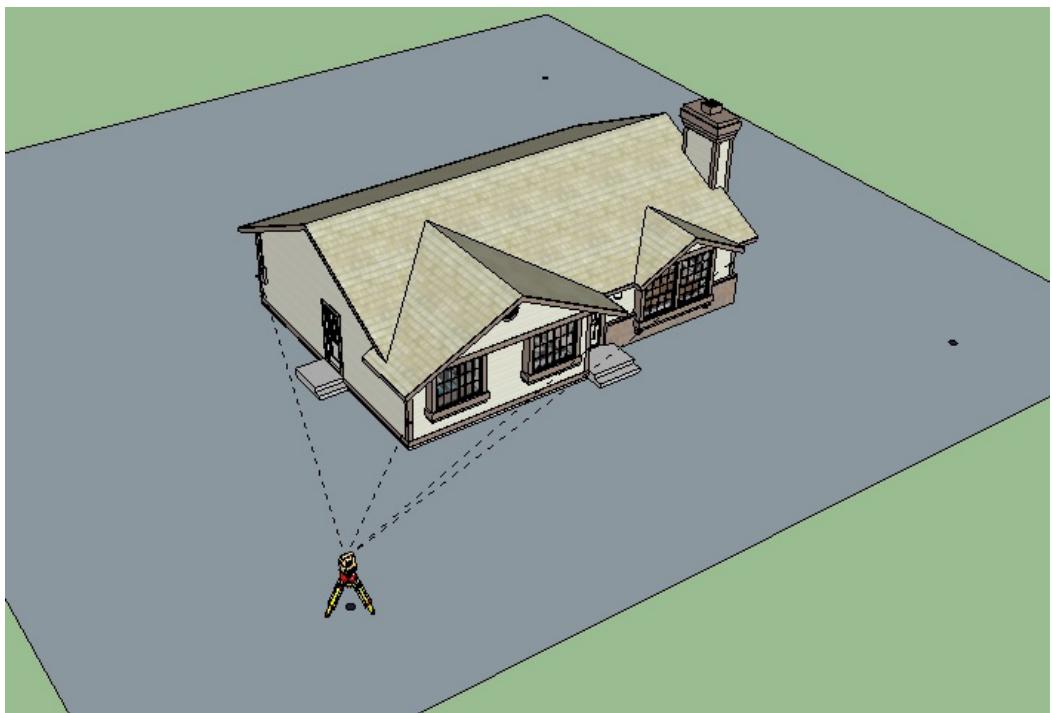
- **Ré:** orientação dada ao equipamento no momento da instalação sobre um ponto de estação. Esta orientação pode ser tanto em levantamentos empregando poligonação como também em estação livre. Sem esta orientação os serviços topográficos não são iniciados.
- **Irradiação:** são as leituras de ângulos e distâncias realizadas em campo. Podem ser feitas tanto em elementos contidos em campo (árvores, bueiros, arestas de casas, meio-fio etc.) quanto em vértices da poligonal.
- **Vante:** é o ponto para onde destina-se o equipamento dentro de uma poligonal, por exemplo, na estação E1 é realizada a coleta de diversos pontos e o próximo ponto da poligonal é o E2. Para que a mudança ao E2 possa ocorrer é necessário que seja feita uma irradiação para este ponto de maneira que sejam armazenados distância e ângulo, gerando uma linha. Após essa irradiação o equipamento pode ser desligado e deslocado para o ponto E2, onde fará a Ré no ponto E1. Essa Ré no ponto E1 gera uma linha que deve ter a mesma distância da leitura do ponto E1-E2, portanto estas duas linhas devem coincidir para que se orientem da mesma forma.

Estes conceitos serão necessários para um melhor entendimento do método da poligonal. A partir dos exemplos apresentados nos seguintes tópicos sua compreensão é mais abrangente.

### 2.1.1 Poligonal aberta

A poligonal aberta é o caso citado no qual a estação total muda de lugar para poder mapear toda a área, mas não volta ao seu primeiro ponto, gerando uma sequência de linhas que é a base do serviço. Um exemplo de como este método é empregado é no caso em que o objeto a ser mapeado é uma residência. A partir de apenas um ponto de visualização não é possível visar todas as arestas que descrevem esta estrutura, portanto é necessário mudar a estação total de local algumas vezes para poder mapear toda a feição. A Figura 21 demonstra um exemplo de situação em que é aplicada a poligonal aberta:

FIGURA 21 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE POLIGONAL ABERTA

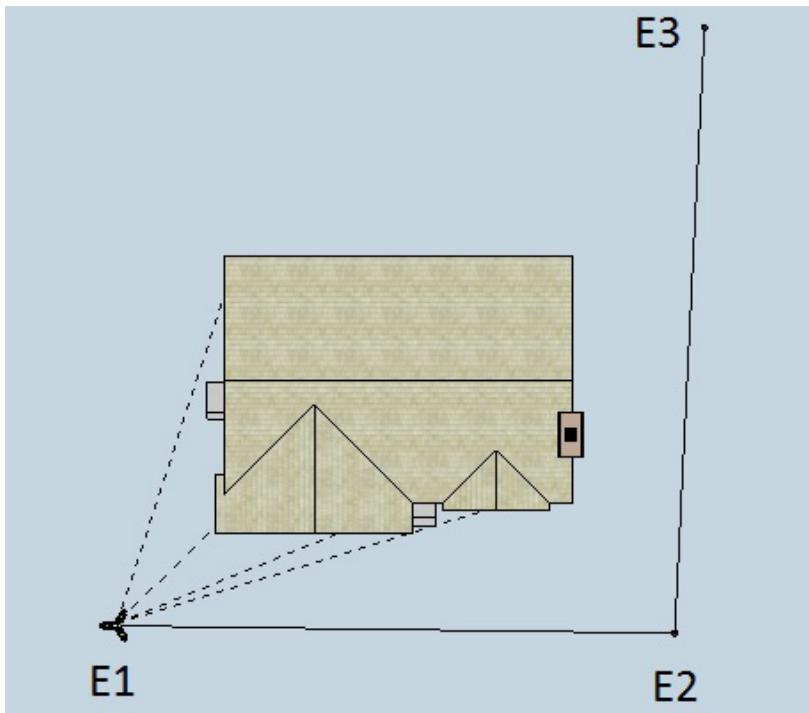


FONTE: O autor

Na figura, os pontos pretos destacados são locais onde a estação total deve ser instalada para que todas as arestas da residência sejam mapeadas. Estes pontos são sequenciais de maneira a englobar toda a visualização da residência, pois caso a estação total seja instalada somente em um ponto, como aquele onde ela está situada no desenho, o mapeamento da área seria feito de maneira parcial, portanto, é necessário seu deslocamento para outros pontos. Estes pontos para os quais a estação se desloca na construção da poligonal são chamados de “vértices da poligonal”.

A Figura 22 apresenta uma vista superior do exemplo citado e ressalta os pontos de vértices da poligonal destacados como E1, E2 e E3:

FIGURA 22 – VISTA SUPERIOR APRESENTANDO VÉRTICES DE POLIGONAL ABERTA



FONTE: O autor

A denominação dos pontos da poligonal como E1, E2 e E3 é comumente associada por serem pontos de deslocamento da estação total, portanto, pontos que serão ocupados por ela. A sequência numérica existente nas nomenclaturas aponta a ordem de desenvolvimento da poligonal, indicando que E1 foi o primeiro vértice ocupado pelo equipamento, seguindo até o vértice E3 que é o último necessário para o serviço. Outros nomes podem ser aplicados a estes vértices da poligonal e cabe ao responsável arbitrar quais serão os nomes mais facilmente associados por ele e pela equipe com que trabalha na interpretação e desenvolvimento das plantas topográficas em escritório.

Na Figura 22 também pode ser percebido que no ponto E1 existem linhas tracejadas conectando o ponto de estação com os vértices mapeados. Estas linhas ligam os locais onde existem pontos de interesse (como vértices da casa ou quaisquer outros elementos que sejam de interesse na representação da planta) e o ponto onde o equipamento está. Estas linhas visadas entre o ponto de estação e o ponto desejado são chamadas de “irradiações” e não são elementos materializados no campo. As irradiações são somente alinhamentos que irradiam do ponto de estação para captação de ângulos e distâncias que serão armazenados dentro da memória do equipamento. Tudo que está neste ângulo de visão do equipamento, no ponto E1, pode ser mapeado, mas os elementos que não estão precisam ser mapeados através de outros ângulos do terreno que são representados por meio dos pontos de estação E2 e E3.

Para que a poligonal seja corretamente desenvolvida, independentemente do tipo empregado, é necessário que todos os pontos existentes dentro desta poligonal estejam relacionados entre si. Isso quer dizer que sempre que o equipamento é instalado no próximo ponto ele deve mirar no anterior, zerar o ângulo, e fazer a leitura no próximo que deseja deslocar-se. Essa leitura de orientação é chamada de Ré e serve para todos os tipos de serviços a serem executados.

Um dos grandes objetivos da topografia é a representação dos elementos de maneira precisa, e para isso existem métodos que serão abordados em itens adiante que demonstram cálculos para quantificação desta precisão. Na poligonal aberta estes cálculos não são possíveis porque a geometria gerada pela poligonal não permite que sejam aplicadas leis matemáticas para quantificação deste erro.

O seu uso é comum porque o erro é proporcional às distâncias percorridas quando é feito uso da poligonal aberta. Quanto maior a poligonal gerada, maiores as possibilidades de ocorrerem problemas na instalação do equipamento e outros que gerem problemas na precisão do trabalho, mas quando o trabalho é relacionado a pequenas áreas e a precisão não é um elemento crucial, a sua aplicação é justificável e plausível devido à produtividade em campo.

As etapas a serem executadas em campo para a aplicação deste método são as seguintes:

- Etapa 1: fazer um croqui representando a área desejada.
- Etapa 2: determinar os pontos onde serão instalados piquetes de madeira (ou outro tipo de marco) para representação dos vértices da poligonal.
- Etapa 3: instalação do equipamento (tripé e estação total) sobre o ponto demarcado no terreno.
- Etapa 4: nivelamento da estação total;
- Etapa 5: verificação do prumo do equipamento em relação ao ponto demarcado.
- Etapa 6: configuração de equipamento para uma nova obra. Esta nova obra é uma pasta onde serão armazenados valores de ângulos, distâncias e coordenadas obtidas no levantamento.
- Etapa 7: verificação da altura instalada do equipamento. Isso é feito através de uma trena medindo do chão até o eixo da luneta. O eixo da luneta é demarcado através de um pequeno círculo do lado da estação total;
- Etapa 8: configurar primeiro ponto de estação (E1), informando altura do equipamento e coordenadas.
- Etapa 9: configurar primeiro ponto de orientação angular (Ré).
- Etapa 10: iniciar coleta de dados.

As etapas de configuração do equipamento e informação da altura na qual foi instalada a estação total variam de acordo com a marca do equipamento. Vale lembrar que as coordenadas inseridas no equipamento, na  $\square$ , são coordenadas presentes no plano cartesiano, por exemplo: X = 1000, Y = 1000; X = 200, Y = 300 etc.

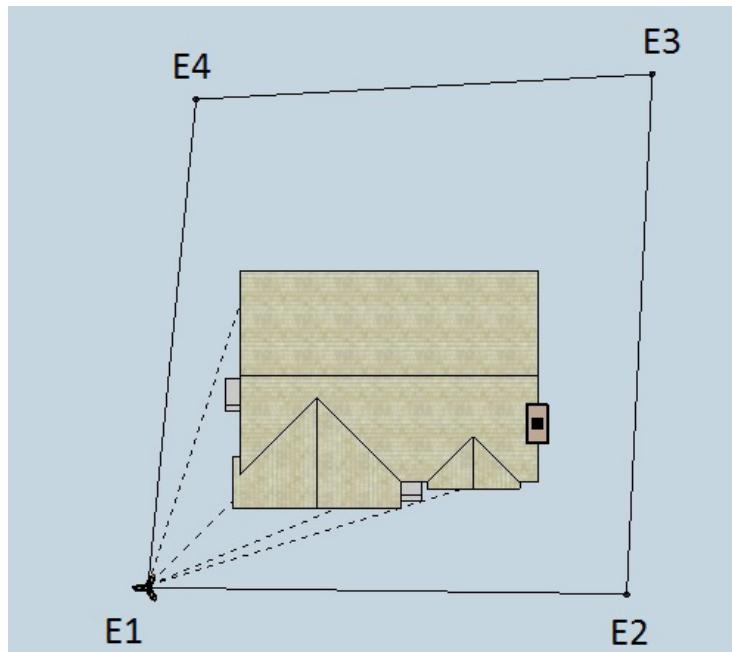
O croqui é sempre a primeira tarefa de um levantamento topográfico. Ele facilita a interpretação do técnico na execução do trabalho e tem a função de auxiliar os serviços de escritório, especialmente na etapa de desenho de planta. A função do croqui fica ainda maior quando existem muitas estruturas que foram mapeadas, mas os pontos foram ordenados de maneira errada pela equipe de campo. O croqui é um balizador que funciona para retirada de dúvidas e inserção de informações de clientes, localização de logradouros e outras observações relativas ao levantamento de campo.

## 2.1.2 Poligonal fechada

A poligonal fechada possui vantagens em relação à aberta. Na poligonal fechada pode haver a quantificação do erro obtido no levantamento, mas sua execução leva um tempo superior em relação ao método de poligonal aberta. Essa análise quantitativa do erro é algo que confere qualidade ao trabalho e, dependendo do serviço, é algo requisitado pelo contratante.

No desenvolvimento da poligonal fechada os pontos de instalação da estação total geram um polígono e não uma linha. A criação deste polígono é baseada na visibilidade entre o primeiro e o último ponto, portanto, aumenta o tamanho da distância percorrida pelo equipamento. A Figura 23 demonstra a mesma estrutura mapeada anteriormente (poligonal aberta), mas com o uso da poligonal fechada.

FIGURA 23 – VISTA SUPERIOR APRESENTANDO VÉRTICES DE POLIGONAL FECHADA



FONTE: O autor

Na Figura 23 existem quatro vértices de poligonal indicados pelos nomes E1, E2, E3 e E4. Estes vértices a visualização de toda a estrutura e o ponto E4 consegue observar diretamente o ponto E1 que foi o inicial dos trabalhos, dessa forma, configurando uma poligonal fechada.

Caso fosse possível excluir os erros existentes num levantamento topográfico (sistêmicos, grosseiros e acidentais), o ponto para o qual a estação total faz a última leitura deveria conter as mesmas coordenadas do primeiro ponto (E1), mas isso não acontece devido aos erros inerentes ao serviço.

As etapas para o desenvolvimento deste serviço são idênticas às etapas apresentadas para a poligonal aberta, entretanto, é necessário acrescentar pontos em campo para que seja realizado o retorno da estação total para o primeiro ponto da poligonal.

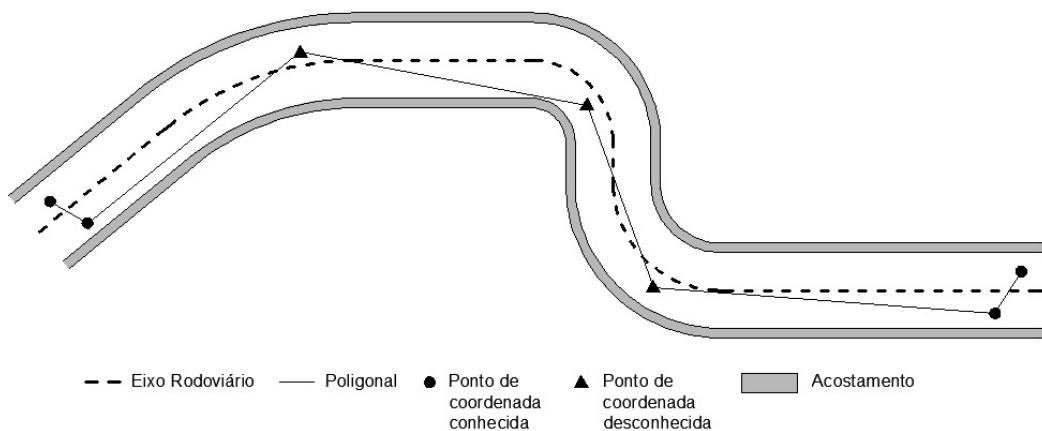
### 2.1.3 Poligonal enquadrada

A poligonal enquadrada é o último tipo de poligonal a ser apresentado e é também o mais utilizado em grandes obras de engenharia rodoviária. Seu uso tornou-se mais popular a partir dos avanços da tecnologia GPS, que permitiu a implantação de marcos georreferenciados em qualquer ponto do globo terrestre que contenha sinal de satélites. A precisão dos equipamentos com a tecnologia GPS também foi a que permitiu o uso da poligonal enquadrada na topografia, isso porque ela possui uma ideia similar à poligonal enquadrada: é preciso sair e chegar em pontos de coordenada conhecida.

Na poligonal fechada o ponto conhecido é o primeiro ponto da poligonal, e a coordenada desse ponto pode ser atribuída arbitrariamente pelo técnico responsável ao início dos trabalhos. Na poligonal enquadrada é muito mais comum os pontos de início e fim serem de coordenadas conhecidas devido à prévia leitura de equipamentos GPS no início e fim da poligonal, por isso as coordenadas de início e fim são conhecidas, podendo ser calculados os erros finais do serviço.

O alinhamento que é a base para a poligonal enquadrada não é um polígono fechado, mas sim uma série de linhas que irão formar uma geometria aberta, portanto, conclui-se que a poligonal enquadrada é aberta, mas com coordenadas de início e fim conhecidas. A figura a seguir apresenta um exemplo de configuração de poligonal enquadrada aplicada a um mapeamento rodoviário:

FIGURA 24 – VISTA SUPERIOR APRESENTANDO VÉRTICES DE POLIGONAL ENQUADRADA



FONTE: O autor

Na Figura 24 os pontos redondos são os de coordenadas conhecidas e os triângulos são os pontos intermediários nos quais a estação total é instalada para captação dos dados presentes no terreno. Na execução deste tipo de poligonal é sempre imprescindível que o operador do equipamento não esqueça de iniciar o levantamento sobre um ponto de coordenada conhecida e ao final do trabalho é necessário também instalar o equipamento no último ponto de coordenada conhecida. Para empregar este tipo poligonal em campo, as seguintes etapas são necessárias:

- Etapa 1: desenvolvimento de croqui da área desejada.
- Etapa 2: instalação de marcos em pontos que serão os vértices da poligonal.
- Etapa 3: instalação de equipamento GPS para leitura de coordenadas em pontos de início e fim da poligonal.
- Etapa 4: execução do levantamento topográfico sobre os vértices de poligonal demarcados em campo. Este levantamento possui as mesmas etapas da poligonal aberta.

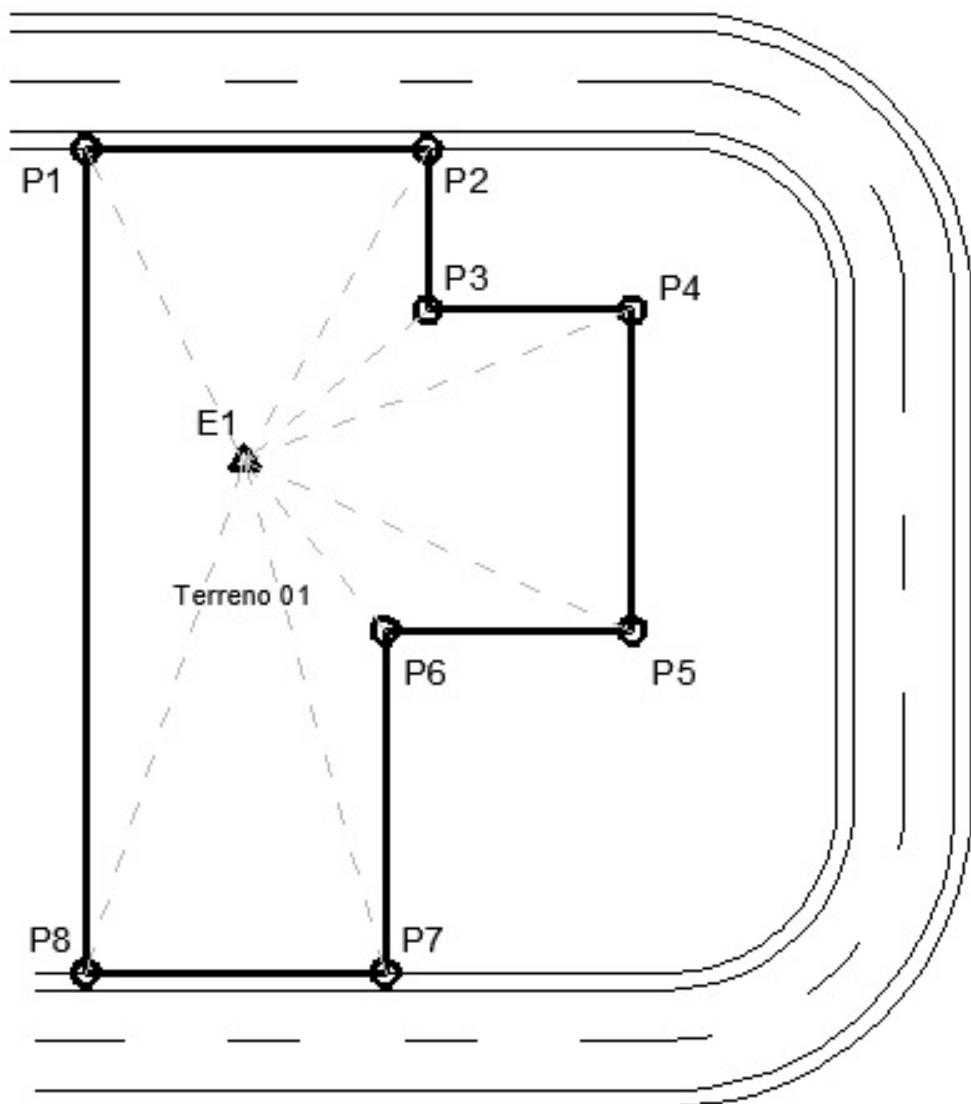
Ressalta-se que a poligonal enquadradada possui uma ótima produtividade em campo, especialmente com os equipamentos GPS disponíveis atualmente no mercado. Estes GPS disponíveis são de maior desempenho, fornecendo leitura de coordenadas rápidas e com precisão centimétrica.

O fato de não ser necessário retornar ao ponto inicial, como na poligonal fechada, faz com que o serviço seja reduzido pela metade nos trechos rodoviários. No exemplo fornecido para a poligonal enquadradada, que mapeava uma estrutura residencial, a diferença entre a poligonal aberta e fechada era pequena, mas a comparação entre a área de um lote residencial a um trecho rodoviário geralmente é muito brusca e é nestes trabalhos de grande porte que a produtividade da poligonal enquadradada é ressaltada.

## 2.1.4 Estação livre

A estação livre é o método mais simples, fácil e ágil que existe para o trabalho topográfico, entretanto, sua aplicação é mais limitada em relação às poligonais apresentadas. A estação livre é baseada no mapeamento a partir de apenas um ponto no qual todos os pontos do terreno ou estrutura são visíveis. A figura a seguir demonstra uma configuração na qual é possível utilizar o método da estação livre:

FIGURA 25 – EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO NA QUAL É POSSÍVEL UTILIZAR O MÉTODO DA ESTAÇÃO LIVRE



FONTE: O autor

A Figura 25 apresenta um terreno em área urbana (terreno 01) no qual existem oito vértices de terreno identificados pelos nomes P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8. O ponto E1 é o ponto onde está instalada a estação total. A partir dele é possível visualizar todos os pontos que delimitam a área e isso é indicado através das linhas tracejadas que conseguem conectar os vértices ao ponto E1 sem interferência nenhuma.

A aplicação deste método continuaria sendo possível mesmo que já existisse um muro delimitando toda a área, mas caso a instalação da estação total fosse mais próxima ao ponto P7, o uso deste método se tornaria inviável, pois não haveria visibilidade entre o ponto de estação e os vértices P5 e P4.

A simplicidade do uso do método da estação livre torna-se um atrativo na execução de obras, porque além de ser um método rápido, os erros são menores porque não existe a necessidade de movimentação do equipamento entre diversos pontos da poligonal.

### 3 CÁLCULO DE AZIMUTES

No Tópico 1 do livro didático foi apresentado o azimute, que é a distância angular medida no sentido horário entre o Norte (magnético, geográfico ou de quadrícula) e o ponto que está sendo visado pela estação total ou até mesmo com o teodolito.

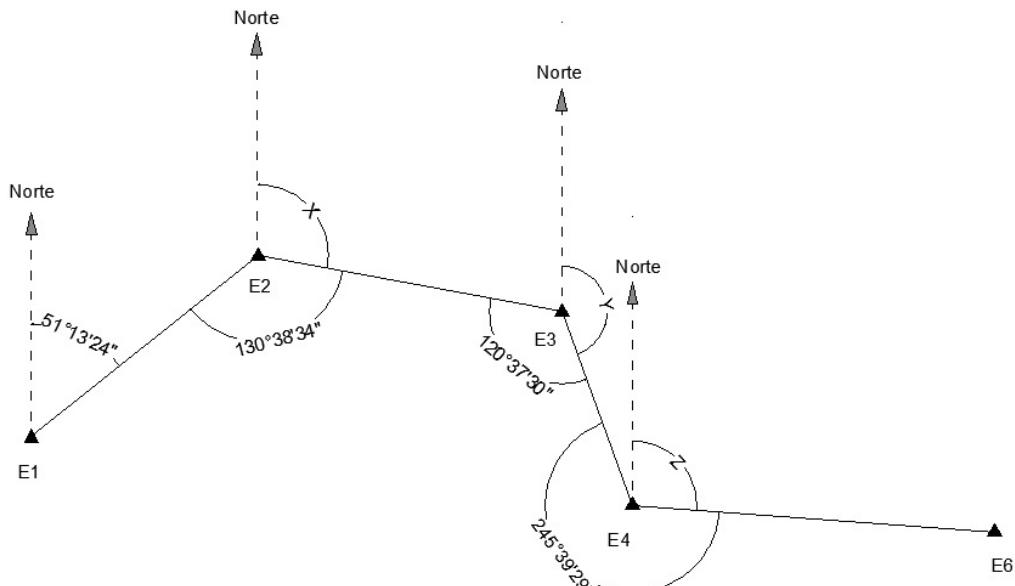
O valor do azimute pode existir para qualquer ponto no planeta, entretanto, na topografia é necessário calcular este ângulo azimutal para os pontos de vértices de poligonal, que são a base do levantamento topográfico, logo, de maior importância no controle do serviço.

O cálculo do azimute para os pontos da poligonal é baseado no azimute adquirido no primeiro ponto do vértice da poligonal (aqui denominado como ponto E1). No caso dos levantamentos topográficos feitos exclusivamente com estação total, a aquisição do azimute para o ponto E1 é feito através de uma bússola geológica que possui mais ferramentas que uma bússola comum. Nela é possível ter uma medição angular mais refinada e também é possível fazer visadas de pontos, mas com pouca precisão.

Para os levantamentos topográficos que empregam equipamentos GPS, a aquisição do azimute é mais simplificada porque os pontos são georreferenciados, portanto, com os softwares existentes atualmente é possível a sobreposição do ponto coletado em campo a uma malha georreferenciada que indique o norte geográfico.

A figura seguinte apresenta uma situação que será utilizada como exemplo para a realização do cálculo dos azimutes nos diferentes pontos que representam os vértices de uma poligonal:

FIGURA 26 – CONFIGURAÇÃO DE POLIGONAL PARA CÁLCULO DE AZIMUTE



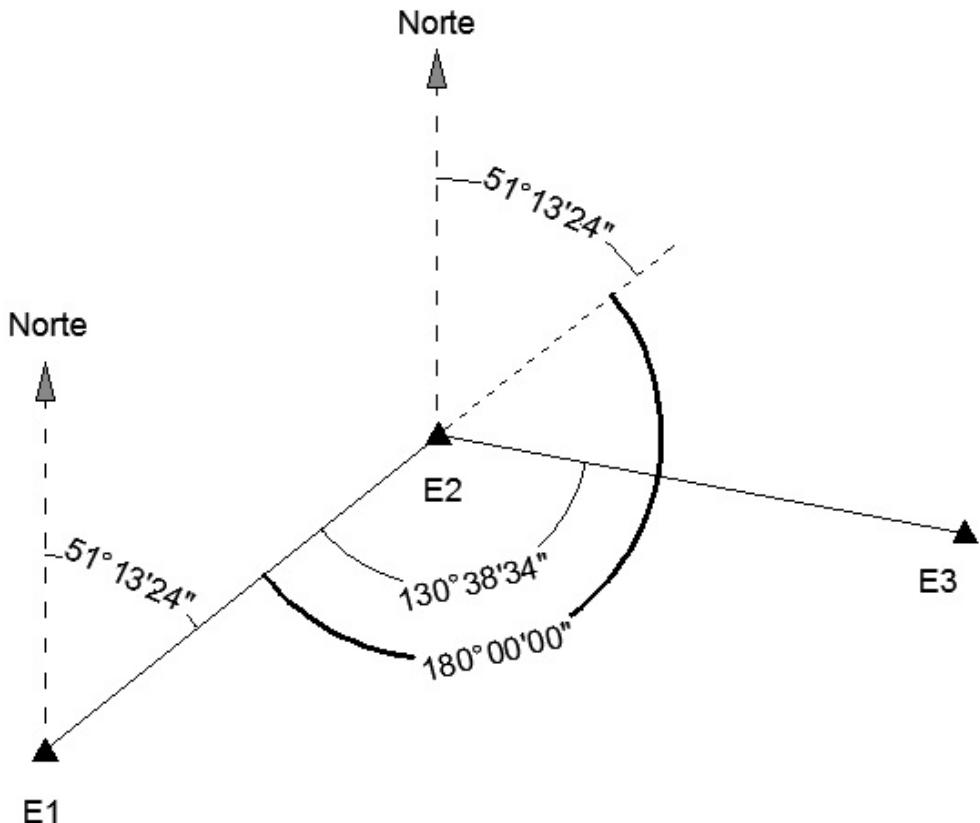
FONTE: O autor

Na Figura 26 são apresentados os vértices de uma poligonal na qual nem todos possuem os azimutes, somente o primeiro ponto com nome de E1. O cálculo de azimute só será possível devido a uma necessidade da poligonal de existir uma orientação angular a partir do último ponto ocupado pela estação total, no caso, a Ré. Sem a informação de ângulo da Ré até o próximo ponto de Vante não é possível o cálculo de azimute apresentado, portanto as duas informações de maior importância aqui são o valor do primeiro azimute e os ângulos formados entre a Ré e a Vante da poligonal.

Para realizar o cálculo do ponto E2 é necessário ter um entendimento da geometria desenvolvida pela poligonal e seguir as seguintes etapas de cálculo:

- Prolongar o alinhamento E1-E2 para além do ponto E2. Em seguida, acrescentar o valor de  $180^\circ$ , fazendo com que a orientação do azimute do ponto E1 seja oposta, conforme mostra a seguinte figura:

FIGURA 27 – ETAPA 1 DE CÁLCULO DE AZIMUTE



FONTE: O autor

- b) A soma do azimute E1 e os  $180^\circ$  resulta em  $231^\circ13'24''$ . Este valor é visivelmente maior do que o azimute do ponto E2-E3, mas para encontrá-lo basta subtrair deste total o valor angular existente entre a Ré (ponto E1) e o ponto de Vante da poligonal (ponto E3), resultando em  $100^\circ34'50''$ . A equação que resume este raciocínio é apresentada a seguir:

$$Azim = (AzimAnt + 180^\circ) - \Theta$$

Sendo:

Azim = Azimute que deseja calcular

AzimAnt = Azimute do vértice anterior ao que está sendo calculado

 $\Theta$  = Ângulo entre a Ré e a Vante

Para encontrar os próximos azimutes da poligonal deve ser aplicada esta mesma sistemática de cálculo, sendo possível chegar até o penúltimo elemento da poligonal, porque no último não existe ponto que represente a Vante. Vale ressaltar que a maior importância do azimute para o vértice de uma poligonal é fornecer independência para cada um destes pontos. Caso não houvesse um

azimute para todos os pontos, eles seriam sempre vinculados e, caso seu marco viesse a ser danificado ou deslocado, a identificação do próximo ponto estaria sempre comprometida.

### 3.1 CÁLCULO DE COORDENADAS

As coordenadas são o posicionamento espacial dentro de um plano que pode ser de duas dimensões (bidimensional) ou de três dimensões (tridimensional). O cálculo destas coordenadas é feito através dos ângulos e distâncias presentes num levantamento topográfico, gerando desta forma um posicionamento espacial dentro de um plano cartesiano ou no elipsoide terrestre. Os cálculos de coordenada deste item irão englobar o plano cartesiano levando em consideração somente os ângulos e distâncias adquiridos em campo através de uma estação total.

Num levantamento topográfico com estação total, a primeira tarefa é a instalação do equipamento sobre um ponto demarcado através de um piquete ou qualquer outro elemento que sinalize a localização do primeiro ponto do trabalho. Este ponto materializado deve possuir uma coordenada que será referenciada sobre o plano cartesiano e que é arbitrada pelo técnico ou já possui coordenadas prévias de um outro levantamento. Estas coordenadas previamente disponibilizadas de outro levantamento podem ser arbitrárias a um local qualquer dentro do plano cartesiano ou georreferenciada no caso de ter sido realizada a leitura das coordenadas do ponto através de um equipamento GPS, como no caso da poligonal enquadrada.

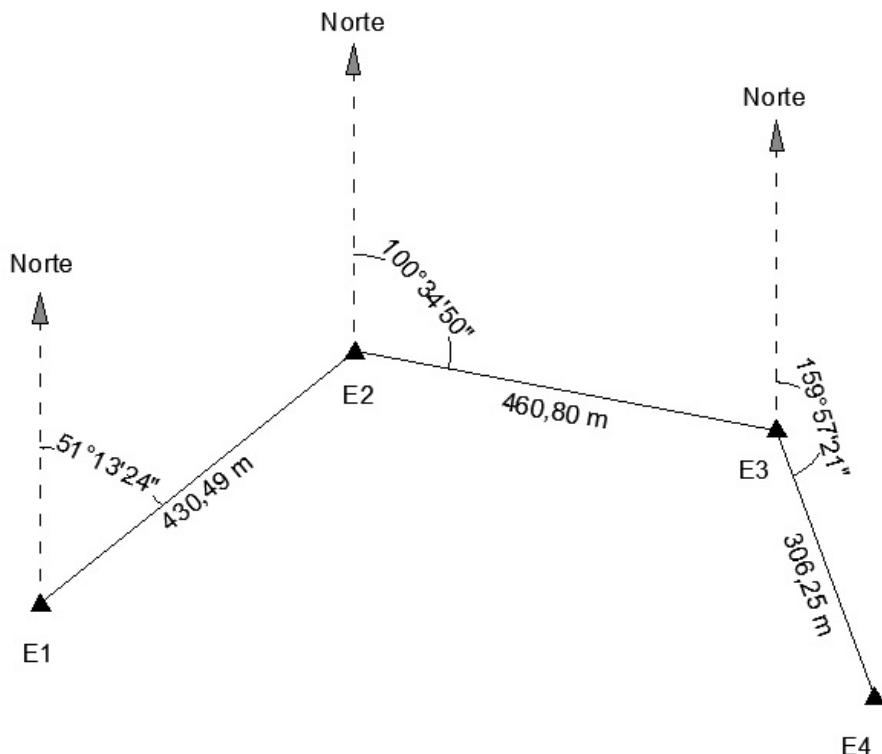
No exemplo empregado neste item será feita uma simulação de delimitação de terreno baseado nas linhas que delimitam a área. O equipamento foi sobreposto em todos os vértices e as distâncias e ângulos captados a partir desta metodologia. Para esta explicação, as coordenadas do primeiro ponto de estação (E1) empregado no levantamento são:

X: 100  
Y: 100  
Z: 100

A escolha de coordenadas desta proporção é para que a captação de coordenadas negativas seja menos provável, facilitando os cálculos posteriormente. A partir deste ponto com as referidas coordenadas foi iniciado o trabalho de mapeamento da área captando distâncias e ângulos, sendo necessário que seus vértices também contenham informação de azimute.

Para calcular a coordenada X é necessária uma interpretação do trabalho executado para a criação de triângulos entre os pontos que desenvolvem uma poligonal. A figura que segue demonstra uma poligonal na qual serão realizados cálculos de coordenadas:

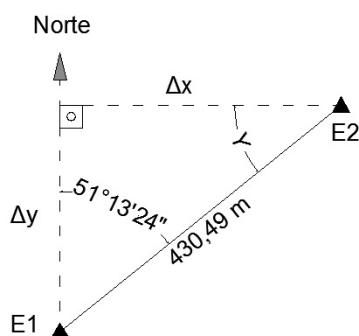
FIGURA 28 – EXEMPLO DE POLIGONAL COM DADOS PARA CÁLCULO DE COORDENADAS



FONTE: O autor

Para que seja feito o cálculo das coordenadas entre os pontos existentes dentro de um levantamento topográfico é necessário interpretar todos os valores de distâncias e ângulos como triângulos para que sejam aplicadas as leis trigonométricas. No primeiro alinhamento da poligonal formado entre os vértices E1 e E2 existe um alinhamento com 430,49 metros de comprimento. Este alinhamento será individualizado para focar somente nesta interpretação de triângulo, conforme segue:

FIGURA 29 – CÁLCULO DE COORDENADAS DO SEGUNDO PONTO DA POLIGONAL (E2)



FONTE: O autor

A Figura 29 apresenta uma geometria com a qual já existe uma familiarização. Trata-se de um triângulo retângulo formado entre os vértices E1 e E2 no qual já estão constando dois ângulos e uma distância. Resta descobrir quais são as outras distâncias representadas por  $\Delta x$  e  $\Delta y$ . Estes valores serão calculados pela regra do seno e do cosseno, podendo também ser aplicada a lei dos senos.

No caso deste exemplo, o  $\Delta x$  é o cateto oposto em relação ao vértice E1, portanto será utilizada a regra do seno que contém o cateto oposto em sua composição, como podemos observar:

$$\text{Sen} \Theta = \frac{Co}{Hip}$$

$$\text{Sen} 51^\circ 13' 24'' = \frac{\Delta x}{430,49}$$

$$\text{Sen} 51^\circ 13' 24'' . 430,49 = \Delta x$$

$$\Delta x = 335,607$$

Para identificar a coordenada X do ponto E2 é necessário acrescentar o valor de  $\Delta x$  no valor de coordenada x do ponto E1. Como a coordenada inicial foi fixa no valor de x = 100, portanto o valor de x para o ponto E2 é 435,607.

Para encontrar o valor de  $\Delta y$  é necessária uma equação que contenha em sua composição o cateto adjacente, no caso, a regra do cosseno, portanto será executado o mesmo procedimento anterior, mas aplicando a regra do cosseno para a obtenção da coordenada Y do ponto E2, como demonstrado na sequência:

$$\text{Cos} \Theta = \frac{Ca}{Hip}$$

$$\text{Cos} 51^\circ 13' 24'' = \frac{\Delta y}{430,49}$$

$$\text{Cos} 51^\circ 13' 24'' . 430,49 = \Delta y$$

$$\Delta y = 269,610$$

A coordenada Y do ponto E2 é o resultado do somatório de  $\Delta y$  com o valor da coordenada Y do ponto E1 da poligonal, portanto, se o valor de Y para o ponto E1 é 100, basta somar a este o total de 269,610, resultando na coordenada Y = 369,610. As coordenadas finais para este ponto E2 ficam sendo as seguintes:

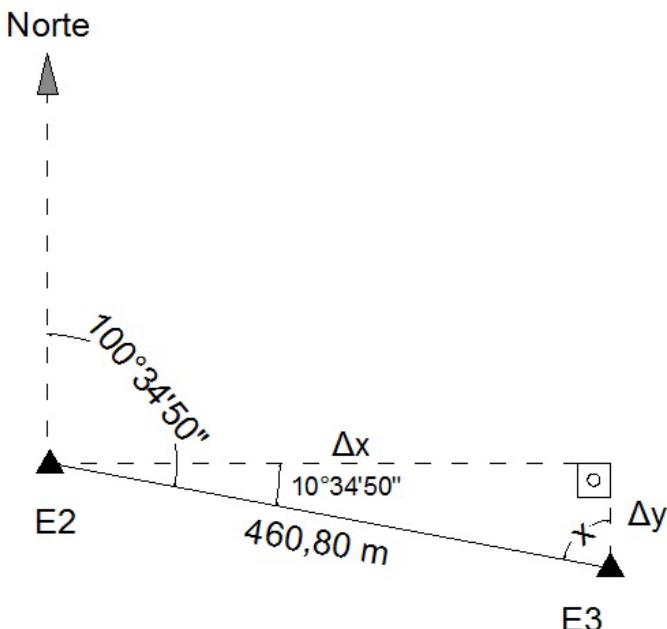
Equação14:

$$x = 100 + 335,607 = 435,607$$

$$y = 100 + 269,610 = 369,610$$

Para o vértice E3 a mesma metodologia de cálculo é empregada, sendo necessário o desenvolvimento de um triângulo retângulo entre o ponto E2 e o E3. A figura a seguir apresenta a situação na qual se encontra o triângulo retângulo entre os vértices citados:

FIGURA 30 – CÁLCULO DE COORDENADAS DO TERCEIRO PONTO DA POLIGONAL (E3)



FONTE: O autor

Na Figura 30 o azimute é de  $100^{\circ}34'50''$ , mas este não é o ângulo que será empregado na interpretação do triângulo retângulo existente entre os dois vértices. O ângulo empregado será o resultado da subtração de  $90^{\circ}$  do valor total do azimute, equivalente a  $10^{\circ}34'50''$ . A partir deste ângulo e do  $90^{\circ}$  inerente ao triângulo retângulo é possível encontrar o ângulo que está marcado como a incógnita x. Este ângulo é a subtração da soma dos ângulos conhecidos de  $180^{\circ}$  que é o total angular interno de um triângulo, portanto, x é  $79^{\circ}25'10''$ .

A partir destes dados é possível a aplicação das regras de seno e cosseno para aquisição de  $\Delta x$  e  $\Delta y$ , como demonstrado nas equações a seguir:

Equação 7:

$$\Delta x = 460,80 \cdot \cos 10^{\circ}34'50''$$

$$\Delta x = 452,965$$

$$\Delta y = 460,80 \cdot \sin 10^{\circ}34'50''$$

$$\Delta y = 84,611$$

Conhecendo os valores de  $\Delta x$  e  $\Delta y$  é possível somar estes às coordenadas X e Y do ponto E2, que é o ponto de estação anterior ao que está sendo calculado. As coordenadas do vértice E3 são as apresentadas a seguir:

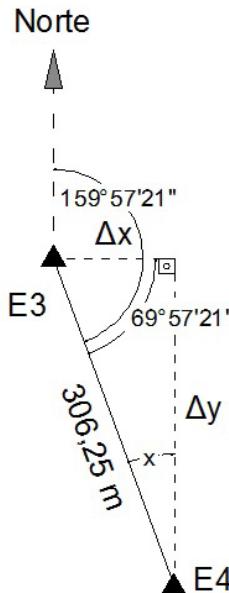
Equação 8:

$$x = 435,607 + 452,965 = 888,572$$

$$y = 369,610 + 84,611 = 454,221$$

Para o quarto vértice da poligonal, a mesma metodologia é empregada. É necessário o desenvolvimento de um triângulo retângulo para a aplicação das regras do seno e cosseno na aquisição de  $\Delta x$  e  $\Delta y$  para que sejam posteriormente somados aos valores de coordenadas do ponto E3. A figura seguinte apresenta a configuração do triângulo retângulo adotado para o cálculo de coordenadas do ponto E4:

FIGURA 31 – CÁLCULO DE COORDENADAS DO QUARTO PONTO DA POLIGONAL (E4)



FONTE: O autor

O valor de azimute nesta situação é de  $159^{\circ}57'21''$ , e para encontrar o ângulo contido dentro da projeção que delimita o triângulo retângulo foi extraído  $90^{\circ}$  do valor total do azimute, restando  $69^{\circ}57'21''$ . O valor do ângulo que é a incógnita  $x$  dentro do triângulo é o resultado da subtração do somatório dos ângulos conhecidos de  $180^{\circ}$ , como apresentado a seguir:

$$x + 69^{\circ}57'21'' = 180^{\circ}$$

$$x = 180^{\circ} - 69^{\circ}57'21''$$

$$x = 110^{\circ}02'39''$$

Neste triângulo o  $\Delta x$  é o cateto adjacente em relação ao ângulo  $69^\circ 57' 21''$  e  $\Delta y$  é o cateto oposto em relação a este mesmo ângulo, portanto, para o cálculo de  $\Delta x$  será utilizado o cosseno e para o cálculo do  $\Delta y$  será utilizado o seno. A seguir é demonstrada a sequência de cálculo empregada:

$$\Delta x = 306,25 \cdot \cos 69^\circ 57' 21''$$

$$\Delta x = 104,965$$

$$\Delta y = 306,25 \cdot \sin 69^\circ 57' 21''$$

$$\Delta y = 287,700$$

Portanto, acrescentando os valores de  $\Delta x$  e  $\Delta y$  às coordenadas x e y do ponto E3 da poligonal são obtidas as coordenadas do quarto vértice da poligonal (ponto E4). Segue a sequência de cálculo para chegar aos valores resultantes de coordenadas:

Equação 9:

$$x = 888,572 + 104,965 = 993,537$$

$$y = 454,221 + 287,700 = 741,921$$

As distâncias obtidas em  $\Delta x$  e  $\Delta y$  são de grandeza métrica, portanto podem ser utilizadas em campo para conferências de acordo com a necessidade do responsável. Também vale ressaltar que a quantidade de casas decimais causa grande interferência no cálculo de coordenadas, especialmente em irradiações de grandes distâncias, requisitando do operador de equipamento uma maior precisão na visada do prisma.

### 3.2 APLICAÇÃO DAS LEIS DO SENO E DO COSSENO EM SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS

Nos serviços topográficos é muito importante conseguir resolver problemas no momento da execução e, como na topografia os objetos são declividades, ângulos e distâncias, a maioria dos problemas que deverão ser solucionados são sobre esta temática aplicada a atividades de implantação ou aquisição de dados de campo.

Através do uso das funções trigonométricas, da lei dos cossenos e da lei dos senos poderão ser realizadas diversas atividades de campo para resolução de problemas e fornecimento de dados sem que seja necessário voltar ao escritório para descarregar o equipamento para fazer o desenho técnico e gerar uma planta. Os dois itens a seguir irão descrever algumas atividades que podem ser solucionadas através da teoria aplicada na prática.

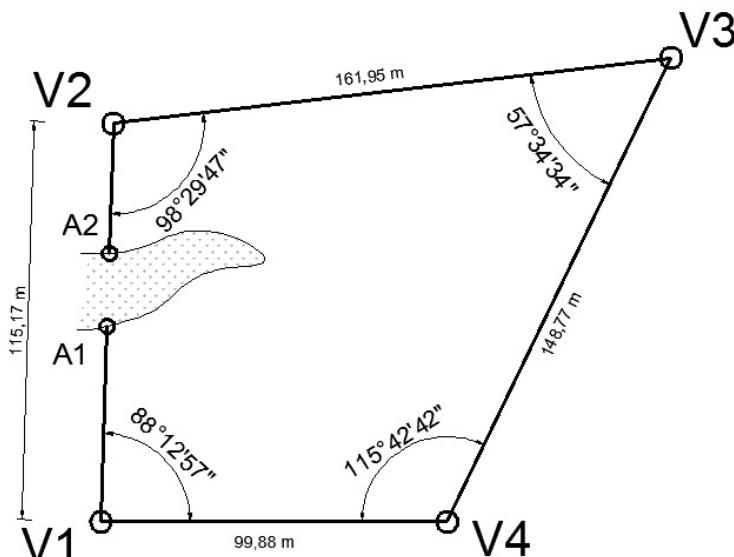
### 3.2.1 Implantação de marcos

A implantação de marcos serve tanto para delimitação de áreas quanto para demarcação de elementos importantes para obras. Neste item será abordada a metodologia para implantação de vértices servindo para estes dois objetivos.

Acadêmico, imagine a seguinte situação: um terreno já nivelado que necessite de marcações em campo para perfuração do solo com a intenção de implantação de estacas para estabilização de uma estrutura. A maioria vai pensar que é algo simples, e realmente, dependendo do tamanho do projeto, pode ser feito de outras maneiras que não com equipamentos topográficos. Em pequenas obras são muito mais utilizados equipamentos comuns como linha, nível de bolha e trenas do que a estação total, entretanto, como resolver este problema de implantação de marcações num terreno no qual deve ser implantado um projeto muito grande? Nestas situações é melhor contar com serviços topográficos devido à sua precisão e embasamento matemático para resolução de problemas.

Outra situação palpável de implantação de marcos é a seguinte: um terreno é cortado por uma vegetação muito densa na qual não é viável realizar a poda e o proprietário não tem interesse em desmatar, mas quer conhecer os limites para implantar cerca até o limite da vegetação. Nessa situação não existe intervisibilidade entre os vértices do terreno, portanto é necessário inserir um marco de alinhamento no limite do início da vegetação que corta o terreno e outro marco ao final, para que seja visível a continuidade do terreno. A figura a seguir demonstra a configuração de um terreno com este problema:

FIGURA 32 – CONFIGURAÇÃO DE LOCAL SEM INTERVISIBILIDADE ENTRE PONTOS  
HACHURA REPRESENTA VEGETAÇÃO DENSA



FONTE: O autor

Esta figura apresenta um terreno onde existem quatro vértices representados pelos pontos V1, V2, V3 e V4. Estes pontos formam um polígono que, se não fosse a área hachurada representando a vegetação densa, seria totalmente intervisível. O terreno, neste caso, é descrito somente pelos quatro vértices, pois não existe uma diferença angular entre os pontos V1 e V2, mas para efeitos práticos é necessária a implantação de marcações nos pontos A1 e A2. Estes pontos são auxiliares e têm a função de dar um limite físico às áreas úteis ao proprietário.

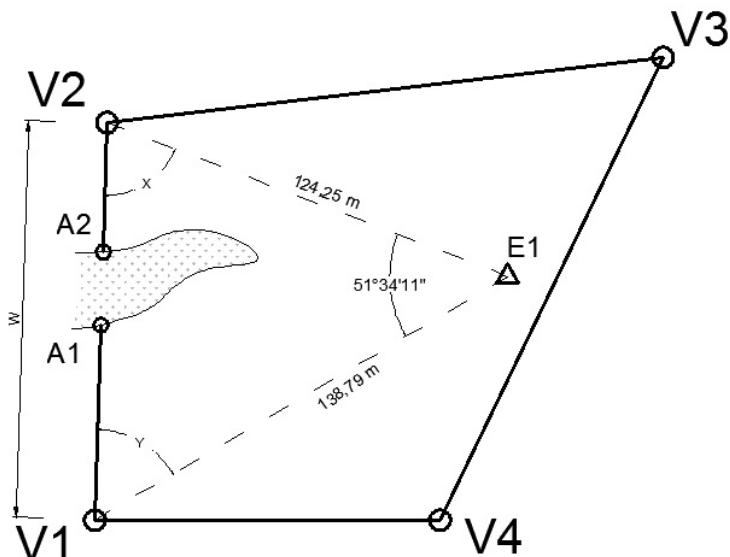
Para a implantação destes pontos A1 e A2 é necessário seguir um procedimento que necessita dos conhecimentos de geometria já apresentados, especialmente a lei do seno e lei do cosseno.

### 3.2.2 Implantação de marcos para alinhamentos

Para o desenvolvimento desta atividade é necessário um terceiro ponto de onde seja possível ver os outros dois que não são intervisíveis (V1 e V2), gerando um triângulo no qual poderão ser trabalhadas as regras de trigonometria para implantação de marcos que servirão como alinhamentos para os pontos desejados.

A Figura 33 demonstra a situação necessária para execução dessa implantação de marcos:

FIGURA 33 – CÁLCULO DE DISTÂNCIA ENTRE PONTOS V1 E V2 PARA IMPLANTAÇÃO DE MARCOS



FONTE: O autor

No ponto E1 a estação total é instalada e através dela são fornecidos os dados de ângulos e distâncias apresentados na Figura 33. Em seguida é

necessário calcular os dados angulares de X e Y e a distância entre os vértices V1 e V2 representada pela incógnita W. Isso será feito através da lei dos cossenos apresentada a seguir:

$$w^2 = 124,25^2 + 138,79^2 - 2 \cdot 124,25 \cdot 138,79 \cdot (\cos 51^\circ 34'11'')$$

$$w^2 = 15438,062 + 19262,66 - 2 \cdot 124,25 \cdot 138,79 \cdot (\cos 51^\circ 34'11'')$$

$$w^2 = 34700,7266 - 2 \cdot 124,25 \cdot 138,79 \cdot (\cos 51^\circ 34'11'')$$

$$w^2 = 34700,7266 - 21437,242$$

$$w^2 = 13263,4846$$

$$w = \sqrt{13263,4846}$$

$$w = 115,167 \text{ m}$$

Agora é possível calcular os ângulos indicados pelas incógnitas X e Y dentro do triângulo gerado. O valor da incógnita X será encontrado através do uso da lei dos senos e a incógnita Y será encontrada baseada no total dos  $180^\circ$  que existem dentro de um triângulo. Segue a sequência de cálculos para a incógnita X:

$$\frac{115,167}{\sin 51^\circ 34'11''} = \frac{138,79}{\sin X}$$

$$\sin 51^\circ 34'11'' \cdot 138,79 = 115,167 \cdot \sin X$$

$$108,723 = 115,167 \cdot \sin X$$

$$\frac{108,723}{115,167} = \sin X$$

$$\text{ArcSen } 0,944046471 = 70,74260697^\circ$$

$$X = 70,74260697^\circ = 70^\circ 44'39''$$

A incógnita Y se torna mais simples de calcular a partir da existência de dois ângulos na área interna do triângulo, basta lembrar que dentro de um triângulo existem  $180^\circ$  no total. A partir disso é só realizar a soma dos ângulos conhecidos e em seguida subtrair do  $180^\circ$ , como é mostrado a seguir:

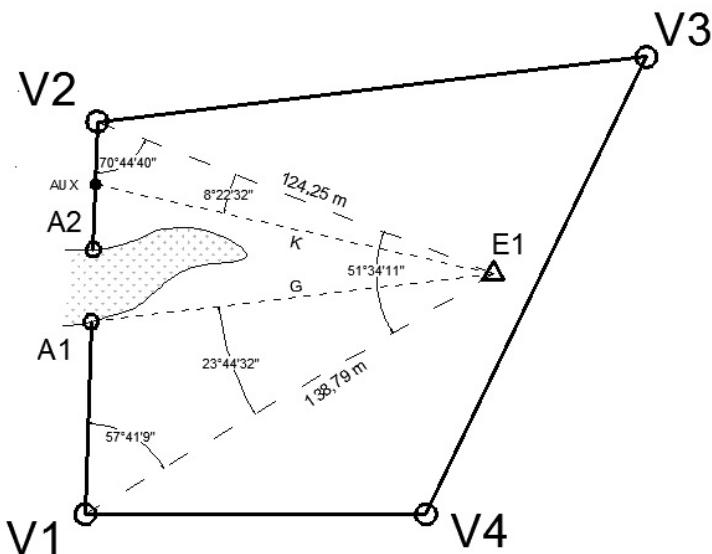
$$180^\circ = 70^\circ 44'39'' + 51^\circ 34'11'' + Y$$

$$180^\circ - 70^\circ 44'39'' - 51^\circ 34'11'' = Y$$

$$Y = 57^\circ 41'10''$$

Agora que todo o triângulo possui suas medidas conhecidas é necessário inserir pontos sobre o alinhamento formado pelos vértices V1 e V2:

FIGURA 34 – IMPLANTAÇÃO DE PONTOS AUXILIARES PARA ALINHAMENTO ENTRE OS VÉRTICES V1 E V2

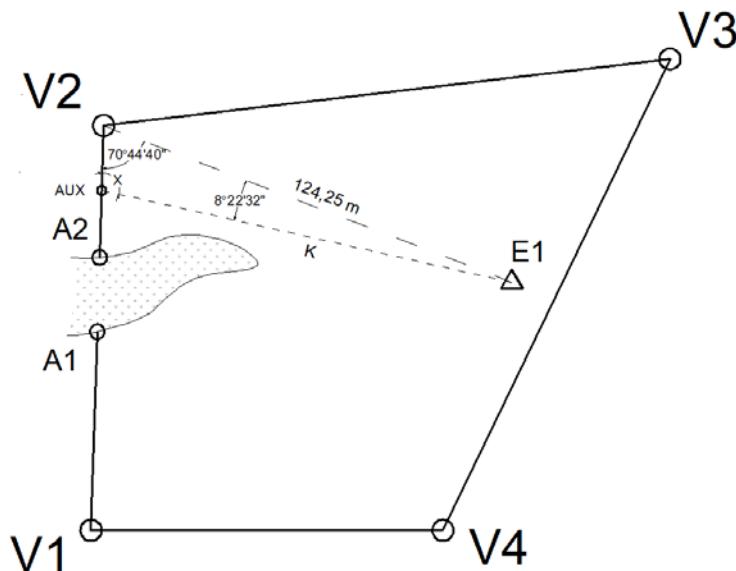


FONTE: O autor

O ponto denominado “AUX” (ponto auxiliar) é um alinhamento necessário a ser implantado para conseguir o alinhamento entre os pontos V2-A2. O ponto A1 pode ser implantado diretamente porque pode ser visualizado diretamente pelo ponto E1, que é onde está situada a estação total.

Para implantar o ponto AUX também é necessária a criação de um outro triângulo. Para este triângulo já existe um lado e ângulo conhecidos: o 124,25 m e o ângulo de 70°44'40'', que pertencem ao triângulo com os vértices V2, V1 e E1. O ângulo de 8°22'32'' é arbitrado pelo operador da estação total de acordo com a melhor visualização existente no terreno. A partir destes dados é obtido um triângulo no qual é possível calcular todos os seus ângulos internos (sabendo que seu total angular interno é de 180°) e suas distâncias são calculadas através da lei dos senos. A figura a seguir demonstra o triângulo isolado dentro da área mapeada:

FIGURA 35 – TRIANGULAÇÃO UTILIZADA PARA IMPLANTAÇÃO DE PRIMEIRO PONTO PARA ALINHAMENTO PARA MARCO



FONTE: O autor

Na Figura 35 o triângulo utilizado para a implantação do ponto AUX foi isolado e fica mais perceptível que a incógnita K é a que deve ser encontrada para a implantação do marco, porque o ângulo de  $8^{\circ}22'32''$  está fixado no equipamento. Vale ressaltar que este ângulo é arbitrado pelo operador do equipamento, portanto pode ter um valor maior ou menor do indicado na figura.

Para calcular o valor de K é necessário realizar estes dois cálculos:

- Calcular o valor do ângulo X a partir da premissa de que dentro de um triângulo existem  $180^{\circ}$ .
- Aplicar a lei dos senos para encontrar o valor de K.

A metodologia para o cálculo deste ângulo já foi apresentada anteriormente, sendo necessário fazer a subtração do somatório angular conhecido do triângulo dos  $180^{\circ}$  existentes no total. O resultado encontrado e que representa o valor angular de X é  $100^{\circ}52'48''$ . A sequência de cálculos seguintes demonstra como encontrar o ângulo:

$$180^{\circ} = 70^{\circ}44'40'' + 8^{\circ}22'32'' + X$$

$$180^{\circ} - 70^{\circ}44'40'' - 8^{\circ}22'32'' = X$$

$$X = 100^{\circ}52'48''$$

Em seguida é necessária a aplicação da lei dos senos para o cálculo da distância K, como demonstrado na sequência de cálculos:

$$\frac{124,25}{\operatorname{sen}100^{\circ}52'48''} = \frac{K}{\operatorname{sen}70^{\circ}44'40''}$$

$$K \cdot \operatorname{sen}100^{\circ}52'48'' = 124,25 \cdot \operatorname{sen}70^{\circ}44'40''$$

$$K = \frac{124,25 \cdot \operatorname{sen}70^{\circ}44'40''}{\operatorname{sen}100^{\circ}52'48''}$$

$$K = 119,446 \text{ m}$$

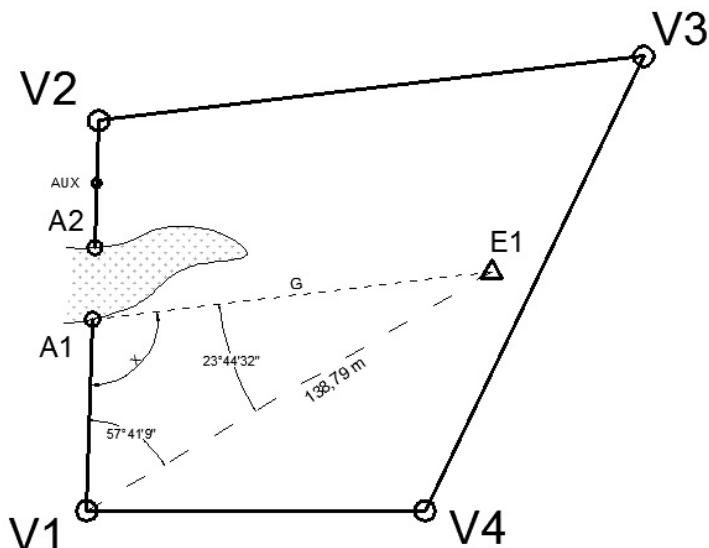
A distância de 119,446 m representa que essa é a distância que deve ser entre o ponto E1 e o ponto AUX com o ângulo de  $8^{\circ}22'32''$  fixo. Caso este valor angular mude, a distância também irá mudar, portanto, a fixação da luneta em campo é de grande importância para a implantação destes marcos auxiliares e também os que servirão de vértices de terreno, caso seja essa a intenção.

Os cálculos até agora foram para a implantação do ponto AUX que serve como alinhamento entre os vértices V2 e A2. Para a implantação do ponto A2, que não é visível à estação total, é necessária a execução de uma etapa simples: esticar uma linha (ou trena) entre o ponto V2 e o A2 e prolongá-la até o ponto que faça contato com a vegetação e não saia do alinhamento calculado. No momento em que a linha fizer contato com a vegetação e estiver também sobre o alinhamento V2-AUX é que poderá ser implantado o marco do ponto A2.

A mesma metodologia de cálculo deve ser executada para encontrar o ponto A1, entretanto, para encontrar este ponto não é necessário nenhum ponto auxiliar que servirá de base para alinhamento. Para chegar a este ponto serão utilizados somente cálculos como os já executados para encontrar o ponto A2.

Primeiramente, também é necessário fixar um ângulo visando o ponto A1, que é  $23^{\circ}44'32''$ . A figura que segue apresenta a área mapeada apenas com o triângulo necessário para a determinação do ponto A1:

FIGURA 36 – TRIANGULAÇÃO UTILIZADA PARA IMPLANTAÇÃO DO SEGUNDO PONTO ENTRE PONTOS SEM VISIBILIDADE



FONTE: O autor

Para o triângulo demonstrado nesta figura, o ângulo de  $57^{\circ}41'09''$  já estava previamente calculado devido à primeira etapa desta implantação. O ângulo de  $23^{\circ}44'32''$  foi fixado pelo operador da estação total, sendo necessário calcular o ângulo X e a distância G que são as incógnitas do triângulo.

Para encontrar o ângulo X é necessário novamente fazer a subtração do somatório dos ângulos conhecidos de  $180^{\circ}$ , como demonstrado na sequência de cálculos seguintes:

$$180^{\circ} = 23^{\circ}44'32'' + 57^{\circ}41'09'' + X$$

$$180^{\circ} - 23^{\circ}44'32'' - 57^{\circ}41'09'' = X$$

$$X = 98^{\circ}34'19''$$

A partir deste ângulo é possível a aplicação da lei dos senos para o cálculo da distância G, como segue:

$$\frac{138,79}{\operatorname{sen}98^{\circ}34'19''} = \frac{G}{\operatorname{sen}57^{\circ}41'09''}$$

$$G \cdot \operatorname{sen}98^{\circ}34'19'' = 138,79 \cdot \operatorname{sen}57^{\circ}41'09''$$

$$G = \frac{138,79 \cdot \operatorname{sen}57^{\circ}41'09''}{\operatorname{sen}98^{\circ}34'19''}$$

$$G = 118,620 \text{ m}$$

Após calcular que a distância entre o ponto E1 – que é onde está situada a estação total – e o ponto A1 é de 118,620 m, é possível fazer a implantação do marco para delimitar o terreno. Esta implantação é a mais comum para delimitação de áreas de terrenos, especialmente em áreas rurais. Este também é um método bastante aplicado quando o projeto de estakeamento de uma obra ainda não está pronto e é requisitada uma marcação preliminar em campo para noção do posicionamento de fundações.

É válido lembrar que para a aplicação destas distâncias calculadas é necessário que o ângulo esteja fixado e não haja mudanças de alinhamento no de- correr da atividade. Para que isso aconteça, o tripé deve estar bem fixo ao terreno e as trepidações devem ser as menores possíveis. A estação total também tem papel fundamental nessa atividade e precisa estar bem nivelada e posicionada sobre o marco implantado no terreno, caso contrário os cálculos poderão fornecer resultados errados e não haverá coerência dos dados existentes no projeto e do existente no terreno.

A aplicação da lei dos cossenos e lei dos senos pode servir para diversas atividades que surgirão de acordo com a vida profissional, sendo sua aplicação muito variável de acordo com a atuação do profissional e sua capacidade de resolução de problemas através do arcabouço teórico estudado, portanto a aplicação destas leis não se limita à implantação de marcos descrita neste tópico. Alguns exemplos são citados:

- 1) Projeção de alinhamentos para áreas inacessíveis, por exemplo, áreas que devem transpor rios/lagos ou pedreiras.
- 2) Inserção de marcos de alinhamentos para áreas com diferenças altimétricas muito grandes e sem visibilidade.
- 3) Determinação de locais de interseção de vértices de áreas.
- 4) Identificação de pontos para locação de estacas de fundação de obra etc.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DE COTAS INACESSÍVEIS

As cotas são elementos de grande importância para projetos e execuções de obras, especialmente as hidrossanitárias. É comum que as cotas estejam apresentadas em plantas através de cortes, curvas de nível e até mesmo em vista superior através de linhas indicando o valor das cotas, entretanto, no levantamento de campo a captação de cotas nem sempre é viável através dos equipamentos à disposição do técnico. Para os serviços em que é utilizada uma estação total prismática (que necessita do uso do prisma), nem todos os locais são acessíveis ao profissional auxiliar do operador da estação total, nestes casos é mais oportuno o uso de cálculos para a determinação indireta das cotas.

Imagine que lhe é solicitada a altura de um prédio de 30 andares que ainda está sendo executado. Para evitar um desgaste físico e diminuição da periculosidade do auxiliar técnico que está operando o prisma, são empregadas

as regras de trigonometria para que seja adquirida a cota do topo do prédio visando ao seu limite construído.

A ideia para a solução deste problema é projetar em algum ponto do terreno um triângulo retângulo no qual poderá ser empregada a função tangente, conforme segue a figura:

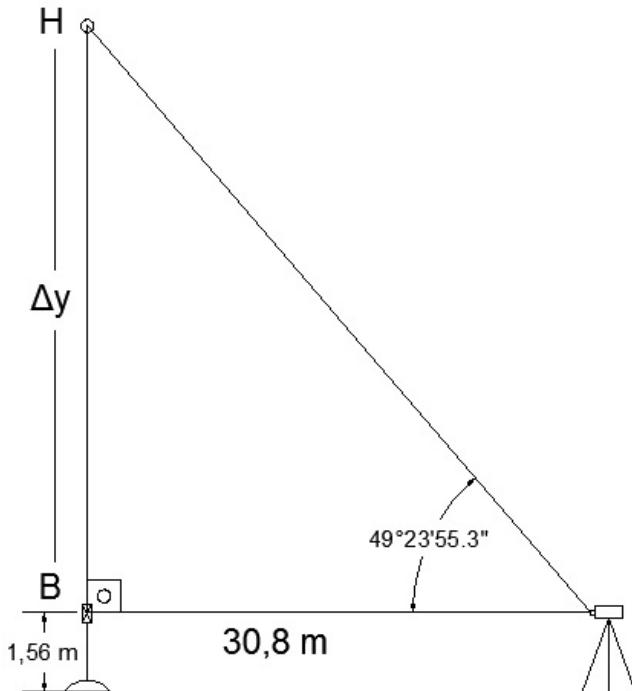
FIGURA 37 – SITUAÇÃO DE APLICAÇÃO DE CÁLCULO DE COTA INACESSÍVEL



FONTE: O autor

A FIGURA 37 mostra um prédio onde se deseja calcular sua altura. Para isso, a estação total fica a uma distância na qual possa ser visível o ponto mais alto da estrutura e que fique na horizontal com a altura do prisma. Para que este triângulo seja mais facilmente encontrado em campo, o operador da estação total trava a luneta no horizonte e quem move o equipamento na vertical é o conjunto prisma e bastão, que é retrátil. Para que o cálculo fique correto é necessário que o prisma também fique encostado na parede, formando o triângulo retângulo no qual o cateto oposto é a fachada do prédio, o cateto adjacente é a distância entre a estação total e o prisma, e a hipotenusa é a distância inclinada entre a estação total e o topo da estrutura. A situação geométrica é apresentada a seguir:

FIGURA 38 – GEOMETRIA UTILIZADA PARA CÁLCULO DE COTAS INACESSÍVEIS



FONTE: O autor

Observando a FIGURA 38 torna-se mais simples o entendimento da teoria aplicada à prática. Para encontrar a altura total do prédio é necessário encontrar a diferença métrica existente entre o ponto H e o ponto B, representada pelo  $\Delta y$ . Após encontrar este valor é necessário acrescentar a altura do conjunto prisma e bastão, que é de 1,56 m, como mostra a figura. Para calcular o  $\Delta y$  será empregada a função tangente, e a sequência de cálculos é apresentada a seguir:

$$\tan 49^{\circ}23'55,3'' = \frac{\Delta y}{30,8}$$

$$\tan 49^{\circ}23'55,3''. 30,8 = \Delta y$$

$$\Delta y = 35,933 \text{ m}$$

$$\text{Altura total} = 35,933 + 1,56 = 37,493 \text{ m}$$

Para empregar esta metodologia de campo é necessário observar os seguintes passos:

- 1) Escolher o ponto onde será instalada a estação total. Optar por local onde esteja com pequena diferença vertical e que seja suficiente para que a articulação do bastão possa compensar.
- 2) Encostar o conjunto prisma e bastão na parede da estrutura onde se deseja medir altura.

- 3) Ajustar luneta da estação total para que fique paralela ao ângulo do horizonte ( $0^\circ$  ou  $90^\circ$ , dependendo da marca e configuração do equipamento).
- 4) Ajustar bastão e prisma para que fique na altura de visada na qual foi travada a luneta da estação total.
- 5) Visar com a estação total no prisma e fazer a leitura de distância. Anotar o valor.
- 6) Visar no ponto mais alto da estrutura onde se deseja identificar a altura. Marcar o valor do ângulo entre o prisma e o ponto mais alto visado.
- 7) Realizar os cálculos para encontrar  $\Delta y$  e somar com a altura do conjunto prisma e bastão.

## 3.4 CÁLCULOS DE ERROS DE MEDIÇÃO

Um levantamento topográfico pode ser avaliado qualitativamente através dos erros encontrados nas distâncias e ângulos lidos. Estes erros são variáveis de acordo com o serviço executado e do equipamento empregado, portanto é importante que para cada atividade o responsável técnico venha a realizar os cálculos de erros de medição que ocorreram, para que, se necessário, sejam corrigidos imediatamente.

### 3.4.1 Erro angular

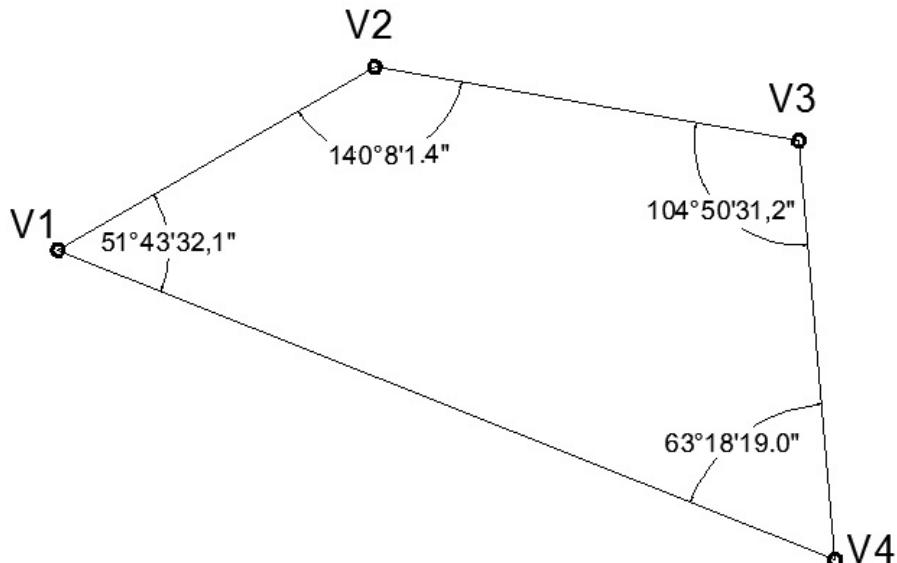
Existe uma equação que identifica o total de ângulos dentro e fora de um polígono. Para os ângulos internos do polígono já foi citado anteriormente que a equação é a seguinte:

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

*Sendo que n = número de vértices*

Portanto, quando empregado o método da poligonação nos levantamentos é preciso contabilizar os ângulos internos formados entre os vértices da poligonal para que seja identificado o erro existente no trabalho. Na matemática, os ângulos internos e externos de um polígono poderão fechar perfeitamente, entretanto, no levantamento topográfico, o erro existe devido aos fatores humanos, técnicos e acidentais já citados na Unidade 1 deste livro. A figura que segue demonstra uma poligonal fechada na qual deve ser calculado o erro angular:

FIGURA 39 – CÁLCULO DE FECHAMENTO ANGULAR EM POLIGONAL FECHADA



FONTE: O autor

A FIGURA 39 demonstra um polígono constituído por quatro vértices e também nos são apresentados os respectivos ângulos internos. O somatório angular para este polígono deve ser:

$$\begin{aligned}\Sigma \Theta_i &= 180^{\circ} \cdot (4 - 2) \\ \Sigma \Theta_i &= 360^{\circ}\end{aligned}$$

Porém, como é conhecido, num levantamento topográfico existem erros que não podem ser controlados por serem intrínsecos à atividade, portanto cabe ao técnico responsável calcular o erro para identificá-lo. Este erro será a diferença entre o somatório angular interno captado em campo e os  $360^{\circ}$  que deveriam estar contidos dentro do polígono:

$$Total = 51^{\circ}43'32,1 + 140^{\circ}8'1,4 + 104^{\circ}50'2 + 63^{\circ}18'19$$

$$Total = 360^{\circ}0'23,7''$$

$$Erro\ angular = 0^{\circ}0'23,7''$$

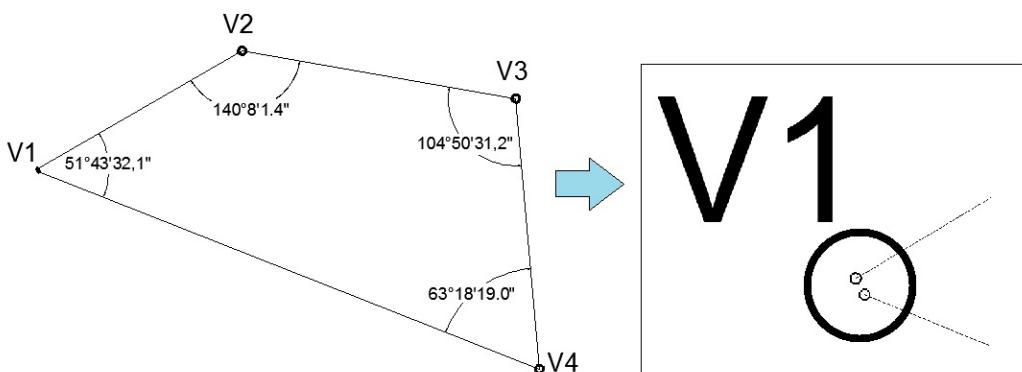
### 3.4.2 Erro linear

O erro linear emprega os conhecimentos dos cálculos de coordenadas para quantificar o erro linear existente dentro da poligonal. Como citado no item 0 (Poligonal fechada), o último ponto captado na poligonal fechada deveria ser igual ao primeiro que foi o início do serviço, entretanto, pelos erros embutidos

no serviço, estas coordenadas não são exatamente iguais ao ponto de início das atividades.

Para conseguir calcular o erro linear existente entre o ponto de início e fim da poligonal é necessária a coordenada dos respectivos pontos, dessa forma é possível identificar a distância entre eles através do uso do Teorema de Pitágoras, associado à interpretação das coordenadas dos pontos apresentados. A poligonal utilizada para a explicação do erro angular é a mesma empregada para essa explicação do erro linear, entretanto, no ponto V1 é aproximada a visualização para demonstrar que as coordenadas não são referentes ao mesmo ponto, sendo necessário o cálculo para identificação da distância entre eles:

FIGURA 40 – REPRESENTAÇÃO DO ERRO LINEAR



FONTE: O autor

Muitas estações totais possuem software interno que realiza o cálculo das coordenadas de maneira automatizada na medida em que o serviço topográfico é realizado. Para as que não possuem esta função, a opção é realizar o cálculo manualmente, como demonstrado no item 0 (Cálculo de coordenadas).

Para este exemplo apresentado na FIGURA 40, as coordenadas de início de levantamento e fim são, respectivamente:

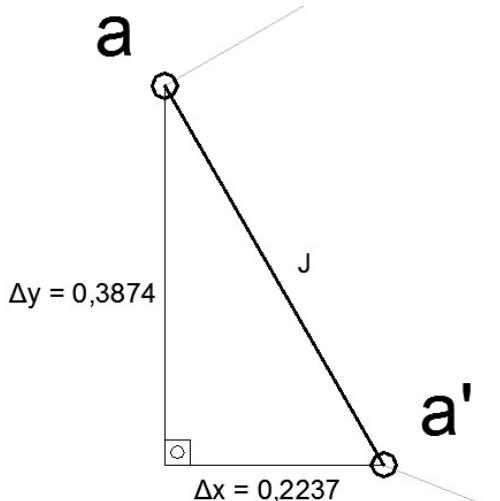
QUADRO 1 – COORDENADAS DE INÍCIO E FIM DE LEVANTAMENTO E ERRO LINEAR NO EIXO X E Y

	X	Y
A (início)	1000	1000
a' (fim)	1000,2237	999,6126
Δ	0,2237	0,3874

FONTE: O autor

Portanto, estas diferenças entre as coordenadas compõem os catetos oposto e adjacente do triângulo retângulo, restando a identificação da hipotenusa, que será nosso erro linear. A figura a seguir apresenta como fica a geometria que define o erro linear da poligonal:

FIGURA 41 – GEOMETRIA A SER CALCULADA PARA ENCONTRAR O ERRO LINEAR DA POLIGONAL



FONTE: O autor

A linha de maior espessura, representada pela incógnita J, é a diferença linear existente entre o início do levantamento topográfico e seu final. O cálculo da diferença métrica entre o ponto  $a$  e  $a'$  é apresentado a seguir:

$$\begin{aligned} J^2 &= 0,3874^2 + 0,2237^2 \\ J &= \sqrt{(0,3874^2 + 0,2237^2)} \\ J &= 0,4473 \text{ m} \end{aligned}$$

O valor encontrado para J é pouco maior que 44 centímetros e esse valor varia de acordo com o tamanho do serviço executado.



Os padrões para avaliação de qualidade serão abordados na Unidade 3, que retrata tópicos relacionados às normatizações do serviço topográfico.

**LEITURA COMPLEMENTAR****MATEMÁTICA APLICADA À TOPOGRAFIA**

Antonio Donato Zucchi Neto

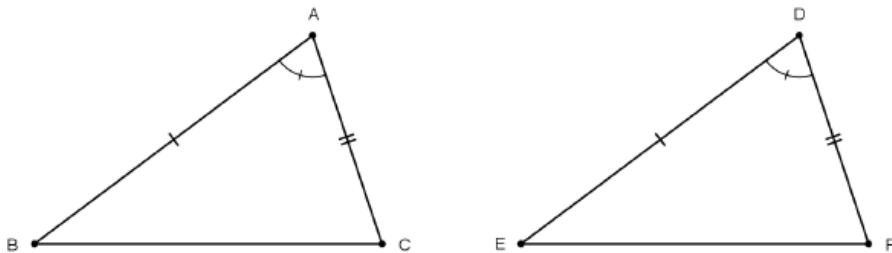
**4.3 CONGRUÊNCIA DE TRIÂNGULOS**

Nesta seção apresentaremos as condições necessárias e suficientes para verificarmos se dois triângulos são congruentes. Os casos de congruência que serão apresentados têm o intuito de servir como base para as demonstrações dos casos de semelhança, portanto não mostraremos as suas demonstrações.

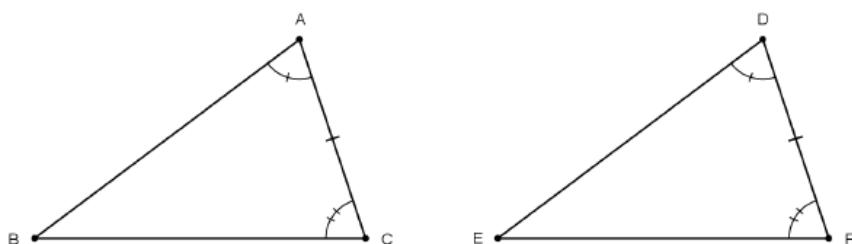
Segundo a definição de congruência, temos que: "Dois triângulos são congruentes se for possível estabelecer uma correspondência biunívoca entre seus vértices de modo que lados e ângulos correspondentes sejam congruentes." Para estabelecermos essa correspondência não será necessário conhecermos todos os elementos dos triângulos, medidas dos lados e ângulos, como veremos a seguir.

**4.3.1 1º CASO: Axioma LAL (Lado – Ângulo – Lado)**

Se dois lados de um triângulo e o ângulo formado por esses dois lados forem iguais a dois lados de outro triângulo e ao ângulo formado por esses dois lados, então os dois triângulos são congruentes.

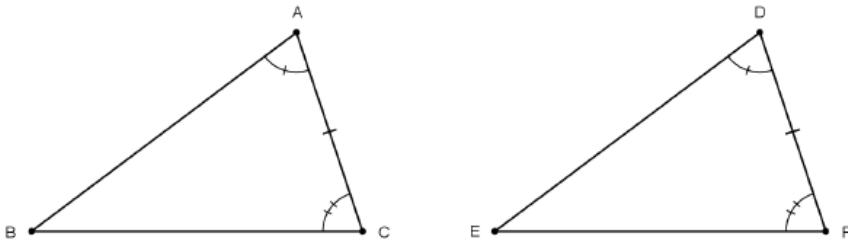
**4.3.2 2º CASO: ALA (Ângulo – Lado – Ângulo)**

Se dois ângulos de um triângulo e o lado compreendido entre esses dois ângulos forem respectivamente iguais a dois ângulos de outro triângulo e ao lado compreendido entre esses dois ângulos, então os dois triângulos são congruentes.



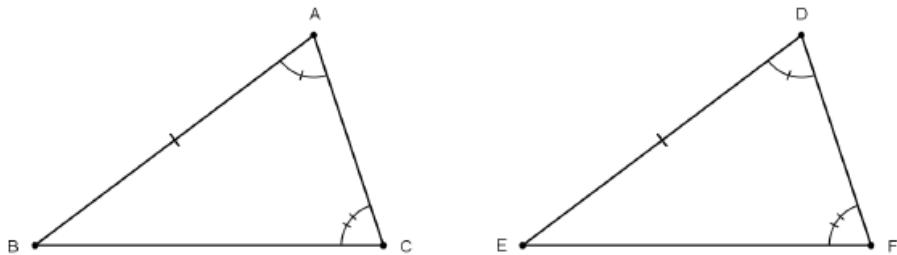
### 4.3.3 3º CASO: LLL (Lado – Lado – Lado)

Se os três lados de um triângulo são, de alguma ordem, respectivamente congruentes aos três lados de outro triângulo, então os dois triângulos são congruentes.



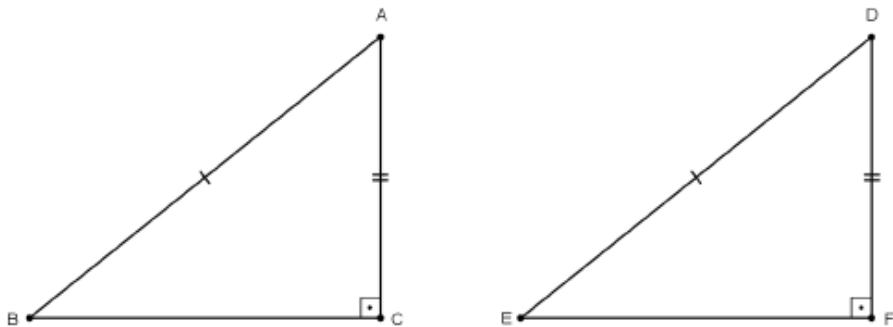
### 4.3.4 4º CASO: LAAo (Lado – Ângulo – Ângulo Oposto)

Se dois ângulos de um Triângulo e o lado oposto a um desses ângulos forem respectivamente iguais a dois ângulos de outro triângulo e ao lado oposto ao ângulo correspondente nesse outro triângulo, então os dois triângulos são congruentes.



### 4.3.5 5º CASO: Congruência de Triângulos Retângulos

Se dois triângulos retângulos são tais que a hipotenusa e um dos catetos do primeiro são respectivamente congruentes à hipotenusa e a um dos catetos do outro, então os dois triângulos retângulos são congruentes.



FONTE: ZUCCHI NETO, Antônio Donato. *Matemática aplicada à topografia*. 2017, 103f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2017. [http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7547/1/tese\\_11614\\_DONATO%20DISSERTA%C3%A7%C3%A3O.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7547/1/tese_11614_DONATO%20DISSERTA%C3%A7%C3%A3O.pdf). Acesso em: 26 mar. 2019.

# RESUMO DO TÓPICO 2

**Neste tópico, você aprendeu que:**

- Os métodos de levantamentos variam de acordo com os objetivos da obra sempre tendo em vista a produtividade e qualidade do serviço.
- Os cálculos de azimutes podem ser feitos para cada vértice da poligonal para que cada um tenha uma orientação independentemente do restante do levantamento.
- O cálculo de coordenadas é importante para a identificação do erro linear de um levantamento.
- A trigonometria pode ser utilizada para resolução de problemas práticos de campo.
- Para quantificar as falhas cometidas em campo é possível utilizar os erros lineares e angulares.

## AUTOATIVIDADE



1 Existem vários métodos para o levantamento topográfico e eles são imprescindíveis para a execução do trabalho de campo, pois sem um planejamento a produtividade pode cair drasticamente. Para o planejamento é necessário levar em consideração o tempo empregado em campo e o esforço físico para adentrar áreas que não são acessíveis, mas também não pode ser desmerecida a importância da precisão das informações coletadas. Acerca dos métodos de levantamento topográfico, assinale a alternativa correta:

- a) ( ) A aplicação do método de estação livre é muito mais utilizada em grandes áreas cortadas por desniveis porque sua aplicação em campo é muito mais simples que a poligonação.
- b) ( ) A poligonal fechada é o método mais produtivo existente para serviços de campo porque os equipamentos empregados são em menor quantidade e valor de mercado.
- c) ( ) A aplicação do método da poligonal enquadrada é o mais produtivo, apesar do custo do equipamento GPS para fixar pontos de início e fim da poligonal.
- d) ( ) A poligonal aberta é a mais empregada nos serviços de topografia porque com ela a produtividade é alta e a precisão do trabalho é garantida.

2 O azimute é uma maneira de orientar os pontos dentro de um polígono e o benefício do uso desta informação para cada ponto do levantamento é a independência de cada ponto em relação ao trabalho como um todo. Caso o ponto anterior do polígono seja quebrado, aterrado ou levado por uma enchente, o próximo não estará atrelado a ele através de ângulo, porque o azimute é referenciado no Norte e não em outra feição do trabalho topográfico. Sobre o azimute, assinale a alternativa correta:

- a) ( ) Todos os pontos de uma poligonal podem ter azimute, com exceção do último ponto de uma poligonal aberta, que não tem relacionamento nenhum com um próximo ponto.
- b) ( ) Para cálculos de azimutes em poligonais fechadas é necessário conhecer o ângulo interno gerado pelo polígono para que seja aplicada a equação  $Azim = (AzimAnt + 180^\circ) - \Theta$ , sendo que  $\Theta$  é o valor do ângulo entre a Ré e a Vante.
- c) ( ) O azimute é medido no sentido anti-horário, portanto não tem relação com o ponto adiante na poligonal.
- d) ( ) Para a identificação de azimutes desconhecidos de pontos dentro de uma poligonal não existe outra maneira além de ir até o campo utilizando uma bússola adequada para identificação do ângulo existente.

## GNSS, NORMAS E PRODUTOS DA TOPOGRAFIA

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

**A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:**

- identificar qual é o método de levantamento com GNSS que melhor se adéqua ao trabalho de campo de acordo com o objetivo do trabalho;
- identificar produtos do levantamento topográfico e realizar análises de qualidade sobre estes;
- dividir elementos geométricos de projetos rodoviários, assim como desenvolvê-los;
- produzir plantas topográficas de acordo com as normas brasileiras empregadas atualmente;
- identificar quais produtos da engenharia poderão ser feitos através da topografia.

### PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em três tópicos. No decorrer da unidade você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS E  
GEOPROCESSAMENTO

TÓPICO 2 – NORMATIZAÇÕES

TÓPICO 3 – PRODUTOS DA TOPOGRAFIA



## MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS E GEOPROCESSAMENTO

### I INTRODUÇÃO

O georreferenciamento é um dos grandes serviços disponíveis para execução no levantamento topográfico. Esse serviço é requisitado atualmente por diversos órgãos governamentais que necessitam de projetos para dar andamento a obras e a outros órgãos que precisam de cadastramento para fins de organização espacial. Dentre estes estão as prefeituras, cartórios de registros de imóveis, Departamento Nacional de Infraestrutura – DNIT –, Secretaria de Aviação Civil – SAC –, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA – entre outros.

Para executar o georreferenciamento é necessário o uso de equipamentos que utilizem a tecnologia GPS e são diversos os modelos existentes, entretanto, seus modelos divergem muito quanto à produtividade em campo. Essa produtividade, no geral, varia de acordo com o quanto recente é o equipamento. Equipamentos mais recentes tendem a ter maior produtividade pela maior dinâmica atribuída ao levantamento de campo e à agilidade no fornecimento da precisão requisitada, enquanto os modelos mais antigos geralmente são mais vagarosos no fornecimento de uma alta precisão e requisitam mais tempo para resposta.

A utilização do GPS é uma demanda muito requisitada nos últimos anos, porém seu uso não descarta o uso da estação total e outros equipamentos, como o drone e as imagens de satélite. Como já citado anteriormente no livro didático, todos estes equipamentos se complementam e são utilizados intensamente em diversas atividades na engenharia e arquitetura. Para que o uso do GPS seja feito é necessário o entendimento prévio do serviço a ser executado, portanto não adianta comprar ou alugar o equipamento mais caro sendo que o mais barato é o de maior produtividade.

No uso do GPS existem variáveis que precisam ser levadas em consideração, por exemplo, a adaptação do operador à marca utilizada, a disponibilidade de suporte técnico na região, a variedade de satélites captados, a durabilidade de bateria, a facilidade para baixar dados de levantamento, a resistência à poeira, umidade e chuva, dentre outros fatores que facilitam seu uso no dia a dia. A adaptação ao equipamento empregado é fator crucial na produtividade do serviço, podendo o contrário ser um grande impedimento no desenvolvimento dos trabalhos.

Nesta Unidade 3 serão apresentados os métodos de levantamento com equipamentos de tecnologia GPS e também informações úteis no emprego dos equipamentos GNSS mais empregados no mercado de trabalho.

## 2 GPS

GPS é a sigla destinada para *Global Positioning System*, também conhecido como *Navigation System Using Time and Ranging* (NAVSTAR/GPS). Este sistema foi lançado em 1973 e veio como uma evolução do sistema TRANSIT, que também era um sistema de satélites artificiais colocados à disposição da comunidade civil para determinação de pontos com precisão.

O sistema TRANSIT possuía uma precisão da ordem de decímetros, e o sistema GPS, quando disponibilizado, trazia consigo uma precisão na casa dos centímetros, mas somente disponibilizada para a comunidade militar. Posteriormente, visto seus benefícios, o sinal GPS foi disponibilizado para o uso civil que aperfeiçoa seus usos e equipamentos até a atualidade.

O GPS consiste, atualmente, em 29 satélites, os quais são distribuídos em seis órbitas ao redor do planeta. Todos os satélites estão acerca de 20.200 Km acima da Terra e completam sua revolução inteira em torno do planeta em aproximadamente 11 horas e 58 minutos, resultando em aproximadamente duas voltas completas diárias ao redor do globo (ROCHA, 2007).

Atualmente, o sistema GPS é fundamental para diversos segmentos da sociedade, estando presente na aviação civil e militar, mapeamentos topográficos, organização planejada do território nacional e diversas atividades cotidianas, como locomoção entre os diversos locais utilizando aplicativos, rastreamento de cargas, determinação de rumos em alto-mar etc.

Os satélites podem emitir duas frequências utilizáveis para recepção pelos equipamentos geodésicos. Estas frequências são denominadas L1 e L2 e se distinguem devido ao comprimento de onda emitido. A diferenciação destas nos equipamentos receptores GPS é a precisão alcançada, sendo que atualmente os equipamentos GNSS destinados à topografia utilizam estas duas frequências para determinação da posição sobre a Terra. Os próximos itens abordam temas relacionados ao uso do sistema GPS e equipamentos geodésicos na topografia.

## 3 GLONASS

Glonass é um sistema de posicionamento global que também é baseado em satélites, entretanto, é de tecnologia russa, e não norte-americana. Esse sistema de posicionamento global possui um total de 24 satélites e um total de três órbitas ao redor da Terra (SOUZA, 2005). Sua altitude orbital é de 19.100 km, e este sistema também é captado pelos equipamentos GNSS destinados ao uso topográfico.

Nos equipamentos GNSS é muito comum que a quantidade de satélites captados seja indicada através de uma luz que pisca em duas cores: vermelho para os satélites da constelação GPS e verde para os satélites Glonass. O sistema Glonass também é capaz de transmitir dados de precisão, como o L1 e L2, sendo aplicados aos equipamentos com capacidade de execução de levantamentos RTK.

## 4 TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO COM GNSS

GNSS é a sigla empregada referenciando qualquer tipo de sistema de referencial posicional através de satélite. Significa *Global Navigation Satellite System* e é utilizado por diversas nações do mundo para realização de estudos e diversas práticas do cotidiano.

Diferente das técnicas de utilização de estação total ou teodolito, que são ainda os equipamentos mais tradicionais da topografia, os métodos empregados no uso de equipamentos GNSS são muito menos relacionados ao uso da geometria em campo, mas voltados ao entendimento do funcionamento dos equipamentos e processamento de dados proveniente de satélites.

De uma maneira bem simplificada, os métodos de utilização de equipamentos GNSS podem ser divididos em relativos e absolutos. Os métodos relativos são aqueles que adquirem as coordenadas de posicionamento a partir de uma base fixa, por isso a coordenada adquirida é relativa a uma outra. O método absoluto é aquele que fornece o valor de coordenada sem o uso desta outra base fixa, portanto, com informações baseadas somente nos dados provenientes dos satélites. Uma diferença simples para distinguir estas duas técnicas está no emprego do método absoluto, em que é somente necessário o uso de um equipamento GNSS, enquanto que no emprego do método relativo são necessários dois.

No levantamento topográfico utilizando poligonais, especialmente a poligonal enquadrada, são empregados também equipamentos GNSS para a amarração dos pontos de início e fim da poligonal. Estes pontos de início e fim podem ser determinados através dos diferentes métodos, apresentados nos itens a seguir.

### 4.1 MÉTODO ESTÁTICO

O método estático é o método mais tradicional dentre os existentes na captação de dados de equipamentos GNSS. Neste método, o equipamento deve ser instalado sobre o ponto desejado e mantido por um longo tempo, variando de um a quatro horas de acordo com condicionantes atmosféricas, quantidade de satélites e configuração do ambiente onde será instalado o equipamento.

O método estático pode ser utilizado em equipamentos geodésicos que empregam a frequência L1 e L2, resultando num menor tempo quando empregadas juntas na leitura de dados de satélites. O IBGE (2017) apresenta em

seu *Manual do Usuário de Aplicativo On-line IBGE-PPP* uma precisão esperada para um levantamento estático em metros:

FIGURA 1 – PRECISÃO ESPERADA PARA LEVANTAMENTO COM O MÉTODO ESTÁTICO

**Precisão esperada para um levantamento estático (metros)**

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

FONTE: Adaptado de IBGE (2017, p. 16)

De acordo com Rocha (2017), o método estático é ideal para distâncias maiores que 15 km, sendo utilizado este método para implantação, controle e densificação de redes geodésicas, estabelecimento de pontos de controle para aerofotogrametria e para vários trabalhos de precisão.

## 4.2 MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO

É uma variação do método estático geralmente empregada próxima à base do levantamento, em distâncias inferiores a 15 km. Este método requisita somente um equipamento GPS, sendo possível empregar os que são capazes de receber somente a frequência L1, assim como os que são de dupla frequência.

Este método diminui significativamente o tempo de trabalho quando comparado com o método estático. O tempo para a captação de dados do satélite é suficiente em torno de 10 a 20 minutos, sendo possível, desta maneira, dar continuidade ao trabalho percorrendo trechos que se deseja mapear. Este método é atualmente muito empregado no georreferenciamento de imagens provenientes de aerolevantamentos feitos com drones, resultando numa produtividade e economia orçamentária relevantes devido aos menores custos de equipamentos quando comparados ao método RTK (*Real Time Kinect*) e o método *stop and go*, que será apresentado a seguir.

## 4.3 MÉTODO SEMICINEMÁTICO (STOP AND GO)

Para empregar este método são necessários dois receptores GPS devidamente configurados, para que um seja a base e outro o rover. A base deve ficar estática durante todo o período do levantamento, enquanto o rover se move para a captação de dados de coordenadas nos pontos onde se deseja mapear.

É de devida importância ressaltar que o ponto onde será instalada a estação-base seja segura e que o acesso a ela seja restrito a pessoas desconhecidas, portanto, muitas vezes ela é instalada sobre telhados de edifícios comerciais ou dentro de áreas privativas para que fiquem sob responsabilidade de alguma pessoa de confiança, evitando furtos ou quebras de equipamento.

De acordo com o INCRA (BRASIL, 2013), este método de posicionamento é uma transição entre o estático rápido e o cinemático, sendo necessário manter o equipamento rover ligado, coletando dados durante o deslocamento entre um ponto e outro. Quanto maior a duração da sessão de levantamento com a coleta de dados íntegros, maior a precisão na determinação das coordenadas.

Este método é indicado quando existe uma situação com poucas obstruções para o sinal de satélite, caso contrário, a captação dos dados pode ser comprometida no quesito de precisão, não sendo adequado este método quando o levantamento necessita de um alto nível de detalhes com confiabilidade.

## 4.4 MÉTODO CINEMÁTICO

Este método é uma variação mais dinâmica do semicinemático. Neste método, um equipamento se mantém estacionado no ponto de base enquanto outro (rover) fica em movimento captando dados das feições desejadas no terreno. A captação dos pontos é feita de acordo com o intervalo de tempo configurado no equipamento, podendo ser o intervalo de um segundo ou até minutos, dependendo da configuração aplicada.

Para locais onde a feição mapeada é curvilínea, por exemplo, este método é bastante indicado devido à produtividade em campo, entretanto, sua precisão pode não ser tão satisfatória quando comparada à precisão do método estático. Seu uso também sofre muita influência das obstruções existentes no local, sendo um problema em locais urbanos onde existem muitas estruturas verticais.

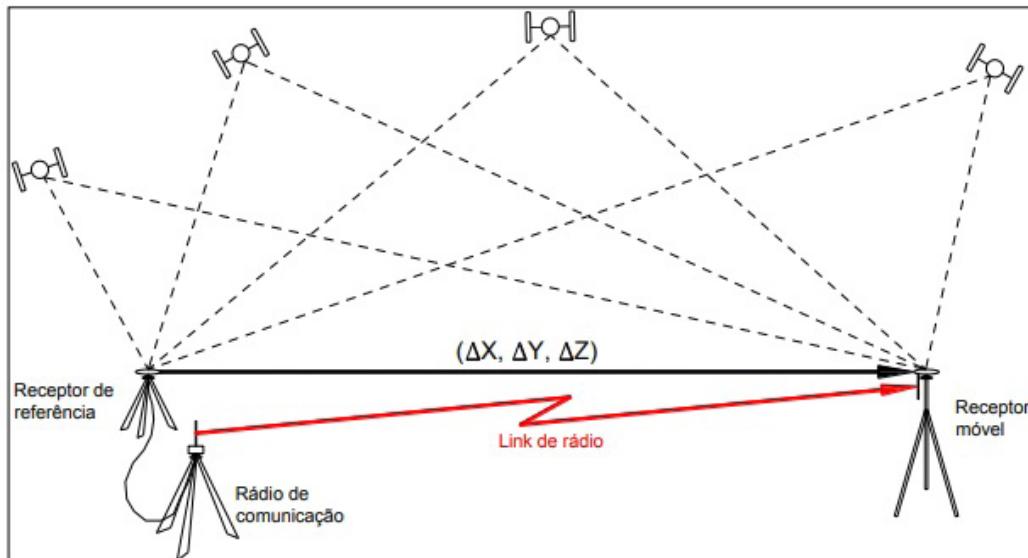
## 4.5 MÉTODO RELATIVO CINEMÁTICO EM TEMPO REAL (RTK)

O método RTK é muito utilizado atualmente, entretanto, seu custo é alto em relação aos métodos previamente descritos. Isso porque nem todos os equipamentos GNSS que empregam os métodos descritos anteriormente conseguem agregar um upgrade para realizar o levantamento com o método RTK. Os equipamentos que empregam a tecnologia RTK em serviço geralmente são muito mais caros que os que não comportam esta tecnologia, chegando a valores de aproximadamente R\$ 80.000,00 (no ano de 2018). É visível o quanto os avanços tecnológicos estão barateando equipamentos no decorrer dos anos, portanto é possível que no futuro este tipo de equipamento tenha um valor muito menor do que o apontado aqui.

De acordo com o INCRA (BRASIL, 2013), o RTK se baseia na transmissão instantânea de dados de correções de sinal de satélites proveniente do sinal emitido pela base e do receptor rover que percorre o terreno mapeando os elementos desejados. Desta forma, proporciona instantaneamente as coordenadas dos vértices levantados com precisão.

No método RTK, o receptor de base precisa ser instalado e se mantém ligado e estático recepcionando dados de satélite durante todo o desenvolvimento do mapeamento pelo receptor rover. A conexão entre os dois receptores é feita através de rádio, e sem esta comunicação o levantamento empregando o método RTK não é possível. A figura a seguir apresenta a situação de comunicação entre todos os equipamentos empregados neste método:

FIGURA 2 – SITUAÇÃO DE COMUNICAÇÃO ENTRE EQUIPAMENTOS NO MÉTODO RTK

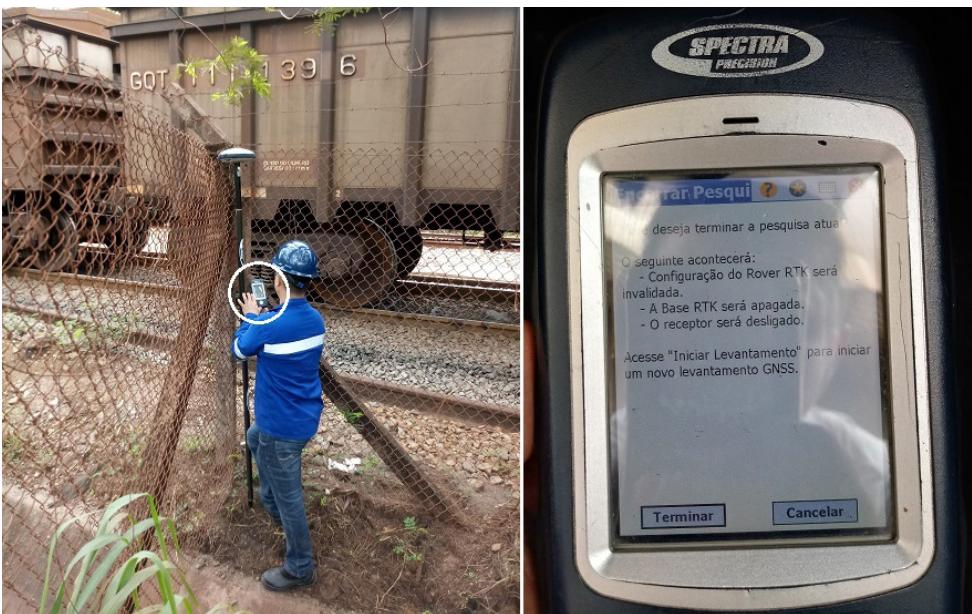


FONTE: BRASIL (2013, p. 11)

Nesta figura é possível perceber que todos os sinais de satélites captados pelo receptor de referência (base) também são captados pelo receptor móvel (rover), bem como a comunicação de rádio é a que permite a troca de dados entre estes dois receptores, resultando nos ajustes de coordenada em tempo real.

A grande diferença visual entre o uso do método RTK e os outros métodos é a presença de mais um equipamento, a controladora. Ela é semelhante a um smartphone e é onde podem ser vistas as informações de coordenadas corrigidas e informações de qualidade de dados citadas anteriormente. A Figura 3 apresenta um exemplar de controladora para uso no método RTK:

FIGURA 3 – EXEMPLAR DE CONTROLADORA PARA USO NO MÉTODO RTK



FONTE: O autor

A precisão e as coordenadas são apresentadas na controladora, que deve se mover junto ao receptor rover, apresentando também informações da altitude elipsoidal, da quantidade de satélites captados na órbita e qualidade do sinal entre os dois receptores. Após a coleta dos dados é necessário baixar os dados para computador, não sendo requisitado o processamento destes através do uso de coordenadas RBMC ou pontos com coordenadas conhecidas.

## 5 FATORES QUE AFETAM A PRECISÃO NO LEVANTAMENTO GPS

Apesar da tecnologia GPS ser muito avançada diante dos ângulos e distâncias aplicados à taqueometria, ela também possui muitas restrições devido às condicionantes ambientais às quais a topografia pode estar submetida, portanto, sua aplicação nem sempre é viável e produtiva. Estes fatores que a levam à baixa produtividade ou até mesmo inaplicabilidade são os que levam muitos profissionais a empregar diversos equipamentos num só levantamento. Dentre as adversidades mais encontrada em campo, elencaremos algumas na sequência.

### 5.1 DISTRIBUIÇÃO DE SATÉLITES NA ÓRBITA EM RELAÇÃO AO POSICIONAMENTO EM SOLO

A distribuição dos satélites é um elemento crucial na qualidade das informações transmitidas pelos satélites. A boa distribuição espacial dos satélites resulta numa geometria melhor para os resultados de cálculos de precisão, fazendo com que o tempo de rastreio não necessite ser tão longo quanto nos casos

em que a distribuição não está homogênea.

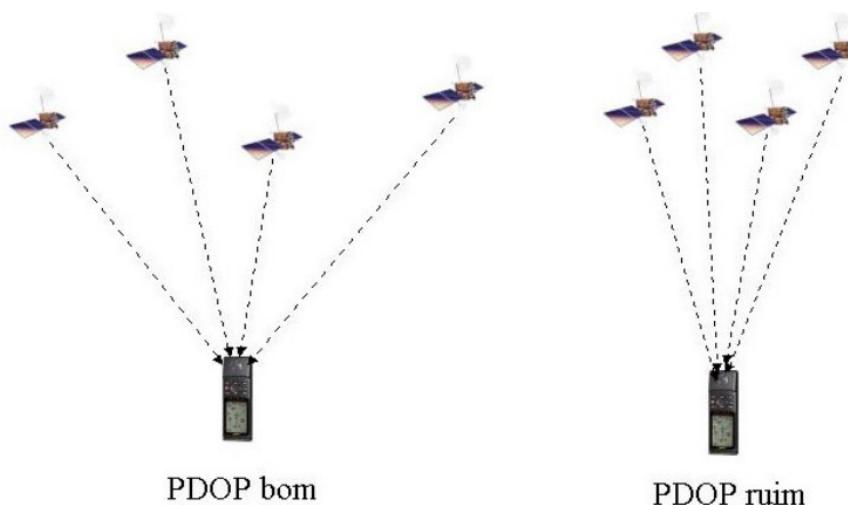
O sistema de satélites GPS consiste de 29 satélites que são distribuídos em seis órbitas ao redor do planeta. Eles circundam o planeta para poder encobrir toda sua área e transmitir os dados, porém algumas áreas ficam durante um período sem uma cobertura adequada destes satélites, gerando lacunas de cobertura. Realizar a captação de dados geográficos nestas lacunas de cobertura de dados GPS é um perigo para o técnico que faz o emprego dos equipamentos que utilizam este sistema, mas é possível reconhecer o posicionamento dos satélites nos equipamentos RTK.

Nos equipamentos que suportam o método RTK é possível visualizar a distribuição dos satélites na órbita através da controladora, que os apresenta numa interface similar a um software CAD, portanto é possível também identificar a necessidade de se manter mais tempo realizando a leitura de dados para obtenção de maior precisão e confiabilidade no dado recepcionado.

Para os equipamentos que não conseguem empregar o método RTK somente é possível identificar a quantidade de satélites que está sendo captada, não conseguindo reconhecer sua distribuição orbital, portanto, nestes equipamentos é sempre necessário ter cautela e se basear na quantidade de satélites e tempo de rastreio para obter uma boa precisão no dado obtido.

A sigla PDOP – Diluição de Posição de Precisão (*Position Dilution of Precision*) é utilizada para avaliar a distribuição dos satélites. De acordo com Souza (2005, p. 56), o PDOP é “ [...] definido como o inverso do volume de um tetraedro formado pelas posições do usuário e de 4 satélites. Quanto maior o volume do tetraedro, menor o fator PDOP e melhor a acurácia do posicionamento”. A figura a seguir demonstra como interpretar a informação que esta sigla representa:

FIGURA 4 – AVALIAÇÃO DE PDOP DE ACORDO COM DISTRIBUIÇÃO GEOMÉTRICA DOS SATÉLITES



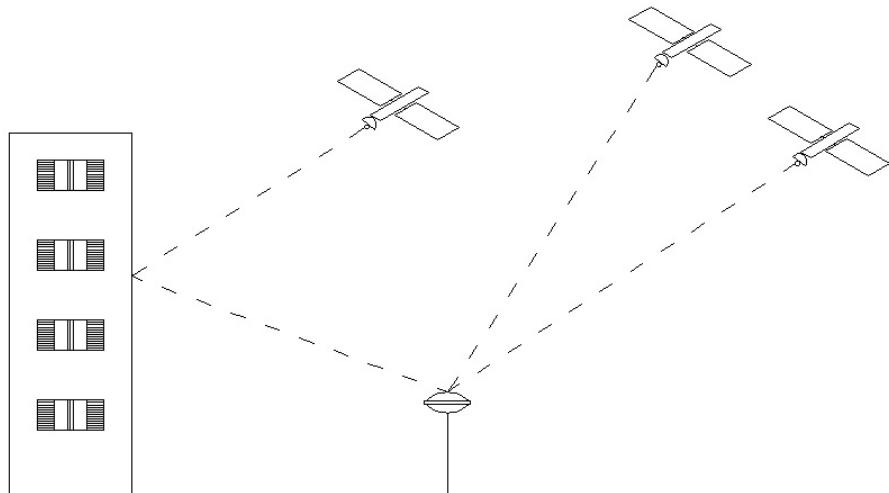
FONTE: Souza (2005, p. 57)

O valor de PDOP pode variar de 0 até 20, e quanto maior o valor, pior a distribuição espacial e, consequentemente, menor é a precisão do dado de posicionamento transmitido. Devido à quantidade de satélites GPS e Glonass existentes é difícil um PDOP chegar a ser igual a 20, entretanto, para os serviços de topografia que requisitam alta precisão posicional, é sempre aconselhável fornecer tempo suficiente para o equipamento captar uma grande quantidade de dados de satélite.

## 5.2 OBSTRUÇÕES FÍSICAS NAS PROXIMIDADES DO LEVANTAMENTO

As estruturas e elementos físicos presentes em campo no momento do levantamento de dados é também um componente a ser levado em consideração e que gera impactos na precisão do serviço. Os sinais captados pelos receptores devem ser enviados diretamente pelo satélite, caso contrário, ocorre uma reflexão destas informações nas paredes e superfícies antes deste dado chegar ao receptor, sendo denominado **multicaminhamento**. A figura que segue apresenta uma situação em que acontece essa reflexão do sinal do satélite para o receptor GNSS:

FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DE MULTICAMINHAMENTO



FONTE: O autor

O multicaminhamento pode ser muito problemático na aquisição de coordenadas em áreas urbanizadas, entretanto é possível reduzir este problema no processamento dos dados em escritório verificando o tempo de rastreamento dos satélites e excluindo os que não conseguem obter uma sequência de dados contínua e satisfatória.

Geralmente, quando existe uma grande quantidade de estruturas obstruindo o envio de dados do satélite para o equipamento, essa recepção fica “que-

brada”, sendo possível retirar estes dados do processamento, pois não agregam nada no objetivo de aumento de precisão.

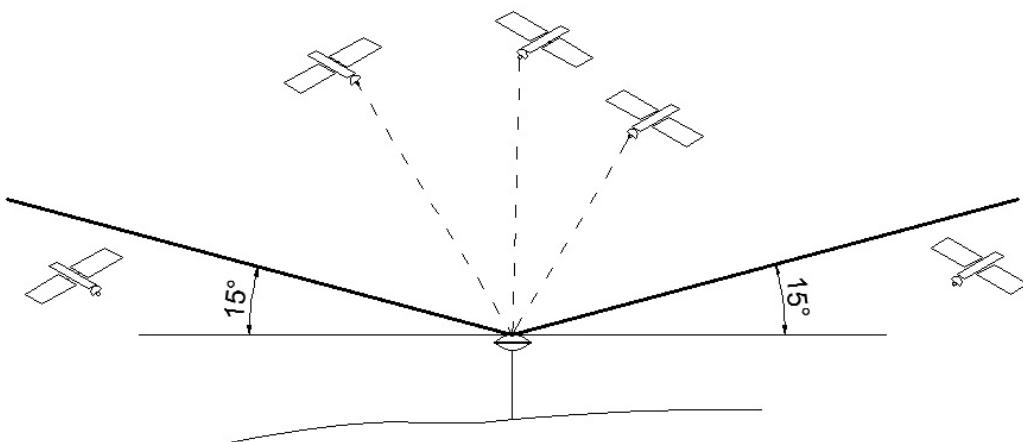
É perceptível a necessidade do uso de equipamentos GNSS nos levantamentos topográficos atualmente para a identificação espacial do mapeamento sobre o planeta, entretanto, não é possível ainda evitar o problema destes multicaminhamentos, portanto, é necessário ao máximo evitar sua ocorrência instalando o equipamento em locais de menor ocorrência destes problemas, como em esquinas e áreas afastadas de fachadas.

### 5.3 ÂNGULO DE MÁSCARA

O ângulo de máscara é um ângulo de elevação acima do horizonte, servindo para filtrar os satélites existentes na órbita para que os erros provenientes da atmosfera não sejam contabilizados, aumentando a precisão dos cálculos de latitude, longitude e altitude do local rastreado. Este valor angular pode ser ajustado de acordo com o equipamento utilizado, sendo muitas vezes uma saída para o técnico responsável em determinados locais onde existem muitas obstruções físicas na captação de sinal de satélite.

O valor de ângulo de máscara varia de acordo com o equipamento utilizado, mas geralmente sua configuração original de fábrica varia de 10 a 15 graus a partir do horizonte, sendo que a maioria destes equipamentos vem configurada com o padrão de 15 graus. A seguinte figura apresenta um esquema do que é o ângulo de máscara num equipamento GNSS:

FIGURA 6 – ÂNGULO DE MÁSCARA DE UM EQUIPAMENTO GNSS



FONTE: O autor

Esta figura demonstra o ângulo de 15° formado entre a horizontal e o limite da máscara aplicada ao aparelho GNSS. Os satélites que estão abaixo deste

limite não são contabilizados na captação de dados e, portanto, a alteração deste ângulo influencia na quantidade de satélites captados pelo equipamento. O uso de um ângulo de 30° restringe ainda mais a quantidade de satélites captados, entretanto, diminuir o ângulo de máscara e captar uma maior quantidade de satélites não é garantia de uma melhor qualidade posicional. Os sinais de GPS que estão em ângulos baixos em relação ao horizonte percorrem maiores trechos dentro da atmosfera, sendo afetados por elementos como a poluição atmosférica, outras ondas sonoras e a própria composição do ar, afetando assim sua qualidade e não agregando no processamento de dados.

Como já citado anteriormente neste tópico, é necessário que o técnico responsável pelo serviço de campo esteja ciente deste elemento e configuração do equipamento, pois em dias límpidos, sem nuvens e baixa umidade atmosférica, este ângulo pode ser diminuído para 10° ou até menos para a captação dos dados de satélite. Para outros dias e áreas com maiores interferências, este ângulo pode ser aumentado para que sejam captados sinais somente dos satélites que sofrem menores interferências.

## 6 REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO (RBMC)

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo é uma rede monitorada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Esta rede é composta por diversos equipamentos GNSS que realizam constantemente o rastreamento de coordenadas de diversos pontos sobre o território brasileiro, servindo de suporte para técnicos que desejam utilizar seus dados. De acordo com o órgão, o RBMC é o “Conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) de alto desempenho, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas (IBGE, 2017, s.p.).

Devido ao uso do método relativo no desenvolvimento de mapeamentos topográficos, o uso da rede RBMC é muito útil para processamento de dados. Na descrição das técnicas de levantamento com GNSS foi descrito que uma forma de distinguir métodos absolutos e relativos é a quantidade de equipamentos empregados no levantamento topográfico, entretanto, com o uso do RBMC é possível a realização do serviço de campo com apenas um equipamento e, posteriormente, o uso dos dados fornecidos pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo para processamento de dados. Mesmo com o uso dos dados fornecidos pelo IBGE se mantém a necessidade do uso de dois equipamentos, lembrando que o rastreio feito continuamente pelo IBGE é feito também por um equipamento GNSS.

O uso destes dados é permitido pelo órgão através de um cadastro que deve ser feito no site do próprio serviço. Existem diversas bases nas quais são realizadas as leituras contínuas de coordenadas, e para que o processamento de dados seja realizado da maneira mais adequada é indicado o uso de pelo menos duas estações, favorecendo a triangulação dos dados para refinamento da precisão. A figura a seguir apresenta a distribuição destas bases que compõem a RBMC:

FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DAS BASES QUE COMPÕEM A REDE RBMC PELO BRASIL



FONTE: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/rbmc/cartogramas/RBMC\\_2017.png](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rbmc/cartogramas/RBMC_2017.png)>. Acesso em: 30 dez. 2018.

Na rede existem bases que não estão mais ativas, mas que já compuseram, anteriormente, a rede. Não é possível a utilização dos seus dados para processamento de dados, entretanto, suas coordenadas com precisão estão disponibilizadas através de relatórios que podem ser encontrados no mesmo local de download dos dados brutos das bases disponíveis.

## 7 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto nada mais é que a utilização de sensores remotos para o desenvolvimento de atividades. No caso da topografia, o sensoriamento remoto é muito voltado para o mapeamento de grandes áreas através dos satélites e das imagens obtidas por meio do seu movimento orbital.

A utilização do sensoriamento remoto é muito vinculada às grandes áreas devido à resolução espacial das imagens obtidas. A resolução espacial é o tamanho do pixel dentro da imagem, que pode variar de centímetros até metros. No caso da maioria dos satélites, a resolução espacial é superior à unidade métrica, desta forma não é possível distinguir nada que seja menor que um metro. A resolução espacial de um metro é somente um exemplo que seria considerado de altíssima qualidade para satélites, pois muitos dados provenientes de imageamento de satélite possui resolução espacial acima de dez metros.

Apesar desta limitação relacionada à resolução espacial, as imagens de satélites são altamente utilizadas no mercado de trabalho, especialmente para administração e organização de grandes áreas com foco ambiental e até mesmo urbano. A grande vantagem do uso dos dados de sensoriamento remoto é a possibilidade de um acompanhamento periódico através das imagens que podem ser obtidas diária, semanal ou mensalmente, para acompanhamento de evolução de atividades, como por exemplo:

- desmatamentos;
- implantação de projetos rodoviários;
- criação de loteamentos de grande extensão;
- ocupação ilegal de encostas;
- vazamento de óleo ou contaminação de áreas protegidas ambientalmente;
- evolução de manchas urbanas etc.

Com a evolução tecnológica, a resolução espacial destes sensores remotos evoluiu e tende a evoluir ainda mais no futuro, facilitando o acompanhamento destes tipos de atividades citadas e outras também importantes para a sustentabilidade da sociedade.

### 7.1 SENsoRES ORBITAIS ATIVOS E PASSIVOS

Os sensores orbitais são equipamentos que orbitam ao redor da Terra. Os satélites que compõem a rede GPS, dos Estados Unidos, são sensores orbitais assim como os satélites Glonass, da Rússia. Os sensores, independentemente de serem orbitais ou estarem fixos em locais do planeta, podem ser divididos em ativos e passivos:

- **Sensores ativos:** são aqueles que emitem algum tipo de sinal ou energia para a leitura ou recepção de alguma resposta proveniente da superfície desejada.
- **Sensores passivos:** são sensores que dependem de um estímulo externo para a recepção de respostas.

Um satélite que dependa da claridade do sol sobre a superfície terrestre para captação de sua imagem, por exemplo, é classificado como um sensor orbital passivo, porque sem essa iluminação solar não existe maneira desta captação de imagem ocorrer. Já os sensores orbitais ativos são aqueles que emitem ondas que são refletidas pela superfície terrestre. Estes satélites existem numa menor quantidade e enviam ondas que são refletidas pela superfície terrestre, podendo ser utilizadas ondas com reflectância configurada para identificação de vegetação. Reflectância é a quantidade de ondas que retornam para o sensor, sendo assim, possível identificar o tipo de superfície de acordo com essa quantidade de ondas que retornam para o equipamento.

## 7.2 AEROFOTOGRAMETRIA

A aerofotogrametria é a obtenção de imagens da superfície terrestre para o desenvolvimento de mapeamentos. Antigamente este trabalho era desenvolvido através de balões, e com a evolução da tecnologia isso pode ser feito atualmente com aviões ou drones que podem cobrir grandes áreas e desenvolver mosaicos de imagens que recobrem toda a área de interesse.

Dentro da fotogrametria, atualmente, estão os levantamentos realizados com os drones que podem gerar superfícies tridimensionais graças à técnica da estereoscopia. A estereoscopia é um processo de sobreposição de imagens que fornece a “impressão” de um relevo existente na superfície mapeada, e devido a esta sobreposição é que os drones, aviões ou até mesmo balões conseguem desenvolver modelos matemáticos do terreno fotografado.

A estereoscopia é uma antiga técnica utilizada nos mapeamentos, entretanto, só na última década seu potencial foi elevado através do uso das tecnologias informacionais que automatizaram análises e geração de produtos voltados à topografia. Os resultados anteriormente obtidos através de câmeras com menor resolução espacial e também limitações técnicas não conseguiam descrever os detalhes do relevo, entretanto, atualmente com o uso de softwares especializados e equipamentos que fotografam com maior proximidade do solo, os resultados são de altíssima qualidade e a quantidade de pontos obtida é muito mais produtiva se comparada a uma topografia convencional com o uso de estação total.

A aerofotogrametria com uso de veículos aéreos tripulados tende a ter um custo muito alto, por isso está sendo gradativamente substituída por outros equipamentos já citados anteriormente, como drones e equipamentos GNSS com tecnologia RTK.

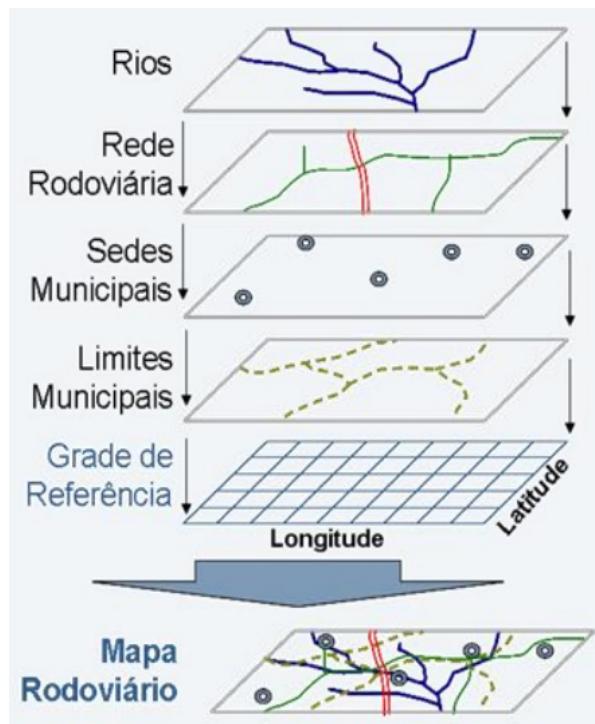
## 8 GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento é uma ferramenta capaz de se integrar à topografia, pois uma de suas finalidades também é a representação espacial. Através do geoprocessamento, outras informações são capazes de ser obtidas através de análises espaciais e dados vinculados às geometrias, por isso é uma ferramenta de grande capacidade gerencial para as esferas públicas e privadas.

Não existe um consenso na definição do termo geoprocessamento. Alguns autores associam o termo ao uso de tecnologias, mas o fato é que a base de dados pode também ser feita de maneira não eletrônica, como muitas prefeituras organizavam o espaço territorial antigamente (algumas, até hoje). Era muito comum encontrar prefeituras que faziam o controle da área sob sua jurisdição através de cadernos e croquis, tornando isso uma base de dados na qual é possível realizar análises espaciais e obter dados alfanuméricos, como nome do proprietário, matrícula do lote e área.

O emprego do geoprocessamento é muito vinculado à representação do espaço. Para que esta representação ocorra é necessária a utilização de camadas (também chamadas de *layers*) que são sobrepostas para completa representação espacial. A figura a seguir demonstra algumas camadas que se sobrepõem para a formação de um mapa rodoviário:

FIGURA 8 – CONJUNTO DE LAYERS REPRESENTANDO ELEMENTOS GEOGRÁFICOS



FONTE: BID (2013, p. 12)

A Figura 8 sobrepõe elementos que possuem relacionamento com a temática rodoviária e complementam a compreensão do usuário na utilização do mapa rodoviário. Além da malha rodoviária representada, também são empregados os rios, sedes municipais, limites municipais e a grade de coordenadas geográficas para que o usuário do mapa consiga identificar quais são os locais de origem e destino e também a possível necessidade de transposição de pontos no trecho a ser percorrido. No geoprocessamento, cada uma destas camadas é representada por um conjunto de arquivos que relacionam a geometria com o descriptivo existente sobre ela.

O geoprocessamento é uma ferramenta que necessita muito controle organizacional e documental do que necessariamente uma ferramenta específica computacional, dessa maneira, também requisita a manipulação dos dados por pessoas experientes que consigam entender a totalidade dos processos e informações manipuladas. Os próximos tópicos irão abordar características do geoprocessamento.

## 8.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAD)

O geoprocessamento é uma ferramenta transdisciplinar, pois pode permitir através do conhecimento em diversas áreas do conhecimento. Assim como na topografia, o geoprocessamento pode representar tudo que estiver presente no espaço, portanto, é uma ferramenta que consegue representar elementos da área da engenharia civil, ambiental, mecânica, elétrica, arquitetura e diversas áreas que possuam como produto a criação de algum elemento presente no espaço geográfico. Além desta capacidade, o geoprocessamento também consegue realizar vínculos das geometrias com informações textuais e isso o torna uma ferramenta única para relacionamento e análises espaciais.

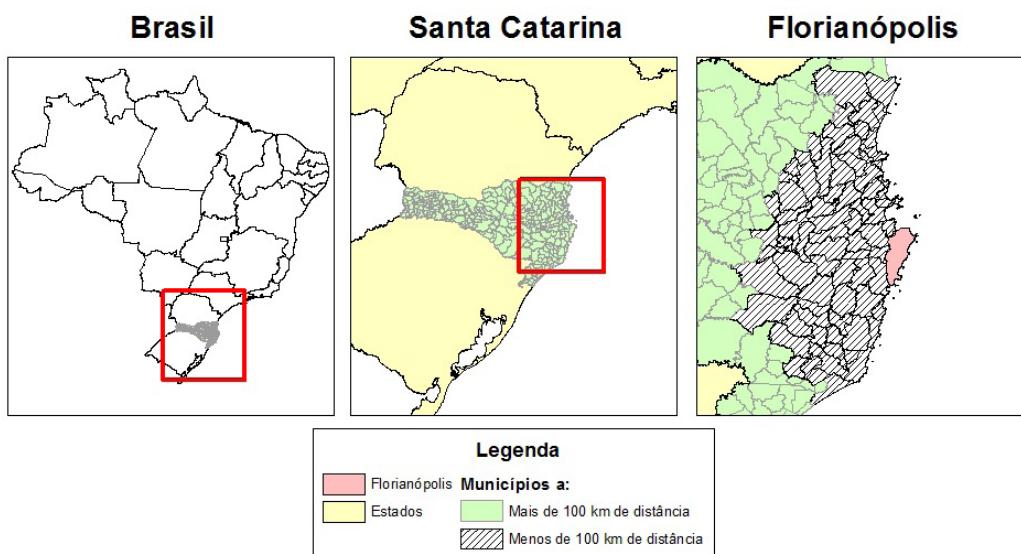
A topografia utiliza-se de ferramentas de desenho técnico para a representação dos elementos obtidos em campo, geralmente softwares de Desenho Assistido por Computador (CAD), mas também é possível utilizar atualmente os softwares GIS para esta representação topográfica. A diferença é que na representação de uma geometria em softwares CAD não existe nada atrelando às feições a atributos textuais, já para os softwares de geoprocessamento estes atributos estão vinculados às geometrias, permitindo o relacionamento espacial entre elas de acordo com suas características descritivas. Estas características descritivas também são chamadas de “atributos alfanuméricos” e podem descrever vários elementos de maneira numérica ou textual.

O geoprocessamento está atualmente muito vinculado aos softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e nele a diferença entre o típico

software de desenho técnico é muito grande no quesito de desenvolvimento de layouts. A legenda nos softwares CAD é feita em geral manualmente, enquanto nos softwares SIG isso é automatizado, podendo também ser inseridos outros elementos cartográficos de maneira simples.

Os softwares SIG conseguem realizar análises espaciais de maneira espacial e alfanumérica, como demonstrado a seguir. Análise espacial utiliza a geometria dos elementos para a seleção de feições que se relacionem. A figura que segue mostra um exemplo de seleção espacial feita com base em uma geometria:

FIGURA 9 – SELEÇÃO ESPACIAL UTILIZANDO FLORIANÓPOLIS COMO BASE PARA IDENTIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS A 100 KM DELA

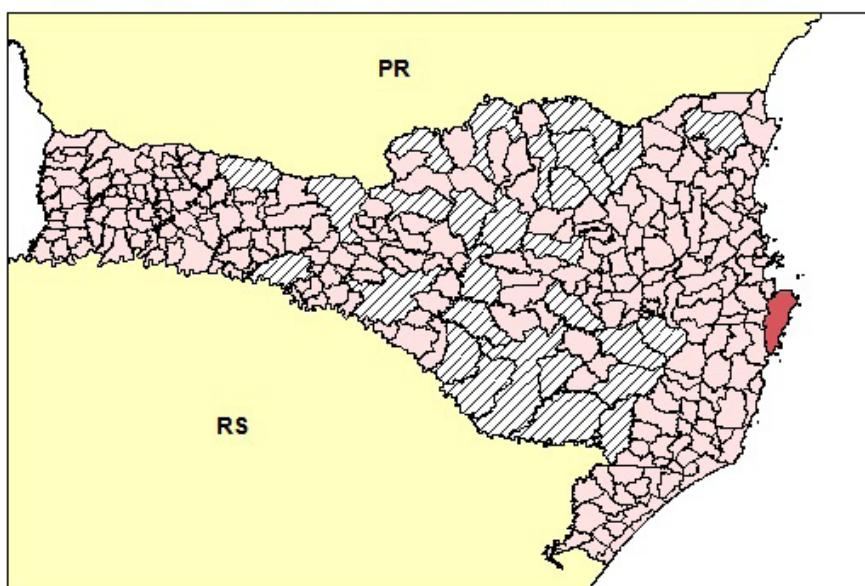


FONTE: O autor

Na Figura 9 foi utilizado como base da seleção espacial o município de Florianópolis, e através desta ferramenta foi possível identificar 78 municípios que estão a até 100 km de distância dos limites territoriais do elemento-base. Este é um exemplo de seleção espacial utilizando a ferramenta de interseção, mas existem outras que serão abordadas adiante.

Outro tipo de seleção espacial é baseado em seus atributos alfanuméricos. A seleção através de atributos utiliza informações que caracterizam as feições. Através das mesmas figuras empregadas anteriormente serão realizadas seleções de feições baseadas nas áreas dos municípios do estado de Santa Catarina, como você pode observar a seguir:

FIGURA 10 – SELEÇÃO ESPACIAL ATRAVÉS DE ATRIBUTOS ALFANUMÉRICOS

**Municípios maiores e menores que Florianópolis****Legenda**

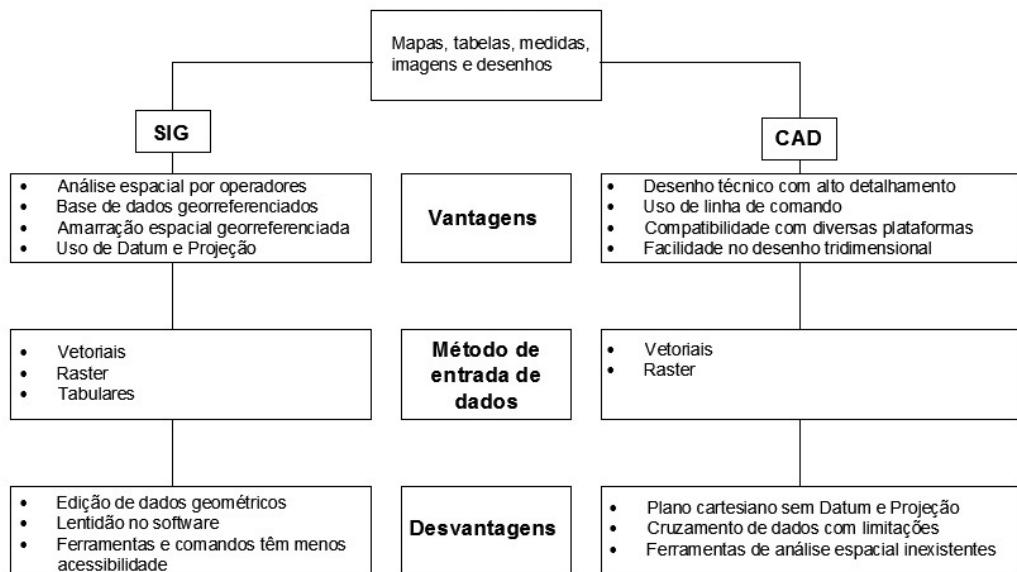
<span style="background-color: #c0392b; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Florianópolis
<span style="background-color: #ffffcc; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Estados
<span style="background-color: #f0e6e6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Menor que Florianópolis
<span style="background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Maior que Florianópolis

FONTE: O autor

A Figura 10 demonstra os municípios selecionados por serem de maior tamanho em relação a Florianópolis. Os municípios selecionados são os hachurados e totalizam 28. Para visualizar os nomes de municípios e demais características alfanuméricas é necessário o acesso à tabela de atributos. Para a seleção espacial ser aplicada existem operadores espaciais, que serão abordados no item adiante.

Como foi apresentado, os softwares SIG que fazem uso do geoprocessamento são muito interessantes para a realização automatizada de análises espaciais, entretanto, geralmente não são bons softwares para desenho técnico, sendo difícil a representação de ângulos, distâncias, cotas, cortes e outros elementos fundamentais no desenho técnico. Para isso são utilizados os softwares CAD, que possuem funções específicas para isso, sendo também mais ágil no desenvolvimento destes elementos técnicos. A distinção entre estes dois sistemas pode ser sintetizada da seguinte maneira:

FIGURA 11 – DIFERENÇAS ENTRE SIG E CAD



FONTE: O autor

A utilização do SIG, no mercado de trabalho, é muito vinculada a uma representação macroespacial sem grandes detalhamentos técnicos, entretanto, os dados utilizados em softwares CAD podem ser empregados para representação espacial no SIG após uma filtragem das informações representadas, compondo assim parte do banco de dados georreferenciados.

Apesar dos softwares CAD utilizarem o plano cartesiano como base para os projetos, estes podem ser compatibilizados com a plataforma SIG se esta estiver configurada para uso das coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) que também utiliza o sistema de medidas métricas para representação espacial.

Os usos de ambos os sistemas podem ser aparentemente distintos, entretanto, é uma tendência na esfera pública a compatibilização destes dados, tendo em vista a quantidade de projetos enviados para aprovação em formatos CAD, que precisam compor a base de dados georreferenciados empregada na organização espacial municipal, estadual e até mesmo federal.

## 8.2 FERRAMENTAS DO GEOPROCESSAMENTO

Como citado no item anterior, existem operadores que podem ser empregados para a realização da análise espacial em softwares SIG. Estes operadores podem soar complicados inicialmente, mas são facilmente interpretados quando empregados através dos elementos espaciais representados através de linhas, pontos e polígonos. Estes operadores podem ser espaciais ou matemáticos. Os operadores espaciais são os seguintes:

- Adição: adiciona geometrias a um elemento já existente.
- Subtração: subtrai geometria a partir de uma sobreposição de elementos.
- Interseção: seleciona elementos ou identifica áreas de interseção entre diferentes geometrias.

Para os operadores matemáticos são necessários dados povoando os campos alfanuméricos que descrevem as geometrias. Os operadores matemáticos para seleção espacial e os exemplos são dados a seguir:

- Maior: seleciona feições com valores maiores do que o indicado. Exemplo: selecionar municípios com área maior que 500 hectares.
- Maior ou igual: seleciona feições com valores maiores ou iguais às indicadas. Exemplo: selecionar terrenos com áreas maiores ou iguais a 500 m<sup>2</sup>.
- Menor: seleciona feições menores que o valor de referência empregado. Exemplo: seleciona lotes com metragem menor que o valor indicado.
- Menor ou igual: seleciona feições menores ou iguais ao valor de referência. Exemplo: seleciona lotes com altitude menor ou igual a 200 metros.
- Igual: seleciona feições com valores exatamente iguais à indicada. Exemplo: seleciona lotes com quatro vértices limitantes.
- Diferente: seleciona feições com valores diferentes do indicado. Exemplo: seleciona lotes com situação diferente de “Regularizado”, podendo assim selecionar diversos outros lotes que podem estar regularizados ou com outra classificação na base de dados.

Estes exemplos apresentados somente são possíveis pelo fato de existirem os dados empregados em seus atributos alfanuméricos. Caso a informação de metragem de lote não exista, por exemplo, não é possível realizar a seleção de objetos que possuam áreas maiores ou menores que os valores de referência empregados pelo técnico responsável.

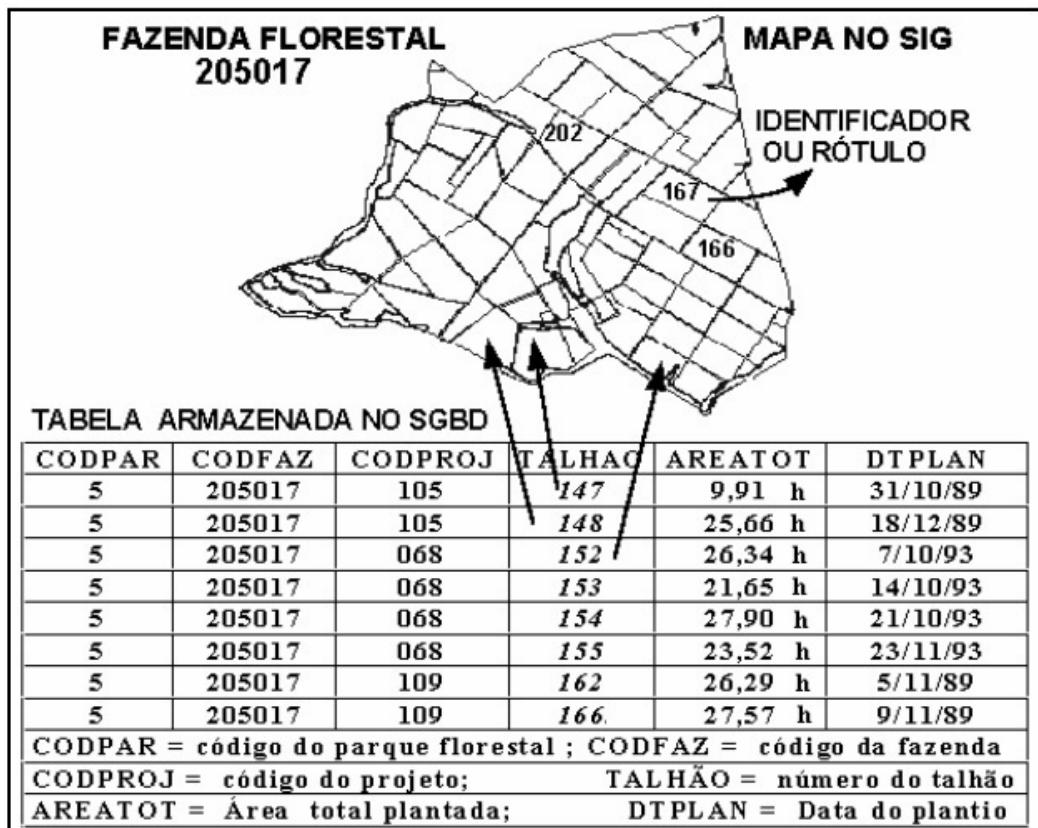
Os dados alfanuméricos geralmente são armazenados no arquivo através de maneira tabular, portanto, gerando linhas e colunas que podem ser vinculadas à geometria posicionada no espaço. Este vínculo é feito por meio de uma coluna de identificação da feição à tabela, podendo ser chamada por diversos nomes, como “CódigoID”, “ObjectID”, “id” etc.

## 8.2.1 Atributos alfanuméricos

Os atributos alfanuméricos são aqueles que fornecem uma caracterização descritiva da geometria presente no espaço. Estes atributos alfanuméricos são armazenados na base de dados de maneira tabular, e assim como numa planilha, possui linhas e colunas que são interpretadas para a aquisição de informações.

Para que esta geometria seja devidamente caracterizada na base de dados é necessário que exista um vínculo entre ela e a linha que a descreve no arquivo tabular. A figura que segue apresenta um exemplo de como é realizada essa vinculação:

FIGURA 12 – VINCULAÇÃO GEOMÉTRICA E ALFANUMÉRICA



FONTE: Adaptado de Câmara et al. (2002)

Na Figura 12, o quadro demonstrado armazena as informações alfanuméricas dos elementos geométricos apresentados no layout. Neste exemplo, a coluna denominada “TALHAO” é a que representa o código identificador da feição, sendo possível assim a realização do vínculo da geometria com sua respectiva descrição. O item de número 166 possui área total plantada (coluna AREATOT) de 27,57 hectares, com data de plantio em 09/11/1989, possui código de projeto de número 109 e código da fazenda de 205017. Além destas informações poderiam existir várias outras, descrevendo o local. Os nomes das colunas também poderiam ser variáveis para a mesma temática, pois quem desenvolve este banco de dados é quem regula as nomenclaturas empregadas.

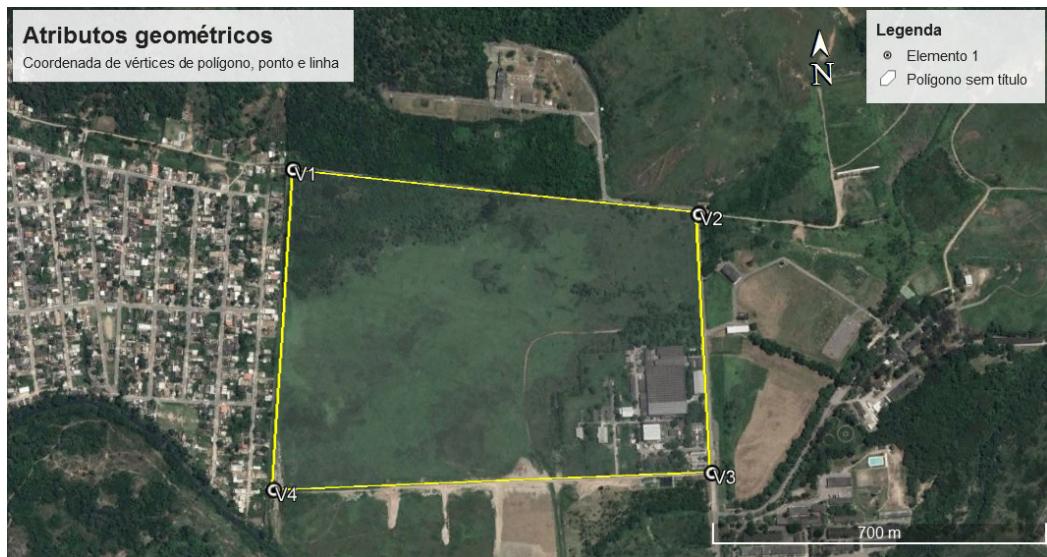
Estes atributos alfanuméricos são o grande diferencial entre os projetos gerados em softwares CAD e os desenvolvidos em softwares SIG. Através do armazenamento destas informações alfanuméricas é possível identificar relacionamentos espaciais mais claras e de maneira automatizada, devido aos recursos existentes no geoprocessamento.

## 8.2.2 Atributos geométricos

Os atributos geométricos são basicamente a descrição da geometria que a área, linha ou ponto possui. Estas informações geralmente possuem descrições de coordenadas, mas também dos seus comprimentos de alinhamentos e os azimutes, como já foi abordado na Unidade 2. Estes atributos geométricos podem ser somente um descriptivo de uma área, mas também podem ser feitos conforme normas técnicas ou padrões existentes para o desenvolvimento de obras de uma empresa privada ou pública, portanto, sua geometria é o próprio atributo geométrico existente da feição.

Uma sequência de pontos pode ser a descrição para a formação de um polígono ou uma linha, descrevendo a totalidade da área através de suas coordenadas. Outro atributo de uma geometria pode ser a quantidade de vértices ou sua geometria formar triângulos, retângulos, pentágonos ou outras formas popularmente conhecidas. A figura seguinte exemplifica o explicado através de um polígono sobreposto a uma imagem de satélite:

FIGURA 13 – ATRIBUTOS GEOMÉTRICOS DE UMA FEIÇÃO COMPOSTA POR PONTOS E LINHAS FORMANDO UM POLÍGONO



FONTE: O autor

Na figura, o atributo geométrico da feição representada pelo polígono é ser composta por quatro vértices, possuindo 2.981 m de perímetro e 534 m<sup>2</sup>. Também poderiam ser acrescentados dados geométricos, como altitude de cada vértice em relação ao nível do mar, e distâncias entre vértices.

## 9 RELACIONAMENTO ESPACIAL

O relacionamento espacial é diferente de uma seleção espacial. A seleção espacial de feições pode ser feita através da sua geometria ou de sua tabela de atributos, mas a sua relação espacial é feita somente por meio da sua geometria em comparação às outras feições existentes no terreno.

O relacionamento espacial pode indicar informações baseadas na distribuição no espaço, revelando dados não perceptíveis quando analisadas informações de maneira individualizada. Um exemplo disso é a distribuição de doenças e a abrangência da atuação desta num determinado município ou até mesmo estado. A distribuição da doença pode ser relacionada a elementos representados no espaço, como a distribuição d'água, falta de saneamento básico, infestação de pragas e outros elementos que influenciem direta ou indiretamente na população.

O exemplo do relacionamento espacial aplicado ao campo da saúde é somente um de vários que podem ser efetuados para identificação de problemas, por isso o geoprocessamento está sendo uma ferramenta cada vez mais utilizada na gestão pública, visando ao ordenamento espacial e transparência fiscal dos tributos que são baseados em áreas dos lotes.

O relacionamento espacial para a administração pública é ainda mais interessante pelo fato da grande quantidade de elementos de infraestrutura, sob a autarquia do estado, que requisita manutenção e identificação de áreas de atuação, como postos de saúde, escolas e segurança pública, tornando assim o geoprocessamento também uma grande ferramenta de gerenciamento e planejamento futuro.

## 10 POTENCIALIDADES DO GEOPROCESSAMENTO

O emprego do geoprocessamento pode ser feito em diversas escalas, desde a topografia até o gerenciamento estadual e nacional. Como já citado, o uso da ferramenta para organização espacial é muito grande, especialmente pela capacidade de armazenamento alfanumérico relacionado às geometrias existentes no espaço, entretanto, seu uso está relacionado a temáticas de arquitetura, engenharia ambiental, geografia e até mesmo história e áreas biológicas.

A identificação de áreas de proteção permanente (APP) ou com restrições ambientais pode ser realizada através de topografia convencional e armazenada em banco de dados para representação em softwares SIG contendo informações sobre fauna, flora e as restrições existentes no quesito de ocupação.

Para a arquitetura, já foi citada a organização espacial na qual o urbanismo está inserido, entretanto, também é possível trabalhar com o geoprocessamento numa escala mais aproximada, retratando as estruturas e relacionando-as a elementos paisagísticos de interesse próximos à área trabalhada, agregando valores aos serviços executados.

O geoprocessamento também é capaz de realizar retratos históricos de áreas, caracterizando-as de acordo com períodos facultados pelo técnico responsável. Um exemplo disso pode ser a retratação da quantidade de igrejas existentes em Ouro Preto (Minas Gerais), no ano de 1995 e em 2018. Esta representação espacial pode ser realizada em diversos anos, demonstrando assim a evolução histórica da área.

Para a área das biológicas já foi citada a questão de análises da saúde, entretanto, pode ser empregado o geoprocessamento também na representação espacial da distribuição de espécimes da fauna e flora, com a intenção de identificar áreas que devem ser preservadas, reflorestadas ou melhoradas devido a deficiências do solo.

A versatilidade da representação espacial aliada ao descritivo alfanumérico existente no geoprocessamento faz com que praticamente qualquer elemento possa ser representado e relacionado, sendo importante identificar a escala de análise que será realizado o relacionamento espacial entre as feições.

## 11 LIMITAÇÕES DO GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento é uma ferramenta muito mais empregada no sentido de organização espacial e suas análises do que descritivo de projetos e implantações de obras. O emprego do geoprocessamento para realização de estudos é muito plausível, entretanto, dificilmente será empregado no desenvolvimento de pranchas de projetos executivos, portanto, a empregabilidade do geoprocessamento varia muito de acordo com o nível de detalhamento do projeto.

As ferramentas existentes num software CAD são muito mais dinâmicas e destinadas ao desenho técnico, servindo adequadamente para a representação de elementos num alto nível de aproximação e detalhamento. Já os softwares SIG não possuem a quantidade de ferramentas para edição de desenho que é requisitada para várias etapas da engenharia civil e arquitetura.

Como citado anteriormente, nos softwares SIG cada temática é representada através de uma camada (ou *layer*) que é composta por um conjunto de arquivos, por exemplo, uma camada de rodovias não é composta somente por um arquivo, mas por no mínimo três:

- um arquivo descrevendo a projeção na qual o dado está representado;
- um arquivo contendo a geometria deste dado;
- um arquivo contendo os atributos e seus relacionamentos com a geometria.

Nos softwares SIG, o projeto é o arquivo que relaciona todas as camadas de acordo com a configuração do técnico responsável, mas este arquivo de projeto não armazena no seu interior as camadas utilizadas. Caso seja requisitado o envio do arquivo do projeto para outra pessoa, isso deve ser realizado junto às camadas empregadas no projeto para que estas sejam configuradas novamente pelo técnico que requisitou o arquivo.

O fato de muitos profissionais de engenharia estarem pouco habituados com a utilização de softwares SIG faz com que esta troca de informações do geoprocessamento seja trabalhosa, sendo muito mais requisitados os dados provenientes de softwares CAD nos quais o arquivo de projeto e os *layers* são parte de somente um arquivo, facilitando seu uso.

Outra limitação do uso do geoprocessamento nas engenharias é a dificuldade da visualização de três dimensões. Esta visualização é possível, mas não é uma ferramenta de fácil empregabilidade na interface dos softwares SIG quando comparados com os softwares CAD, fazendo com que muitos técnicos e engenheiros da área de Topografia desconheçam ou não façam uso das ferramentas de geoprocessamento.

As limitações e potencialidades dos softwares de geoprocessamento em comparação aos softwares CAD são inúmeras, mas em várias atividades estes são complementares e agregam qualidade aos projetos desenvolvidos. Seus usos podem ser distintos e mais fáceis de acordo com a habilidade do técnico responsável e a tendência do mercado de trabalho é a união de diversas áreas do conhecimento para o desenvolvimento de projetos de infraestrutura urbana, portanto, é importante o profissional conhecer e se aprofundar nos conhecimentos aplicados aos relacionamentos espaciais.

## 12 GEOPROCESSAMENTO E TOPOGRAFIA

A função da topografia e do Geoprocessamento é muito semelhante quando observada a caracterização espacial. Na topografia a caracterização espacial é feita através do descritivo da área em sua forma geométrica empregando ângulos e distâncias e a caracterização descritiva da área é feita através de memorial descritivo, relatório técnico e dos elementos contidos no selo da planta topográfica.

No geoprocessamento a caracterização geométrica não é feita através dos ângulos e distâncias que podem vir a descrever a área, mas através das coordenadas geográficas existentes para cada vértice. A caracterização descritiva das áreas é feita através da tabela de atributos que pode conter todas as informações que irão realizar a exposição de informações da área como:

- Área.
- Perímetro.
- Proprietário.
- Matrícula.
- Confrontantes.
- Numeração do lote.
- Comarca.

A relação de tópicos acima descreve a área tanto nos levantamentos topográficos quanto na base de dados empregada num geoprocessamento. Percebe-se que, nos últimos anos, prefeituras vêm empregando ferramentas de Geoprocessamento para disponibilizar online a disposição de lotes e áreas mapeadas, entretanto, a delimitação destes lotes não emprega dados topográficos captados em campo, e sim, imagem de satélite. Essa técnica de delimitação de áreas por sensores remotos pode conter erros que, muitas vezes, induzem a obtenção de dados que não representam a realidade.

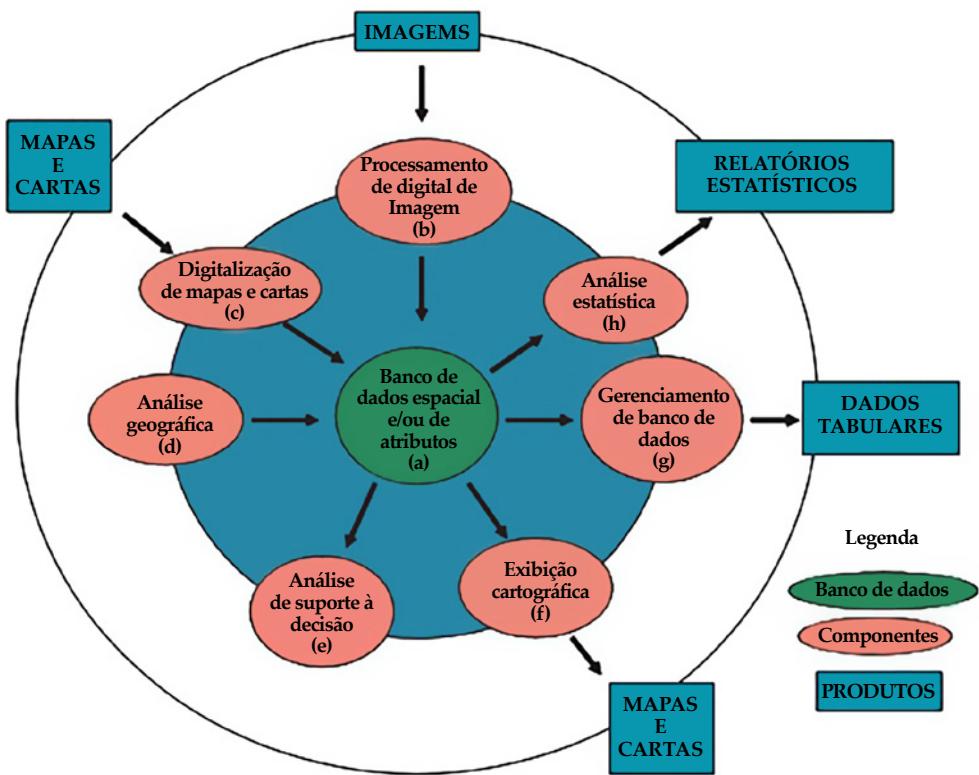
O relacionamento entre os dados geoespaciais é importante para que a realidade seja bem representada, portanto, o emprego de dados topográficos confiáveis na montagem de uma base de dados de geoprocessamento possui significativa importância para a realização de planejamento e cadastro municipal.



### COMPONENTES DE UM SIG

Emília Hamada  
Renata Ribeiro do Valle Gonçalves

Embora se pense no SIG como um elemento único de “software”, ele possui, de fato, como característica a composição de uma variedade de diferentes componentes (EASTMAN, 1997). Na Fig. 2 estão apresentados elementos que geralmente compõem um SIG. Nem todos os SIG’s apresentam todos esses elementos, porém os elementos básicos deverão estar presentes para que seja considerado um SIG.



O sistema central do SIG é o banco de dados (a), que é uma coleção de mapas e informações associadas no formato digital. Ao redor do banco de dados encontra-se uma série de componentes de "softwares".

O sistema de processamento de imagem (b) permite a análise de imagens de sensoriamento remoto, de radar e de fotografia aérea, por exemplo.

O sistema de digitalização de mapas (c) permite a entrada de dados de mapas em papel e transformação dessas informações no formato digital.

O sistema de análise geográfica (d) proporciona a análise de dados ou atributos baseados em suas características espaciais. Por exemplo, para calcular a distância entre duas cidades e a área ocupada no município por uma cultura agrícola.

O sistema de suporte à decisão (e) é uma das mais importantes funções de um SIG e possibilita utilizar ferramentas matemáticas e estatísticas especialmente desenvolvidas para este fim.

O sistema de exibição ou visualização cartográfica (f) permite selecionar os elementos do banco de dados e produzir um mapa na tela/monitor do computador ou a saída para uma impressora ou "plotter".

O termo Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), normalmente, faz referência a um tipo de "software" que é utilizado para a entrada, gerenciamento e análise de dados de atributos. Um SIG incorpora, além disso, uma variedade de opções para o gerenciamento de banco de dados (g), composto de componentes espaciais e de atributos de dados geográficos armazenados.

O sistema de análise estatística (h) apresenta uma série de rotinas para a descrição estatística de dados espaciais.

Os SIG hoje disponíveis podem ser divididos em dois grandes rumos: os comerciais e os acadêmicos, sendo os sistemas comerciais são mais indicados para uso e aplicação em grandes projetos, que manipulam grande quantidade de informação e são, em grande proporção, mais caros que os sistemas acadêmicos (MIRANDA, 2005).

FONTE: HAMADA, Emilia; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle. **Introdução ao Geoprocessamento:** princípios básicos e aplicação. Jaguariúna: Embrapa, 2007. 52 p.

# RESUMO DO TÓPICO 1

**Neste tópico, você aprendeu que:**

- As técnicas de levantamento com equipamentos GNSS necessitam ser avaliadas antes de iniciar um trabalho.
- As diferentes técnicas de levantamento GNSS requisitam equipamentos diferentes.
- Existem elementos que influenciam na qualidade do sinal do equipamento GNSS, afetando sua acurácia.
- O sensoriamento remoto pode ser utilizado para complementar análises topográficas.
- O geoprocessamento é capaz de agregar base de dados e análises espaciais, sendo um forte aliado para trabalhos de grandes dimensões.



1 Um serviço de topografia foi contratado por um arquiteto que precisa mapear uma extensa área rural arborizada de 100.000,00 m<sup>2</sup> (10 hectares) com a intenção de implantar um parque aquático, entretanto, para isso é necessário identificar diversos riachos existentes dentro da propriedade, além de realizar a demarcação dos limites da área. O prazo solicitado pelo cliente para a realização do serviço de campo, processamento de dados e entrega de planta, memorial e ART é de 10 dias. Portanto, para realizar esta atividade, o equipamento e o método mais adequados são:

- a) ( ) Equipamento GNSS e o método estático de levantamento.
- b) ( ) Equipamento GNSS com a tecnologia RTK, pois a produtividade é compatível com o curto prazo de execução e a recepção de sinal e qualidade da precisão dos pontos pode ser atestado em tempo real através da controladora.
- c) ( ) Drone com uso de aerofotogrametria.
- d) ( ) Estação total e uso de poligonal fechada.
- e) ( ) Equipamento GNSS e método semicinemático.

2 A prefeitura de uma cidade do leste do Paraná deseja mapear toda a cidade para montar uma base de dados que contenha informações dos proprietários dos lotes existentes dentro da área central do município, exclusivamente na área urbanizada. O objetivo da prefeitura é que esta base de dados possa agregar informações qualitativas (como IPTU, proprietário, finalidade, CEP etc.) às geometrias que irão compor o espaço mapeado. Portanto, o melhor resultado deste mapeamento é:

- a) ( ) Um arquivo de software CAD em que todos os lotes da cidade estarão representados através de polígonos e as informações constarão em tabela que estará demonstrada junto à planta dos bairros da cidade.
- b) ( ) Um arquivo de softwares de geoprocessamento, relacionando as áreas mapeadas e lotes com seus valores alfanuméricos, contendo informações de metragem das glebas e proprietários com suas respectivas informações descritivas.
- c) ( ) Arquivos em formato de tabela, relacionando o endereço da propriedade (rua, número e bairro) com o nome do proprietário e descritivo existente do terreno.
- d) ( ) Mapa em formato PDF e impresso para que seja possível realizar a consulta analógica junto a outros técnicos e indivíduos interessados no tema.
- e) ( ) Uma maquete de isopor desenvolvida em escala 1:200 representando todo o centro da cidade, junto a um painel demonstrando a numeração dos lotes, sendo necessária uma tabela de dados descritivos sobre eles.

## NORMATIZAÇÕES

### 1 INTRODUÇÃO

As normatizações ocorrem em todo tipo de serviço e servem tanto para o cliente quanto para quem está executando o serviço, conferindo confiabilidade para a atividade que está sendo desenvolvida e dando respaldo técnico para futuros problemas que possam ocorrer.

Outro benefício da normatização dos serviços topográficos é a abordagem de diversos itens da topografia, que são conhecidos somente por técnicos da área, restringindo a atuação para pessoas leigas no assunto que desejam atuar sem o devido conhecimento.

O advento da tecnologia veio trazer facilidade para o mapeamento da superfície terrestre, especialmente com softwares simples para utilização como o Google Earth ou até mesmo o Google Maps, mas eles não são suficientes para o atendimento das normas técnicas requisitadas no serviço topográfico, muito menos capazes de emitir relatórios de precisão ou de serviço de campo, portanto, o aprofundamento do conhecimento técnico e utilização das normas distingue o profissional da área topográfica dos “aventureiros” que podem simplificar exageradamente os resultados alcançados.

Na sequência são apresentadas as principais normas utilizadas pela Topografia.

### 2 NBR 13.133 – EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A norma NBR 13.133 é, sem dúvida, a principal norma para execução de levantamento topográfico. A norma é de 1994 e elenca tipos de trabalhos e níveis de precisão a serem atingidos de acordo com estes trabalhos. Por ser uma norma relativamente antiga, não engloba tecnologias como o RTK e nem levantamentos com drones, portanto, é uma norma empregada para os levantamentos topográficos que empregam estações totais.

Na norma são apresentados conceitos relativos ao levantamento topográfico e à aparelhagem necessária e empregada nos levantamentos. Os equipamentos são classificados de acordo com precisão alcançada, sendo classificados

teodolitos, níveis e as estações totais. A classificação das estações totais é apresentada no quadro a seguir:

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES TOTAIS DE ACORDO COM A PRECISÃO ANGULAR E LINEAR

Classes de estações totais	Desvio padrão	
	Precisão angular	Precisão linear
1 - Precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5 \text{ mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - Precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - Precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

FONTE: Adaptado de ABNT (1994, p. 7)

Os valores de distância linear são interpretados como um valor de, por exemplo, 5 mm de erro inicial (que não irá variar porque é inerente ao equipamento) e mais dez partes por milhão vezes a distância. Para interpretar estas “partes por milhão”, é necessário saber que dentro de 1 quilômetro existe um milhão de milímetros, portanto:

- no equipamento de classe 1 existe um erro inicial de 5 mm e mais 10 mm por km medido;
- no equipamento de classe 2 existe um erro inicial de 5 mm e mais 5 mm por km medido;
- no equipamento de classe 3 existe um erro inicial de 3 mm e mais 3 mm por km medido.

De acordo com esta interpretação linear é possível perceber um aumento na qualidade das leituras dos equipamentos de classe 1 para a classe 3, portanto, trabalhos topográficos nos quais serão realizadas visadas de grandes distâncias, são aconselhados para que usem equipamentos com alta precisão angular e linear devido às diferenças de resultados, especialmente em poligonais.

Estas precisões apresentadas no Quadro 1 podem ser encontradas no manual do fabricante dos equipamentos alugados ou comprados para execução dos serviços topográficos. Outra informação importante que consta nesta norma é a classificação das poligonais empregadas de acordo com o seu tamanho, como pode ser verificado a seguir:

FIGURA 14 – CLASSIFICAÇÃO DE POLIGONAL DE ACORDO COM SUAS CARACTERÍSTICAS

Classe	Medição		Desenvolvimento			Materialização	
			Extensão	Lado			
	Angular	Linear	Máxima (L)	Mínimo (Dmin)	Médio (Dmed)		
IP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas direta e inversa. horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciómetro eletrônico classe 2. Correção de temperatura e pressão.	50 km	1 km	? 1,5km	11	Marcos ou pinos de concreto
IIP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas direta e inversa. horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras reciprocas (vante e ré) com distanciometro eletrônico classe 1. Correção de temperatura e pressão.	15 km	100 m	? 190 m	31	Marcos ou pinos de concreto
IIIP	Método das direções com duas séries de leituras conjugadas direta e inversa. horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras reciprocas (vante e ré) com distanciómetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena de aço aferida com correções de dilatação, tensão, catenária e redução ao horizonte.	10 km	50 m	? 170 m	41	Marcos de concreto ou nos pinos no apoio topográfico. Pinos ou piquetes nas poligonais auxiliares
IVP	Método das direções: uma série de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras recíprocas (vante e ré) tom distanciometro eletrônico classe 1 ou medidas com trena de aço aferida e controle taquiométrico com leitura dos três fios ou equivalente (teodolitos autorreduktores).	07 km	30 m	? 160 m	41	Pinos ou piquetes
VP	Leituras numa só posição da luneta horizontal e vertical. com correções de colimação. PZ (ou de índice) com teodolito classe 1.	Observações taquiométricas (vante e ré) em miras centimétricas, previamente aferidas, providas de nível esférico, com leitura dos três fios ou equivalente (teodolitos autorreduktores).	05 km(P) 02 km(S) 01 km(A)	30m(P) 30m(S) 30m(A)	90 m	41 (P) 21(S) 12 (A)	Pinos ou piquetes

FONTE: Adaptado de ABNT (1994, p. 16)

As poligonais estão classificadas de acordo com o emprego de teodolito, entretanto, as precisões angulares existentes para este equipamento são as mesmas para a estação total. A diferença na caracterização dos dois equipamentos, perante a norma, é que para a estação total existe a precisão linear que é descrita. Além das classificações de equipamentos e poligonais existem outros tópicos que poderão ser observados dentro desta norma, com a finalidade de regulamentar o desenvolvimento das atividades topográficas.

## 2.1 NBR 10.582 – APRESENTAÇÃO DA FOLHA PARA DESENHO TÉCNICO

Apesar de não ser uma norma que aborda especificamente a topografia, esta define como é feita a apresentação da folha do desenho técnico, que é um dos produtos de um levantamento topográfico. Esta norma não apresenta espaçamentos e dimensões que devem existir dentro de um layout, mas os elementos que devem existir dentro de uma planta.

Dentre os elementos abordados estão conteúdos que devem estar presentes descrevendo a planta, assim como tábua de revisões indicando às quais a planta já foi submetida. Outros elementos indicados são:

- Explanação: são informações necessárias para o entendimento do desenho.
- Instruções: informações necessárias para a execução do desenho.
- Referências: são informações que serviram como fonte para alguma etapa do desenho.
- Localização da planta de situação: mapa contendo informações da localização.
- Legenda: informações e descritivo do projeto, como projetista, local, data, escala etc.

Nas plantas de topografia é muito comum não existir um padrão quando observados os produtos entregues por diversos profissionais, entretanto, para garantir uma boa qualidade recomenda-se seguir esta norma técnica de desenho e não deixar de inserir na planta informações necessárias para sua completa interpretação.

## 2.2 NBR 14.166 – REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL

Esta é uma norma diretamente vinculada aos serviços de mapeamento que aborda elementos técnicos de serviço de campo e escritório. Nela são apresentados conceitos já abordados neste livro, mas o principal elemento abordado por esta norma são os métodos para inserção de um novo ponto numa rede de referência cadastral municipal.

Os levantamentos topográficos podem se basear em pontos que estão espalhados pelo território e para a implantação destes pontos são necessários procedimentos para a garantia da qualidade da precisão deste ponto. A partir destes pontos implantados na rede municipal, o técnico pode referenciar o seu levantamento, encaixando os pontos levantados nesta rede de referência que é georreferenciada.

Além da norma apresentar as etapas para a implantação de um ponto de referência nesta rede também são abordados tópicos como o de correção de altitudes e conceitos relacionados ao ordenamento municipal e às classificações das redes que podem existir dentro de um município.

A utilização desta norma não é um elemento fundamental no desenvolvimento da atividade topográfica, e sim, se o adensamento da rede cadastral urbana for necessário. Seu uso em obras e até no cadastro urbano municipal atualmente é reduzido devido à utilização dos equipamentos com tecnologia GPS, que realizam o rastreio do ponto através de suas coordenadas georreferenciadas, fazendo com que esta rede de referência não seja mais necessária para a aquisição das coordenadas sobre o planeta.

## 2.3 NBR 10.068 – FOLHA DE DESENHO: LAYOUT E DIMENSÕES

Esta é uma norma de desenho técnico, mas não aborda o mesmo tema da NBR 10.582. Apresenta dimensionamentos necessários para a apresentação de uma planta de forma que sua visualização se torne mais confortável aos olhos do usuário das informações. Os dimensionamentos de margens e selo estão em conformidade para que a dobradura técnica seja compatível ao tamanho A4 e o selo fique posicionado na parte frontal, facilitando a visualização quando a planta estiver encadernada ou dobrada. De acordo com a norma, sua finalidade é padronizar:

- a) posição e dimensão de legenda;
- b) margem e quadro;
- c) marcas de centro;
- d) escala métrica de referência;
- e) sistema de referência por malhas;
- f) marcas de corte.

Nesta norma são apresentadas as dimensões das folhas de acordo com a ISO 216, que são demonstradas no quadro a seguir:

QUADRO 2 – TAMANHOS DE FOLHAS

<b>Designação</b>	<b>Tamanho de folha</b>
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	295 x 420
A4	210 x 297

Fonte: Adaptado da NBR10068 (1987, p. 2)

Outra informação frequentemente utilizada pelos desenhistas e técnicos que trabalham na área de Topografia é o espaçamento das margens, que é estabelecido pela NBR 10068, como demonstrado na sequência:

QUADRO 3 – TAMANHO DE MARGENS

Formato	Margem (mm)		Largura da linha do quadrado
	Esquerda	Direita	
A0	25	10	1,4
A1	25	10	1
A2	25	7	0,7
A3	25	7	0,5
A4	25	7	0,5

FONTE: Adaptado de NBR 10068 (1987)

Vale ressaltar que no Quadro 3 são apresentadas somente as margens esquerda e direita, entretanto, a margem superior também possui o mesmo dimensionamento da margem direita. A margem esquerda possui o tamanho consideravelmente maior que a direita devido ao fato que é nela onde serão realizados os furos para encadernamento, portanto, necessitando de mais espaço para a representação gráfica.

O tamanho do selo é limitado pelo tamanho de uma folha A4. Como verificado nos tamanhos de margens, as da esquerda são todas de 2,5 cm, portanto, subtraindo este valor de 21 centímetros, resulta no total de 18,5 cm. Destes 18,5 cm é necessário retirar ainda a largura da margem direita que, no tamanho de A4, é de 7 mm, desta maneira o tamanho do selo é de 17,8 cm.

Outros elementos são abordados na norma, sendo ela maleável ao ponto de sofrer alterações de acordo com a necessidade de representação do projeto.



## NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)

### 1 INTRODUÇÃO

A presente norma trata das condições exigíveis para execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, em atendimento ao que estabelecem os parágrafos 3º e 4º, do artigo 176, e o parágrafo 3º do artigo 225, da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, incluídos pela Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001.

As especificações fixadas por esta norma devem ser observadas e cumpridas de forma indistinta para imóveis públicos e privados. A correta aplicação desta norma está condicionada às especificações dos seguintes documentos:

- a) Manual Técnico de Limites e Confrontações, publicado pelo INCRA;
- b) Manual Técnico de Posicionamento, publicado pelo INCRA.

As prescrições contidas nestes manuais, quando citadas nesta norma, são consideradas determinações para aplicação da mesma.

## 2 DEFINIÇÕES

As definições a seguir deverão ser adotadas no âmbito desta norma.

### 2.1 Coordenadas cartesianas geocêntricas

Coordenadas referenciadas a três eixos ortogonais com origem no centro de massa da terra, sendo o eixo "Z" orientado na direção do Conventional Terrestrial Pole (POlo Terrestre Convencional), o eixo "X" na direção média do meridiano de Greenwich e o eixo "Y" de modo a tornar o sistema dextrogiro.

### 2.2 Coordenadas cartesianas locais

Coordenadas cartesianas definidas num plano topográfico local, perpendicular à normal ao elipsoide e tangente à superfície terrestre no ponto origem do Sistema Geodésico Local (SGL). Vide item 2.10.

### 2.3 Coordenadas geodésicas

Coordenadas geodésicas definidas num elipsoide de referência, expressas em: latitude ( $\phi$ ), longitude ( $\lambda$ ) e altitude elipsoidal (h).

### 2.4 Credenciado

Profissional que tenha efetuado seu credenciamento junto ao INCRA para requerer certificação de imóveis rurais em conformidade com o parágrafo 5º do artigo 176, da Lei nº 6.015, de 1973, incluído pela Lei nº 11.952, 25 de junho de 2009.

### 2.5 Exatidão de limites

Limites identificados, levantados e descritos de forma a contemplar corretamente os limites do imóvel objeto do título de domínio, bem como os limites de respeito nos casos de ocupações rurais passíveis de titulação.

### 2.6 Imóvel rural

O imóvel rural a ser considerado nos serviços de georreferenciamento é aquele objeto do título de domínio, bem como aquele passível de titulação.

### 2.7 Informações posicionais

Referem-se às coordenadas geodésicas dos vértices ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h), com suas respectivas precisões ( $\sigma\phi$ ,  $\sigma\lambda$ ,  $\sigma\text{h}$ ).

## 2.8 Precisão posicional absoluta

Refere-se à precisão posicional relacionada à vinculação com o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), prevendo, portanto, a propagação das covariâncias a partir dos vértices do mesmo.

## 2.9 Profissional habilitado para execução de serviços de georreferenciamento

Profissional devidamente habilitado para assumir responsabilidade técnica dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, em atendimento ao parágrafo 3º do artigo 176, da Lei nº. 6.015, de 1973.

## 2.10 Sistema Geodésico Local

O Sistema Geodésico Local (SGL) é um sistema cartesiano composto de três eixos mutuamente ortogonais (e, n, u), onde o eixo "n" aponta em direção ao norte geodésico, o eixo "e" aponta para a direção leste e é perpendicular ao eixo "n", ambos contidos no plano topográfico, e o eixo "u" coincide com a normal ao elipsoide que passa pelo vértice escolhido como a origem do sistema.

## 2.11 Vértice de limite

É o ponto onde a linha limítrofe do imóvel rural muda de direção ou onde existe interseção desta linha com qualquer outra linha limítrofe de imóvel contíguo.

# 3 IDENTIFICAÇÃO DO IMÓVEL RURAL

A identificação do imóvel rural se dá por meio da correta descrição dos seus limites, conforme parágrafo 3º do artigo 176 da Lei nº 6.015, de 1973.

## 3.1 Descrição dos limites

Os limites são descritos por segmentos de reta interligados por vértices, sendo estes, descritos por seus respectivos códigos e valores de coordenadas.

## 3.2 Tipos de vértices

Os vértices são agrupados em diferentes tipos, definidos no Manual Técnico de Limites e Confrontações.

## 3.3 Codificação do vértice

O código inequívoco do vértice refere-se a um conjunto de caracteres alfanuméricos organizados de tal forma que não ocorra mais de um vértice, mesmo que em imóveis distintos, com o mesmo código, conforme regra a seguir:

- a) Os quatro primeiros caracteres referem-se ao código do credenciado responsável pelo posicionamento do vértice;

- b) O quinto caractere refere-se ao tipo do vértice; e  
 c) Os caracteres seguintes referem-se a uma sequência de números inteiros, sendo incrementada à medida que o profissional efetue a definição de um novo vértice.  
 Observação: não deve haver repetição de número em vértices do mesmo tipo e do mesmo credenciado.

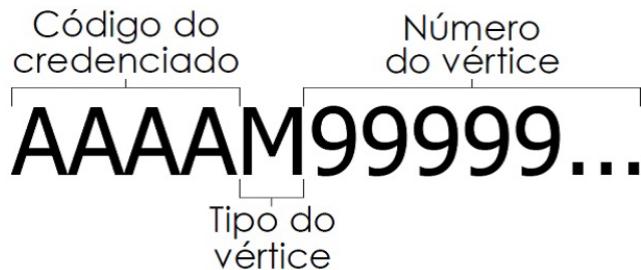


Figura 1 – Codificação de vértice

Nota: Os credenciados que receberam codificação com três dígitos permanecerão com os mesmos.

### 3.4 Tipos de limites

Os limites são agrupados em diferentes tipos, definidos no Manual Técnico de Limites e Confrontações.

### 3.5 Codificação do tipo de limite

Cada tipo de limite recebe uma codificação, definida no Manual Técnico de Limites e Confrontações.

## 4 COORDENADAS DOS VÉRTICES

As coordenadas dos vértices definidores dos limites do imóvel devem ser referenciadas ao SGB, vigente na época da submissão do trabalho. Atualmente adota-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano 2000 (SIRGAS2000), conforme especificações constantes na resolução nº 01, de 25 de fevereiro de 2005, do Presidente da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### 4.1 Determinação das coordenadas

A determinação dos valores de coordenadas deve ser realizada em consonância com o Manual Técnico de Posicionamento.

### 4.2 Descrição das coordenadas

Os valores de coordenadas dos vértices devem ser descritos por meio das suas coordenadas geodésicas ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ), vinculadas ao SGB.

#### 4.3 Precisão das coordenadas

O valor da precisão posicional absoluta refere-se à resultante planimétrica (horizontal), conforme equação a seguir:

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_\phi^2 + \sigma_\lambda^2}$$

Onde:

- $\sigma_P$  = precisão posicional (m);
- $\sigma_\phi$  = desvio padrão da latitude (m);
- $\sigma_\lambda$  = desvio padrão da longitude (m).

Nota: No cálculo da precisão posicional desconsidera-se o valor do desvio padrão da altitude.

#### 4.4 Padrões de precisão

Os valores de precisão posicional a serem observados para vértices definidores de limites de imóveis são:

- a) Para vértices situados em limites artificiais: melhor ou igual a 0,50 m;
- b) Para vértices situados em limites naturais: melhor ou igual a 3,00 m; e
- c) Para vértices situados em limites inacessíveis: melhor ou igual a 7,50 m.

#### 4.5 Descrição das precisões

Os valores de precisão da latitude e da longitude devem ser convertidos para valores lineares. Desta forma, os valores de precisão das coordenadas geodésicas ( $\sigma\phi$ ,  $\sigma\lambda$ ,  $\sigma h$ ) devem ser expressos em metros.

#### 4.6 Área

O cálculo de área deve ser realizado com base nas coordenadas referenciadas ao Sistema Geodésico Local (SGL). A formulação matemática para conversão entre coordenadas cartesianas geocêntricas e cartesianas locais está definida no Manual Técnico de Posicionamento.

### 5 CREDENCIAMENTO

Para requerer certificação de poligonais referentes a imóveis rurais, em atendimento ao que estabelece o parágrafo 5º do artigo 176, da Lei nº. 6.015/73, o profissional deve efetuar seu credenciamento junto ao INCRA. Somente está apto a ser credenciado o profissional habilitado pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), para execução de serviços de georreferenciamento de imóveis rurais.

### 5.1 Procedimentos para credenciamento

Para que o profissional efetue seu credenciamento, deverá preencher formulário eletrônico pelo qual envia certidão expedida pelo CREA, conforme modelo estabelecido na Decisão PL-0745/2007, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, ou outro instrumento vigente à época. Neste ato, o profissional receberá o código de credenciado, conforme item 3.3 Codificação do vértice.

### 5.2 Responsabilidade Técnica

Nos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais o credenciado assume responsabilidade técnica referente à correta identificação do imóvel em atendimento ao parágrafo 3º do artigo 176 da Lei 6.015, de 1973, observando:

- a) A exatidão de limites; e
- b) As informações posicionais de todos os vértices de limite.

## 6 GESTÃO DA CERTIFICAÇÃO

A gestão da certificação tem por finalidade trazer segurança para as informações certificadas e operacionalizar o processo de certificação, conforme detalhado em ato normativo próprio, contemplando:

- a) Desmembramento/Parcelamento;
- b) Remembramento;
- c) Retificação de certificação;
- d) Cancelamento de certificação;
- e) Análise de sobreposição; e
- f) Sanções ao credenciado.

FONTE: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**: NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS. 3. ed. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2013. 4 p.

# RESUMO DO TÓPICO 2

**Neste tópico, você aprendeu que:**

- As normas existem para que sejam adquiridos bons resultados do levantamento topográfico, podendo avaliá-los.
- Também existem normas para o desenvolvimento de plantas topográficas.
- O uso das normas também tem como função dar base para possíveis questionamentos futuros.

## AUTOATIVIDADE



1 A apresentação dos resultados conta muito no momento da entrega dos produtos para clientes que possuem alto nível de qualidade, portanto, ter um embasamento teórico fundamentado em normas técnicas é altamente recomendado. Sabendo disso, utilize uma folha de tamanho A4 e desenhe as margens e o selo que devem constar numa planta.

2 O uso das normas tende a ser benéfico para os profissionais das áreas de engenharia, especialmente pelo fato de padronizar algum procedimento conferindo qualidade para os projetos elaborados e executados. Sobre o uso das normas, assinale a afirmativa correta sobre seu uso:

- a) ( ) As normas NBR não são usadas pelo fato de não condizerem com a realidade dos serviços executados, sendo um erro da norma essa não representatividade.
- b) ( ) As normas existem são desenvolvidas com base em atividades executadas nos serviços existentes no mercado de trabalho. Não usar estas normas pode ser uma opção do profissional ou uma falha nos procedimentos de uma empresa, entretanto é recomendado o seu uso, pois é um respaldo para possíveis questionamentos sobre o serviço executado.
- c) ( ) Seguir as normas, em um consenso popular, não têm muita serventia pelo fato destas não serem conhecidas, o que resulta numa falta de padronização do mercado e ausência de responsabilidade do profissional ter este conhecimento.
- d) ( ) Algumas normas são solicitadas por empresas que contratam os serviços, entretanto, não existe como validar o uso destas normas porque não existe nenhuma maneira eletrônica ou analógica comprovante sua aplicação.
- e) ( ) O uso das normas é factível, mas não aplicável na realidade pelas empresas e profissionais de engenharia.



## PRODUTOS DA TOPOGRAFIA

### 1 INTRODUÇÃO

A topografia não se limita a cálculos de distâncias e declividades. Estas atividades são partes necessárias para determinados fins de engenharia e arquitetura, sendo necessárias especialmente para a infraestrutura urbana.

A delimitação de terrenos e áreas patrimoniais são serviços muito requisitados para a topografia, entretanto, outros de maior complexidade são requisitados por obras de engenharia e arquitetura que não podem avançar sem dados topográficos confiáveis.

Além dos dados de levantamento evidenciados pela planta topográfica, em formato vetorial ou impresso, também são necessários documentos complementares para a confirmação da execução da atividade do profissional, assim como documentos descritivos que irão fornecer maior entendimento para usuários dos dados, portanto, nas seções a seguir são descritas atividades que podem ser executadas pela topografia e os documentos requisitados para entregas de trabalhos.

### 2 REPRESENTAÇÃO NUMÉRICA DO TERRENO

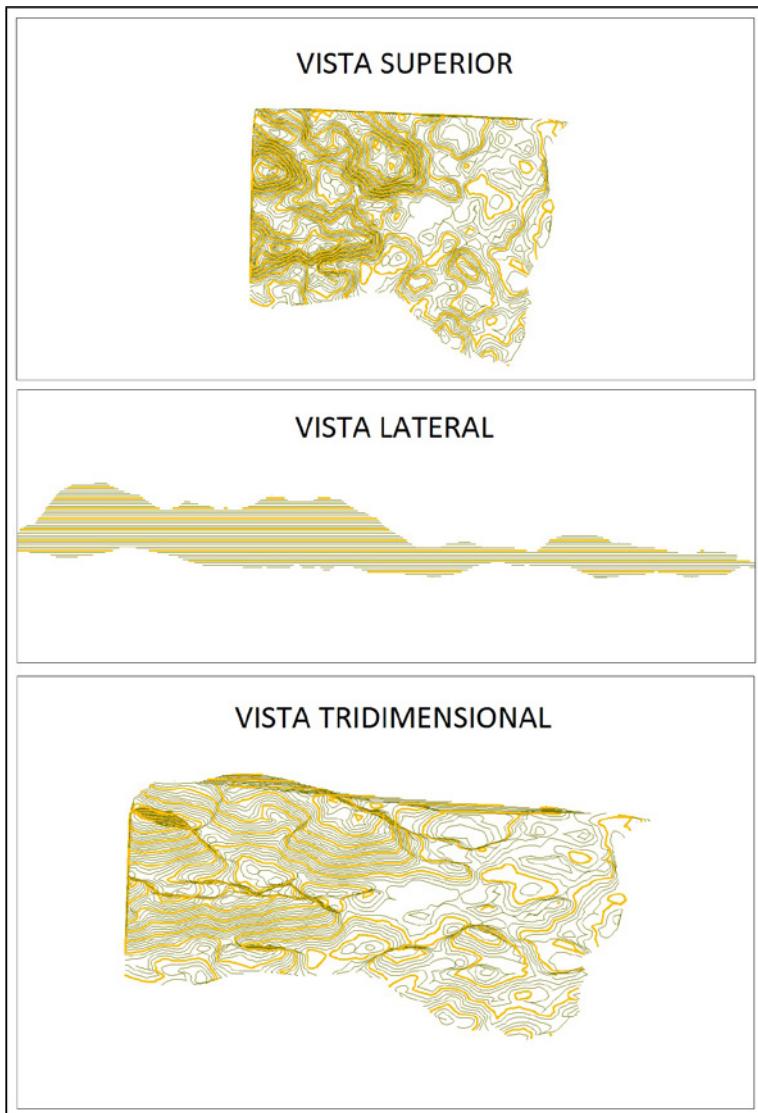
A representação do terreno pode ser feita através de maquetes, mas a maneira mais comum atualmente para apresentação em projetos é a representação numérica através de ferramentas computacionais. A forma mais tradicional de representação do terreno em plantas de engenharia e arquitetura são as curvas de nível, que são resultados dos modelos digitais de terreno, também chamados de MDT.

#### 2.1 CURVAS DE NÍVEL

As curvas de nível são uma maneira de realizar a representação do terreno e inicialmente foram geradas para realizar esta representação da melhor forma possível em um documento impresso. Atualmente, o seu desenvolvimento já pode ser feito de maneira rápida em softwares especializados, entretanto, o fato de ser uma maneira antiga de representação do terreno não significa que caiu em desuso ou não é mais eficaz.

As curvas de nível são linhas que interligam pontos com a mesma cota no terreno. Numa vista superior estas ligações entre pontos de mesma cota do terreno geral curvas que descrevem o terreno. Numa vista lateral a representação do terreno é feita por linhas que diminuem à medida que o terreno eleva sua cota. A figura a seguir demonstra essas visualizações das curvas de nível, demonstrando também uma visualização tridimensional.

FIGURA 15 – REPRESENTAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

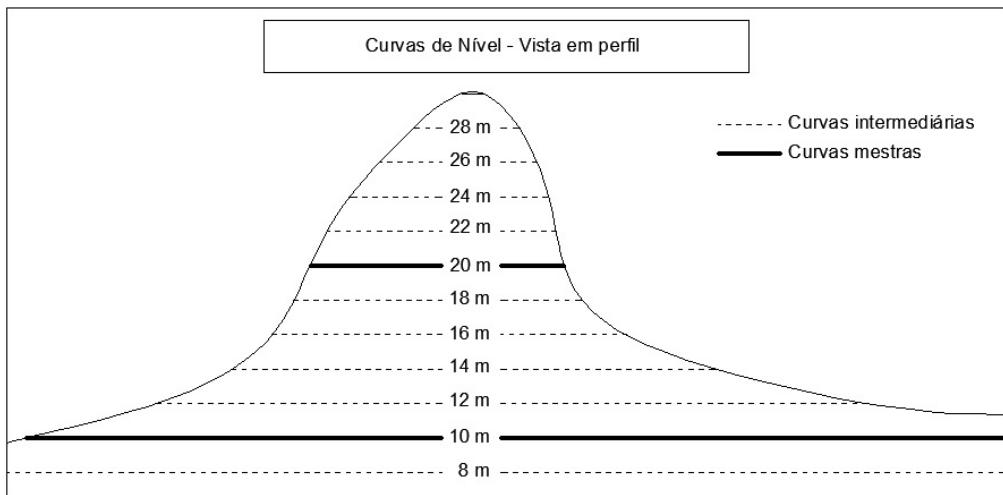


FONTE: O autor

Nesta figura, as curvas de nível são representadas através de linhas com espessuras diferentes. As linhas de maior espessura são chamadas de “linhas mestras” e são denominadas desta forma porque representam valores principais

na representação do terreno, como 10, 20, 30, 40 metros de cota ou altitude. Já as linhas de menor espessuras são chamadas de “linhas intermediárias” e representam valores que estão entre os representados pelas linhas mestras, por exemplo, 11, 13, 22, 28 metros de cota ou altitude. A figura que segue demonstra como as curvas de nível mestras e intermediárias são observadas numa vista em perfil do terreno:

FIGURA 16 – CURVAS DE NÍVEL VISTAS EM PERFIL



FONTE: O autor

As curvas de nível são ainda o modo mais utilizado para a representação da superfície topográfica de um local. Através delas é possível avaliar a qualidade do levantamento topográfico reconhecendo feições existentes no terreno e verificando se também estão sendo representadas na planta desenvolvida. Para que essa verificação ocorra é necessário que o levantamento topográfico de campo tenha sido executado com um nível de detalhamento compatível com essa necessidade, caso contrário, o terreno não é representado de maneira satisfatória.

Para a interpretação das curvas de nível é necessário que na planta existam informações descritivas sobre elas, por exemplo, sua simbologia (cores aplicadas às curvas de nível) e também o intervalo utilizado. O intervalo pode ser de 1 metro entre as curvas, assim como também pode ser aplicado um valor bem maior, como 50 metros. O uso destes intervalos geralmente varia de acordo com a escala do mapa, pois num mapa de escala muito pequena (visualização muito distante) o uso de curvas de nível equidistantes em 1 metro polui muito a visualização, dificultando a representação de outros dados.

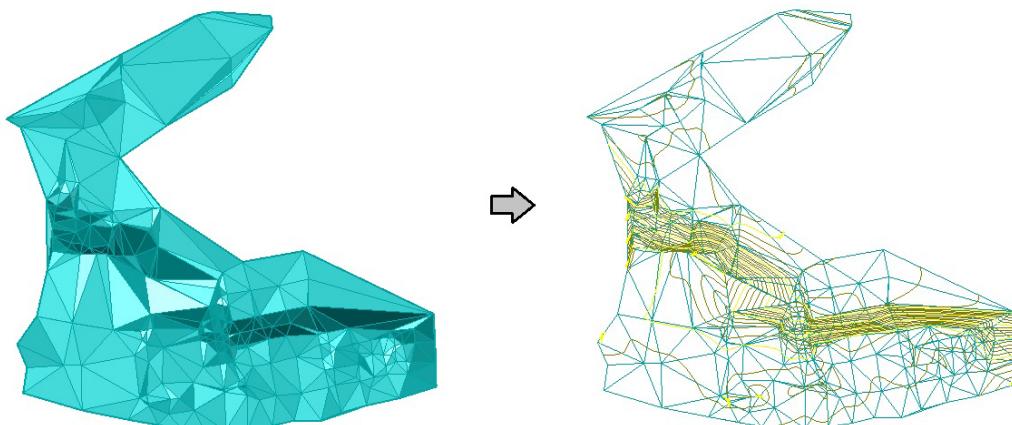
Através das curvas de nível é possível obter o cálculo de declividades entre pontos do terreno, identificação de diferenças altimétricas e quaisquer desen-

volvimento de atividades que necessitem da informação de cotas ou altitudes num terreno.

## 2.2 MODELO DIGITAL DO TERRENO

O Modelo Digital de Terreno (MDT) é um dos produtos da topografia atual. Nos softwares de automação topográfica existentes atualmente no mercado, o MDT é um requisito básico para o desenvolvimento das curvas de nível, pois é sobre ele que ela é desenvolvida. Como o nome diz, o MDT é um modelo digital que simula graficamente como é o terreno mapeado, sendo que ele pode ser representado através de triangulação dos pontos coletados em campo ou através de uma malha retangular gerada posteriormente à triangulação. A figura seguinte demonstra o modelo digital de terreno e as curvas de nível criadas a partir dele, junto à triangulação gerada a partir de pontos coletados em campo:

FIGURA 17 – MODELO DIGITAL DE TERRENO E CURVAS DE NÍVEL GERADAS A PARTIR DELE



FONTE: O autor

Na Figura 17, no lado esquerdo é apresentado o MDT através de um sombreamento e ao lado direito está o terreno representado através dos triângulos formados pela triangulação dos pontos coletados em campo e também as curvas de nível. Analisando ambas as figuras, podemos notar que no MDT representado pelo sombreamento os triângulos mais escuros são os que mais contêm curvas de nível, portanto, também são os locais de maior declividade do terreno.

É através deste modelo que é realizado o cálculo de volume para terraplanagem e no qual são realizados os projetos geométricos rodoviários. Vale ressaltar que este MDT é uma representação do terreno sem os elementos sobrepostos a ele, como por exemplo casas, árvores, postes e outros elementos existentes sobre a superfície terrestre.

## 2.3 MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE

O Modelo Digital de Superfície (MDS) é um modelo que representa a superfície da área mapeada. Diferente do MDT, que representa o solo sem os objetos presentes sobre ele, o MDS não é utilizado para os cálculos de terraplanagem e não são considerados quando desenvolvidos projetos rodoviários.

O MDS é frequentemente utilizado para a representação de áreas urbanizadas, especialmente pela arquitetura e o controle de gabarito existente de acordo com a área mapeada, sendo este modelo digital de superfície um ótimo modelo para administração urbana neste quesito técnico.

Levantamentos topográficos realizados com drones resultam em mosaicos de fotos e modelagem tridimensional, como já mencionado em tópicos anteriores. O modelo tridimensional resultante deste levantamento é um MDS, portanto, também é uma limitação ou qualidade de acordo com o mapeamento realizado. A figura a seguir apresenta um modelo digital de superfície:

FIGURA 18 – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE (MDS) RENDERIZADO COM IMAGEM DE SATÉLITE



FONTE: Google Earth (2001). Acesso em: 30 dez. 2018 .

O MDS apresentado na Figura 18 não está representado através de triangulações porque já está renderizado com imagens provenientes de satélite. A renderização é, na prática, um processo computacional em que imagens bidimensionais são agregadas a objetos tridimensionais para torná-los mais realistas e melhor representar o que existe no campo.

A criação de MDS com estação total, teodolito e GPS é muito difícil porque eles não são capazes de tirar fotos e a captação de pontos é lenta. O desenvolvimento de MDS é geralmente feito através de coletas de imagens de drones ou satélites. Também é possível o desenvolvimento deste tipo de superfície através do uso do *Laser Scanner*, que consegue captar uma nuvem de pontos muito mais densos que uma estação total, gerando assim a triangulação de grandes áreas, tanto horizontal quanto verticalmente.

## 3 CÁLCULO DE VOLUME

O cálculo de volume é uma das necessidades de obras civis e projetos arquitetônicos. Como já citado no item anterior deste tópico, é a partir do modelo digital de terreno que o cálculo de volume acontece. Nos itens a seguir são apresentados conceitos necessários para a execução deste cálculo.

### 3.1 PERFIL LONGITUDINAL

O perfil longitudinal é uma descrição altimétrica do terreno no qual foi realizado o mapeamento. Este perfil é uma linha traçada sobre o terreno no qual são realizados estaqueamentos para identificação de pontos cotados no local. O estaqueamento é o ato de demarcar através de estacas no local uma distância com intervalos sempre iguais, por exemplo, de 10 em 10 metros ou o dobro disso.

A correlação entre o eixo sobreposto ao terreno e o perfil longitudinal é feita através das estacas e das cotas nelas descritas. A descrição da distância a partir do início do projeto e das cotas para as estacas é colocada geralmente abaixo do perfil longitudinal numa caixa que indica valores para a interpretação do desenho, como demonstrado a seguir:

FIGURA 9 – EIXO ESTAQUEADO E PERFIL LONGITUDINAL SOBREPOSTO ÀS CURVAS DE NÍVEL



FONTE: O autor

O eixo desenvolvido para a Figura 19 é de 5 metros e foi feito com esse valor para exaltar que qualquer distanciamento pode ser executado para as estacas. O valor padrão utilizado no estaqueamento de projetos rodoviários é 20 metros, entretanto, para projetos de terraplanagem em pequenas áreas e que requisitem um alto grau de detalhamento, este valor pode ser de 1 em 1 metro ou de acordo com o que o responsável técnico arbitrar.

Ainda sobre esta figura, é possível perceber na sua parte superior que a estaca 0 está mais ao norte e à esquerda do desenho, sendo desenvolvido o projeto no sentido direito da figura. Analisando somente o desenho das curvas de nível é possível perceber que existem locais com maior concentração das curvas e locais com menores concentrações, representando que em algum ponto deste eixo existem aclives ou declives. A partir da estaca 5 é perceptível que as curvas de nível são adensadas e que a partir da estaca 7 essa concentração de curvas diminui.

Na parte mais abaixo da Figura 19 está o perfil longitudinal. Ele é composto pelo perfil do terreno e a caixa descritiva do estaqueamento. No perfil apresentado também é possível perceber que a partir da estaca 5 existe um acidente do terreno que termina na estaca 7, dessa forma, indicando que o perfil longitudinal é a representação do que está na planta e no terreno.

O perfil longitudinal é utilizado para o desenvolvimento de projetos rodoviários descrevendo a altimetria do eixo da pista e o estaqueamento que deve ser executado no momento da obra. Além da utilidade em obras rodoviárias, o perfil longitudinal é utilizado em outras áreas da engenharia, como na hidráulica, para identificar necessidades de bombeamento para áreas mais elevadas e projeto de terraplanagem.

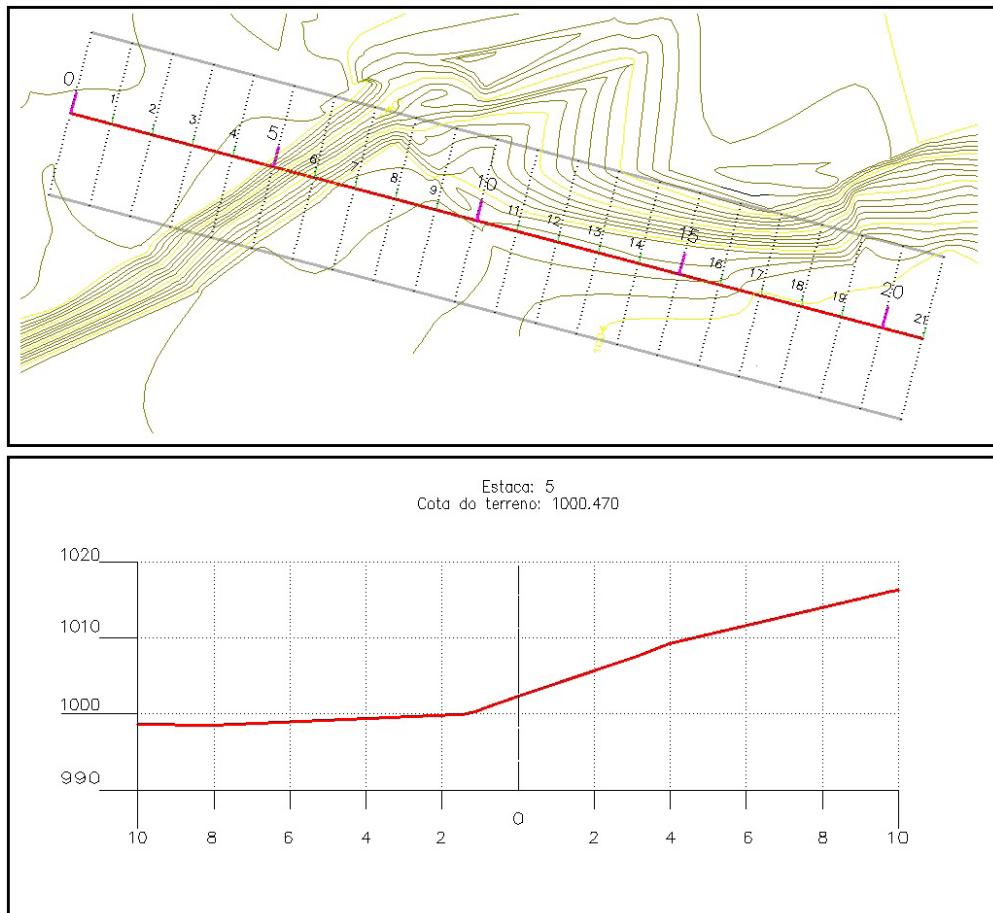
## 3.2 SEÇÕES TRANSVERSAIS

É junto às seções transversais que o perfil longitudinal é empregado no cálculo de volume para projetos de terraplanagem. As seções transversais são linhas dispostas transversalmente ao perfil longitudinal e elas também descrevem as cotas a partir do eixo criado para descrever o perfil longitudinal.

A necessidade do uso da seção transversal vem pelo fato de somente o perfil longitudinal não ser o suficiente para descrever o terreno. Conhecendo o perfil longitudinal, é sabido que ele descreve a altimetria somente de uma linha desenhada sobre o terreno, portanto, não é possível saber quanto será extraído de corte ou aterro somente a partir dessa linha. Caso outra linha fosse feita 10 metros ao lado de um eixo, esta seria diferente da anterior e assim por diante.

Diante desta necessidade de descrever tridimensionalmente o terreno e não podendo se basear somente no perfil longitudinal para o fazer é que são utilizadas as seções transversais. Elas são linhas que cortam transversalmente o eixo nos pontos onde existem estaqueamento e estas linhas são demonstradas na figura seguinte:

FIGURA 20 – SEÇÃO TRANSVERSAL



FONTE: O autor

A Figura 20 demonstra as seções transversais ao longo do perfil longitudinal através de linhas pontilhadas perpendicularmente ao eixo estakeado. As linhas pontilhadas representam a disposição das seções transversais em relação ao eixo, e a linha cinza paralela ao eixo delimita esta representação em 10 metros para cada lado.

A correlação entre o que está na planta e o contido na seção transversal pode também ser realizado através da análise destes dois dados, assim como feito para o perfil longitudinal. Para exemplificar isso, a Figura 20 apresenta a seção transversal localizada na estaca de número 5. A partir do eixo da estaca 5, em direção ao lado esquerdo, é possível perceber na planta uma menor quantidade de curvas de nível adensadas, indicando baixa declividade. Já para o lado direito do eixo é possível perceber em planta um adensamento das curvas de nível, indicando uma alta declividade. No desenho indicando a seção transversal é possível perceber o descrito analisando a linha de maior espessura, que indica que a partir do eixo (indicado pelo número 0) partindo para o lado esquerdo existe uma leve declividade e no lado direito do eixo existe um acidente acentuado.

O emprego da seção transversal nos projetos de arquitetura e engenharia são necessários para a correta interpretação do terreno, facilitando também as análises tridimensionais que deverão ser executadas, por isso sua importância é grande na execução de obras.

## 4 PROJETO GEOMÉTRICO RODOVIÁRIO

O projeto geométrico rodoviário é um dos principais objetos da topografia e o desafio sobre seu mapeamento e execução são grandes devido a sua extensão e quantidade de elementos a serem integralizados. Atualmente, o mapeamento topográfico para desenvolvimento de projetos rodoviários está sendo executado frequentemente com drones devido a sua produtividade, entretanto, a implantação deste tipo de obras não foge da necessidade da utilização de estação total e equipamentos GNSS.

Dentro de um projeto rodoviário existem mais atividades da topografia do que simplesmente realizar o mapeamento da área. Para o desenvolvimento de mapeamentos e criação de projetos rodoviários é necessário do técnico conhecimentos mais aprofundados da geometria rodoviária aplicada aos traçados, portanto, os próximos tópicos irão abordar este assunto.

### 4.1 COMPONENTES DE UM PROJETO GEOMÉTRICO RODOVIÁRIO

Quando o usuário de uma rodovia transita sobre ela é perceptível a existência de diversas geometrias utilizadas no projeto rodoviário. Estas geometrias são distintas e calculadas para que sejam implantadas no terreno posteriormente à etapa de projeto. O projeto geométrico rodoviário é o nome dado à sequência de geometrias utilizadas para o desenvolvimento da rodovia.

Além do projeto geométrico rodoviário existem outros elementos que compõem um projeto rodoviário como um todo:

- Projeto ambiental: projeto que retrata a parte ambiental na qual a rodovia irá interferir de acordo com o traçado realizado.
- Projeto de sinalização: projeto que demonstra a sinalização horizontal e vertical que será empregada no projeto rodoviário. A sinalização horizontal é aquela realizada sobre o pavimento, geralmente feita através de pintura indicando elementos de segurança, advertência ou orientação.
- Projeto de drenagem: é o projeto destinado à realização da drenagem da pista e áreas periféricas que poderão afetar sua estrutura e segurança.
- Projeto de desapropriação: projeto que retrata áreas de desapropriação da rodovia, caso seja necessário, e a metodologia a ser empregada para seu desenvolvimento.

- Projeto geotécnico: projeto que identifica a qualidade do solo e necessidades de ajustes para sua utilização com a finalidade do desenvolvimento rodoviário.

Outros assuntos podem compor o projeto rodoviário e variam de acordo com o traçado a ser empregado. Por exemplo, caso a rodovia percorra trechos de áreas indígenas ou comunidades quilombolas, deverá haver estudos abordando o tema e, possivelmente, minimizando os impactos sobre estas áreas.

Para este livro didático será abordado somente o projeto geométrico rodoviário, que é no qual o estudo topográfico está mais presente. Para o desenvolvimento deste projeto são necessários conhecimentos da geometria rodoviária, que serão apresentados a seguir.

#### 4.1.1 Terreno primitivo

O terreno primitivo é a representação do primeiro levantamento topográfico que realiza o cadastro de todo o terreno e demais elementos contidos dentro da área de influência do projeto geométrico rodoviário. Este terreno primitivo tem grande importância no cálculo de volumes porque é a partir dele que serão calculados corte e aterro. Sua representação é feita através de um modelo digital de terreno que pode ser apresentado em três dimensões em softwares computadorizados.

A partir do terreno primitivo é desenvolvida a primeira versão do projeto geométrico e nele serão ajustadas as necessidades também dos outros componentes do projeto rodoviário. O seu objetivo é mapear todas as estruturas que podem sofrer influência das melhorias ou implantação de um projeto, portanto, é necessário captar dados como sinalização (postes, faixas de pedestres, placas etc.), elementos de drenagem (bueiros, bocas de lobo, canaletas etc.) e demais objetos que estão posicionados na faixa de domínio da rodovia.

A faixa de domínio é uma delimitação da área de influência da rodovia que está sob os cuidados do órgão responsável pela infraestrutura no estado. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (atual DNIT, antigo DNER), faixa de domínio é:

Define-se como “Faixa de Domínio” a base física sobre a qual assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras-de-arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo (BRASIL, 1997, p. 108).

A qualidade da representação do terreno primitivo é baseada, assim como todo levantamento topográfico, na quantidade de pontos captada em campo e na qualidade da representação do terreno. Para o desenvolvimento deste modelo digital de terreno ser completa é necessário que o responsável pelo levantamento tenha uma boa noção dos elementos que irão gerar grandes impactos no projeto a ser desenvolvido, em especial os já citados no item anterior.

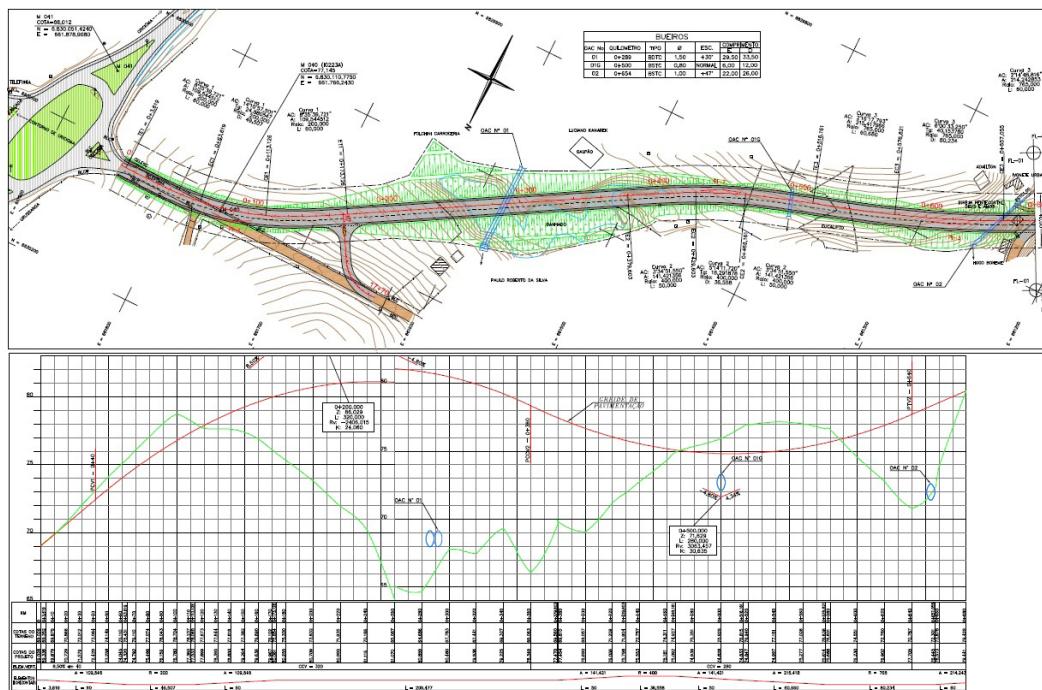
#### 4.1.2 Configuração de traçado

O traçado é composto por curvas de tangentes. As curvas mais utilizadas são as circulares e as espirais (também chamadas de clotoïdes), e a tangente é a reta do projeto rodoviário. A configuração do traçado rodoviário é basicamente a junção destes elementos fazendo com que melhor se adaptem ao terreno de acordo com os limites impostos pelas características técnicas mecânicas dos veículos e geométricas da topografia.

A criação de uma geometria tende a ser ideal quando o projeto se adapta da melhor maneira possível ao terreno, entretanto, isso não é possível na maioria das vezes devido às irregularidades da topografia. Para que o projeto esteja adequado para a implantação são necessários cortes no terreno para que as declividades não sejam acentuadas e também seja possível a transposição de áreas de dificuldade de implantação de projetos como mangues, morros e rios.

Para o desenvolvimento deste traçado é muito mais comum pensar numa vista superior levando em consideração somente uma visão bidimensional, entretanto, a criação de um traçado rodoviário é sobre um terreno real, portanto, submetido aos aclives e declives inerentes ao terreno. Para que este traçado seja adequado à realidade, é necessário que as curvas e tangentes estejam projetadas na horizontal e na vertical, conforme apresenta a seguinte figura:

FIGURA 21 – EXEMPLO DE PROJETO GEOMÉTRICO RODOVIÁRIO



FONTE: O autor

A Figura 21, em sua porção superior, apresenta um exemplo de traçado de um projeto rodoviário, sendo possível observar as curvas e tangentes numa vista bidimensional. Já na porção inferior desta mesma figura é apresentado o Perfil Longitudinal do eixo estakeado, e através dele é possível identificar os aclives e declives do terreno. Neste perfil longitudinal é colocada a linha de projeto que indica a cota do projeto de acordo com o estakeamento projetado.

De acordo com Shu Han Lee (2013), para o desenvolvimento de um projeto rodoviário é sempre necessário buscar a continuidade espacial dos traçados, mediante intencional e criteriosa coordenação dos seus elementos geométricos constituintes, em especial dos elementos planimétricos e altimétricos, visando ao adequado controle das condições de fluência ótica e das condições de dinâmica de movimento que o traçado imporá aos usuários.

No projeto geométrico rodoviário existem curvas e retas que se unem de maneira que exista uma concordância e não formem quebras abruptas do projeto, forçando o usuário da rodovia a realizar movimentos bruscos no veículo. A geometria de uma estrada deve ser feita seguindo normas para que a segurança do usuário seja preservada, contribuindo com o projeto de sinalização e drenagem que também tem o foco neste assunto.

#### 4.1.3 Tangentes

Como citado no item anterior, um dos elementos de grande importância no traçado são as tangentes, também conhecidas como as retas de uma rodovia. Estas tangentes servem para fazer a conexão entre curvas e podem variar de tamanho, largura e declividade longitudinal e transversal.

A variação de tamanho das tangentes é algo que irá variar de acordo com a disponibilidade de terreno para que isso aconteça, entretanto, a largura e as declividades empregadas são elementos que variam muito mais de acordo com a configuração do projeto. A largura será afetada de acordo com a demanda de tráfego existente no traçado e com a disponibilidade de terreno para aumento da largura de faixas e as declividades transversais irão depender da intensidade de chuvas existentes no local e a drenagem a ser configurada.

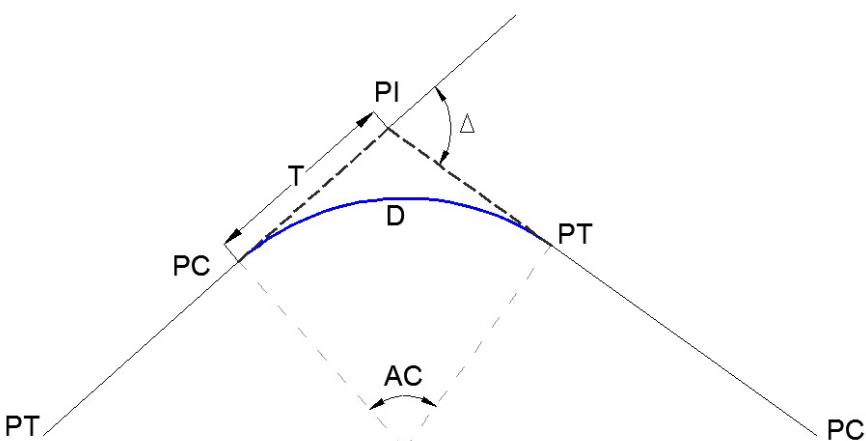
A declividade longitudinal é aquela existente num acrivo ou declive de rodovia, enquanto a declividade transversal é aquela aplicada do eixo até os bordos da rodovia. A função desta declividade transversal é dar vazão à água decorrente de chuvas, evitando que se formem espelhos d'água que causem aquaplanagem.

As tangentes são importantes elementos na configuração de um projeto rodoviário e é um dos elementos mais empregados devido a sua função de encurtar distâncias (afinal, a menor distância entre dois pontos é uma reta que os conecte), mas nem sempre é possível abusar desta ferramenta, porque é através das curvas que o encaixe do terreno é realizado.

#### 4.1.4 Curva circular

As curvas circulares são aquelas que mantêm o raio constante e é o tipo de curva mais fácil para utilização em projetos rodoviários. Sua empregabilidade é alta devido a sua simplicidade e fácil encaixe nos projetos e na topografia dos terrenos, entretanto, o raio para sua utilização não pode ser pequeno a ponto de colocar em risco a vida do usuário. Um raio de pequena dimensão acarreta numa força centrífuga muito forte para o veículo, aumentando muito os riscos de acidentes. A curva circular é composta por alguns elementos básicos para sua projeção, conforme apresenta a figura a seguir:

FIGURA 22 – ELEMENTOS QUE COMPÕEM UMA CURVA CIRCULAR



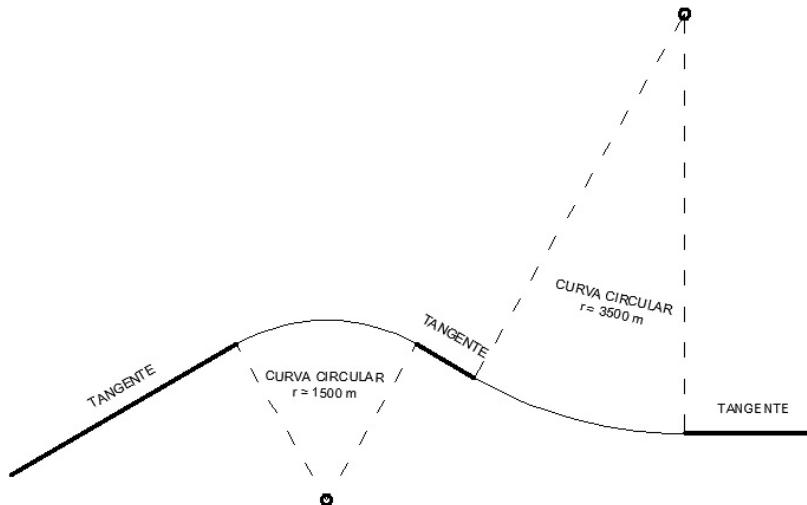
FONTE: O autor

Existem diversos elementos representados por siglas nesta figura. Suas descrições são feitas a seguir:

- PT: ponto de tangência. É o ponto onde é iniciada uma tangente.
- PC: ponto de curvatura. É o ponto onde é iniciada uma curva circular ou espiral.
- PI: ponto de Interseção. É o ponto onde ocorre a interseção imaginária das tangentes, caso elas fossem prolongadas.
- T: tangente externa. É a reta que liga o ponto PC ao PI, referente ao prolongamento imaginário das tangentes nos extremos de curvas.
- D: desenvolvimento de curva. É o comprimento da curva.
- AC: ângulo central de curva. É o ângulo formado do início ao fim da curva.
- Delta: é o ângulo de deflexão da curva. É sempre igual ao ângulo central da curva.

Estes elementos são o básico para o desenvolvimento de uma curva, sendo sempre requisitados em softwares de desenvolvimento de geometrias destinadas ao projeto rodoviário. A figura que segue demonstra como uma curva circular fica alocada dentro de um eixo de projeto geométrico rodoviário:

FIGURA 23 – EXEMPLIFICAÇÃO DE CURVA CIRCULAR DENTRO DE UM EIXO RODOVIÁRIO

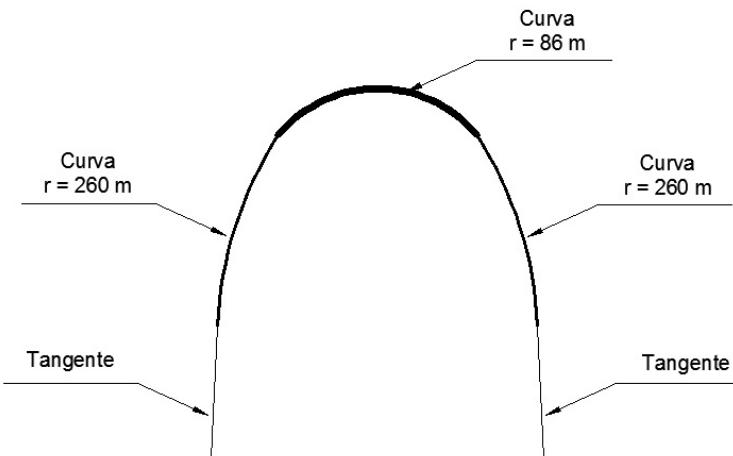


FONTE: O autor

Observando a Figura 23 pode-se perceber que as tangentes, representadas por uma linha mais espessa, são as formas geométricas que intercalam as curvas circulares. Essa geralmente é a melhor forma de se projetar uma rodovia pelo fato de sempre existir um espaçamento entre as curvas, provendo maior segurança, mas não é a única forma de trabalhar em projetos somente com as curvas circulares. Há também projetos que utilizam curvas circulares com raios e também o uso das curvas reversas.

O desenvolvimento de projetos com curvas circulares e raios variáveis é uma alternativa quando não é possível encaixar toda a curva somente num raio, podendo assim expandir seu desenvolvimento. Esta configuração pode ser vista a seguir:

FIGURA 24 – JUNÇÃO DE CURVAS CIRCULARES COM RAIOS VARIÁVEIS



FONTE: O autor

Além da alternativa de configuração de curva circular demonstrada na Figura 24, também é possível encontrar outra configuração frequentemente utilizada nos projetos geométricos e que fornece soluções para diversos terrenos com topografias accidentadas. A Figura 25 demonstra uma configuração de curvas reversas sucessivas:

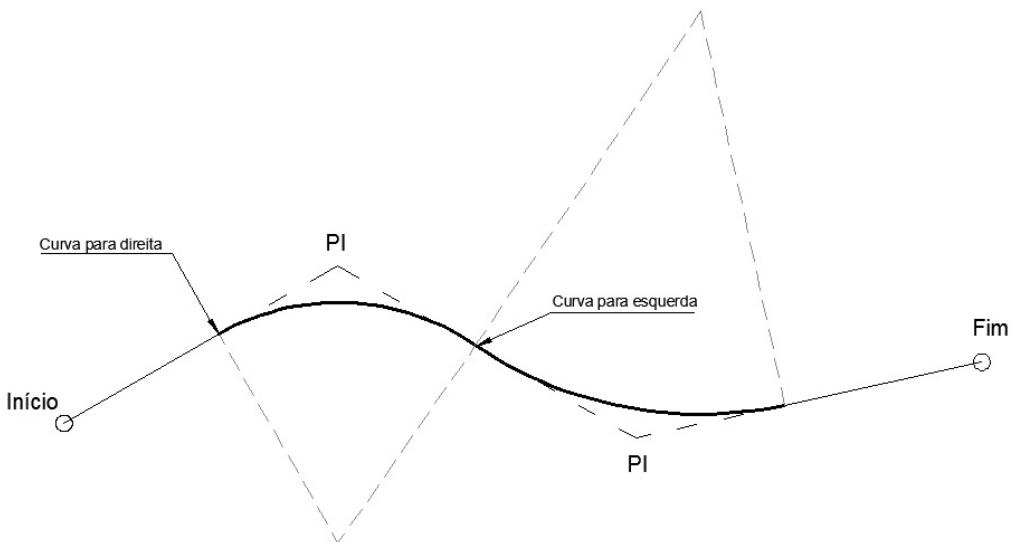


FIGURA 26 – CONFIGURAÇÃO DE CURVA REVERSA SUCESSIVA  
FONTE: O autor

As curvas reversas sucessivas são aquelas nas quais existe uma sequência de curvas em sentido oposto e sem tangentes as separando. A utilização das tangentes entre curvas é aconselhável devido à segurança, como já comentado, entretanto, o uso das curvas reversas sucessivas é suscetível à aprovação por órgãos que regem a infraestrutura estadual devido aos raios de curvas empregados, portanto, seu uso nem sempre será possível.

As curvas circulares também podem ser empregadas no desenvolvimento vertical do projeto, portanto, sobre o perfil longitudinal. Para o seu uso também se deve lembrar de não utilizar raios com baixo dimensionamento para que o usuário da rodovia não perca aderência com a superfície do pavimento.

O uso das curvas circulares é, como apresentado, flexível e adaptável a uma grande gama de topografias de terrenos devido aos possíveis dimensionamentos de raios, entretanto, existe também a curva espiral apresentada no item a seguir.

#### 4.1.5 Curva espiral

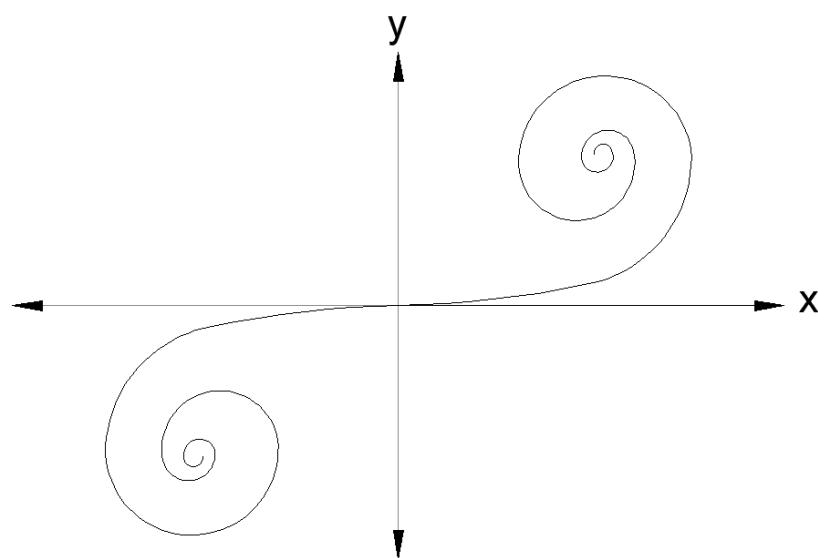
A curva espiral é aquela que muda de raio constantemente ao longo do seu desenvolvimento. Ela serve como uma curva de transição porque transita entre o final da tangente e início da curva circular aumentando o raio gradativamente do valor infinito até o valor do raio da curva circular.



Uma forma de memorizar o conceito de uma curva espiral — também denominada de clotóide —, é devido ao fato desta curva ter seu valor de raio alterado do início ao fim de seu desenvolvimento.

A utilização desta curva confere maior segurança para o usuário porque o grande diferencial no uso de uma curva espiral de transição é o seu formato de espiral que induz que o usuário sinta um gradual aumento da força centrífuga no decorrer do percurso sobre a curva, resultando que a velocidade também diminua gradativamente como uma resposta à geometria da rodovia. O seu uso não se limita à união de tangentes e curvas circulares, sendo que ela também é empregada em projetos rodoviários também para unir tangentes sem o uso de curvas circulares.

FIGURA 27 – EXEMPLIFICAÇÃO DE CURVA ESPIRAL ATRAVÉS DE UM PLANO CARTESIANO



FONTE: O autor

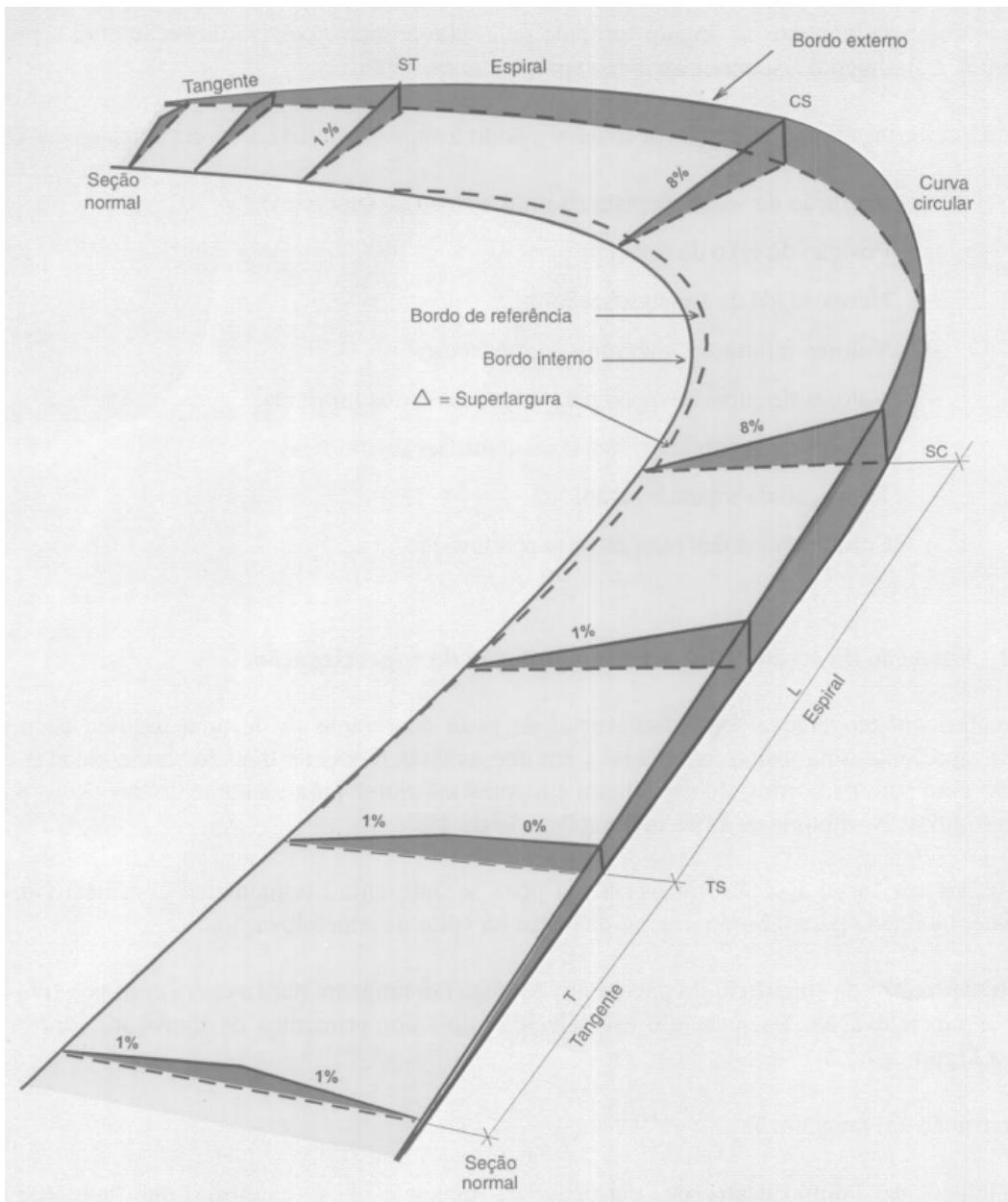
Junto a essa geometria empregada nas transições de curvas estão a superlargura e superelevação, que também são elementos empregados nos projetos e implantação de rodovias para conferir maior segurança aos usuários.

#### 4.1.6 Superelevação

A superelevação é um elemento empregado em curvas para aumentar a aderência dos veículos na superfície projetada e para combater a força centrífuga gerada pelos veículos, dificultando derrapagens e perda de aderência.

À medida que o raio de curva se acentua, o bordo externo da pista eleva sua cota. De acordo com o manual do DNER (1999, p. 91), “Dá-se o nome de superelevação em um ponto da curva ao valor da tangente do ângulo formado pela reta de maior declive da seção com o plano horizontal”. O valor da superelevação é geralmente fornecido em porcentagem, embora esse valor de declividade percentual também possa ser representado em graus. A figura seguinte demonstra como é a perspectiva de uma superelevação através de seções transversais numa curva:

FIGURA 28 – REPRESENTAÇÃO DE SUPERELEVAÇÃO



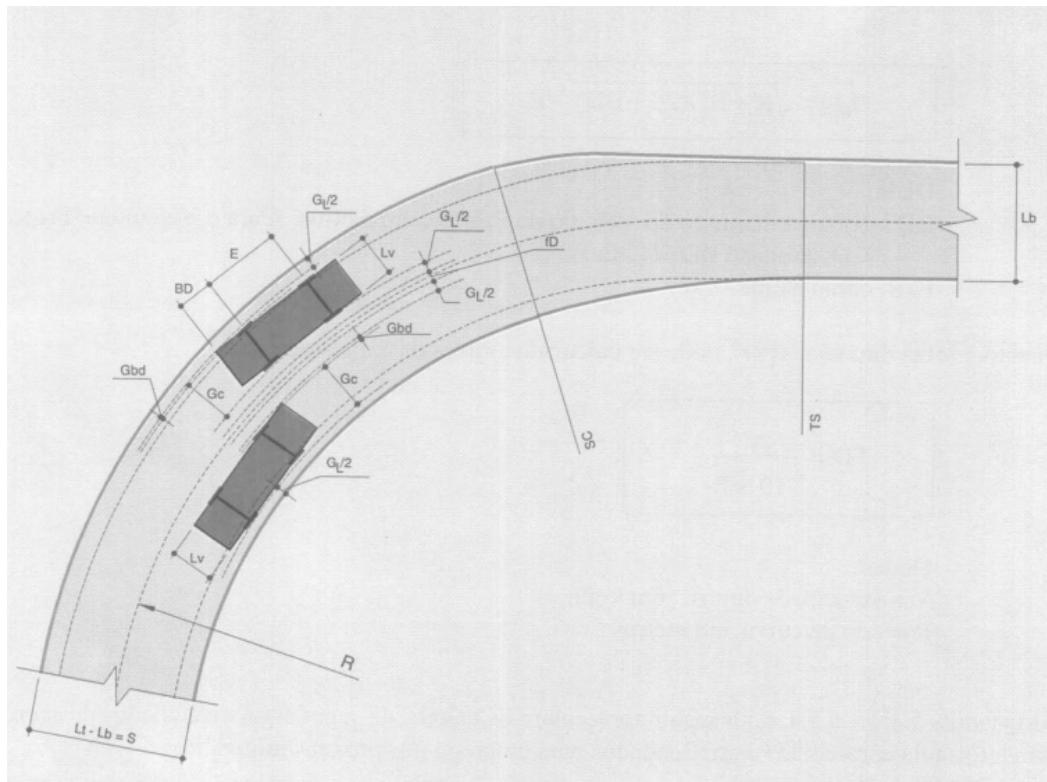
FONTE: BRASIL (1999, p. 92)

#### 4.1.7 Superlargura

A superlargura é outro elemento existente dentro de curvas para aumento da segurança dos usuários de rodovias. Ela é um acréscimo da largura de pista em momentos de curva e esse acréscimo é feito gradativo da tangente até chegar o desenvolvimento de curva.

A largura das pistas de uma rodovia é gerada a partir das larguras dos veículos que nela transitam, desta forma, para rodovias onde transitam muitos caminhões, as larguras são maiores que nas rodovias onde somente transitam veículos de passeio. Levando em consideração esta variação de larguras veiculares é necessário um acréscimo de largura nas curvas assegurando que veículos de maior dimensão consigam realizar o trajeto com sucesso. A figura que segue demonstra a superlargura aplicada a uma curva suprindo a necessidade de maior espaço do veículo.

FIGURA 29 – REPRESENTAÇÃO DE SUPERLARGURA DENTRO DE UMA CURVA



FONTE: BRASIL (1999, p. 75)

## 5 LOCAÇÃO DE OBRAS

A locação de obras também é uma das responsabilidades da topografia. Através do levantamento topográfico é realizada a representação do terreno através do MDT. Em seguida, o projeto é adaptado ao terreno e posteriormente ele deve ser locado na superfície real. Mas, como realizar esta locação?

A primeira etapa é desenvolver o levantamento planialtimétrico no terreno e fincar piquetes de controle que, após o processamento dos dados levantados, possuirão coordenadas conhecidas. Estas estacas não devem ser movidas ou retiradas do local e, devem ser mantidas no mínimo 2 destas.

Após o processamento de dados e obtenção das coordenadas de todos os pontos coletados em campo, deve-se criar as curvas de nível para que o projeto seja sobreposto à área do terreno. Este projeto, preferencialmente, não deve sobrepor as coordenadas dos piquetes mantidos no terreno.

Em seguida, com o projeto de fundação, deve-se calcular os ângulos e distâncias entre os pontos de locação (oriundos do projeto de locação da fundação) e a estação total, empregando o ângulo entre a Ré e a Irradiação, gerando uma planilha de ângulos e distâncias. Esta planilha será a orientação do técnico em campo para que o serviço seja mais dinâmico, sendo necessária a identificação do ponto de Ré e a aquisição do ângulo e distância para o ponto a ser locado. A figura a seguir demonstra uma locação de obra com estacas metálicas para perfuração do solo.

FIGURA 30 – LOCAÇÃO DE OBRA COM ESTACAS METÁLICAS



FONTE: O autor

## 6 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) é um documento que atesta a responsabilidade de quem desenvolveu o projeto ou executou a obra sobre o trabalho executado. A ART é instituída de acordo com a Lei n° 6.496, de 7 de dezembro de 1977, que estabelece que as atividades relacionadas a serviços ou obras de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia ou Meteorologia deverão ser objeto de anotação no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA).

O CREA não possui a mesma sistemática em todos os estados do Brasil e a interface on-line para emissão de ART também é diferente de acordo com

a localidade onde é realizado o trabalho. Caso o profissional tenha realizado trabalhos no estado do Espírito Santo, mas possui CREA ativo somente no estado de São Paulo, será necessário fazer uma migração de dados para ativar um valor de registro no Espírito Santo. Até o ano de 2019 (ano em que foi escrito este livro didático), não é cobrada nenhuma taxa ou valor anual para manutenção do CREA quando migrado para outro estado, desde que o profissional esteja em dia com o seu respectivo Conselho Regional.

Para emitir ART é necessário que o profissional tenha ensino técnico ou superior reconhecido pelo MEC e pelo CREA, podendo assim ser registrado como profissional vinculado ao conselho. A ART é um dos documentos que valoriza o profissional, pois evita que indivíduos realizem ilegalmente a prática da profissão, resultando que diversos órgãos públicos solicitem a ART, atestando que um profissional qualificado executou os serviços. Para todos os serviços de topografia é indicada a emissão de ART comprovando os serviços executados e comprovante a execução do mapeamento.

Preencher os dados e emitir a ART é um procedimento simples, entretanto, deve-se ter cuidado no preenchimento para que seja especificado somente o que lhe é responsabilidade de acordo com as atividades executadas para que o profissional não possa ser penalizado por tarefas alheias.

## 7 MEMORIAL DESCRIPTIVO

O memorial descritivo é outro documento que é resultado de um levantamento topográfico. Através dele é possível descrever textualmente um levantamento topográfico por meio de coordenadas, azimutes ou rumos, e distâncias. Geralmente é, junto com a ART e planta topográfica, um documento solicitado por prefeituras e cartórios para regularização de terrenos em quaisquer áreas (urbanas ou rurais).

Através do memorial descritivo é possível lançar vetores em softwares CAD para reprodução de uma planta topográfica que foi extraviada. Para fazer isso é necessário que o responsável técnico tenha conhecimentos dos azimutes, distâncias e coordenadas descritas na planta, entretanto, memoriais descritivos contendo estes tipos de informações são geralmente atualizados.

Os memoriais descritivos que retratam terrenos de posse antiga não são georreferenciados e não possuem coordenadas. Para conseguir gerar geometrias destes memoriais descritivos抗igos é necessária uma boa procura por dados em cartórios e prefeituras ou, caso contrário, encontrar plantas atualizadas dos vizinhos. Caso nenhuma destas alternativas tenha resultado é necessário realizar o levantamento topográfico georreferenciado do terreno e solicitar assinatura de anuência de todos os vizinhos para posteriormente registrar em cartório. A seguinte figura apresenta um exemplo de memorial descritivo empregado na delimitação de uma área rural:

FIGURA 31 – MEMORIAL DESCRIPTIVO

### Memorial descritivo da Área total

**Município:** São Pedro de Alcântara

**Área:** 20.000 m<sup>2</sup> ou 2,0000 ha

**Perímetro:** 664,45 m

**Proprietário:**

Inicia-se a descrição deste perímetro no vértice V1, definido pelas coordenadas E: 711.878,439 m e N: 6.945.163,393 m, confrontando com a **Estrada municipal S.P.A. 154**, segue por **cerca** com azimute 220° 24' 55,35" e distância de 25,98 m até o vértice M7, definido pelas coordenadas E: 711.861,598 m e N: 6.945.143,616 m com azimute 254° 33' 08,13" e distância de 25,76 m até o vértice M8, definido pelas coordenadas E: 711.836,767 m e N: 6.945.136,754 m com azimute 272° 25' 10,25" e distância de 44,84 m até o vértice V3, definido pelas coordenadas E: 711.791,966 m e N: 6.945.138,647 m; confrontando com terras de , segue por **divisa não materializada** com azimute 163° 39' 56,72" e distância de 105,37 m até o vértice V2, definido pelas coordenadas E: 711.821,600 m e N: 6.945.037,531 m; confrontando com a **Estrada municipal S.P.A. 154**, segue por **cerca** com azimute 102° 01' 22,44" e distância de 15,97 m até o vértice M1, definido pelas coordenadas E: 711.837,222 m e N: 6.945.034,204 m com azimute 159° 05' 18,49" e distância de 18,42 m até o vértice M2, definido pelas coordenadas E: 711.843,796 m e N: 6.945.016,998 m com azimute 169° 32' 26,38" e distância de 38,81 m até o vértice M3, definido pelas coordenadas E: 711.850,841 m e N: 6.944.978,836 m com azimute 158° 01' 26,65" e distância de 13,44 m até o vértice M4, definido pelas coordenadas E: 711.855,871 m e N: 6.944.966,370 m com azimute 135° 08' 51,00" e distância de 8,90 m até o vértice M5, definido pelas coordenadas E: 711.862,148 m e N: 6.944.960,061 m com azimute 121° 50' 09,48" e distância de 15,49 m até o vértice M6, definido pelas coordenadas E: 711.875,305 m e N: 6.944.951,892 m com azimute 144° 26' 58,65" e distância de 45,32 m até o vértice V4, definido pelas coordenadas E: 711.901,655 m e N: 6.944.915,019 m; confrontando com terras de , segue por **divisa não materializada** com azimute 73° 28' 37,44" e distância de 61,11 m até o vértice V5, definido pelas coordenadas E: 711.960,239 m e N: 6.944.932,398 m; confrontando com terras de , segue por **divisa não materializada** com azimute 340° 29' 58,99" e distância de 73,79 m até o vértice V6, definido pelas coordenadas E: 711.935,608 m e N: 6.945.001,953 m com azimute 340° 29' 59,78" e distância de 171,26 m até o vértice V1, encerrando este perímetro.

Todas as coordenadas aqui descritas estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e encontram-se representadas no Sistema UTM, referenciadas ao Meridiano Central 51 WGr, tendo como datum o SIRGAS-2000. Todos os azimutes e distâncias, área e perímetro foram calculados no plano de projeção UTM.

São Pedro de Alcântara, Quinta-feira, 08 de maio de 2014.

---

FONTE: O autor

Variações podem ser feitas nos memoriais descritivos. É um padrão em cartórios e prefeituras a exigência de que este documento seja todo textual, entretanto, é possível inserir tabelas de coordenadas e imagens para facilitação da interpretação de um usuário que não esteja acostumado com este tipo de registro.



## LEITURA COMPLEMENTAR

### **AVALIAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT) E DECLIVIDADE UTILIZANDO DIFERENTES INTERPOLADORES A PARTIR DE DADOS LiDAR**

E. G. Santos  
J. Gerente  
P. Negrão  
B. Hass

**RESUMO:** O sistema Light Detection and Ranging (LiDAR) é uma das tecnologias mais recentes para obtenção de dados altimétricos com alta precisão e resolução espacial. Para geração de Modelo Digital de Terreno (MDT) a partir de dados LiDAR são necessários alguns procedimentos, sendo um deles a interpolação dos dados. Nesse contexto, tendo em vista a existência de diversos algoritmos de interpolação para a geração de MDT's por meio de dados LiDAR, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os MDT's gerados a partir de dados LiDAR quando utilizados três interpoladores (KNNIDW, Triangulação de Delaunay e Krigagem), comparando-os com o levantamento aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina, e avaliando também, a declividade do terreno. A área de estudo concentra-se no estado de Santa Catarina entre os municípios de Doutor Pedrinho e Rio Negrinho. O MDT adquirido do aerolevantamento do estado de Santa Catarina apresentou uma textura mais suavizada, enquanto que os modelos gerados a partir dos três métodos abordados neste estudo, não apresentaram tal suavização. A diferença entre os MDT's foi muito pequena, ficando em torno de -5 e 0 m, sendo neste caso, o método de Delaunay a mais indicada, pois há uma menor exigência computacional para o processamento.

Palavras-chave: Interpoladores. LiDAR. Estereoscopia. Modelo Digital de Terreno.

#### **1 INTRODUÇÃO**

O uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) em aplicações ambiental e florestais tem aumentado significativamente (CHAGAS, 2010). Principalmente no que se refere à modelagem e quantificação de parâmetros que são utilizados para caracterizar um ambiente, como por exemplo declividade, volume, biomassa e carbono florestal. A quantificação destes parâmetros, a partir de dados de sensores remotos utilizam, em suas maiorias, informações a respeito da altura, bem como Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Superfície (MDS) (MUANE, 2007).

A geração de Modelos Digitais de Terreno pode ser realizada por meio de diferentes técnicas, sejam elas analógicas ou digitais. Esta geração também depende do tipo de dado que se utiliza, sendo o *laser scanner* amplamente utilizado nestas aplicações (SANTOS, 2004). O sistema *Light Detection and Ranging* (LiDAR)

é uma das tecnologias mais recentes para obtenção de dados altimétricos com alta precisão e resolução espacial. Para a obtenção de Modelos Digitais de Terreno (MDT's) a partir de dados LiDAR são necessários alguns procedimentos, sendo que um deles é a interpolação dos dados, de modo a criar uma grade contínua.

Existem muitas técnicas para representação da superfície terrestre, as quais são geralmente baseadas em algoritmos de interpolação (LANCASTER; SALKAUSKAS, 1990). Cada interpolador possui suas características e algoritmos específicos, em geral, são divididos quanto à organização dos dados em malhas regulares ou irregulares. No caso dos interpoladores regulares (*inverse distance weighting* - IDW e Krigagem) os valores são formados pela malha regular estabelecida, que podem conter um ponto amostrado. Já os interpoladores de malha irregular conectam-se aos pontos formando triângulos, onde as arestas são interpoladas linearmente (Triangulação de Delaunay) (SANTOS *et al.*, 2008).

O interpolador KNNIDW, acrônimo para *Knearest neighbor* (KNN) *inverse distance weighting* (IDW), determina o valor das novas células de elevação por meio do cálculo do inverso da distância ponderada pela média dos valores dos pontos de  $k$  vizinhos mais próximos. A Krigagem (Kriging) é um interpolador que calcula a elevação de um ponto de interesse a partir da média ponderada das amostras de sua vizinhança, distribuindo os pesos de acordo com a variabilidade espacial (determinada por análises geoestatísticas) dessas amostras. Por último, o Delaunay é um tipo de interpolador linear baseado na triangulação de Delaunay, a qual é muito utilizada em sistemas computacionais pelo fato de otimizar a criação dos triângulos de modo que eles não possuam ângulos internos muito pequenos.

Nesse contexto, tendo em vista a existência de diversos algoritmos de interpolação para a geração de MDT's, estudos que realizam comparações e análises entre estes diferentes métodos podem contribuir para o entendimento do potencial e das limitações de cada interpolador, principalmente quando aplicados a dados LiDAR. Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar os Modelos Digitais de Terreno gerado a partir de dados LiDAR quando aplicados três métodos (KNNIDW, Triangulação de Delaunay e Krigagem) comparando-os com o levantamento aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina, além de avaliar a declividade do terreno.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está inserida na bacia do Rio Itajaí, entre os municípios de Rio Negrinho e Doutor Pedrinho localizados no estado de Santa Catarina, na mesorregião denominada de Vale do Itajaí (Figura 1). Neste local houve a coleta de dados LiDAR no ano de 2013, as características do voo e configurações do equipamento para a aquisição dos dados estão resumidas na Tabela 1. Estes dados foram adquiridos no âmbito do Projeto Paisagens Sustentáveis. Um projeto idealizado e coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), juntamente com Serviço Florestal dos Estados Unidos (United States Forest Service - USFS).

Além dos dados LiDAR para a área apresentada na Figura 1, o estado de Santa Catarina possui o Modelo Digital de Terreno (MDT) produzido por estereoscopia óptica entre as imagens adquiridas no levantamento aerofotogramétrico do Estado realizado em 2012, com escala 1:10.000, possuindo resolução espacial de 1 metro com precisão altimétrica também de 1 metro.

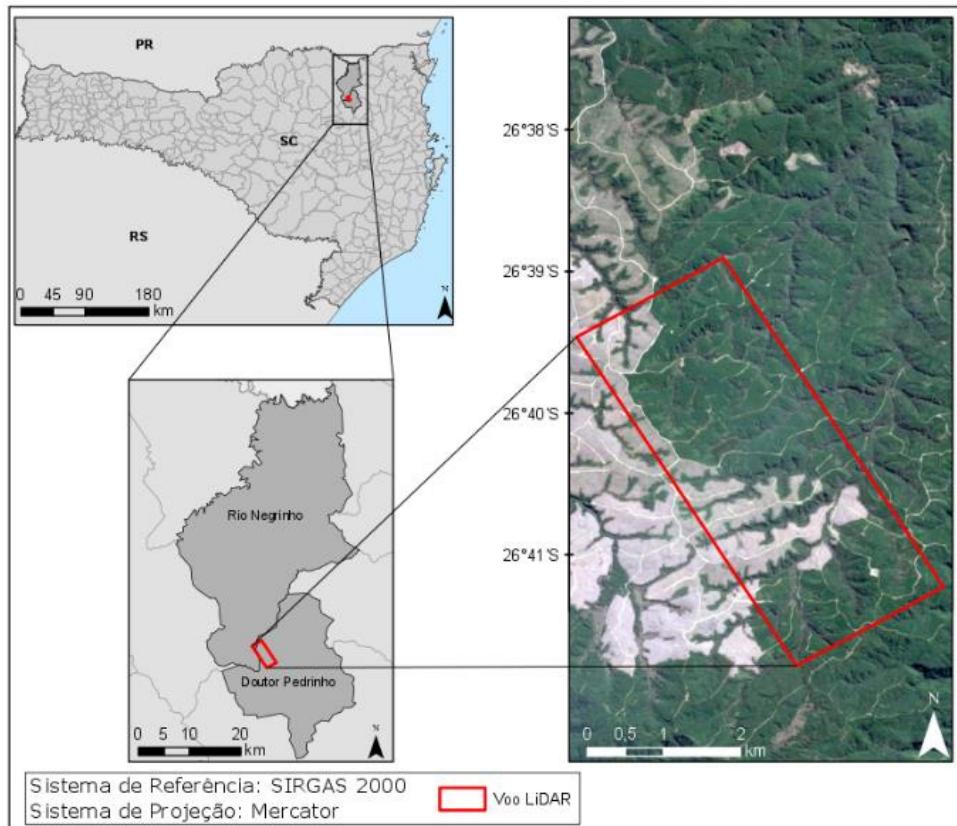


Fig. 1 – Mapa de localização da área de estudo sobre a imagem do Sentinel 2/MSI na composição cor verdadeira R(4) G(3) B(2) em relação aos municípios de Rio Negrinho e Doutor Pedrinho.

Tabela 1 – Características da aquisição dos dados LiDAR

Atributo	Características
Sensor	Optech Orion
Data da Aquisição	dez/2013
Densidade média de pontos	22,13 pts/m <sup>2</sup>
Frequência	67,5 Hz
Sobreposição entre faixas	65%
Altura de voo	853 m
Ângulo de varredura	11º
Área sobrevoada	1000 ha

## 2.1 Processamento dos dados LiDAR

A nuvem de pontos LiDAR foi processada para gerar o MDT, primeiramente, aplicou-se um filtro sobre a nuvem para a remoção de *outlier*. Nesta etapa são definidos alguns parâmetros que serão considerados para determinar se o ponto é ou não *outlier*, como pontos que estejam muito acima ou abaixo da nuvem de pontos. A próxima etapa do processamento dos dados LiDAR concentrou-se na classificação dos mesmos, na qual, em geral, os pontos são classificados em 5 classes (*Default, ground, low vegetation, medium vegetation e high vegetation*). Como o objetivo é a geração do MDT, o mais importante é a classificação dos pontos na classe *ground*, pois os algoritmos usam somente os pontos desta classe para gerar o Modelo Digital de Terreno. Com isso, a nuvem de pontos foi classificada em duas classes *ground* e *default*.

Com o auxílio do pacote LidAR disponível e implementado em linguagem R (R Core Team, 2017), os dados LiDAR foram processados de modo a gerar os MDT's a partir de três algoritmos de interpolação: Triangulação de Delaunay, KNNIDW e Krigagem. Os MDT's gerados foram comparados com o MDT adquirido do aerolevantamento fotogramétrico do estado de Santa Catarina pela subtração entre eles. Também foi gerada a declividade, tanto para os Modelos Digitais obtidos por meio dos interpoladores, como também para o modelo proveniente do aerolevantamento fotogramétrico.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A declividade gerada a partir do MDT obtido do aerolevantamento fotogramétrico de Santa Catarina apresentou uma textura mais suave, com valores variando entre 0 e 40 % de declividade. Enquanto a elevação extraída do MDT variou entre 916,96 e 1032,62 m (Figura 2).

O MDT adquirido do aerolevantamento do estado de Santa Catarina apresentou uma textura mais suave, enquanto que os modelos gerados a partir dos três métodos abordados neste estudo, não apresentaram tal suavização. Entretanto a semelhança entre os MDT's obtidos com os dados LiDAR foi evidente.

A suavização observada no MDT gerado a partir da estereoscopia implicou diretamente na geração da declividade, pois como o MDT estava mais suave, a declividade apresentou-se mais suave também.

Ao aplicar os três interpoladores para gerar o MDT com os dados LiDAR, o resultado entre eles apresentou grande semelhança e um aspecto menos suavizado, e consequentemente a declividade apresentou-se, visualmente, diferente da obtida com o MDT proveniente da estereoscopia (Figura 3).

Com a diferença realizada entre cada MDT gerado com os interpoladores e o MDT adquirido do aerolevantamento de Santa Catarina, observou-se que

há uma diferença entre os modelos digitais, sendo que esta diferença ficou em torno de -20 e 25 m. Entretanto, para grande parte da área analisada, a diferença entre os modelos ficou em torno de torno de 5 e 0 m. Observa-se que onde houve a maior diferença são áreas mais baixas, áreas que possuem vegetação em sua superfície, e com isso a correlação das imagens para gerar o modelo digital possa ter sido prejudicado.

O aspecto mais suave no MDT proveniente da estereoscopia pode ter favorecido nas maiores diferenças entre os MDT's, pois como não foi aplicado nenhum filtro nos Modelos Digitais de Terrenos obtidos com os interpoladores, houve uma maior diferença nas áreas de maior declividade. Como a diferença entre os MDT's foi muito pequena, a aplicação de um filtro de suavização nos MDT's obtidos com os interpoladores, tornaria a diferença entre eles ainda menor.

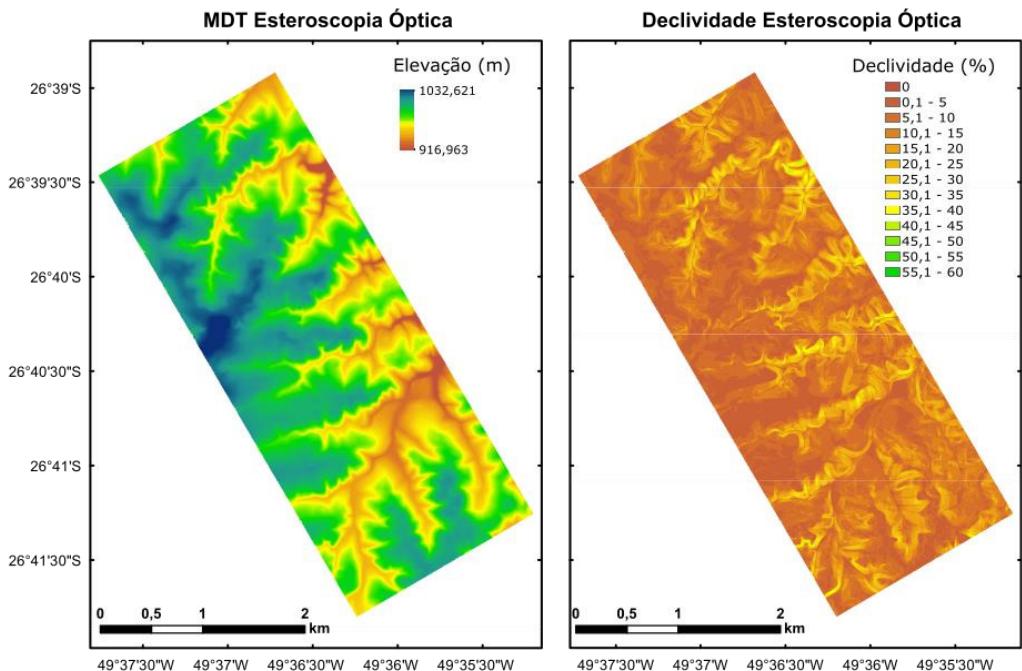
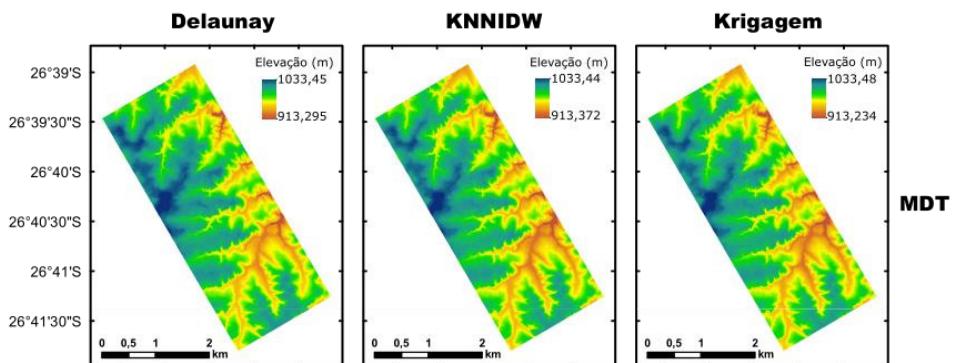


Fig. 2 – Modelo Digital de Terreno e declividades gerados a partir da estereoscopia óptica do estado de Santa Catarina



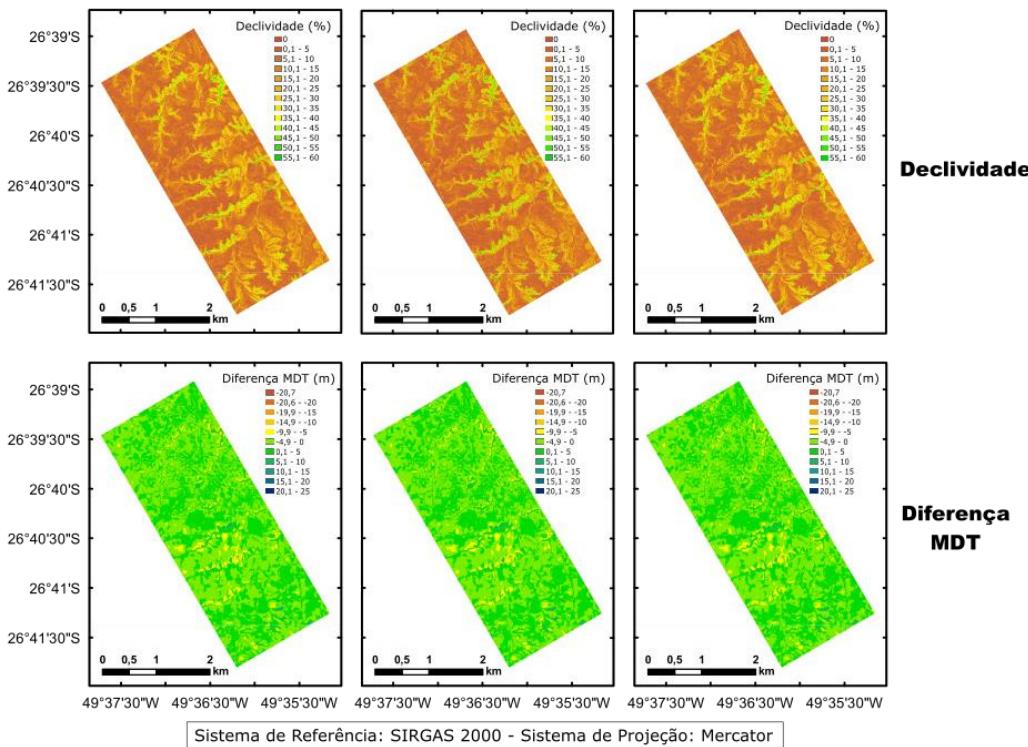


Fig. 3 – Modelo Digital de Terreno, gerado a partir dos dados LiDAR com os interpoladores Delaunay, KNNIDW e Krigagem. Declividade para cada MDT e diferença entre o MDT gerado pelo interpolador e o MDT obtido por estereoscopia óptica

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os MDT's gerados com os interpoladores apresentaram-se muito semelhantes, sendo o obtido pela interpolação de Delaunay, o mais viável devido a menor exigência computacional para o processamento.

A suavização observada a partir da estereoscopia óptica influenciou na comparação, uma vez que não foi aplicado nenhum filtro para suavizar os MDT's obtidos com as interpolações. Isto resultou em uma maior diferença nas áreas de maior declividade. Sendo que no restante da área a diferença ficou entre -5 e 0 m, ressaltando a semelhança entre as técnicas utilizadas para obter o Modelo Digital de Terreno.

FONTE: SANTOS, E. G. et al. Avaliação de modelo digital de terreno (MDT) e declividade utilizando diferentes interpoladores a partir de dados LiDAR. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27; Exposicarta, 26. 2017, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Congresso Brasileiro de Cartografia, 2017. 5p. Disponível em: [http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/530/CT04-87\\_1506793543.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/530/CT04-87_1506793543.pdf). Acesso em: 4 mar. 2019.

# RESUMO DO TÓPICO 3

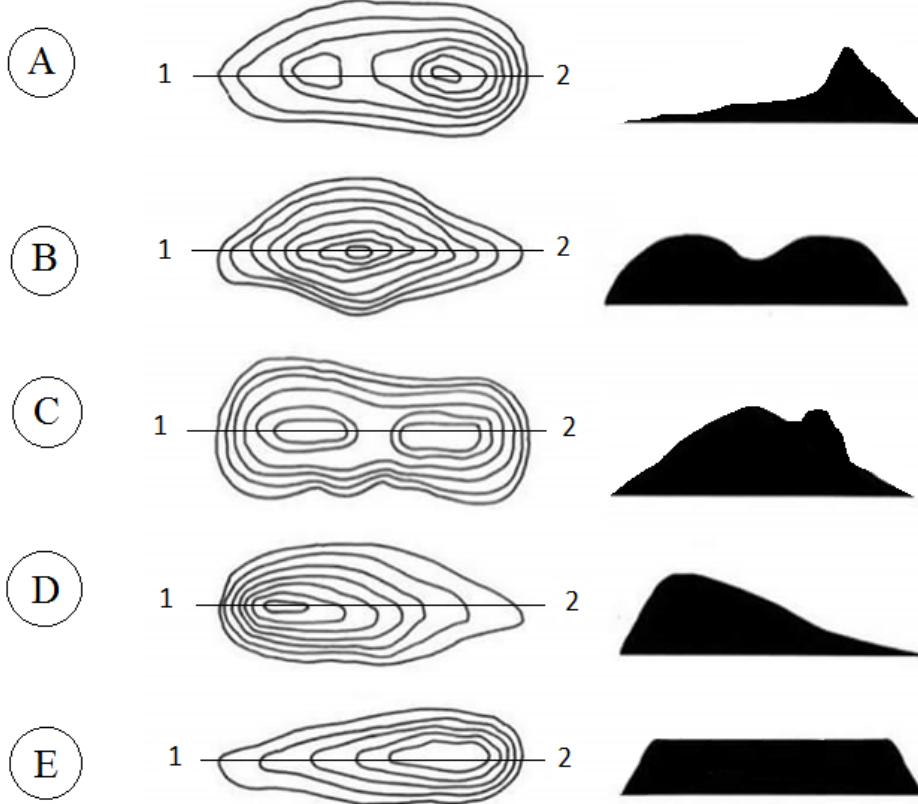
Neste tópico, você aprendeu que:

- Os terrenos podem ser representados através de curvas de nível e triangulação.
- Levantamentos planialtimétrico são capazes de fornecer volumes de terraplanagem.
- Traçados rodoviários são desenvolvidos em projetos e implantados através de estação total ou teodolito.
- Sobre as técnicas de levantamento GNSS temos:
  - Método estático.
  - Método estático rápido.
  - Método semicinemático.
  - Método cinemático.
  - Método relativo cinemático em tempo real (RTK).
- As normas para levantamento topográfico e desenho técnico são:
  - NBR 13.133 – Norma de execução do levantamento topográfico.
  - NBR 10.582 – Norma para apresentação de folha de desenho técnico.
  - NBR 14.166 – Norma para adensamento de rede de referência cadastral.
  - NBR 10.068 – Norma para apresentação de layout de desenho técnico.
- Os produtos da topografia utilizados são:
  - Modelos Digitais de Terreno (MDT).
  - Cálculos de volume.
  - Projeto Geométrico Rodoviário.

## AUTOATIVIDADE



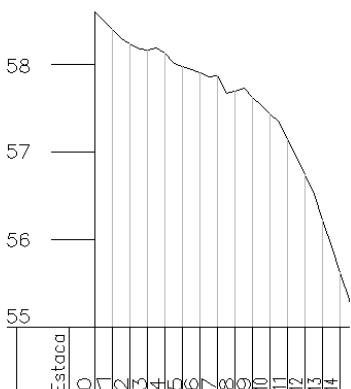
1 A interpretação de curvas de nível é importante para todos os serviços de engenharia para que seja possível interpretar cotas, desniveis e declividades existentes entre pontos de interesse na obra. Através da interpretação de terreno, selecione a opção que correlaciona **corretamente** a descrição do terreno por meio das curvas de nível com o seu respectivo perfil longitudinal:



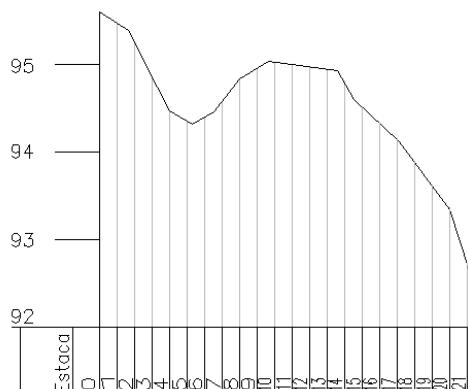
FONTE: O autor

2 Um terreno pode ser descrito através de sua declividade. Esta declividade é importante para o desenvolvimento de projetos hidráulicos, escoamento hídrico, terraplanagem e outros levantamentos e projetos de engenharia. Para esta análise é utilizado o perfil longitudinal e sobre ele trabalhados os projetos. O perfil longitudinal é necessário para a determinação de cotas num terreno, portanto é necessário interpretá-lo para usá-lo. A seguir, verifique os perfis longitudinais considerando a distância e estaqueamento igual nos dois e assinale a alternativa CORRETA:

Perfil Longitudinal 01



Perfil Longitudinal 02



FONTE: O autor

- a) ( ) Ambos os perfis descrevem terrenos nos mesmos intervalos de cotas, mas com geometrias diferentes.
- b) ( ) Ambos os terrenos possuem declives sem nenhum trecho de acidente. Este tipo de terreno é ótimo para escoamento hídrico.
- c) ( ) A descrição altimétrica do perfil longitudinal é feita sobre um eixo estaqueado projetado sobre a superfície mapeada, portanto, a descrição do terreno, somente baseada no perfil longitudinal, é incompleta. Para que a descrição seja melhor são necessárias seções transversais.
- d) ( ) No Perfil Longitudinal 01 é apresentado um terreno onde só existe declive e também um intervalo de estaqueamento menor, resultando em um projeto menos trabalhoso.
- e) ( ) O Perfil Longitudinal 02 é maior, entretanto a quantidade de aterro para inserção de projetos é visivelmente maior.

# REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166**: Rede de referência cadastral. 1. ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1998. 23 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.133**: Execução de levantamento topográfico. 1. ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1994. 35 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.582**: Apresentação da folha para desenho técnico. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1988. 4 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.068**: Folha de desenho – Leiaute e dimensões. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1987. 4 p.

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Relatório descritivo das atividades de levantamento de informações e montagem do banco de dados – Anexo 2: Levantamento da frota, análise e estimativa dos níveis de emissão de GEE da DUM**. São Paulo, 2013.

BRASIL. INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília, 2013. Disponível em: [http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual\\_tecnico\\_de\\_posicionamento\\_1\\_edicao.pdf](http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf). Acesso em: 12 dez. 2018.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Senado Federal, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Rio de Janeiro, 1999. 195 p. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/706\\_manual\\_de\\_projeto\\_geometrico.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/706_manual_de_projeto_geometrico.pdf). Acesso em: 30 dez. 2018.

BRASIL. DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997. 269 p. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/ipr\\_new/..%5Carquivos\\_internet%5Cipr%5Cipr\\_new%5Cmanuais%5CDNER-700-GTTR.pdf](http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CDNER-700-GTTR.pdf). Acesso em: 30 dez. 2018.

CÂMARA, G. et al. **Análise espacial e geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2002. 26 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2018.

CASACA, J. M.; MATOS, J. L.; DIAS, J. M. **Topografia geral**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

COLLISCHONN, C. et al. **Módulo III – unidade curricular topografia I**. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/>. Acesso em: 20 mar. 2019.

GOOGLE. **Google Earth**. 2001. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 30 dez. 2018.

GONÇALVES, J. A.; MADEIRA, S.; SOUSA, J. J. **Topografia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Lisboa: Lidel, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema geodésico brasileiro: rede altimétrica**. 2018a. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/altimetrica.shtm>. Acesso em: 4 out. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia: Representação Cartográfica**. 2018b. Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoes/representacao.html](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoes/representacao.html). Acesso em: 10 out. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual do usuário: aplicativo on-line IBGE-PPP**. Rio de Janeiro: Abril, 2017a. Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual\\_ppp.pdf](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual_ppp.pdf). Acesso em: 27 fev. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estações de RBMC**. 2017b. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7>. Acesso em: 30 dez. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rede altimétrica do sistema geodésico brasileiro**. 2017c. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/rede\\_altimetrica/cartograma/altitotal.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_altimetrica/cartograma/altitotal.pdf). Acesso em: 28 set. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Datum altimétrico brasileiro**. 1990. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/1990-datum%20altimetrico%20brasileiro.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

LEE, S. H. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. 4. ed. Revisada e ampliada – Florianópolis: Editora da UFSC, 2013.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia contemporânea**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000.

MCCORMAC; J. C. **Topografia**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Gravity anomaly maps and the geoid**. 2004. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GRACE/page3.php>. Acesso em: 5 out. 2018.

ROCHA, C. H. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. 3. ed. Juiz de Fora: Edição do autor, 2007. 220 p.

SOUZA, C. R. **Interferidores de GPS**: análise do sistema e de potenciais fontes de interferência. 2005, 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro 2005. Disponível em: [http://www.pgee.ime.eb.br/pdf/carlos\\_sousa.pdf](http://www.pgee.ime.eb.br/pdf/carlos_sousa.pdf). Acesso em: 5 out. 2018.