



# TOPOGRAFIA & AGRICULTURA DE PRECISÃO

JOSÉ MACHADO JÚNIOR

## Ficha Catalográfica

---

C672p Machado Júnior, José  
Topografia e Agricultura de Precisão / José  
Machado Júnior – 1º Ed. Recife: 2023.  
315p

978-65-00-59259-7

Referências.

1. Planimetria. 2. Altimetria. 3. Automação  
Topográfica 4. Levantamento Topográfico 5. Localização  
Topográfica 6. Batimetria 7. Agricultura 8. Agricultura  
de Precisão

CCD:620

---

# AUTOR

## **José Machado Júnior**

Natural de Recife, Brasil. Autor dos livros Topografia Geral e Topografia Básica, possui graduação e mestrado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). É professor de Topografia e Agricultura de Precisão, do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, desde 2012, estando atualmente no quadro de professor Associado. Atua na Área de Topografia, desde 2008.

E-mail: machadojr@ufrpe.br

# APRESENTAÇÃO

Este é um livro gratuito destinado aos alunos dos cursos Superiores e Técnicos, com intuito, e de forma didática, trazer os principais pontos da Topografia e Agricultura de Precisão. Nele, estudaremos os passos da Topografia, desde a civilização egípcia até os modernos GNSS, Laser-Scan e Estações Totais, além de muito conceito da Agricultura de Precisão. Espero que seja muito proveitoso para você e que o traga bons dias de estudo.

José Machado Jr.

# SUMÁRIO

## TOPOGRAFIA

Capítulo 1 - Introdução à Topografia .....	7
Capítulo 2 - Equipamentos Topográficos .....	18
Capítulo 3 - Escalas .....	40
Capítulo 4 - Ângulos Importantes à Topografia .....	48
Capítulo 5 - Medições de Distâncias Horizontais .....	58
Capítulo 6 - Taqueometria.....	66
Capítulo 7 - Levantamento e locação Topográfica Planimétrica .....	71
Capítulo 8 - Cálculo de fechamento de poligonal.....	84
Capítulo 9 - Cálculo de Área.....	97
Capítulo 10 - Introdução à Altimetria .....	108
Capítulo 11 - Nivelamento Geométrico.....	130
Capítulo 12 - Perfil Longitudinal, Declividade e Seção Transversal .....	150
Capítulo 13 - Nivelamento Trigonométrico.....	171
Capítulo 14 - Curvas de Nível .....	175
Capítulo 15 - Batimetria.....	195
Capítulo 16 - Cálculo de Volume.....	200

## AGRICULTURA DE PRECISÃO

Capítulo 1 – Introdução à Agricultura de Precisão .....	208
Capítulo 2 – Agricultura de Precisão e o Meio ambiente.....	240
Capítulo 3 – GNSS na Agricultura de Precisão.....	244
Capítulo 4 – Mapas temáticos e sensores de produtividade.....	250

Capítulo 5 – Agricultura de Precisão no morango.....257

Capítulo 6 – Uso do programa Surfer para Agricultura de Precisão  
.....263

**Referências .....312**

# TOPOGRAFIA



# **CAPÍTULO 1**

## INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA

### **1. História da Topografia**

No início do processo evolutivo do homem, o ser humano vivia de forma isolada, em pequenos grupos, conhecidos como homens das cavernas. Os primeiros povos que habitavam a Terra eram os nômades. Nessa época, o conceito de sociedade e vila ainda não existiam.

Após muitas adversidades, como a falta de comida e água, guerras e ataques de outros bandos e animais, o homem sentiu a necessidade de se estabelecer em um local fixo, tornando-o sedentário, e com o passar do tempo, criou uma sociedade simples, daí surgiu a necessidade de ocupar, delimitar, expandir e usar a terra de forma mais racional, sendo estes, os primeiros passos da civilização e da Topografia se encaminhando.

As atividades agrícolas e civis foram se desenvolvendo aos poucos, como criação de canais de irrigação, técnicas mais avançadas de cultivo e a construção de moradias, mais fortes e duradouras.

Para a continuidade desse desenvolvimento, o homem teve que aprimorar técnicas de Topografia, como determinação de

alinhamentos, ângulos, localizações, posições, alturas, entre outros, porém, tudo ainda de forma primária, mas a sociedade cada vez mais aumentava, surgindo assim, instrumentos importantes para a Topografia para suprir esse avanço social.

A primeira sociedade constituída de vilas mais complexas foi a egípcia. Os egípcios eram bastante hábeis na produção agrícola, pois tinham o rio Nilo como principal fonte de água, e as experiências com as cheias do rio, deram embasamento para trabalhar com as dificuldades da agricultura. Nessa época, eles construíram as pirâmides para guardar os faraós mortos, afim de que, eles se eternizassem. Aprenderam técnicas de alinhamento, posição e ângulos, pois as pirâmides de Gizé, possuíam suas arestas voltadas para os pontos colaterais, ângulos quase que em 90° e as distâncias de suas bases não passavam de 20 cm de erro, se comparado entre elas.

Nessa época, criaram também a Groma Egípcia que era um instrumento bastante rudimentar, capaz de fazer alinhamentos, definir ângulos retos ou determinados por eles, nivelar, entre outras possibilidades. Também no Egito, existiram os primeiros profissionais responsáveis por fazer medições, os esticadores de cordas. Esses esticadores eram profissionais como se fossem os topógrafos de hoje. Eram responsáveis por fazer medições verticais, horizontais e ângulos, através de suas cordas de valores definidos por eles.

Posterior aos egípcios, vieram os fenícios, mesopotâmicos, chineses, hebreus, gregos e romanos.

Os povos fenícios construíram uma civilização rica e próspera, apresentavam capacidade em construções, sendo a obra mais importante, a construção do Templo de Jerusalém, na época do Rei Salomão. Os mesopotâmicos tinham bastante habilidade em construção de templos e túmulos, principalmente, com aspecto artístico evidente.

Ao longo dos anos, a sociedade humana se desenvolveu e com ela também se desenvolveram os instrumentos topográficos, de acordo com a necessidade de evolução da sociedade. De instrumentos rudimentares, como gromas, cordas, entre outros, surgiram instrumentos mais modernos, como os Teodolitos mecânicos, como por exemplo, o Teodolito Vasconcelos.

Mas a sociedade não parou, e construir já não demorava tanto tempo quanto anteriormente, e a necessidade de construções com mais acurácia em suas medições foram necessárias.

De Teodolitos mecânicos, com o avanço, foram criados os Teodolitos eletrônicos nos anos 80/90 até a chegada das Estações Totais e do uso com mais exatidão do GNSS, através da retirada do erro intencional nos anos 2000.

Contudo, o avanço ainda continua, hoje usamos as mesmas Estações Totais de anos atrás com acurácia maior e programas que facilitam seus trabalhos. GNSS com tecnologias para uso de metodologias de ponta, como o RTK, Drones também surgem para uso de localização e Fotogrametria de alta resolução e Laser-Scan nos trazem uma imagem tridimensional de altíssima resolução,

devido à grande capacidade de armazenamento de seus dados. E assim por diante, surgem novas técnicas, instrumentos e ideologias para representar o terreno e seus elementos.

## 2. Noções gerais da Topografia

### a) Conceito

A origem da palavra Topografia vem dos significados gregos *Topos Graphen*, que significa para nós, **descrição de um lugar**.

Alguns autores definem Topografia, resumindo e unindo os pensamentos, como estudo de uma porção do terreno e seus elementos, não levando em conta a curvatura da Terra.

“A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para se obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana” (Doubek - 1989).

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” (Espartel - 1987).

“A Topografia é uma ciência que estuda, projeta, representa, mensura e executa uma parte limitada da superfície terrestre não levando em conta a curvatura da Terra, até onde o erro de esfericidade poderá ser desprezível, e considerando os perímetros, dimensões, localização geográfica e posição (orientação) de objetos de interesse que estejam dentro desta porção” (Coelho Júnior *et al.* - 2020).

## b) Geodésia

A Geodésia, palavra que vem do grego, ato de dividir a Terra, ou ainda estudo das divisões geográficas da Terra, é uma ciência capaz de estudar a Terra, seus limites, relevos, formas e posições de toda composição dela. Divide-se em Geodésia Física, Geodésia Geométrica e Geodésia por satélites, da qual a Topografia é um ramo da Geodésia Geométrica.

Tanto a Geodésia Geométrica, quanto a Topografia tem a função de estudar os limites, relevos, posições e localizações da Terra. A diferença é que a Geodésia Geométrica estuda a Terra como um todo e partes dela, pois aceita a curvatura da Terra. A

Topografia fica limitada a uma pequena porção da superfície terrestre por não aceitar a curvatura da Terra, pois tudo é projetado em um plano e para esta projeção ter o mínimo de erro possível, se limita a um determinado raio ou área.

Quando trabalhamos com Topografia, sempre pensamos no plano topográfico e na limitação do terreno, ou seja, todo instrumento que é elaborado para este tipo de trabalho é considerado um instrumento topográfico. Já o receptor de GNSS, por determinar a posição de qualquer ponto da superfície terrestre, não é um instrumento topográfico, e sim, geodésico, porém o resultado de seu produto, é um trabalho topográfico.

### c) Divisão da Topografia

A divisão clássica da Topografia, divide ela em Topologia e Topometria. A topologia é um tipo de Topografia que não se atenta aos valores métricos como distâncias, ângulos, alturas, posições e localizações. Esta apenas se atenta ao formato do relevo, como por exemplo, uma montanha, nesse caso, é representada no relevo como um cone. É um tipo de Topografia bastante inexata e pouco explorada pelos engenheiros, topógrafos e estudiosos comuns da Topografia. Se compararmos os trabalhos desenvolvidos da Topografia, a Topometria engloba em torno de 99,9% e a Topometria apenas 0,1%.

A Topografia que estudaremos nesse livro é a Topometria, ou seja, todos os elementos são estudados de acordo com suas medidas, localizações, posições e se preza pela acurácia.

Desconsiderando a Topologia, a Topografia divide-se em Altimetria, Planimetria e Planialtimetria.

A Planimetria é um ramo da Topografia que tem por finalidade determinar o terreno, com seus contornos, dimensões e posições, em duas dimensões. Na Planimetria não se estuda o relevo da porção limitada da Terra, sendo este, despercebido.

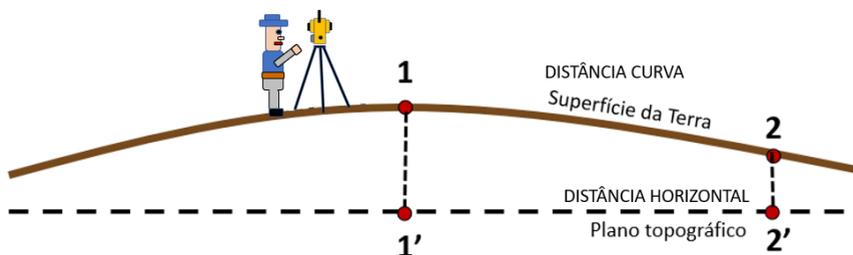
A Altimetria é um ramo da Topografia que tem por finalidade determinar o terreno, com seus contornos, dimensões e posições, em três dimensões. Para Altimetria, o estudo se baseia na altura em questão do terreno, formando o relevo e, por vezes, para estudar essa altura, necessitamos de valores planimétricos, como a distância horizontal para o Perfil, Declividade, Seção Transversal e Curva de Nível. Porém, o estudo é focado na variável principal da Altimetria. Não se deve confundir com Planialtimetria, pois nessa parte da Topografia, o estudo é focado nas variáveis planimétricas e altimétricas, como veremos a seguir.

Na Planialtimetria, o estudo ou até o produto final do trabalho são as variáveis altimétricas e as planimétricas, como por exemplo, o estudo dos limites de uma fazenda, posições, entre outros (Planimetria) em conjunto com as Curvas de Nível (Altimetria).

d) Erro por transformar o curvo em reto (Erro de Esfericidade)

Como vimos mais acima, nos conceitos de Topografia e Geodésia, a Topografia limita-se a uma pequena porção da superfície terrestre, visto que, necessita projetar todos os elementos no plano topográfico, e como foi dito, quanto maior essa transformação de curvo em plano reto, ocorrerá um erro, chamado de Erro de Esfericidade, como vemos na Figura 1.

Figura 1 – Plano topográfico e superfície da Terra.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Quando ocorre a transformação da superfície curva para o plano topográfico haverá o erro e quanto maior a distância ou área trabalhada, maior será este erro, como mostra-se a seguir:

Um grau (1°) de Coordenada Geográfica, equivale a 111,188763 km em distância curva da Terra e 111,177473 km em distância horizontal no plano topográfico, ou seja, quando ocorre essa transformação, temos o Erro de Esfericidade em torno de 11 m, conseqüentemente, em trabalhos com tamanhos menores o erro de esfericidade será menor.

Alguns autores definem que até 50 km de raio, ou seja, basicamente 1° do perímetro da Terra, é possível fazer trabalhos topográficos com erros desprezíveis, ou seja, um pouco abaixo dos 11 m de erro. Já outros autores, afirmam que, até 15 km de raio, o erro é admissível e poderá ser realizado o trabalho topográfico.

Porém, quando se trata de campo, até 2000 ha é economicamente viável, através da Topografia, acima dessa dimensão, deverá ser feito com recursos geodésicos, como o GNSS, por exemplo.

#### e) Levantamento e locação topográfica

O levantamento topográfico é um tipo de trabalho que tem como objetivo coletar os dados e elementos do campo, representados de forma ortogonal, em escala, em um papel ou gráfico para poder se estudar, analisar e fazer alterações.

A locação é o procedimento inverso do levantamento. Nela, deve-se, primeiramente, fazer um levantamento para analisar o projeto, e só assim, fazer alterações e a locação no campo. Esta locação consiste em pegar os elementos do papel e materializarem eles no campo.

Tanto o levantamento topográfico quanto a locação topográfica são procedimentos que se dividem em planimétricos, altimétricos e planialtimétricos, conforme o interesse em relação ao relevo.

Junto a planta desenhada, representando os elementos do terreno, deve-se unir a eles o Memorial Descritivo, ou seja, um documento, onde todo levantamento é descrito, em vez de números, se usam palavras e textos, afim de informar as características da propriedade. Deve-se indicar marcos, coordenadas, entre outras informações que sejam ratificadoras do trabalho em forma de planta.

#### f) Formas geométricas

A Topografia é a geometria aplicada ao terreno real. Tudo que se faz na Topografia, tem fundamento matemático e geométrico. Os contornos, dimensões e localizações envolvem a alguma figura geométrica. Seus elementos principais são ponto, linha, plano e volume.

##### f.1) Ponto

O ponto para a Topografia é a principal unidade geométrica, são neles que são formados os alinhamentos, áreas, volumes, posições, coordenadas, alturas, ou seja, uma infinidade de possibilidades, sendo base para todas as figuras e trabalhos topográficos. Normalmente, os pontos são materializados, de acordo com o tipo de trabalho e terreno específico, por tachas, pregos, parafusos, tintas, ou seja, algo durável e no lugar em que se materializou, não deve ocorrer movimentos, permanecendo sempre fixo e imutável.

#### f.2) Linha

A linha é uma unidade geométrica capaz de formar os alinhamentos dos planos, Alturas de Instrumentos, Alturas de Visadas, Cotas, Altitudes, Diferenças de Nível, e mais uma infinidade de possibilidades, inclusive o plano.

#### f.3) Plano

O plano é uma figura geométrica que consolida os contornos de uma propriedade. É nele que são projetados todos os trabalhos da Topografia, como o plano topográfico. Esse plano poderá ser horizontal, vertical ou inclinado, conforme o trabalho e o terreno.

#### f.4) Volume

O volume é a figura geométrica mais complexa de todas envolvidas. Ele é composto de pontos, linhas e planos, servindo para diversos trabalhos topográficos, como por exemplo corte e aterro.

# CAPÍTULO 2

---

## EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Na Topografia, para se fazer seus trabalhos, há necessidade do uso de equipamentos para medir, localizar, posicionar e averiguar o terreno. Estes equipamentos têm origem desde a civilização egípcia, como a Groma Egípcia até os equipamentos de hoje. No passar dos anos, muito se progrediu quanto aos equipamentos, principalmente instrumentos mais modernos e com maior acurácia.

Os equipamentos topográficos são divididos em instrumentos e acessórios. Neste capítulo, também vamos falar um pouco do GNSS, mas é importante saber que GNSS não é instrumentos topográfico, e sim, geodésico, por ter a capacidade de localizar qualquer ponto na superfície terrestre, porém, especificamente para a Topografia é usado, pois dentro das leis que regem a Topografia (plano topográfico e limitação de área), ele serve para conduzir e dar suporte aos trabalhos.

Dentre os instrumentos teremos Teodolitos, Níveis de Luneta, Estações Totais, os GNSS, Vantes, Distanciômetros Eletrônicos, Trenas, Lasers-scan, entre outros. Já para acessórios, temos Balizas, Miras-falante, Piquetes, Estacas-Testemunha, Níveis de Cantoneira, Bastões com prismas, Tripés, entre outros.

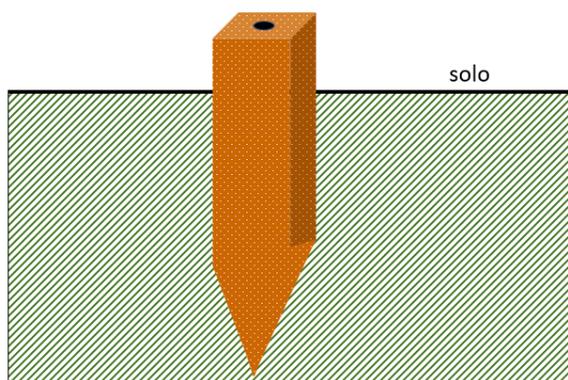
## 1. Acessórios topográficos

### a) Acessórios de materialização de pontos

O principal acessório de materialização de pontos é o Piquete. Seu material pode ser composto de madeira ou plástico, ambos rígidos, duráveis e capazes de furar o solo e receber golpes de marretas, sem ser danificado.

No centro do Piquete, há um ponto pintado ou um prego para indicar o ponto topográfico. Os Piquetes são peças de aproximadamente 15 cm, em formato de paralelepípedo, porém no final, há uma ponta para fincar na terra, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Piquete.

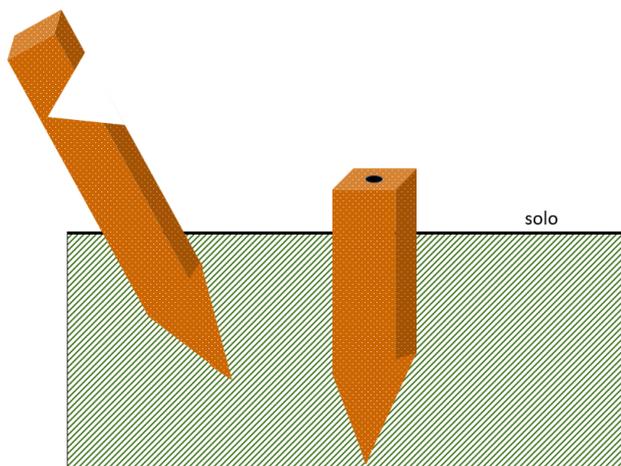


Fonte: Machado Júnior, 2026.

Os Piquetes devem apresentar-se com a parte superior, onde fica o ponto, com 2 a 3 cm acima do nível do solo (para ser avistado) e o restante abaixo do solo (para ser bem fixado).

Como os Piquetes são usados no campo, há possibilidades de se perder de vista, devido ao mato, cor do solo e também por estarem com apenas 2 cm expostos. Portanto, há necessidade de se ter outro acessório para ajudar na localizar dele, chamado de Estaca-testemunha, conforme Figura 3.

Figura 3 – Estaca-testemunha (esquerda) e Piquete.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

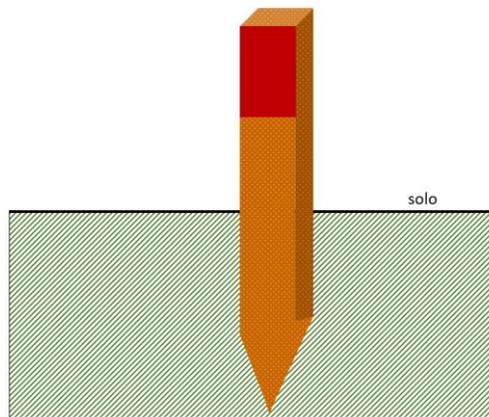
As Estacas-testemunha servem para testemunhar a presença dos Piquetes. Seu formato se assemelha bastante ao Piquete, porém é mais alongado, fino e em sua extremidade, normalmente, há um corte efetuado com característica de triângulo.

As Estacas-testemunha devem estar entre 40 a 50 cm distanciadas do Piquete, seu tamanho deve ser em torno de 40 e 50

cm, inclinadas para o sentido oposto do Piquete e seu corte para o sentido do Piquete (Figura 3).

Outro acessório importante são as Estacas, mas essas não são as Estacas-testemunha. Essas não possuem cortes e não são dispostas de forma inclinada. Essas servem para trabalhos altimétricos de levantamento (através de estaqueamento) e locação. Na locação, se escreve o valor que se quer fazer o corte (negativo) ou aterro (positivo) na própria estaca ou pinta-se uma faixa com o nível de terra que se quer retirar ou colocar no terreno, diferenciando o corte e aterro com a cor, por exemplo, verde para aterrar e vermelho para cortar, conforme Figura 4.

Figura 4 – Estaca.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Outras formas de materializar os pontos são através de pregos e tintas. As tintas devem possuir características químicas que fiquem no local indicado por muito tempo, evitando desgaste do

tempo e da natureza, como por exemplo, tinta esmalte sintético ou tintas-óleo. Tanto prego, quanto tintas são usados em locais extra-solo, pois os solos não são adequados para este tipo de acessório.

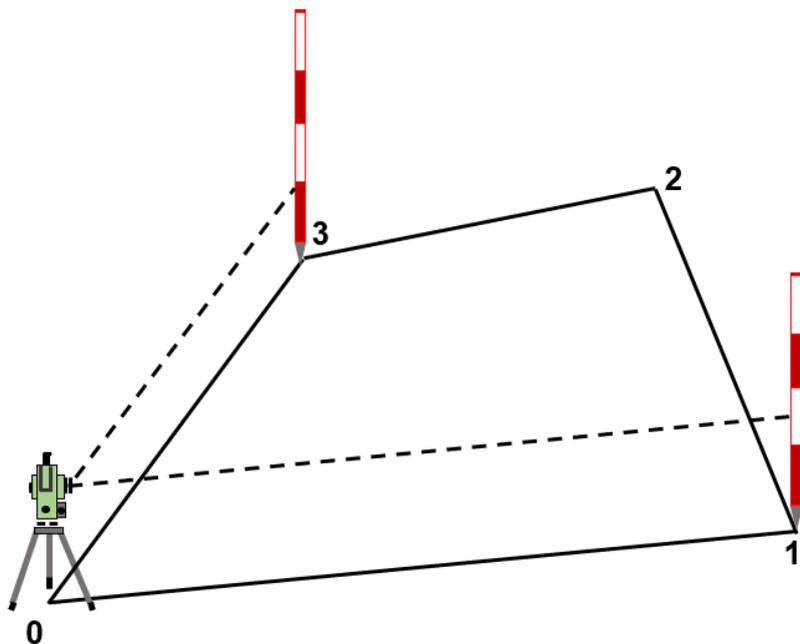
### Balizas

As Balizas são acessórios que tem por finalidade auxiliar as medições de ângulos horizontais, estaqueamentos, medir distâncias horizontais, fazer Perfis, fazer Seções Transversais, criar ângulos retos para Quadriculação do terreno, ou seja, é o acessório mais usado na Topografia, atrás dos Tripés.

Em suas características marcantes, apresentam formato hexagonal alongada (ou arredondada), normalmente de madeira, mas podendo ser de ferro ou alumínio, com uma ponta de alumínio na parte inferior. Apresenta-se por 2 m de comprimento e nas cores vermelha e branca para contrastar com o solo marrom e amarelo, com o céu azul e a vegetação verde, ou seja, em cores menos encontradas na natureza.

Na Figura baixo (5), estão as Balizas servindo para medir o ângulo 3-0-1 da poligonal, em questão. Notem que, o ponto real está no chão, mas elas servem para elevar este ponto, para posteriormente fazer a medição do ângulo mais facilmente.

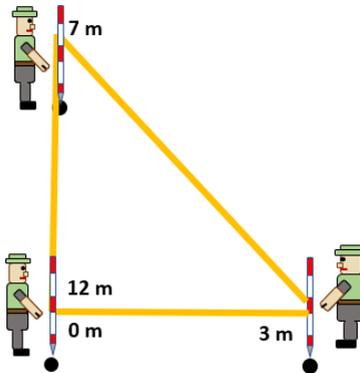
Figura 5- Medição de ângulos através de Balizas.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Como dito anteriormente, elas também servem para auxiliar a criação de ângulos retos para Quadriculação do terreno ou outra situação que necessite de ângulo reto, conforme Figura 6.

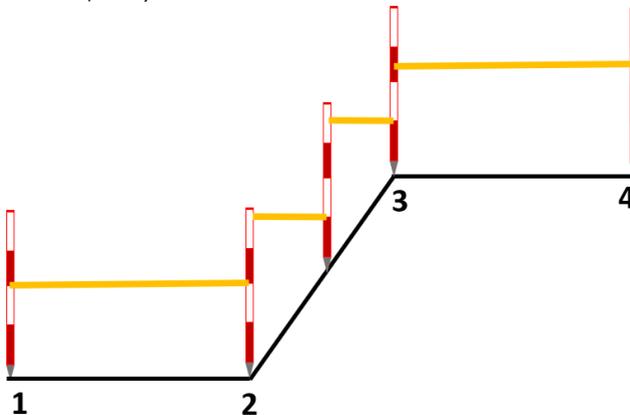
Figura 6 – Formação dos lados 3 m, 4 m e 5 m para obter o ângulo reto.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Na Figura 7 abaixo, as Balizas sendo utilizadas para auxiliar a medição de distâncias horizontais e também para auxiliar a usar segmentos de retas, quando uma trenada não é suficiente para medir o trajeto todo ou o relevo é muito íngreme.

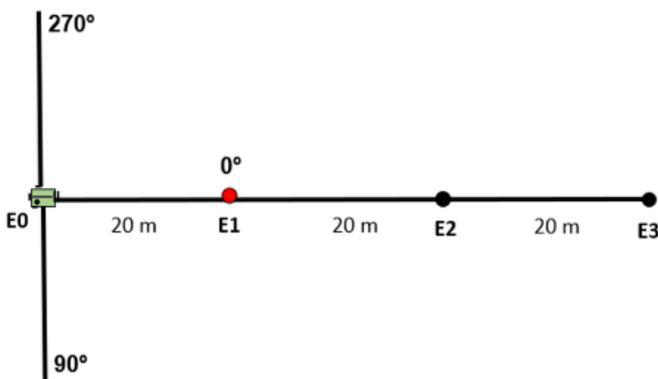
Figura 7 – Balizas auxiliando as medições de distâncias horizontais em relevo íngreme (vista de perfil).



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Também se usa a Baliza para fazer o estaqueamento do Perfil Longitudinal e para gerar o ângulo perpendicular ao Perfil Longitudinal, formando a Seção Transversal, conforme Figura 8.

Figura 8 – Seção Transversal S0 sendo executada (vista superior).



Fonte: Machado Júnior, 2026.

#### b) Miras-falante

As Miras-falante são um tipo de acessório que serve para auxiliar na Altimetria, através do Nivelamento Geométrico e Nivelamento Trigonométrico. A partir dos dados coletados delas, são elaboradas as Curvas de Nível, Perfis Longitudinais e Seções Transversais, para Altimetria. Na Planimetria, servem para auxiliar nas medições de distâncias horizontais, através da Taqueometria. As Miras-falante devem ser usadas, tanto para Altimetria, quanto Planimetria, de forma verticalizada. Sua composição é de alumínio e sua

gradação é em centímetros na parte frontal e milímetros na parte traseira, porém essa parte traseira, de longe, é de difícil visualização, cabendo comumente usar a parte frontal centimetrada, porém a leitura é em milímetros, em ambas situações (Figura 9).

Figura 9 – Mira-falante.

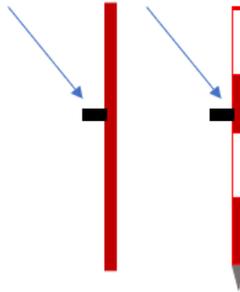


Fonte: Machado Júnior, 2026.

#### d) Nível de Cantoneira

O Nível de Cantoneira (Figura 10) é o acessório do acessório. Serve para auxiliar as Balizas e Miras-falante a estarem verticalizadas. Conta de dois pedaços de alumínio em forma de L, com um nível circular no vértice desse L ou preso nos próprios acessórios (Baliza e Mira-falante), quando vindos de fábrica.

Figura 10 – Posição do Nível de Cantoneira (em tamanho ampliado) nas Miras-falante e Balizas.

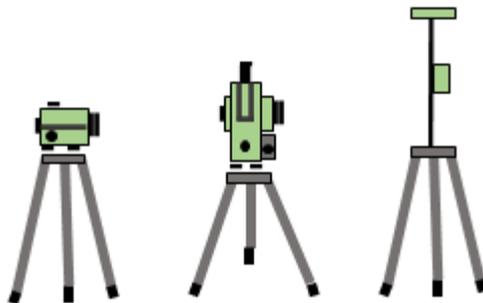


Fonte: Machado Júnior, 2026.

#### e) Tripés

Os Tripés (Figura 11) são acessórios que servem para dar sustento e auxiliam na calagem dos instrumentos. Os Tripés podem ser de madeira, hoje em dia não mais comum, e de alumínio. Os Tripés são utilizados nos Níveis de Luneta, Níveis a Laser, Lasers-Scan, Teodolitos, Estações Totais e GNSS.

Figura 11 – Em cinza, os Tripés servindo de suporte aos instrumentos.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

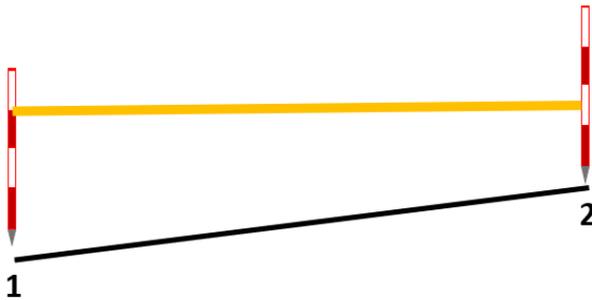
## 2. Instrumentos topográficos

### a) Trenas

As Trenas são instrumentos, eletrônicos ou não eletrônicos, capazes de medir distâncias horizontais e verticais, principalmente é usada nas medições de distâncias horizontais. Sua exatidão será relacionada a maneira como ela é usada, ou seja, a acurácia dependerá mais do usuário do que dela.

Na Figura 12, a maneira correta de sua utilização para medir a distância horizontal entre dois pontos, independente da inclinação do terreno.

Figura 12 – Posição correta de uso da Trena.

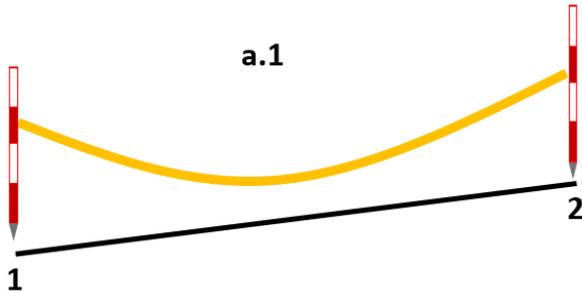


Fonte: Machado Júnior, 2026.

Se manuseada de forma errada, poderá gerar erros de pequenas ou grandes proporções, os erros mais comuns para medições de distâncias horizontais são:

a.1) Os Erros de Catenária acontecem quando a Trena tende a fazer uma curva para baixo, aumentando a distância entre os dois pontos, conforme a Figura 13.

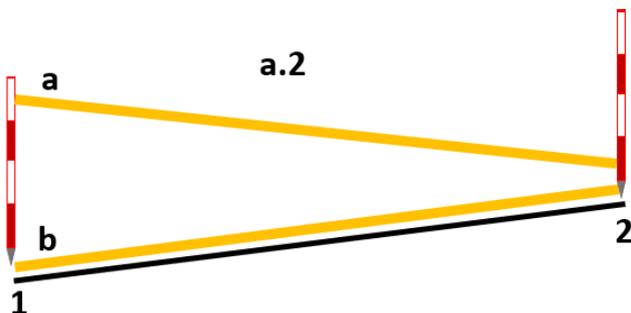
Figura 13 – Medição com erro de catenária.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

a.2) Erro de Falta de Horizontalidade da Trena ocorre quando não há um cuidado para que a Trena fique na horizontal, normalmente, acontece quando se coloca a Trena acompanhando a superfície (Figura 14, situação b) ou as pessoas que estão auxiliando com as Balizas não ficam atentas a horizontalidade (Figura 14, situação a).

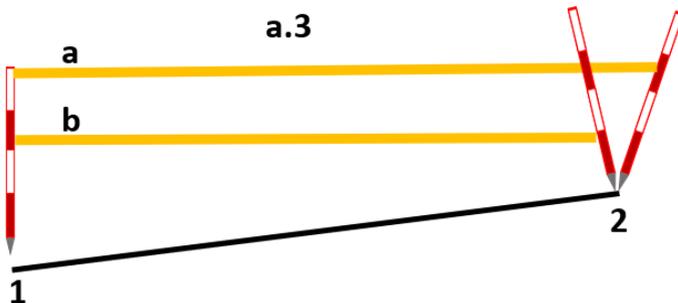
Figura 14 – Erro de falta de horizontalidade da Trena em duas situações.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

a.3) Falta de Verticalidade das Balizas é outro problema que pode ocorrer quando os balizeiros (auxiliares de topografia) não seguram corretamente as Balizas. Esse movimento incorreto ocasiona aumento (Figura 15, situação a) e diminuição (Figura 15, situação b) da distância correta, diminuindo a acurácia, inclusive causando erros extremamente consideráveis.

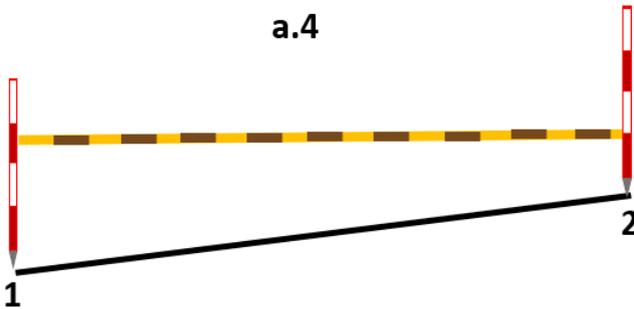
Figura 15 – Erros de falta de verticalidade das Balizas.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

a.4) Erro de Desvio Lateral ou Trena enrolada é muito comum e acontece, normalmente, quando o usuário é inexperiente. Deve-se tomar bastante cuidado para que isto não ocorra. A Trena deve estar totalmente esticada no mesmo lado dela. Essa situação aumenta a distância entre dois pontos, diminuindo bruscamente a acurácia (Figura 16).

Figura 16 – Erro de Trena enrolada. Em amarelo, um lado da Trena e em marrom, o outro lado.



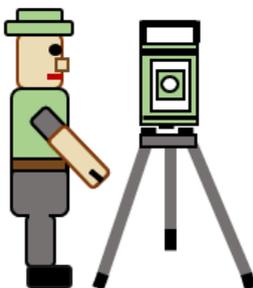
Fonte: Machado Júnior, 2026.

a.5) Erro de Dilatação - Dos quatro erros citados acima, se referem ao erro proveniente do ser humano, porém o Erro de Dilatação é do material. Ao contrário dos instrumentos eletrônicos, que se pode fazer calibrações para consertar suas distorções e acurácia ao longo do uso, após uma dilatação, não haverá conserto, tendo que se trocar a Trena.

b) Teodolitos

Os Teodolitos topográficos (Figura 17) são instrumentos responsáveis pelas medições de ângulos horizontais e verticais e distâncias com auxílio de fios estadimétricos. Foram instrumentos muito utilizados no passado e continuam até hoje, tendo como início no Brasil o modelo mecânico Vasconcelos e, posteriormente, o eletrônico. Apresentam de média a alta exatidão, dependendo do manuseio e da metodologia a ser empregada. Servem para fazer levantamentos e locações planimétricas, principalmente, e não armazenam nenhum dado, sendo necessária uma Caderneta de Campo como essencialidade. Como o passar do tempo, houve a necessidade de diminuir as excessivas anotações e automatizar esses levantamentos, surgindo assim, as Estações Totais.

Figura 17 – Topógrafo usando o Teodolito.

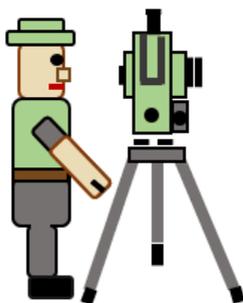


Fonte: Machado Júnior, 2026.

### c) Estações Totais

As Estações Totais são instrumentos sucessores dos Teodolitos por apresentarem a possibilidade de fazer levantamentos sem a necessidade de Caderneta de Campo. Todos os pontos são armazenados na memória rígida que poderá ser descarregado em um pendrive ou na nuvem. Possui em seu interior também uma memória ram para calcular os dados e um distanciômetro eletrônico para medição de distâncias e coordenadas. Possui diversas funcionalidades, como medição por coordenadas e/ou ângulos e distâncias, podendo o seu prisma ser customizável ou ainda, não necessitar utilizar dele, fazendo com o que o usuário faça o trabalho literalmente sozinho (Figura 18).

Figura 18 – Topógrafo usando Estação Total.



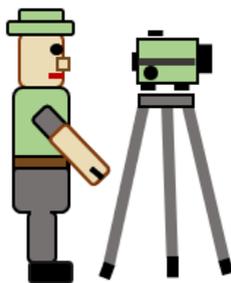
Fonte: Machado Júnior, 2026.

d) Níveis de Luneta

Os Níveis de Luneta são os principais instrumentos da Altimetria. Eles servem para medir distâncias horizontais, através da Taqueometria, com auxílio dos fios estadimétricos superior e inferior e medir ângulos horizontais, porém a acurácia para ângulos é muito ruim, tendo como precisão  $1^\circ$ . As medições de ângulos servem apenas quando se faz as seções transversais, pois não carecem de tanta exatidão para o ângulo formado entre o eixo longitudinal e o eixo transversal.

Apesar de medir ângulos e distâncias horizontais, o principal intuito, deste instrumento, é medição de distâncias verticais. Esses instrumentos, estando perfeitamente calibrados e com manuseio correto, se comparados a GNSS, Estações Totais, Teodolitos e VANTS são muito superiores, em acurácia. Também se comparados a esses instrumentos citados, em questão, o preço é bem mais acessível, tornando-o número 1 na Altimetria (Figura 19).

Figura 19 – Topógrafo usando o Nível de Luneta.

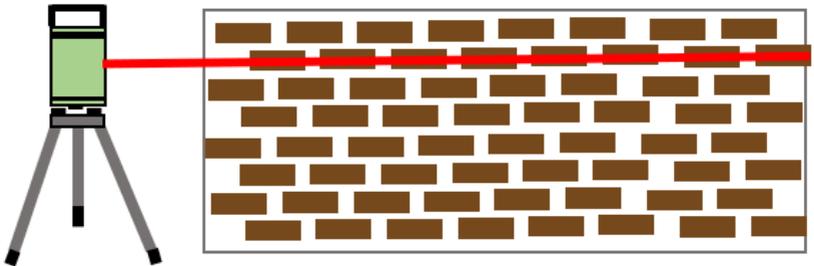


Fonte: Machado Júnior, 2026.

e) Níveis a Laser

O Nível a Laser é um instrumento topográfico usado na construção civil, capaz de fazer alinhamentos verticais e horizontais e marcações altimétricas a laser. Seus principais tipos são ponto-a-ponto, rotatório e cruz (Figura 20).

Figura 20 – Nível a Laser fazendo um alinhamento horizontal.

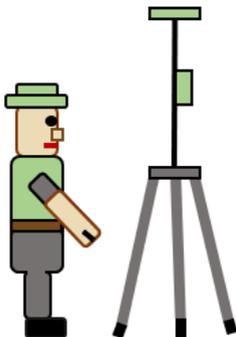


Fonte: Machado Júnior, 2026.

f) GNSS

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélites (SGNS), em inglês, *Global Navigation Satellite System* (GNSS) são uma série de tecnologias, instrumentos e equipes responsáveis pela localização de cada ponto da superfície terrestre, através dos receptores (Figura 21), localizados pelos satélites que emitem ondas de rádio, em algumas frequências. Os quatro sistemas existentes são o GPS, GLONASS, GALILEU e COMPASS.

Figura 21 – Topógrafo usando o receptor de GNSS.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Para o usuário ter sua localização Altimétrica, em qualquer ponto da superfície terrestre, são necessários pelo menos a captação de 4 satélites, 3 para localizar espacialmente e 1 para fazer a sincronização entre eles, sendo que, com 4 satélites a exatidão é baixíssima, sendo, quanto mais satélites, melhor para uma ótima localização. Já para se ter a localização planimétrica necessita de 2 satélites para localizar-se cartesianamente e mais 1 para sincronizar, mas com apenas três satélites leva a mesma justificativa da altimétrica, quanto mais satélites, melhor.

Alguns instrumentos usam um sistema híbrido, formado pelo GLONASS e GPS, para captação de mais satélites, melhorando, e muito sua localização.

## f.1) Sistemas

### GPS

Pioneiro e mais conhecido o GPS (*Global Positioning System*), construído pela empresa Rockwell, iniciou os lançamentos dos satélites em 1978 e foi utilizado para fins militares, foi liberado para atividades civis em 1995 com erro intencional. Nessa época, o erro era entre 100 e 200 m, só assim, no ano de 2000, o Governo americano desativou o código SA (*Selective Availability*), e então, esse erro intencional foi retirado.

Sua constelação é composta por 24 satélites a 20200 km da superfície terrestre, distribuídos em 6 planos orbitais de 4 satélites, cada.

### GLONASS

Posterior ao GPS, foi criado o GLONASS (*Global Navigation Sputnik System*), pelos russos em 2011. Assim como o GPS, possui 24 satélites em sua constelação a 19000 km de distância da Terra, distribuídos em 3 planos orbitais de 8 satélites, cada.

## O COMPASS

O COMPASS é um sistema de navegação por satélite chinês, tendo como principal característica, possuir satélites Geoestacionários. O Programa engloba o BEIDOU-1, BEIDOU-2 e BEIDOU-3.

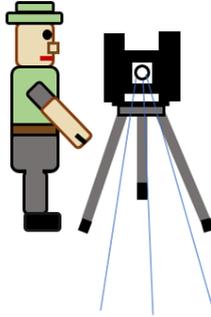
## GALILEU

O sistema Galileu, foi criado em resposta as criações dos sistemas GPS, GLONASS e BEIDOU, visto que, esses teriam sido criados para fins militares. Com sede em Praga, possuindo 2 centros de operações (Itália e Alemanha), o sistema possui 24 satélites, distribuídos em 3 planos orbitais de 8 satélites cada a 23220 km de distância da Terra.

### g) Lasers-scan

Os Lasers-scan são instrumentos capazes de medir o terreno em forma de nuvem de pontos (x, y e z), criando uma representação tridimensional, em forma de modelagem numérica do terreno. São instrumentos que apresentam grande capacidade de armazenamento de dados, já que trabalham como nuvem de pontos (Figura 22).

Figura 22 – Topógrafo usando o Laser-Scan.



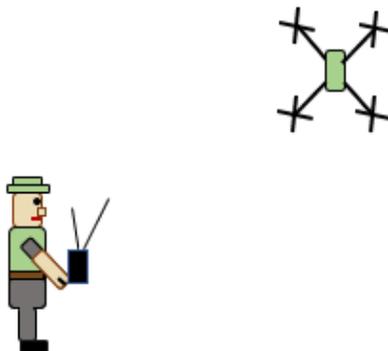
Fonte: Machado Júnior, 2026.

#### h) VANTs

Os VANTs são instrumentos que se movimentam através de um controle e uso do GNSS, comandado por um usuário não tripulado. São classificados em aviões, helicópteros e drones (Figura 23).

Usam a fotogrametria, como principal forma de representar o terreno a ser medido.

Figura 23 – Usuário comandando um drone.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

# CAPÍTULO 3

## ESCALAS

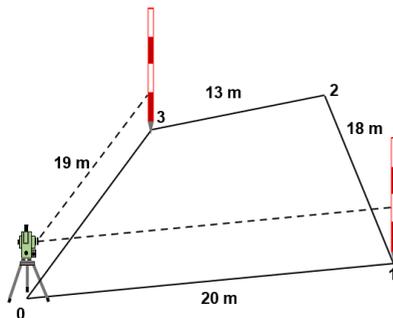
### 1. Conceito

Para representação do relevo, se faz necessário o uso da escala, pois se tem como objetivo, na representação, diminuir o tamanho real do objeto, afim de que, se façam análises, alterações, estudos, entre outros.

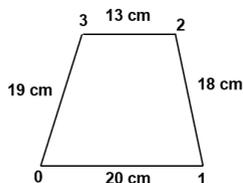
A escala é uma relação métrica, proporcional, entre o objeto real e ele representado, mantendo seus ângulos. Essa proporção deve ser igual para todos os lados da poligonal a ser trabalhada, conforme Figura 24.

Figura 24 – Relação (1:100) de dimensões proporcionais entre real e desenho.

#### CONDIÇÃO REAL EM PERSPECTIVA



#### Representação no desenho

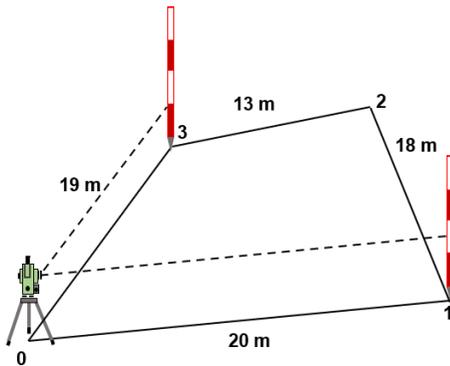


Fonte: Machado Júnior, 2026.

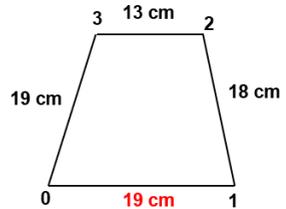
Contudo, se todo o desenho estiver proporcional e apenas um lado não estiver, não estamos usando a escala, conforme a Figura 25.

Figura 25 – Relação não totalmente proporcional entre real e desenho.

**CONDIÇÃO REAL EM PERSPECTIVA**



**Representação no desenho**



Fonte: Machado Júnior, 2026.

## 2. Forma da escrita da escala numérica

As escalas podem ser escritas com dois pontos ou uma barra, ambas simbolizando a divisão, como por exemplo, 1:30 e 1/30.

### **3. Escalas de ampliação, real, redução e tamanhos**

As escalas podem se apresentar de três maneiras: real, ampliação e redução.

As escalas reais são aquelas que apresentam o mesmo tamanho entre o real e o desenho, representada na proporção 1:1. Já as escalas de ampliação são aquelas em que o real é menor que o desenho, representadas na proporção 20:1, 300:1, por exemplo. Ambas situações não são objetos de nosso estudo, já que os terrenos são bem maiores que suas representações, necessitando a escala de redução que compreende uma proporção onde o desenho é menor do que o real e representada, por exemplo, por 1:20, 1:300.

Quando falamos de tamanho da escala, vem logo a ideia de planta, carta e mapa. De forma geral, entre 1:1 e 1:10000 é planta, entre 1:10000 e 1:500000 é carta e abaixo de 1:500000 é mapa. Esse conceito é um pouco relativo e pode ser mais tolerável, mas comumente se chama de planta representações entre 1:1 e 1:10000. Se fizermos uma relação em 1:10000, verificaremos que a cada 1 cm de representação serão 10000 cm do tamanho real, ou seja, 100 m. Mas se fizermos uma escala, com as mesmas dimensões dos 100 m, representada no desenho por 0,5 cm, teremos uma escala de 1:20000. Como podemos ver, o mesmo objeto real, sendo representado por dois tipos de escalas distintas, podem ter a conotação de planta ou carta, ou seja, não é o tamanho do objeto a se definir o conceito de planta ou carta, mas sim a escala. Na

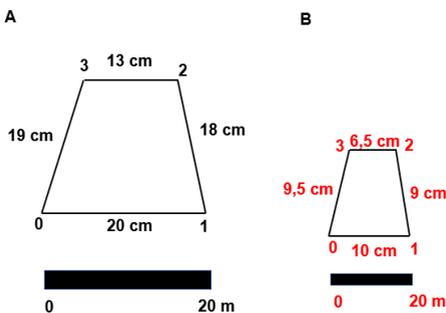
minha opinião, se fosse representado por 1:20000, continuaria sendo planta. Mas se ficarmos tolerando essa margem chegaríamos a situações mais desproporcionais. Então, como partida, devemos seguir a indicação de planta, carta ou mapa, citada acima, respeitando esses critérios, porém com certa margem de tolerância.

#### **4. Tipos de escalas**

As escalas podem ser representadas por gráficos ou números. A escala numérica estabelece a proporção do real e o objeto, em forma de divisão numérica. Ela é representada, por exemplo por 1:20. Uma desvantagem da escala numérica é que se houver uma dilatação, ampliação ou redução do papel, haverá perda total da proporcionalidade, sendo assim, não estará mais em escala.

Já nas escalas gráficas, que são formas de representar a proporcionalidade entre o real e objeto através de gráficos, essa perda de proporcionalidade não acontece, pois, o gráfico acompanha a ampliação, redução e dilatação do papel (Figura 26).

Figura 26 – Em A o desenho do papel sem sofrer alterações e em B houve redução do tamanho do papel.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Notem que em A, na escala numérica o valor é de 1:100. Esse desenho sofreu redução acidental ou proposital em B. Caso se tivéssemos apenas a escala numérica 1:100, e desconsiderando a escala gráfica, o tamanho real do alinhamento (0-1) do objeto passaria dos verdadeiros 20 m para 10 m, ou seja, alterou totalmente o trabalho, mas como tem a escala gráfica, o tamanho do alinhamento diminuiu pela metade, mas a escala também diminuiu pela metade, mantendo a proporcionalidade, garantindo os 20 m.

## 5. Escolha do papel e escala

Para não ficar tentando adivinhar a escala, de acordo com o tamanho do papel, existem critérios importantes que podemos seguir para acertar na mosca o tamanho da escala, de acordo com o tamanho do papel.

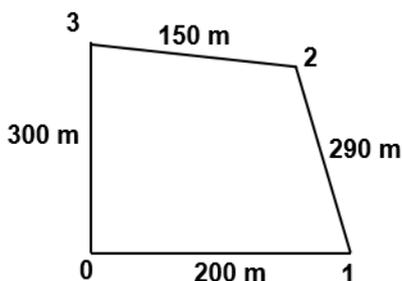
Primeiramente, deve-se escolher o papel que se quer trabalhar, entre os tamanhos da série A: A4, A3, A2, A1 e A0. Essa escolha vai depender do tipo de trabalho a ser realizado.

Posterior, deve-se saber as dimensões maiores que o tamanho real abrange (Figura 27), que se vai representar e relacionar com o tamanho do papel. Para ser mais prático, vamos seguir esse exemplo:

**Passo 1:** Escolha do papel e determinação das distâncias

Papel A4 (210 mm x 297 mm) e tamanhos reais 200 m e 300 m.

Figura 27 – Poligonal com medições.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Notem que, essa poligonal tem várias medidas, mas estamos falando em até onde em X e Y (cartesiano) nessa figura abrange para relacionar com o tamanho da folha de papel. Nesse caso, as maiores medidas são 300 m e 200 m, para X e Y.

**Passo 2:** Relacionar os tamanhos reais com o do papel. Sendo o maior do real com o maior do papel e fazendo a divisão para achar as escalas.

$$E = 300 \text{ m} / 297 \text{ mm} (0,297 \text{ m}) = 1010,1010101$$

$$E = 200 \text{ m} / 210 \text{ mm} (0,21 \text{ m}) = 952,3809$$

Após os cálculos, encontramos as escalas de 1:1010 e 1:952. Se usássemos escalas maiores (exemplo: 1:500), o desenho não iria caber no papel, mas se usarmos escalas menores (exemplo: 1:1100) os desenhos iriam caber no papel. Também é importante usar escalas ideais que são aquelas arredondadas, como múltiplos de 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, entre outras.

Notem que, se escolhermos a escala 1:1000, vamos suprir apenas uma das escalas, já que a 1:1010 encontrada é menor do que 1:1000. Nesse caso, se escolhermos 1:1500 (que é escala ideal também), será possível, pois serve tanto para 952, quanto para 1010, sendo 1500 menor do que as duas.

**Passo 3:** Definido a escala é só fazer a representação.

O alinhamento 0-1, possui 200 m no real, usando a escala 1:1500, ou seja, a cada 1 cm teremos 1500 cm (15 m), então, 200 m será representado por 13,3334 cm. Já o alinhamento 1-2, de valor 290 m, será representado por 19,334 cm, o alinhamento 2-3 de valor

150 m será representado por 10 cm e o alinhamento 3-0, de valor 300 m por 20 cm.

# CAPÍTULO 4

---

## ÂNGULOS IMPORTANTES À TOPOGRAFIA

Topografia é baseada em distâncias, ângulos, localizações e posições, elementos estes, responsáveis pela formação dos contornos e dimensões dos terrenos.

Os ângulos são elementos fundamentais na formação da figura geométrica gerada pelos trabalhos da Topografia. Por isso, estudar os ângulos, torna-se um importante passo ao desenvolvimento de nosso estudo. A Goniologia é ciência que estuda, de modo geral, os ângulos, enquanto os goniômetros são instrumentos responsáveis por leituras desses ângulos, e comumente utilizados na Topografia.

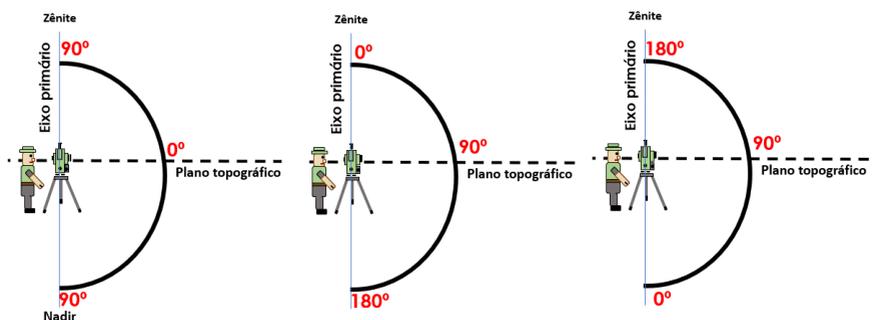
Na Topografia, os ângulos são divididos em horizontais e verticais. Enquanto os verticais dividem-se em Nadiral, Inclinação (Topográfico) e Zenital, os horizontais dividem-se em Diretos, Deflexões e Orientados.

Nos verticais, os ângulos de Inclinação começam no plano topográfico até o Zênite ( $90^\circ$ ) e até o Nadir ( $90^\circ$ ). Os Nadirais começam no Nadir ( $0^\circ$ ) e vai até Zênite ( $180^\circ$ ), enquanto os Zenitais começam no Zênite ( $0^\circ$ ) e vão até o Nadir ( $180^\circ$ ) (Figura 1).

Nos horizontais, os ângulos Diretos dividem-se em internos e externos. Internos são aqueles que estão dentro da poligonal e os

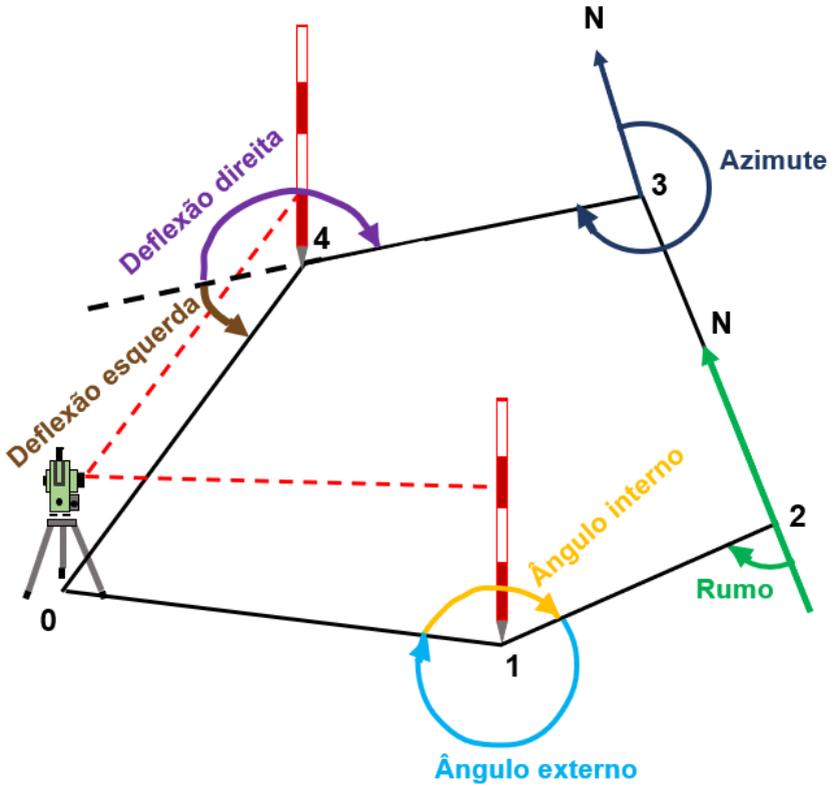
externos são aqueles fora da poligonal. As Deflexões dividem-se em Deflexões para direita e Deflexões para esquerda. A Deflexão para direita é aquela que começam na projeção de um dos lados da poligonal e vai até o alinhamento, no sentido horário. Já a Deflexão para esquerda, começa na projeção da poligonal e segue no sentido anti-horário. E por fim, os Orientados dividem-se em Rumos e Azimutes, sendo o primeiro começa no Norte ou no Sul e vai até o alinhamento, no sentido horário ou anti-horário, onde estiver mais próximo do alinhamento. Esse ângulo varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  e são constituídos dos pontos colaterais NE, NO, SE e SO. Já os Azimutes começam no Norte, no sentido horário (Figura 2).

Figura 1- Ângulos verticais: na esquerda ângulo de Inclinação, no centro ângulo Zenital e na direita ângulo Nadiral.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Figura 2 – Ângulos horizontais: diretos, azimute, rumo e deflexões.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

## **1. Norte Magnético, Norte Verdadeiro e Declinação Magnética**

Quando falamos em Planimetria, logo precisamos elencar os principais elementos, distâncias, ângulos, posição e localização.

Posição e localização são palavras que são as vezes confundidas. Enquanto a primeira, é relacionada à orientação Norte-Sul, a segunda é relacionada às coordenadas do ponto, alinhamento ou plano.

Em se tratando de ângulos de orientação, logo pensamos na linha Norte-Sul, Porém não existe apenas um Norte. Para a Topografia existem dois: Norte Verdadeiro e Magnético

O Norte Verdadeiro ou Norte Geográfico é um plano que é perpendicular à Linha do Equador, começando no Polo Norte até o Polo Sul, dividindo a Terra ao meio.

O Norte Magnético ou Norte da Bússola, é um plano que aponta para a região onde se encontra a concentração de ferro fundido, no Centro-Norte da Terra. O Norte Magnético muda de lugar para lugar e com o passar do tempo, no mesmo lugar.

A Relação entre o Norte Verdadeiro e o Norte Magnético é um ângulo, Declinação Magnética. Esse ângulo, como o Norte Magnético, é mutável, ele também é mutável com o passar do tempo e diferente em cada região. A mutação do Norte Magnético ocorre 10' por ano, chegando até 25°, ao chegar a esse valor o Norte Magnético começa a ser mutável para o lado inverso até chegar aos 25° de diferença em relação ao Norte Geográfico, só que para o lado contrário, ou seja, leva-se 300 anos para ele dar a

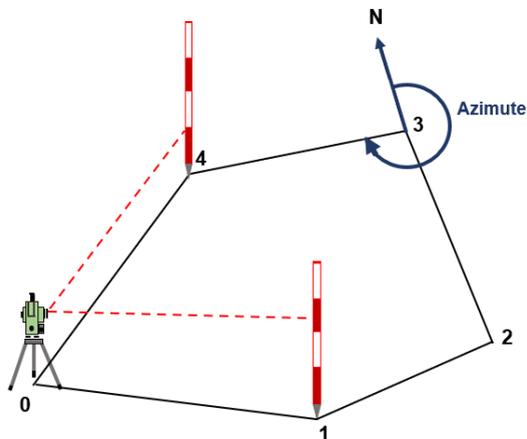
volta completa. A Declinação Magnética pode ser para a direita, esquerda ou nula, esta quando os dois nortes se coincidem.

Antigamente era muito comum o uso do Norte Magnético, pois era um meio mais fácil de se obter a posição, e só assim, fazer a transformação. Como hoje em dia o acesso aos receptores de GNSS se tornou algo rotineiro, fica muito mais fácil já a inclusão nos projetos o Norte Verdadeiro, já que o Norte Magnético é mutável e as normas recomendam e/ou exigem o Norte Verdadeiro nos trabalhos.

## **2. Azimute e Rumor**

Como falamos, o Azimute é ângulo de orientação com algumas características importantes. O ângulo começa no Norte, podendo ser Verdadeiro ou Magnético, e dá um giro completo até  $360^\circ$ , sempre no sentido horário. O Azimute da poligonal sempre começará no Norte e irá até o alinhamento em questão, podendo ter vários azimutes na mesma poligonal (Figura 3).

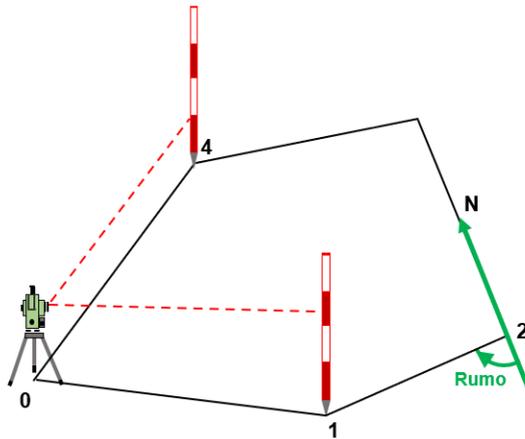
Figura 3 – Exemplo de Azimute 3-4 na poligonal.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

O Rumo também é outro ângulo de orientação, porém de característica diferente do Azimute, já que sempre começará no Norte ou no Sul, no sentido horário ou anti-horário, onde estiver mais perto do alinhamento. É caracterizado por estar entre  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , sempre utilizando os pontos colaterais NE, SE, NO e SO, como expressão do ângulo. Na mesma ideologia dos Azimutes, existem Rumos Magnéticos e Verdadeiros, a depender da linha Norte-Sul e podem conter diversos Rumos na mesma poligonal (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de Rumo 2-1 SE na poligonal.



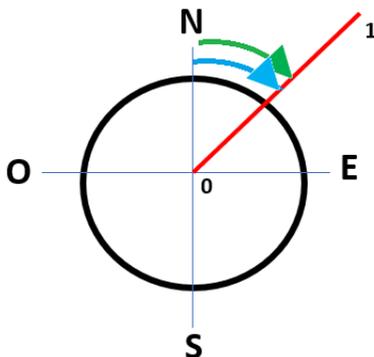
Fonte: Machado Júnior, 2026.

#### a) Conversão Azimute-Rumo no alinhamento

No quadrante Nordeste, como sabemos, o Azimute começará no Norte no sentido horário. O Rumo, também partirá do Nordeste, já que começará do mais próximo do alinhamento, assim tanto Azimute como Rumo são iguais, conforme Figura 5.

$$AZ = R$$

Figura 5 – Azimute e Rumo no quadrante Nordeste.

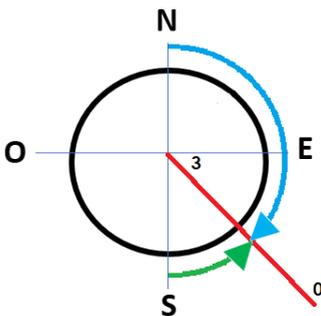


Fonte: Machado Júnior, 2026.

No quadrante Sudeste, como sabemos, o Azimute começará no Norte no sentido horário. O Rumo, partirá do Sul, já que começará mais próximo do alinhamento, assim Azimutes e Rumos se complementam formando  $180^\circ$ , conforme Figura 6.

$$AZ+R = 180^\circ$$

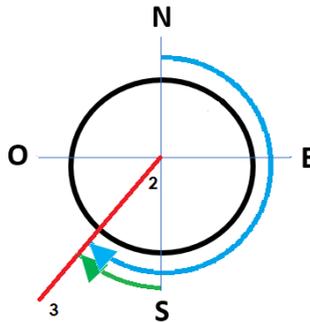
Figura 6 – Azimute e Rumo no quadrante Sudeste.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

No quadrante Sudoeste, como sabemos, o Azimute começará no Norte no sentido horário. O Rumos começará no Sul, já que começará mais perto do alinhamento, assim Azimutes e Rumos se suplementam a partir de  $180^\circ$ , tendo como fórmula a expressão  **$180^\circ + \text{Rumo} = \text{Azimute}$** , conforme Figura 7.

Figura 7– Azimute e Rumos no quadrante Sudoeste.

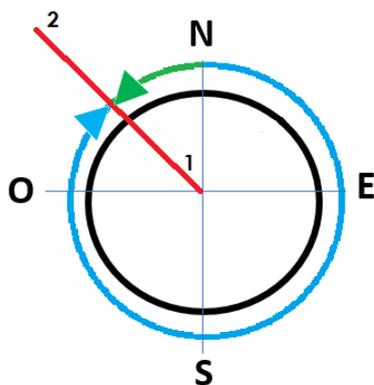


Fonte: Machado Júnior, 2026.

No quadrante Noroeste, como sabemos, o Azimute começará no Norte no sentido horário. O Rumos partirá do Norte, já que começará mais próximo do alinhamento, assim, Azimutes e Rumos se complementam formando  $360^\circ$ , conforme Figura 8.

$$\text{AZ} + \text{R} = 360^\circ$$

Figura 8– Azimute e Rumo no quadrante Noroeste.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

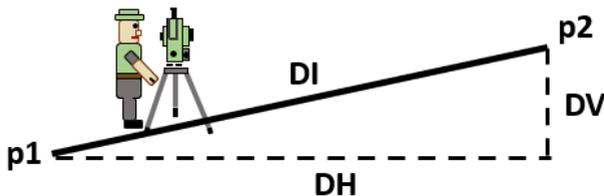
# CAPÍTULO 5

## MEDIÇÕES DE DISTÂNCIAS HORIZONTAS

### 1. Distâncias topográficas

Em Topografia, para formação das figuras geométricas, além dos ângulos, necessitamos conhecer as distâncias. Quando usamos a Planimetria, a única distância que nos importa para representação do terreno é a distância horizontal, apesar de existirem no campo outras distâncias. Para Altimetria interessa principalmente a distância vertical, porém fazem parte do relevo ainda as distâncias naturais, inclinadas e horizontais (Figura 9).

Figura 9 – Distância horizontal (DH), distância vertical (DV) e distância inclinada (DI).



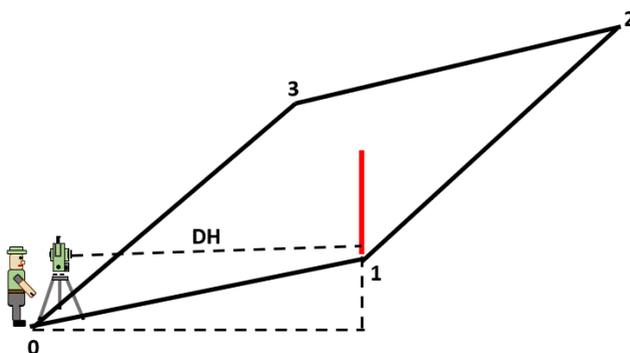
Fonte: Machado Júnior, 2026.

A distância mais utilizada nos levantamentos topográficos é a distância horizontal. Ela é formada pela distância entre dois pontos no plano topográfico, ou plano horizontal.

A distância horizontal é usada comumente no nosso dia-a-dia, como por exemplo, construção de casas. Apesar das casas poderem ser feitas em terrenos inclinados, elas não estarão no plano inclinado, visto que, não seria habitável ou traria bastante desconforto. Portanto, a maioria dos elementos que queremos representar dos terrenos para o papel deverão ser representados de forma ortogonal no papel, mesmo que, este terreno seja inclinado. Pelo próprio exemplo visto da casa, o que vai ser útil é o plano horizontal e não o inclinado, pois a casa vai ser construída no plano horizontal.

Então, quando formos medir qualquer terreno, quer seja horizontal ou inclinado, o que vai ser medido é apenas a distância horizontal e não inclinada, pelos motivos supracitados (Figura 10).

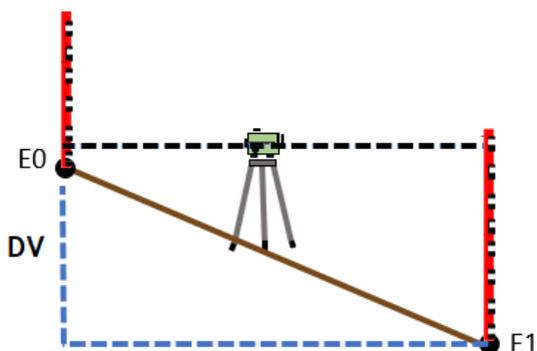
Figura 10 – Obtenção da distância horizontal em um terreno inclinado.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

A distância vertical, principal usada na Altimetria, é uma distância entre dois pontos perpendicular ao plano topográfico. As principais distâncias verticais são Cota, Altitude e Diferença de Nível, abordadas no capítulo de Introdução à Altimetria (Figura 11).

Figura 11 – Distância vertical sendo medida pelo Nível de Luneta com auxílio de Miras-falante.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

## 2. Conceito de Precisão e Exatidão

Em Topografia, precisão é um termo muito utilizado que as vezes é confundido com outro termo, a exatidão, ou por muitas vezes, para alguns, apresentam o mesmo significado.

Precisão é a capacidade de o instrumento fazer inúmeras medidas e elas estarem próximas umas das outras. Daí chamamos de um instrumento preciso, ou seja, ele possui muita coerência entre suas leituras, porém não significa exatidão.

A exatidão ou acurácia é a capacidade de se chegar ao valor verdadeiro ou real. Um instrumento pode ter boa precisão, mas pode fugir do valor verdadeiro, por exemplo, numa medição de distância.

As medições podem ter boa precisão e ruim exatidão, ruim exatidão e boa precisão e boa exatidão e precisão. Vamos imaginar o exemplo a seguir:

Digamos que o valor verdadeiro seja 8000 mm e façamos algumas medições, nas condições A, B e C. Na condição A, medimos com o instrumento e tivemos os seguintes valores: 6000 mm, 9000 mm e 7000 mm. Nesta condição, podemos verificar que o instrumento apresentou ruim exatidão pelos valores estarem longe de 8000 mm e ruim precisão por eles estarem longes entre si. Na condição B medimos e tivemos os seguintes valores: 6001 mm, 6007 mm e 6010 mm. Nessa situação, as medições foram precisas, pois todas as medições estão pertinho, porém muito longe da condição real, então temos, ruim exatidão e boa precisão. Na condição C, será a mais desejada que é boa exatidão e precisão, pois teremos os seguintes valores: 8001 mm, 8002 mm e 8000 mm. Notem que, as três medições estão próximas umas das outras e também muito próximas dos valores verdadeiros.

Se fala muito em alta, média e baixa exatidão e não há um consenso do que é alto, médio e baixo, até porque são palavras relativas. Para tentar padronizar esta situação, foi proposta a seguinte classificação, segundo o livro Machado Júnior, 2022.

Classificação de nível de exatidão, proposta por Machado Júnior 2022.

<b>Classe de exatidão</b>	<b>Valores de exatidão</b>
Altíssima exatidão	abaixo de 1 milímetro
Alta exatidão	entre 1 mm e 9 mm
Média exatidão	entre 1 cm e 9 cm
Baixa exatidão	entre 10 cm e 99 cm
Baixíssima exatidão	entre 1 m e 9 m
Hipoexatidão	abaixo de 10 m

### 3. Tipos de medições

De acordo com a metodologia do instrumento, as medições podem ser do tipo visual, direta e indireta.

#### a) Medição visual

As medições visuais são aquelas que servem para se ter noção do tamanho do terreno, para então, providenciar os equipamentos e a equipe necessária ao trabalho.

Esse tipo de medição tem baixíssima exatidão, depende da experiência do topógrafo para diminuição de erros visuais, pois com pouca experiência, este erro pode ainda ser maior. Serve também para verificar os possíveis problemas e informar o preço do serviço.

b) Medições diretas

As medições diretas são feitas através de contagem ou leituras, sem alguma variável externa a isso, como por exemplo, o tempo ou relação trigonométrica. Dentre as medições diretas, a Trena possui altíssima acurácia, se usada de maneira correta, e as demais possuem baixa a média acurácia, como passo médio (baixa) hodômetro (média) e as medições relativas que não usam os sistemas internacionais de medição, como pé, mão, polegada (verdadeira), corda, entre outros.

Os pés, cordas, polegadas, mão, entre outros, apresentam relatividade em suas medições, pois a mesma mão de uma pessoa não servirá para medir da outra. Então, são medições apenas para se ter ideia dos tamanhos, não considerando para trabalhos topográficos de alta e altíssima exatidão, ou seja, são medições amadoras.

Os hodômetros são instrumentos que medem o terreno através de rodas e seus cálculos são feitos através do perímetro do círculo e quantas voltas ele deu durante o trajeto. Em um terreno plano e perfeito, sua exatidão é alta, se seguido em linha reta, mas em terrenos normais, onde possui uma quantidade de imperfeições, essas medições tornam-se de média a baixa acurácia.

Os passos-médios são outra maneira de se medir de forma direta, mas com intuito de se ter apenas ideia do tamanho do terreno. Como outros tipos de medição, é também relativo e é determinado através de várias passadas. Para se obter o passo

médio de uma pessoa, se faz a partir de uma medição já conhecida, como por exemplo, se dá 100 passadas em 50 metros, significa que o passo médio da pessoa é de 0,5 m. E partir do passo médio já estabelecido da pessoa se faz a medição. A acurácia é baixa e essa variação de acurácia vai depender do próprio topógrafo, em realizá-lo de forma mais homogênea.

### c) Medições indiretas

As medições do tipo indiretas são aquelas que requerem o uso de alguma varável adicional a contagem ou leitura. As principais são: a medição indireta a laser e a taqueometria.

As medições indiretas a laser são realizadas por instrumentos que se utilizam do laser para fazer medições de distâncias verticais e horizontais. Seu princípio parte de um feixe de luz que sai do instrumento até o objeto e, através do tempo, é calculado no próprio instrumento, a distância em questão entre o instrumento e o objeto. O instrumento mais comum é o Distanciômetro Eletrônico, muito usado no passado para auxiliar os levantamentos com goniômetros, pois estes, só faziam ler ângulos. Estes distanciômetros foram substituídos pelo uso das Estações Totais que as usam este mesmo recurso para fazer leituras de distâncias. As Trenas Eletrônicas também são instrumentos que usam desse tipo de tecnologia para medição.

O uso do laser para medir distâncias tem suas vantagens e desvantagens em relação as medições convencionais, como a

Trena comum. O vento é um fator importante que atrapalha o uso das Trensas comuns. A autonomia de fazer sozinho o trabalho é outra vantagem importante também, porém, há situações no campo, como folhas no caminho do feixe ou de medir objetos fora do ponto, fazem com que essas medições, sejam feitas de forma cautelosa e com pessoas com vasta experiência, mas de forma geral, é o melhor método de medição, se comparado as vantagens e desvantagens.

Outro método de medição indireta é a Taqueometria. Este método mensura a distância horizontal de um determinado trecho, através de Trigonometria. Nela se usam leituras dos fios superior e inferior na luneta, como veremos no próximo capítulo.

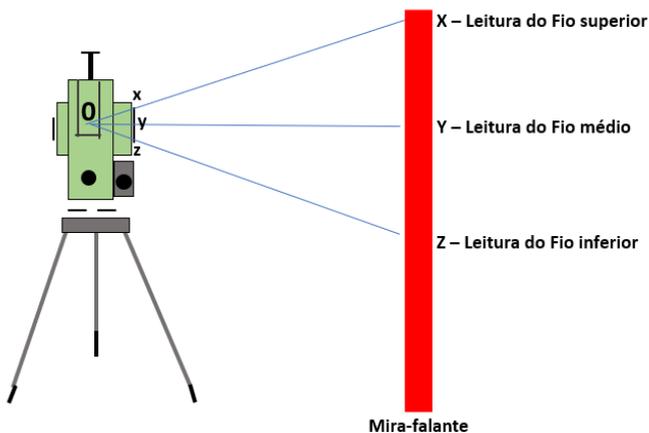
# CAPÍTULO 6

## TAQUEOMETRIA

A Taqueometria é método de medição de distância horizontal, do tipo indireta não eletrônica. Sua exatidão varia de alta a média, e tem como princípio, a medição da distância horizontal, através de triângulos e seus elementos.

Na prática, quando o usuário visualiza na Mira-falante os três fios estadimétricos, temos a seguinte situação, de acordo com a Figura 12.

Figura 12 – Geração dos triângulos imaginários a partir dos fios superior, médio e inferior, partindo do centro de origem do instrumento até as leituras nas Miras-falante.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

a) Para luneta em 0° no plano horizontal:

Nessa situação, por semelhança de triângulos, temos a seguinte fórmula:

$$\frac{OY}{Oy} = \frac{XZ}{xZ}$$

Onde OY é igual a distância horizontal e XY o fio superior – fio inferior, seguindo a resolução da fórmula:

$$\frac{DH}{Oy} = \frac{FS - FI}{xZ}$$

Oy é a distância horizontal focal (d) e xy é a altura focal (h).

$$\frac{DH}{d} = \frac{FS - FI}{h}$$

Para facilidade nas leituras, essa relação entre d e h (d/h) são sempre iguais a 100, padrão de todos instrumentos topográficos.

$$DH = \frac{d(FS - FI)}{h} \qquad DH = 100(FS - FI)$$

Como as leituras nos fios são feitas em milímetros, o resultado dessa fórmula será em milímetros, mas se quisermos a resposta em metros, teremos que dividir por 1000, já que 1 metro é igual a 1000 mm.

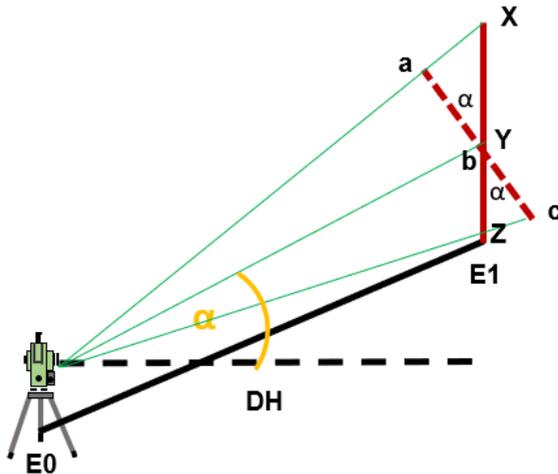
$$DH = \frac{\cancel{100}(FS - FI)}{\cancel{1000}} \qquad DH (m) = \frac{(FS - FI)}{10}$$

E assim, teremos a fórmula da distância horizontal, através de Taqueometria, para situações onde a luneta esteja a 0° em relação ao plano topográfico,  $DH = \text{Leitura do fio superior} - \text{leitura do fio inferior}$ , dividido por 10, para resultado em metro.

- b) Para situações que a luneta esteja fora dos 0° em relação ao plano topográfico

Para formação da semelhança de triângulos, há necessidade em que a luneta esteja a 0° do plano topográfico, o que pode não ocorrer em terrenos muito íngremes, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Simulação da Mira-falante inclinada, na posição que deveria ocorrer (abc), para termos a semelhança de triângulos, mas que não é possível em campo.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Sabemos que na posição 0° do Teodolito, a DH é igual a 0Y, conforme Figura 12, porém, como a luneta está virada em um determinado ângulo, deve-se virtualmente inclinar a Mira-falante na mesma angulação da luneta para que se recrie a semelhança de triângulos, porém 0Y não será mais a DH.

Então, devemos usar as seguintes fórmulas, considerando a Figura 13:

$$\mathbf{DH} = \text{Cos } a \times 0Y \text{ (fórmula 1)}$$

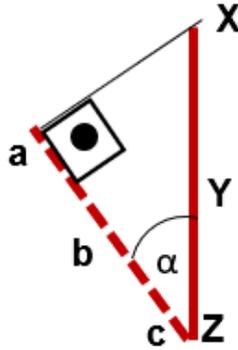
$$\mathbf{0Y} = (f_s - f_i) \text{ da mira inclinada (fórmula 2)}$$

Colocando o 0Y = (fs-fi) na fórmula 1, temos:

$$\mathbf{DH} = (f_s - f_i) \times \text{Cos } a \text{ (fórmula 3)}$$

Porém, na prática não se lê fs-fi (inclinada), se lê FS-FI (verticalizada). Faremos a conversão, conforme a Figura 14:

Figura 14 – Conversão FS-FI por fs-fi.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

$\underline{\text{Cos}} \alpha = (\text{fs-fi}) / \text{FS-FI}$ , ou seja,

$\text{fs-fi} = \underline{\text{Cos}} \alpha \times \text{FS-FI}$  (fórmula 4)

Colocando a fórmula 4 na fórmula 3, teremos:

$\text{DH} = \text{Cos} \alpha \times \text{FS-FI} \times \text{Cos} \alpha$ , ou seja,

$\text{DH}_{(m)} = \frac{(\text{FS-FI}) \times \text{cos}^2 \alpha}{10}$  (fórmula final em metros)

# CAPÍTULO 7

---

## LEVANTAMENTO E LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA PLANIMÉTRICA

### 1. Conceito

Levantamento topográfico planimétrico é o conjunto de ações no campo com intuito de coletar informações geométricas necessárias para representação do terreno, sem considerar o relevo. Essas informações contam com ângulos horizontais, distâncias horizontais, coordenadas e orientação.

Existem diversos tipos de levantamentos topográficos planimétricos, das quais podemos destacar: poligonação, irradiação, intersecção, ordenadas e coordenadas.

Como todo trabalho, deve-se visualizar o terreno antes de iniciar o trabalho, fazer um croqui, observar todos perigos, obstáculos, definir a equipe e escolher os equipamentos mais adequados, inclusive a metodologia que mais se adequa ao trabalho.

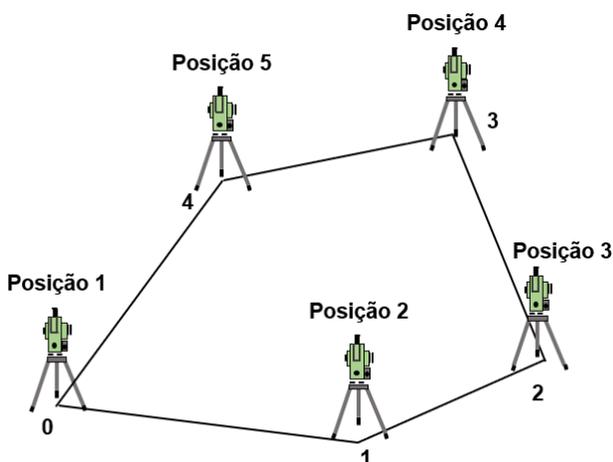
Após a conclusão do levantamento topográfico, e se houver necessidade, se faz a locação topográfica, que consiste no procedimento inverso ao levantamento topográfico.

## 2. Tipos de levantamento

### a) Poligonização

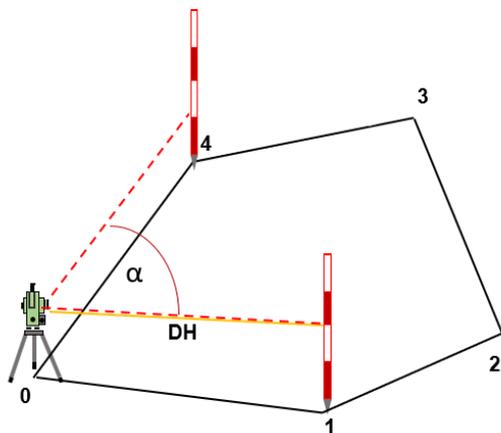
A metodologia da Poligonização, também chamada de Caminhamento, muito utilizada com Teodolitos, tem por finalidade para delimitar poligonais, principalmente fechadas. Dar-se por caminhar (Figura 15) por todos os vértices da poligonal, no sentido anti-horário, fazendo todas as leituras dos ângulos (sentido horário) e medições de distâncias horizontais nos alinhamentos em questão (Figura 16), além de, fazer a orientação de cada vértice, pelo Azimute Verdadeiro.

Figura 15 – Posições percorridas no caminhamento. Para cada posição mede-se um ângulo e pelo menos uma distância.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Figura 16 – Medições de ângulos e distâncias horizontais.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Inicialmente, o topógrafo instala o Instrumento no vértice 0, onde fará a centragem e calagem do instrumento. Centrar é colocar o centro do instrumento para que o eixo principal dele passe no ponto topográfico e calagem é fazer com que ele fique no plano topográfico, através dos parafusos calantes e níveis tubulares e circulares. Após centrar e calar no vértice 0, imaginando que são, por exemplo 3 vértices (0, 1 e 2), ele configura o instrumento para que aponte para o Norte Verdadeiro, através do GNSS, ou Magnético através de bússola e faz a leitura do Norte até o alinhamento 0-1, determinando o Azimute 0-1. Após isso, faz a leitura do ângulo do vértice 0, mirando para o vértice 2, zerando angularmente o instrumento e o girando até o vértice 1. E por último, nesse vértice, faz as leituras dos alinhamentos 0-1 e 0-2.

Terminado o vértice 0, o topógrafo vai ao vértice 1 para fazer a centragem e calagem nesse vértice. Os azimutes a partir de agora já não precisam ser lidos e sim calculados, pela fórmula específica. Nesse vértice, se faz a leitura do ângulo 1 e medições dos alinhamentos 1-2 e, voltando para comparar, 1-0. Após esse procedimento, retira cuidadosamente o instrumento e vai ao último vértice. Nesse vértice faz a leitura do ângulo 2 e os alinhamentos 2-0 e 2-1.

Após todos esses passos e preenchimento na Caderneta de Campo, leva-se ao escritório para correção de erros, confecção da planta e do Memorial Descritivo.

a.1) No escritório, se verifica os erros angulares:

No escritório deve-se verificar o erro angular e verificar se deve compensar ou refazer o trabalho, de acordo com a fórmula da tolerância.

Nas poligonais, a soma dos ângulos internos deve seguir a fórmula abaixo, de acordo com a quantidade de lados:

**Soma dos ângulos internos** = (número de lados-2) x 180°

Para triângulo: 180°

Para retângulo: 360°

Para pentágono: 540°

Para hexágono: 720°

Ao verificar o erro angular, deve-se ficar atento a tolerância. Caso o erro for maior do que a tolerância, deve-se refazer o trabalho, caso o erro for menor, deve-se distribuir o erro. A tolerância é:  $T = 1' \sqrt{n}$

a.2) Correções

Caso o erro seja menor do que a tolerância, iremos fazer a distribuição do erro nos vértices da poligonal, para tanto, vamos seguir o seguinte exemplo:

Estação	Pontos visados	DH(m)	Ângulos internos	Correções	Ângulo Corrigido
0	1	20	90°00'30"		
1	2	24	29°57'00"		
2	0	21	60°01'00"		

No somatório dos ângulos, temos: 179°58'30". Para se chegar aos 180°, ficou faltando 1'30". A tolerância, nesse caso, é de: 1,73', então, pode-se distribuir os erros nos vértices, da seguinte maneira:

$$1'30'' / 3 \text{ (quantidade de vértices)} = +30'' \text{ por vértice.}$$

Estação	Pontos visados	DH(m)	Ângulos internos	Correções	Ângulos corrigidos
0	1	20	90°00'30"	+30"	90°01'
1	2	24	29°57'00"	+30"	29°57'30"
2	0	21	60°01'00"	+30"	60°01'30'

### a.3) Cálculos de Azimutes

Fórmula: (Azimute anterior + ângulo interno) = AZx

#### Situações:

- a) Se AZx for < que 180°, somam-se 180° a AZx
- b) Se AZx for entre 180° e 540°, subtraem-se 180° de AZx
- c) Se AZx for > que 540°, subtraem-se 540° de AZx

Estação	Pontos visados	DH (m)	Ângulos corrigidos	Azimutes	
				Lido	Calculado
0	1			130°	
1	2	24	29°57'30"		
2	0	21	60°01'30"		
0	1	20	90°01'00"		

Nesse caso, temos:

$29^{\circ}57'30'' + 130^{\circ} = 159^{\circ}57'30''$ , então, **situação a**, soma-se 180°.

$$AZ_{1-2} = 339^{\circ}57'30''$$

$60^{\circ}02'00'' + 339^{\circ}57'30'' = 399^{\circ}59'30''$ , então, situação b), subtrai 180°.

$$AZ_{2-0} = 219^{\circ}59'30''$$

$90^{\circ}00'30'' + 219^{\circ}59'30'' = 310^{\circ}$ , então, situação b), subtrai  $180^{\circ}$ .

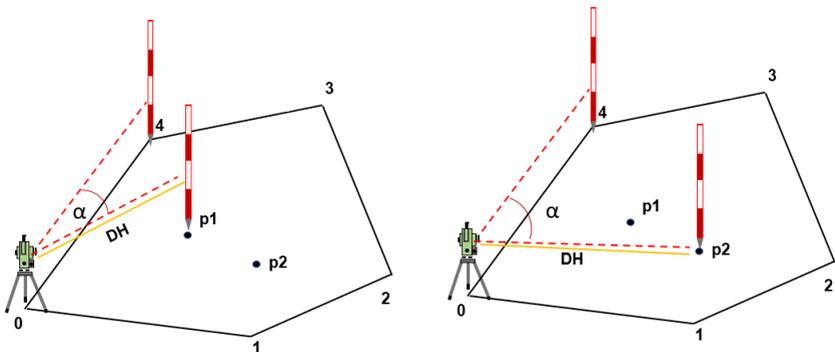
$$AZ_{0-1} = 130^{\circ}$$

Estação	Pontos visados	DH (m)	Ângulos corrigidos	Azimutes	
				Lido	Calculado
0	1			130°	
1	2	24	29°57'30''		339°57'30''
2	0	21	60°01'30''		219°59'30''
0	1	20	90°01'00''		130°00'00''

### b) Irradiação

A Irradiação ou Coordenada Polar, é um tipo de levantamento utilizado para pequenas áreas com objetivo de se determinar os detalhes, através de ângulos e distâncias (Figura 17). Normalmente, se complementa com a Poligonação. Nesse tipo de levantamento, não há como controlar o erro.

Figura 17 – Método da Irradiação: medição de p1 e p2.

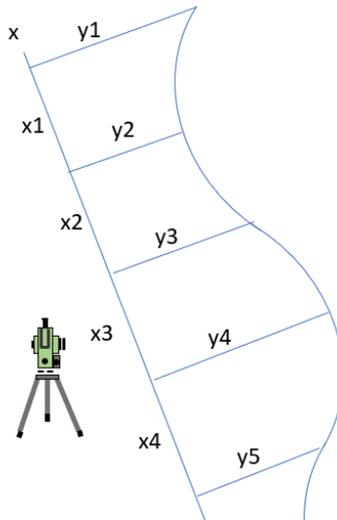


Fonte: Machado Júnior, 2026.

c) Ordenadas

É um método não rotineiro capaz de levantar terrenos com forma senoidal. Se utiliza de uma linha auxiliar (x) e diversas linhas perpendiculares (y), afim de se obter a representação daquele terreno, conforme a Figura 18. Quanto mais linhas y, melhor será representada área.

Figura 18 – Levantamento por Ordenadas.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

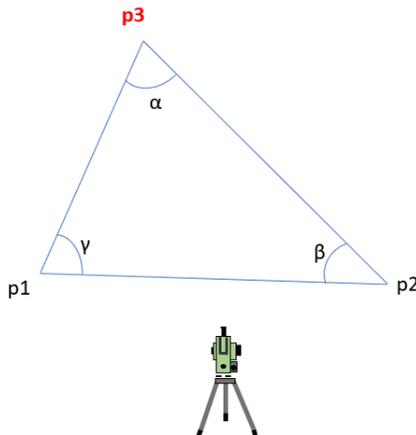
d) Interseção

O método da Interseção, também chamada de método das Coordenadas Bipolares, é usado quando não se tem acesso a um dos vértices da poligonal. As distâncias até o ponto inacessível são conhecidas através da Lei dos Senos, conforme Figura 19.

Lei dos senos:

$$\frac{p1 \ p2}{\text{sen } \alpha} = \frac{p2 \ p3}{\text{sen } \gamma} = \frac{p3 \ p1}{\text{sen } \beta}$$

Figura 19 – Levantamento por Interseção, onde p3 é o ponto inacessível.



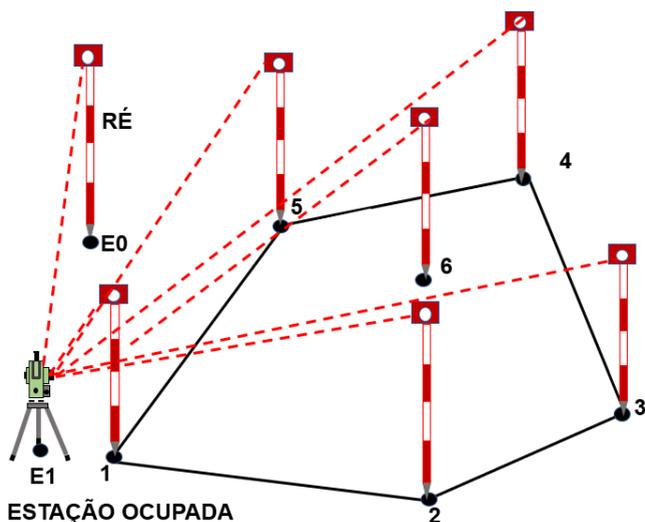
Fonte: Machado Júnior, 2026.

e) Coordenadas

O método do levantamento por Coordenadas, muito utilizado por Estações Totais, permite levantar a área a partir de coordenadas X e Y, no caso de Planimetria e X, Y e Z, no caso de Altimetria.

Utiliza-se pontos de apoio, como Estação Ocupada (E1) e Ré (E0), para criar um sistema de coordenadas, quer seja, relativa ou absoluta, e só assim, se faz as captações dos pontos, determinando as coordenadas de cada um deles, formando as figuras geométricas, representativas do terreno. Serve tanto para levantar os contornos dos terrenos, quanto os detalhes (Figura 20).

Figura 20 – Levantamento por Coordenadas.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Quando de uma estação não é possível captar todos os pontos do trabalho há necessidade da troca de estação. A troca de estação dar-se por amarrar os pontos de apoio da Estação 2 (Estação ocupada e Ré), nos pontos já determinados da Estação 1, antes de se fazer o trabalho de coleta dos pontos que estarão faltando.

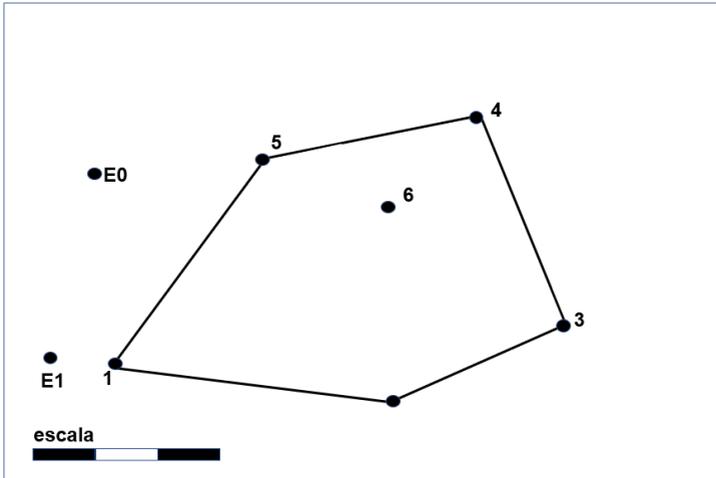
### **3. Locação topográfica planimétrica**

A locação é o método contrário do levantamento. Primeiro se faz o levantamento topográfico, após isso, se faz as correções e alterações necessárias numa planta gráfica ou no papel e depois realiza-se a locação.

Passo 1: Levantamento (Figura 20).

Passo 2: Visualização do projeto no CAD (Figura 21).

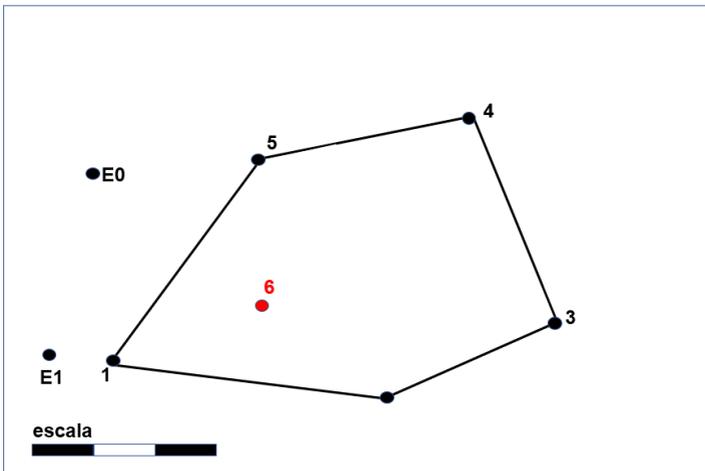
Figura 21 – Levantamento da Figura 20 no CAD.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

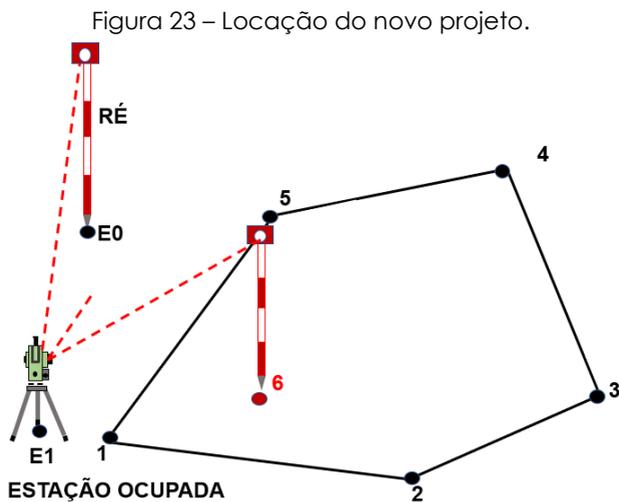
Passo 3: Alteração do projeto no CAD (Figura 22):

Figura 22 – Alteração do projeto no CAD



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Passo 4: Locação do novo projeto (Figura 23):



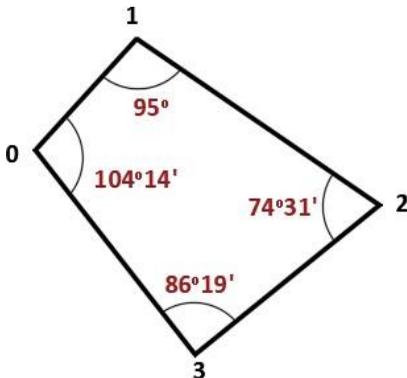
Fonte: Machado Júnior, 2026.

# CAPÍTULO 8

## CÁLCULO DE FECHAMENTO DE POLIGONAL

Como ensinado no capítulo anterior, todos procedimentos topográficos, inclusive levantamentos, podem ocorrer erros, esses erros podem ou não estarem dentro da tolerância. Caso o erro esteja dentro da tolerância, a partir dos dados medidos no levantamento topográfico planimétrico, é possível corrigi-los. Para se calcular o erro obtido em campo, primeiramente deve-se calcular o erro angular para posteriormente calcular o erro linear.

A seguir faremos um exemplo prático de cálculo de erro angular de uma poligonal fechada com 4 lados e, posteriormente, a partir destes dados corrigidos, faremos o cálculo de fechamento linear.



**ERRO ANGULAR****A- Cálculo dos ângulos internos**

Somatório dos ângulos internos:  $\Sigma a_i = (n-2) \times 180^\circ$

Onde para o exemplo tem-se a tabela a seguir.

<b>Estação</b>	<b>Ponto visado</b>	<b>Ângulo horizontal</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>OBS</b>
0	3 (Ré) 1 (Vante)	000°00'00" 104°14'00"	65,00	Fazer o percurso no sentido horário
1	0 (Ré) 2 (Vante)	000°00'00" 95°00'00"	127,00	
2	1 (Ré) 3 (Vante)	000°00'00" 74°31'00"	105,00	
3	2 (Ré) 0 (Vante)	000°00'00" 86°19'00"	110,60	

### B - Cálculo do erro angular

$$\Sigma \alpha = \Sigma \text{poligonal} - \Sigma \alpha_i$$

$$\Sigma \alpha_i = 360^\circ$$

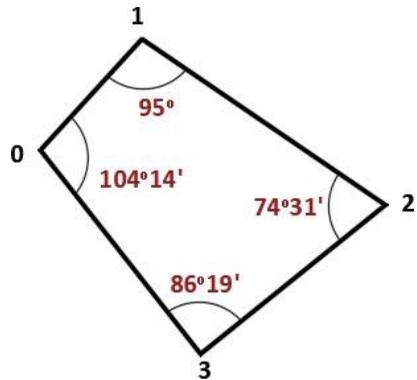
$$\Sigma \text{poligonal} = 104^\circ 14' + 95^\circ 00'$$

$$+ 74^\circ 31' + 86^\circ 19'$$

$$= 360^\circ 04'$$

$$E_\alpha = 360^\circ 04' - 360^\circ$$

$$E_\alpha = 04'$$



### C- Tolerância angular

$$T = \pm K \sqrt{n}$$

$$T = \pm 2' \sqrt{4}$$

$$T = \pm 4'$$

Obs.1: O K é uma constante fixada em função da exatidão do levantamento. Esse valor poderá ser reduzido ou aumentado de acordo com o tipo de levantamento.

Obs.2: A compensação só é realizada quando a tolerância for maior ou igual ao erro. Quando o erro em valor absoluto for maior que a tolerância, o trabalho deverá ser refeito.

### D- Erro unitário

$$E_U = E_\alpha / n = 4' / 4 = +1'$$

### E- Cálculo da correção

$$C\alpha = -Eu = -1'$$

### F- Cálculo dos ângulos compensados

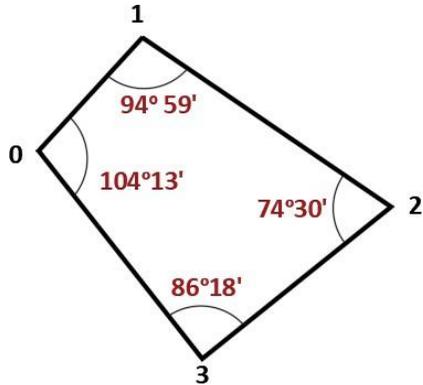
$$\alpha_0 = 104^\circ 14' + (-1') = 104^\circ 13'$$

$$\alpha_1 = 95^\circ 00' + (-1') = 94^\circ 59'$$

$$\alpha_2 = 74^\circ 31' + (-1') = 74^\circ 30'$$

$$\alpha_3 = 86^\circ 19' + (-1') = 86^\circ 18'$$

$$\Sigma\alpha_i = 360^\circ$$



Estação	Ponto Visado	Ângulo Horizontal	Distância (m)
0	1	104°13'	65,00
1	2	94°30'	127,00
2	3	74°30'	105,00
3	0	86°18'	110,60

## ERRO LINEAR

### A- Cálculo dos Azimutes compensados

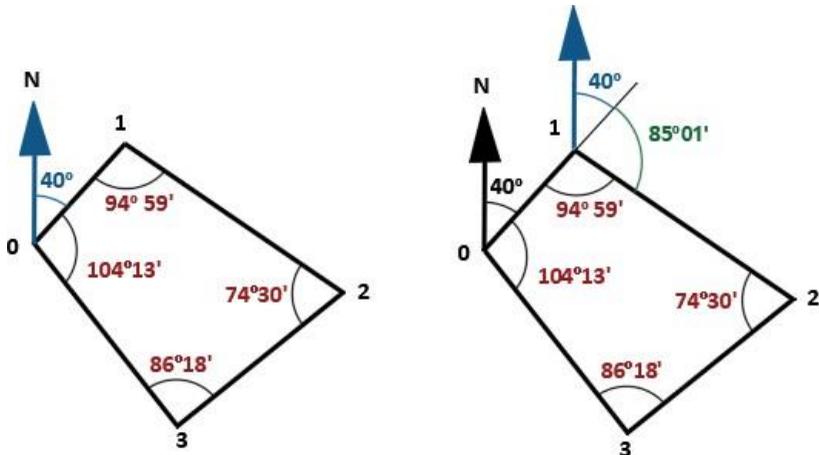
Para que sejam obtidos os azimutes calculados tem-se que:

$$Az_n = Az_{n-1} \pm \text{deflexão}$$

Onde:  $Az_n$  = Azimute de um alinhamento e  $Az_{n-1}$  = Azimute do alinhamento anterior.

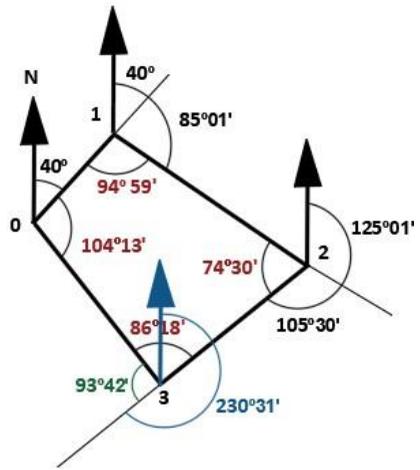
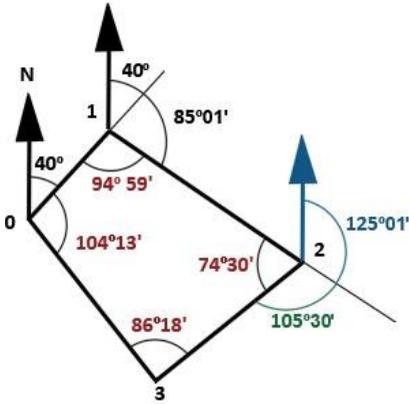
Obs.: Quando a deflexão for no sentido horário, soma-se com a deflexão. Se a estiver no sentido anti-horário, subtrai-se da deflexão.

No caso do exemplo da próxima página, as deflexões estão no sentido horário por isso tem-se que:



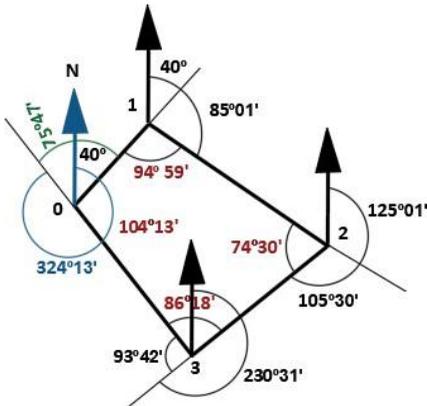
$$Az_{0-1} = 40^\circ$$

$$Az_{1-2} = 40^\circ + 85^\circ 01' = 125^\circ 01'$$



$$Az_{2-3} = 125^{\circ}01' + 105^{\circ}30' = 230^{\circ}31'$$

$$Az_{3-0} = 230^{\circ}31' + 93^{\circ}42' = 324^{\circ}13'$$



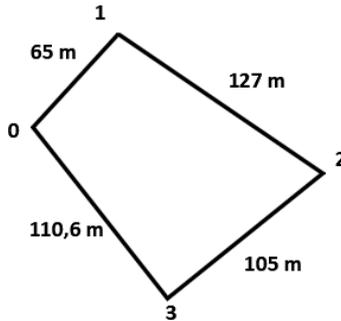
$$Az_{0-1} = 324^{\circ}13' + 75^{\circ}47' =$$

$$400^{\circ} \quad Az_{0-1} = 400^{\circ} - 360^{\circ} =$$

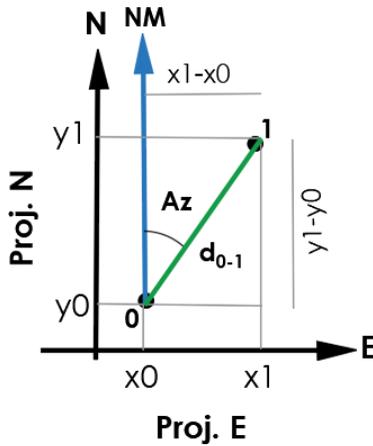
$$40^{\circ}$$

## B- Cálculo do fechamento linear

### B.1- Cálculo das projeções



a. No alinhamento 0 – 1



$$\text{Sen } Az = P.E/d_{0-1}$$

$$\text{Cos } Az = P.N/d_{0-1}$$

$$P.E = \text{sen } Az \times d_{0-1}$$

$$P.N = \text{cos } Az \times d_{0-1}$$

1

Onde tem-se que:

$$d_{0-1} = 65,00 \text{ m}$$

$$Az_{0-1} = 40^\circ$$

$$P.E_{0-1} = \sin 40^\circ \times 65 = + 41,78\text{m}$$

$$P.N_{0-1} = \cos 40^\circ \times 65 = + 49,79\text{m}$$

Obs.: Nos outros alinhamentos seguintes temos o mesmo raciocínio do primeiro alinhamento, ou seja, no alinhamento 1 – 2 teremos na projeção norte igual ao cosseno do  $Az_{1-2}$  multiplicado a  $d_{1-2}$  e na projeção leste igual ao seno do  $Az_{1-2}$  vezes a  $d_{1-2}$ .

b. No alinhamento 1 – 2

$$d_{1-2} = 127 \text{ m}$$

$$Az_{1-2} = 125^\circ 01'$$

$$P.E_{1-2} = \sin 125^\circ 01' \times 127 = + 104,01\text{m}$$

$$P.N_{1-2} = \cos 125^\circ 01' \times 127 = - 72,88\text{m}$$

c. No

alinhamento 2 – 3

$$d_{2-3} = 105,00\text{m}$$

$$Az_{2-3} = 230^\circ 31'$$

$$P.E_{2-3} = \sin 230^\circ 31' \times 105 = -81,04\text{m}$$

$$P.N_{2-3} = \cos 230^\circ 31' \times 105 = -66,77\text{m}$$

d. No alinhamento 3 – 0

$$d_{3-0} = 110,60\text{m}$$

$$Az_{3-0} = 324^\circ 13'$$

$$P.E_{3-0} = \sin 324^\circ 13' \times 110,6 = -64,67\text{m}$$

$$P.N_{3-0} = \cos 324^\circ 13' \times 110,6 = +89,72\text{m}$$

<b>Lado</b>	<b>N</b>	<b>E</b>
0-1	+ 49,79	+ 41,78
1-2	- 72,88	+ 104,01
2-3	- 66,77	- 81,04
3-0	+ 89,72	- 64,67
	$\Sigma \text{proj. N} = -$ 0,14	$\Sigma \text{proj. E} =$ 0,08

A soma algébrica das projeções dos lados de uma poligonal fechada de uma mesma base, sobre os eixos coordenados é igual à zero.

Neste caso a soma foi diferente de zero, por isso deve-se calcular o erro e observar se o mesmo está dentro da tolerância. Se estiver, devem-se realizar as correções das distâncias.

Logo tem-se que o erro linear é calculado pela seguinte equação:

$$El = \pm \sqrt{(\sum \text{Proj. N})^2 + (\sum \text{Proj. E})^2}$$

Com erro linear absoluto igual a:

$$Ea = \pm \sqrt{(-0,14)^2 + (-0,08)^2} = 0,26$$

Com erro linear relativo igual a:

$$Er = \left( \frac{Ea}{\sum l} \right) = \frac{0,26}{65+127+105+110,6} = \frac{\frac{0,26}{0,26}}{\frac{407,6}{0,26}} = \frac{1}{1567,7}$$

O Er deve ser comparado com à Tolerância Linear  $T = 1/L$ , sendo L uma constante fixada em função de: Instrumento utilizado nas medições; Condições do terreno; Método de medição utilizado. (VER A NBR13133:94 ABNT)

No exemplo a tolerância linear adotada é  $T1 = 1/500$ .

Neste caso o trabalho está satisfatório, pois o erro é menor do que a tolerância, podendo ser feitas as correções ou compensações.

### 1º Compensação linear

#### i. Coeficiente de Correção

O coeficiente de correção é a soma das projeções dividida pela soma das distâncias horizontais, como podemos ver na formula abaixo.

$$C_{cN} = \frac{\sum N}{\sum l} \quad \text{onde } C_{cN} = \frac{-0,14}{407,06} = -0,00034393$$

$$C_{cE} = \frac{\sum E}{\sum l} \quad \text{onde } C_{cE} = \frac{0,08}{407,06} = 0,000196531$$

Temos então que a  $PE'$  é igual a  $d_{0-1}$  vezes o coeficiente de correção ( $C_{cE}$ ) mais a  $PE$  e a  $PN'$  é igual a  $d_{0-1}$  vezes o coeficiente de correção ( $C_{cN}$ ) mais a  $PN$ , como podemos vê na formula abaixo.

$$PE' = d_{0-1}(-C_c) + PE$$

$$PN' = d_{0-1}(-C_c) + PN$$

LADO (0-1)

$$P.E'_{0-1} = [65*(-)0,000196531]+41,78 = 41,77$$

$$P.N'_{0-1} = (65*0,00034393)+49,79 = 49,81$$

LADO (1-2)

$$P.E'_{1-2} = [127*(-)0,000196531]+104,01 = 103,98$$

$$P.N'_{1-2} = (127*[0,00034393])+(-)72,88 = -72,84$$

LADO (2-3)

$$P.E'_{2-3} = 105*[(-)0,000196531+(-)81,04] = -81,06$$

$$P.N'_{2-3} = 105*[0,00034393+(-)66,77] = -66,73$$

LADO (3-0)

$$P.E'_{3-0} = 110,6*[(-)0,000196531+(-)64,67] = -64,69$$

$$P.N'_{3-0} = 110,6*[0,00034393+89,72] = 89,76$$

Lado	N	E
0-1	+ 49,81	+ 41,77
1-2	- 72,84	+ 103,98
2-3	- 66,73	- 81,06
3-0	+ 89,76	- 64,69
	$\Sigma$ proj. N = 0,0	$\Sigma$ proj. E = 0,0

## B.2- Cálculo do lado compensado

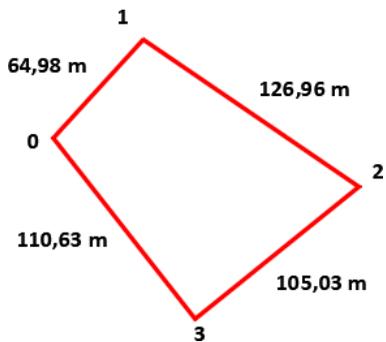
$$d = P.E' / \text{Sen } Az \text{ ou } d = P.N' / \text{Cos } Az$$

$$d_{0-1} = 41,77 / \text{Sen } 40^\circ = 64,98 \text{ m}$$

$$d_{1-2} = 103,98 / \text{Sen } 125^\circ 01' = 126,96 \text{ m}$$

$$d_{2-3} = -81,06 / \text{Sen } 230^\circ 31' = 105,03 \text{ m}$$

$$d_{3-0} = -64,69 / \text{Sen } 324^\circ 13' = 110,63 \text{ m}$$



# CAPÍTULO 9

---

## CÁLCULO DE ÁREA

Ao término de um levantamento topográfico, partes de campo e escritório, é comum a determinação da área desta poligonal levantada. Como se sabe, na compra e venda de imóveis rurais e urbanos, é uma informação de grande importância, devido à necessidade de um parâmetro para avaliação do mesmo. Para tal, existem alguns métodos para determinar o tamanho de determinada área.

Quando os formatos das áreas são irregulares (processo indireto), como é o caso de poligonais do terreno nos limites da maioria das propriedades, são empregados os processos analíticos, gráficos, computacionais e mecânicos. Quando a poligonal limite apresenta o formato de uma figura conhecida, utiliza-se o processo direto, para medição de área. Para uma poligonal quadrada um dos lado é elevado ao quadrado ( $l^2$ ), na poligonal retangular se multiplica a base pela altura ( $b \times a$ ), no triangular temos base vezes

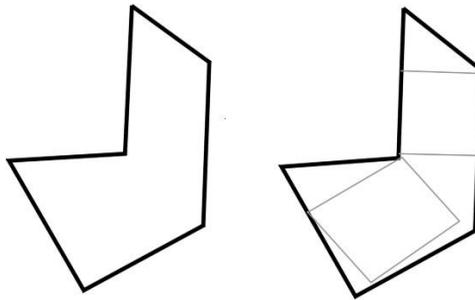
a altura dividido por dois  $[(b \times a)/2]$  e em uma circular eleva-se o raio ao quadrado e multiplica-se por  $\pi$ , o que resulta em  $A = \pi \cdot r^2$ .

## Processos indiretos

### 1. Processo Gráfico

Neste método é realizado uma subdivisão na poligonal limite, onde as áreas dessa subdivisão irão se encontrar no formato de figuras geométricas conhecidas (quadrado, retângulo, triângulo e círculos), das quais são conhecidas as fórmulas para se encontrar as áreas dessas figuras (Figura 24).

Figura 24- Método gráfico.



Fonte: Topografia Geral, 2ª Edição.

## 2. Processo Mecânico

Este é um dos métodos mais eficientes para determinação de área, por isso o mais usado, onde se utiliza um instrumento chamado de planímetro (Figura 25). Ele permite a medição de áreas da poligonal limite nas plantas ou cartas, delimitadas por linhas curvas ou retas. Neste método ocorre erro devido a inexatidão do operador, que ao percorrer o limite da poligonal limite da figura, não consegue manter-se perfeitamente sobre a linha. Os planímetros têm as operações de leitura e de medição das áreas em diferentes escalas, simplificando assim a determinação das áreas (Figura 26).

Figura 25 – Planímetro eletrônico.



Figura 26 - Uso do planímetro eletrônico.



Fonte: Topografia Geral, 2ª Edição.

### Uso do planímetro

Primeiro traça-se um quadrado de área conhecida,  $1 \text{ cm}^2$ , ou aproveita-se a quadrícula da planta. Em seguida fazem-se as

leituras, com o planímetro, da poligonal do quadrado, com no mínimo três repetições. Como exemplo tem-se: 1ª leitura = 21; 2ª leitura = 19; e 3ª leitura 20, sendo a média igual a 20.

Sendo a escala da planta igual a 1:20000, para calcular o valor real desse quadrado utilizar-se-á a fórmula demonstrada no capítulo da escala, que é a seguinte:

$$\frac{1}{M^2} = \frac{s}{S} \Rightarrow \frac{1}{20000^2} = \frac{1}{S} = 4 \text{ Ha}$$

O segundo passo é medir na planta a poligonal que se quer determinar a área, fazendo-se também no mínimo três leituras.

Neste caso admite-se que a média das leituras foi 200. Para calcular a área faz-se uma regra de três simples:

$$\frac{20}{200} = \frac{4}{S} \rightarrow S = 40 \text{ Ha}$$

### 3. Pesagem do papel

Para determinação de área o método da pesagem é menos comum, mas com a mesma precisão dos métodos anteriores, sendo bastante simples e de fácil utilização. São necessárias uma balança de precisão (analítica) e uma cópia da planta a ser utilizada. Neste

método recorta-se uma figura geométrica conhecida, de área conhecida, como por exemplo, um quadrado de área 1 cm<sup>2</sup>, pesa-se este quadrado, em seguida corta-se a figura que se quer determinar a área e pesa-se a mesma, como mostra a equação abaixo:

$$1 \text{ cm}^2 \quad \longleftrightarrow \quad 0,0005 \text{ g}$$

$$X \text{ cm}^2 \quad \longleftrightarrow \quad 0,013 \text{ g}$$

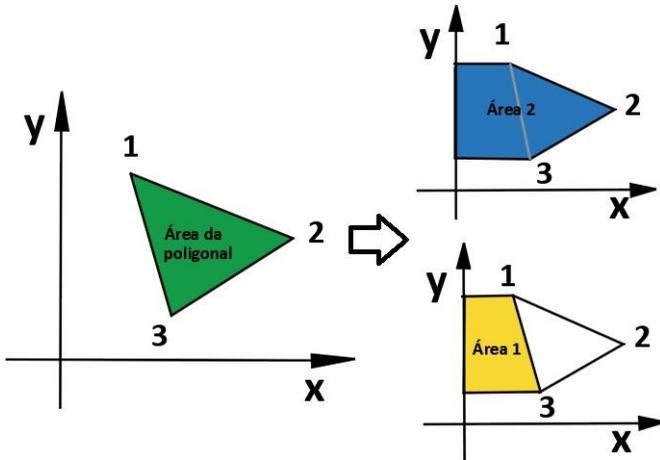
$$X = (1 \times 0,013) / 0,0005$$

$$X = 26 \text{ cm}^2$$

#### 4. Analítico

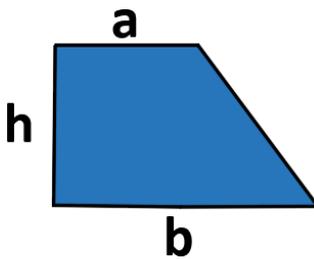
Para o cálculo analítico de áreas utilizam-se fórmulas matemáticas. É o caso da fórmula dos trapézios, formados pelos lados definidos pelos vértices da poligonal que se quer determinar a área. Como pode ser visto na Figura 27, a poligonal possibilita a formação de duas áreas diferentes, área 1 e área 2, em formatos de trapézios. O cálculo da área da poligonal será a área do trapézio 2 menos a área do trapézio 1.

Figura 27- Áreas da poligonal e dos trapézios.



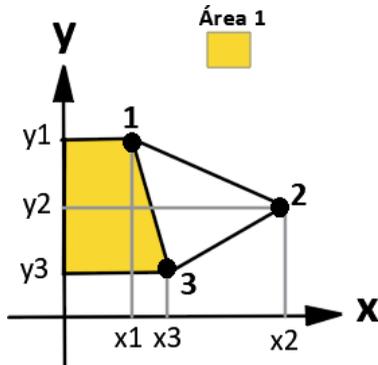
Onde, para se determinar a área do trapézio utiliza-se a fórmula de Gauss.

$$A_{\text{trapézio}} = 1/2 * [(b+a)*h]$$



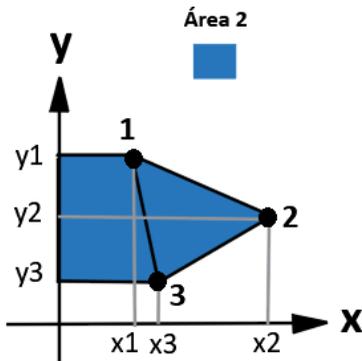
Têm-se então as seguintes fórmulas:

Na área 1:



$$A_1 = 1/2 * (y_1 - y_3) * (x_3 + x_1)$$

) Na área 2:



$$A_2 = [1/2 * (y_2 - y_3) * (x_2 + x_3)] + [1/2 * (y_1 - y_2) * (x_1 + x_2)]$$

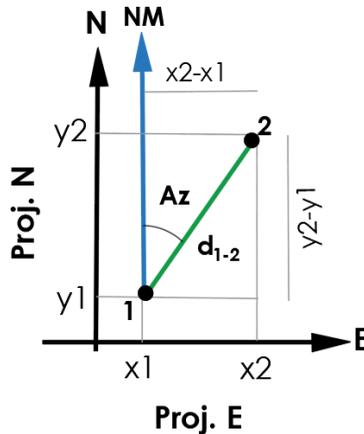
Onde a área da poligonal

é:  $A_{\text{poligonal}} = \text{Área}_2 -$

$\text{Área}_1$

Para que seja calculada a área da poligonal, são necessários os valores de  $x$  e  $y$ , sendo esses valores encontrados através dos cálculos das projeções dos alinhamentos 1-2, 2-3 e 3-1, como visto no capítulo anterior.

### Cálculo das Projeções



$$\text{sen } Az = \text{P.E} / d_{1-2} \quad \longrightarrow \quad \text{P.E} = \text{sen } Az * d_{1-2}$$

$$\text{cos } Az = \text{P.N} / d_{1-2} \quad \longrightarrow \quad \text{P.N} = \text{cos } Az * d_{1-2}$$

Com essa dedução, como foi visto no capítulo anterior, tem-se as seguintes projeções:

$$\text{P.E}_{1-2} = \text{sen } 113^\circ * 122,1 = 112,39 \text{ m}$$

$$\text{P.N}_{1-2} = \text{cos } 113^\circ * 122,1 = - 47,71 \text{ m}$$

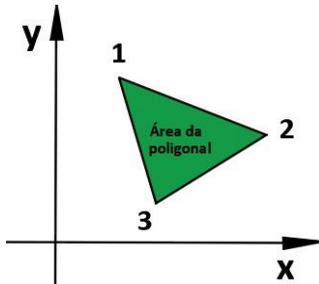
$$\text{P.E}_{2-3} = \text{sen } 238^\circ * 102,9 = - 87,26 \text{ m}$$

$$\text{P.N}_{2-3} = \text{cos } 238^\circ * 102,9 = - 54,53 \text{ m}$$

$$\text{P.E}_{3-1} = \text{sen } 346^\circ * 104,9 = - 25,38 \text{ m}$$

$$\text{P.N}_{3-1} = \text{cos } 346^\circ * 104,9 = 101,78 \text{ m}$$

Ao término dos cálculos das projeções, iniciam-se os das coordenadas, onde se estima uma distância da origem para a coordenada  $x_1$  e  $y_1$ . Para este exemplo foi de 500 m para N e E, como pode ser visto a seguir:



$$x_1 = 500$$

$$x_2 = 500 + P.E_{1-2} = 500 + 112,39 = 612,39 \text{ m}$$

$$x_3 = 500 + P.E_{2-3} = 612,39 - 87,26 = 525,13 \text{ m}$$

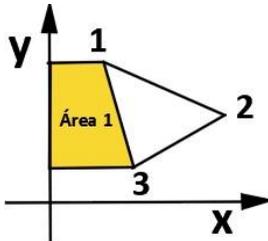
$$y_1 = 500$$

$$y_2 = 500 + P.N_{1-2} = 500 - 47,71 = 452,29 \text{ m}$$

$$y_3 = 549,79 + P.N_{2-3} = 452,29 - 54,53 = 397,76 \text{ m}$$

Voltando para o cálculo da área tem-se que:

Área 1:



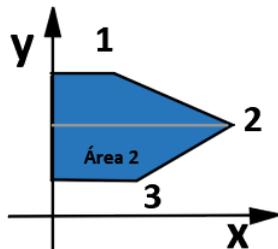
$$A_1 = 1/2 * (y_1 - y_3) * (x_3 + x_1)$$

$$A_1 = 1/2 * (500 - 397,76) * (525,13 + 500) \quad A_1$$

$$= 1/2 * (102,24) * (1025,13)$$

$$A_1 = 52404,64 \text{ m}^2$$

Área 2:



$$A_2 = [1/2 * (y_2 - y_3) * (x_2 + x_3)] + [1/2 * (y_1 - y_2) * (x_1 + x_2)]$$

$$X_1 = 500 \text{ m}$$

$$X_2 = 612,39 \text{ m}$$

$$X_3 = 525,13 \text{ m}$$

$$Y_1 = 500 \text{ m}$$

$$Y_2 = 452,29 \text{ m}$$

$$Y_3 = 397,76 \text{ m}$$

$$A_2 = 1/2*(y_2-y_3)*(x_2+x_3) + 1/2*(y_1-y_2)*(x_1+x_2)$$

$$A_2 = 1/2*(54,53)*(612,39+525,13) + 1/2*(47,71)*$$

$$(500+612,39) \quad A_2 = 1/2*(54,53)*(1137,52) +$$

$$1/2*(47,71)*(1.112,39)$$

$$A_2 = 31.014,48 + 26.536,06$$

$$A_2 = 57.550,54 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{poligonal}} = \text{Área}_2 - \text{Área}_1$$

$$A_{\text{poligonal}} = 57.550,54 -$$

$$52.404,64 \quad A_{\text{poligonal}} =$$

$$5.145,9 \text{ m}^2 \text{ ou } 0,51459 \text{ ha}$$

#### **4. Computacional**

Esse método é atualmente o mais usual, devido principalmente, ao advento da Estação Total. Para a criação desses softwares, sua programação é baseada no método analítico. Os programas mais comuns são AutoCad, Topograph, DataGeosis, TopoCal. Surfer. entre outros.

# CAPÍTULO 10

---

## INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA

### 1. Conceito de Altimetria

A Altimetria pode ser caracterizada como ciência que estuda, de forma geral, os aspectos geográficos (formas, contornos, dimensões, posição e localização) de um determinado lugar, considerando o relevo.

Segundo conceito dos autores Coelho Júnior et al., nos livros Topografia Geral (2014) e (2020) "a Altimetria é um ramo da Topografia que estuda, de um modo geral, as distâncias verticais, entre elas, Diferença de Nível, Cotas e Altitudes, formadoras do relevo de um determinado local. Pode-se dizer que o produto final do levantamento topográfico altimétrico é uma planta, carta ou mapa tridimensional, pois se considerou o relevo, enquanto na Planimetria o produto final é uma representação bidimensional".

Vale salientar que, quando falamos de Altimetria, esse estudo engloba os temas Nivelamento Geométrico, Nivelamento Trigonométrico, Nivelamento por Satélites, Nivelamento Barométrico, Perfis, Curvas de Nível, entre outros, mesmo que, por algumas poucas ocasiões, como por exemplo o Perfil, Seção Transversal e a Declividade há necessidade obrigatória de termos a variável planimétrica distância horizontal (DH). Notem que, apenas

a distância horizontal é usada, pois faz parte do processo de formação do relevo. Porém, só falamos em Planialtimetria quando utilizamos o estudo da Altimetria, supracitados somado com informações próprias da Planimetria, como por exemplo, o levantamento planimétrico com distâncias horizontais, ângulos horizontais, localização e posição absoluta ou relativa.

O relevo é caracterizado por distâncias verticais que podem ser Cotas, Altitudes e diferenças de nível, sendo representado por diversas formas, como veremos a seguir:

## **2. Formas de Representação do Relevo**

Como sabemos, para se chegarmos a uma planta altimétrica ou planialtimétrica é necessário fazer um estudo prévio do local, onde será realizado um levantamento topográfico do tipo altimétrico. Para se chegar a essa planta com a variável altura, há de se convir que, é necessário representar para entendermos o terreno em questão. Dessa forma, existem diversas maneiras de se representar o relevo, de acordo com cada necessidade, materiais envolvidos e metodologias para se obterem as Cotas, Altitudes e/ou diferenças de nível das quais as principais são explicadas a seguir:

a) Pontos Cotados

Os Pontos Cotados são formas de representação do relevo, na qual são representados de forma equidistantes entre linhas e colunas, formando diversos quadrados onde se medem as Cotas/Altitudes desses pontos. É importante informar que, quanto maior for essa equidistância, menor será a representação do relevo e menos poluída será a representação, menos onerosa e trabalhosa também. Essa questão de quanto usar de equidistância irá variar de acordo com o desejo do trabalho com o qual se quer realizar, ou seja, a representação irá de acordo com a necessidade em questão.

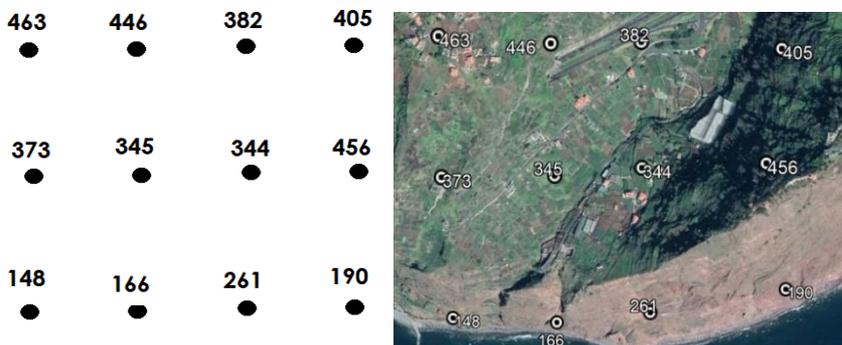
Para se chegar aos Pontos Cotados, são realizadas algumas técnicas de levantamento, onde a mais interessante é a Quadriculação topográfica do terreno, através de Teodolitos para medirem ângulos e distâncias ou usando Trenas e Balizas para medirem o mesmo. Em um capítulo mais adiante (Curvas de Nível) explicarei como é realizado ambos procedimentos.

Na Figura 1 há uma demonstração dos Pontos Cotados em forma de representação (à esquerda) e a direita a perspectiva do terreno com seus Pontos Cotados, em seus devidos lugares.

Notem que, a princípio, a visualização dos Pontos Cotados, em forma de representação, pode ser um ponto confuso de entendimento, mas quando sobrepomos os pontos na sua própria perspectiva o entendimento melhora e, aos poucos, o

usuário vai captando a ideia dos Pontos Cotados e entendendo como visualizar o terreno através deles.

Figura 1 – Pontos Cotados na esquerda e a sobreposição em sua perspectiva.



Fontes: Imagem esquerda Machado Júnior (2024) - imagem direita Google Earth.

Como vocês podem ver na imagem à direita, a equidistância entre os pontos não supriu totalmente a representação do relevo. Existem pontos que deveriam ter sido coletados para uma melhor representação do relevo, como por exemplo, nos picos da montanha, os talvegues, entre outros.

Para explicar melhor o acontecimento visualize apenas os Pontos de Cotas 456 e 190 na imagem à esquerda e esse mesmo trecho na imagem à direita. Notem que, se formos pela representação dos Pontos Cotados há uma declividade negativa contínua até chegar em 190, mas o mesmo não acontece no terreno real, onde de 456 eleva-se até determinada altura depois desce até 190.

Como deu para perceber, para fazer os Pontos Cotados, assim como qualquer representação, deverão existir cuidados para que o terreno seja totalmente representado, de acordo com a necessidade, mas também não haja excesso de coletas de pontos, pois os mesmos poderão onerar, aumentar o trabalho e poluir a imagem final, sem necessidade.

Além da representação, os Pontos Cotados são, em via de regra, um ótimo embasamento para criação das Curvas de Nível, tratados sucintamente a seguir e mais detalhada em um capítulo próprio.

#### b) Curvas de Nível

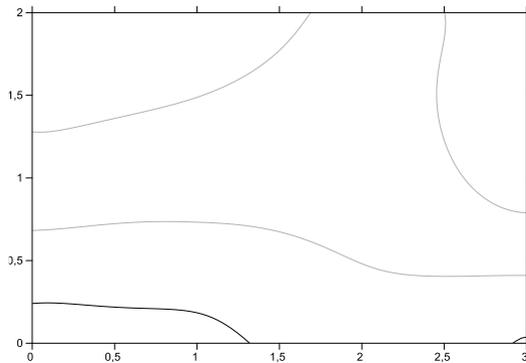
As Curvas de Nível são linhas imaginárias de igual Altitude ou Cota que servem como forma de representação do relevo. Diferente dos Pontos Cotados, pois estes são formas de representar através de pontos de valores aleatórios coletados no terreno, as Curvas de Nível nos informam o grupo de pontos de igual Altitude, facilitando diversos trabalhos nas áreas de Engenharias e Agricultura. A obtenção das Curvas de Nível pode ser realizada por diversas formas, dentre elas, através dos Pontos Cotados.

Para obtenção das Curvas de Nível, assim como os Pontos Cotados, são necessárias as coletas de diversos pontos para que representem melhor o terreno, além das equidistâncias das

Curvas de Nível, estas devem ser consideradas para também melhor representação do terreno.

Abaixo a Figura 2 mostra as Curvas de Nível feitas através dos Pontos Cotados da Figura 1.

Figura 2 – Curvas de Nível traçadas, através dos Pontos Cotados.



Fonte: Machado Júnior (2024).

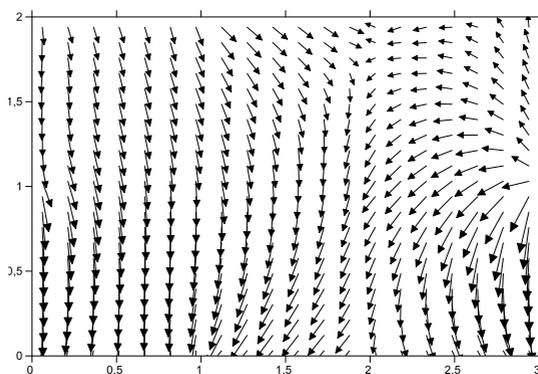
### c) Vetores

Quando há necessidade de informações do relevo, não por valores visuais de Altitude, mas sim, por onde deve escorrer a água, utilizamos os vetores.

Eles são uma forma de representação do relevo formada pelo direcionamento dos talvegues, seguindo o direcionamento alto-baixo, onde escorre ou poderão escorrer águas.

Abaixo a Figura 3 demonstra os vetores, tomando como base os valores dos Pontos Cotados da Figura 1.

Figura 3 – Vetorização de um determinado local.



Fonte: Machado Júnior (2024).

#### d) Modelagem Numérica do Terreno

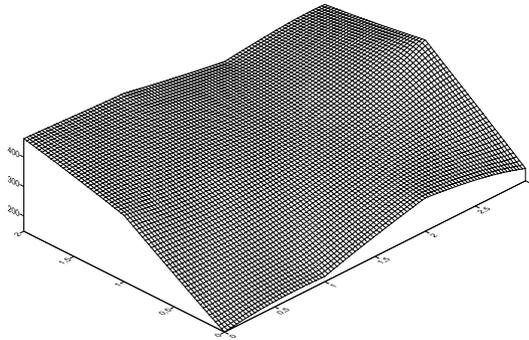
A Modelagem Numérica do Terreno, também chamada de MNT é outra forma de representação do relevo, onde de forma computacional ou em forma de desenho manual, utiliza-se as coordenadas x, y e z, em formas reais de perspectiva, para representar o determinado relevo.

Abaixo a Figura 4 representa um determinado terreno, de acordo com os dados dos Pontos Cotados da Figura 1. Notem que, existem informações de pontos que não foram coletados e foram gerados através de interpolações.

As interpolações são pontos que não são coletados devido a dois fatores: poucos pontos coletados e a impossibilidade humana de coletar todos os pontos de um terreno, devendo ser realizada a coleta através de Laser-Scan que é um equipamento que coleta quase que uma infinidade de pontos entre dois pontos principais. A

importância de se escolher o método de interpolação adequado se faz necessário para tentar fidelizar ao máximo possível as informações do campo em sua representação.

Figura 4 – Modelagem Numérica do Terreno a partir dos dados coletados na Figura 1.



Fonte: Machado Júnior (2024).

#### e) Por coloração

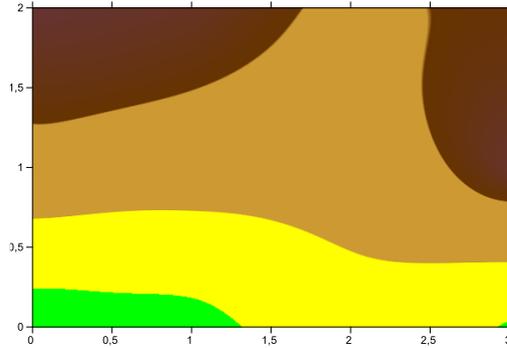
Outra forma de representação do relevo é através de cores. É por ela que se representa bastante os relevos em mapas de Geografia e através de mapas de produção, produtividades e variáveis agrônômicas para Agricultura de Precisão.

Esses mapas são bastante customizáveis pelos usuários a depender do programa a ser utilizado ou mesmo pelo desenho feito pelo executor. Nele, podemos determinar os limites que cada classe de Altitude deverá ser representada, bem como a cor escolhida.

Outro fator importante a ser escolhido é a cor. Em livros de Geografia, normalmente se usa as cores azul para representar águas, ou seja, relevo 0 m ou abaixo de 0 m, verde para representar regiões mais baixas, amarelas as intermediárias e marrons para regiões mais altas, com diversas adaptações, de acordo com o relevo em questão. Na Agricultura de Precisão se convém utilizar as cores verdes para altas produtividades ou para valores muito bons em variáveis agronômicas, amarelo para valores intermediários e vermelho para valores ruins de variáveis agronômicas. Porém, há de se convir que, a escolha é feita pelo usuário, de acordo com o que ele acredita que seja mais viável para seu trabalho, desde que, não haja nenhuma regra pré-fixada.

Na Figura 5, demonstramos os mesmos Pontos Cotados da Figura 1, já realizada a interpolação de dados, com 4 classes distintas escolhidas pelo autor do livro.

Figura 5 – Representação do relevo classificada de acordo as seguintes classes: até 199 m – verde, 200 a 299 m amarelo, 300 a 399 m marron-claro e 400 m em diante marrom-escuro.



Fonte: Machado Júnior (2024).

O perfil pode ser dividido em dois: Perfil Longitudinal e Seção Transversal, temas de capítulos a seguir.

#### f) Perfil Longitudinal

O Perfil longitudinal é uma forma de representação do relevo na qual dar-se por um corte lateral realizado no eixo principal do projeto, como exemplo, temos a seguir a imagem de um rio e, traçado em vermelho, o eixo principal da qual se quer trabalhar.

Figura 6- Eixo principal do rio em vermelho e eixos transversais em azul.



Fonte: Google Earth, 2022.

Como resultado desse eixo temos abaixo o perfil longitudinal (Figura 7).

Figura 7 – Perfil do eixo longitudinal do rio em questão.



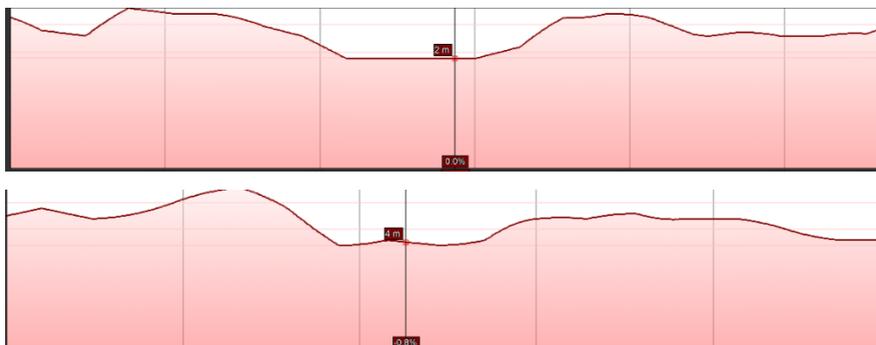
Fonte: Google Earth, 2022.

#### g) Perfil ou Seção Transversal

A Seção Transversal é um perfil realizado transversalmente ao eixo principal do rio. Para se ter o Perfil Transversal, há necessidade de previamente ter-se o Perfil Longitudinal, ou pelo menos, os dados altimétricos dele.

Na Figura 8, temos as seções E0 e E1 de um trecho do rio Tejo, em Portugal, traçadas em azul na Figura 6.

Figura 8 – Seções Transversais de um rio.



Fonte: Google Earth, 2022.

Conhecemos assim, as mais importantes formas de representação do relevo, para tal, há necessidade de conhecer as variáveis mais importante para essa representação que são as distâncias verticais, como mostro a seguir.

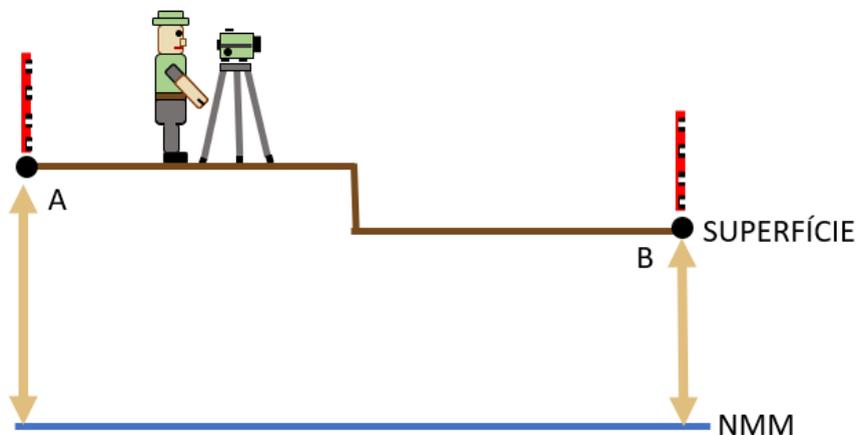
### 3. Distâncias verticais

As distâncias verticais formadoras dos relevos e suas representações são: Cota, Altitude e Diferença de Nível.

a) Diferença de Nível

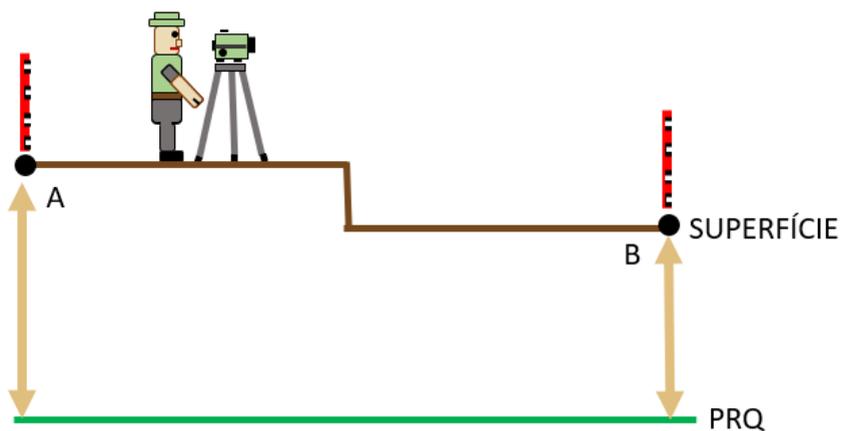
A Diferença de Nível é a distância vertical compreendida entre dois pontos em um terreno. Essa distância pode ser a diferença entre duas Altitudes (Figura 9), duas Cotas (Figura 10) ou simplesmente a diferença vertical entre eles (Figura 11).

Figura 9 – Diferença entre duas Altitudes.



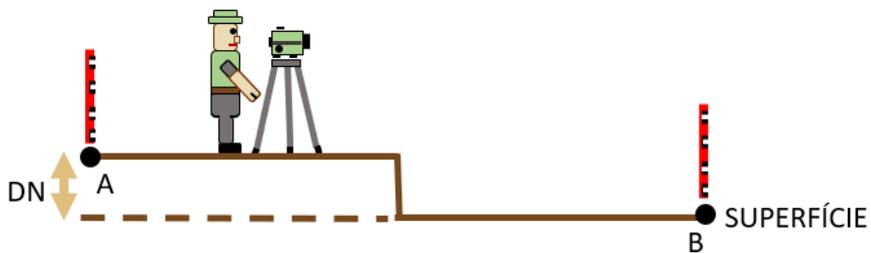
Fonte: Machado Júnior (2024).

Figura 10 – Diferença entre duas Cotas.



Fonte: Machado Júnior (2024).

Figura 11 – Diferença de nível entre pontos.

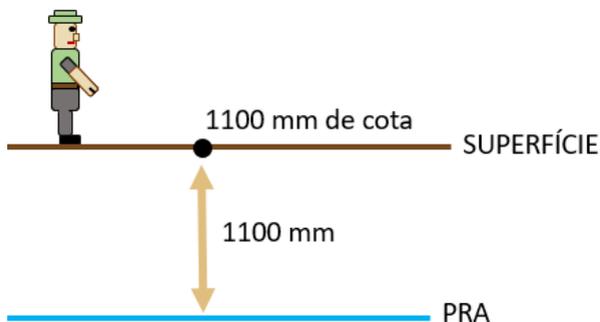


Fonte: Machado Júnior (2024).

b) Cota

As Cotas, também chamada de Cotas relativas, são distâncias verticais compreendidas entre o ponto do terreno na qual se desejar trabalhar e o Plano de Referência Arbitrário (PRA), também chamado de Plano de Referência qualquer (PRQ). Para determinação das Cotas, simplesmente o executor do trabalho arbitrará em um determinado ponto o valor da Cota inicial. Logo, se subentenderá que, abaixo ou acima daquele ponto passará um plano horizontal arbitrário distanciando do valor atribuído da Cota inicial.

Figura 12 – Cota.



Fonte: Machado Júnior (2022).

As Cotas são relativas, pois as mesmas só servem apenas para trabalhos realizados por quem a atribuiu e atrelados a aquelas Cotas. Jamais deve-se usar planos arbitrários distintos para trabalhos diferentes. Cada trabalho deve ter seu próprio plano arbitrário.

Apesar de parecer bem subjetivo o uso das Cotas, sua utilização é bastante comum, já que não necessita “buscar” uma Altitude em determinado lugar que talvez esteja longe de seu trabalho.

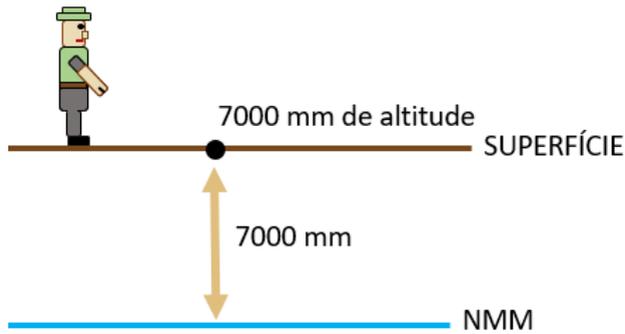
Um uso bastante comum para o estudo das Cotas, é atribuir a uma calçada o valor de determinada Cota. Todo o trabalho dentro do terreno a ser trabalhado estará atrelado a Cota inicial da calçada, servindo inclusive, de marco inicial para que nenhuma Cota dentro do terreno esteja com valores abaixo da Cota da calçada, devido a diversos fatores, inclusive a entrada de água de chuvas.

#### c) Altitude

É a distância vertical compreendida entre o ponto do terreno e o nível médio dos mares em repouso. O marco zero altimétrico brasileiro é único e se encontra na Baía de Imbituba-SC, por isso, o nível médio dos mares brasileiro é único e contínuo dentro de todo território brasileiro.

A Altitude é chamada Cota absoluta, pois se compararmos dois pontos de mesma Altitude, mesmo que, em trabalhos distintos, eles estarão na mesma altura, dentro do território brasileiro, independente de distância e/ou trabalho. Ao contrário do que ocorre com as Cotas, pois dois trabalhos com as mesmas Cotas, não devem estar em mesma altura, a não ser que seja, uma extrema coincidência.

Figura 13 – Altitude.



Fonte: Machado Júnior (2024).

#### 4. Nivelamento topográfico

O nivelamento topográfico, subdividido em levantamento topográfico altimétrico e locação topográfica altimétrica, é uma série de metodologias e instrumentos aplicados em campo afim de se obter no terreno as diferenças de nível, Cotas e Altitudes para representação do terreno com maior fidedignidade e agilidade. Para tal, se usam diversas metodologias e instrumentos das quais veremos a seguir.

Dos instrumentos mais comuns utilizados para o nivelamento topográfico se destacam o Nível de Luneta, Teodolito, GNSS, Estação Total, Barômetro, Laser-Scan, entre outros. A exatidão vai depender bastante da metodologia a ser empregada, bem como, da habilidade do usuário, marca, condições climáticas, mas, nesse

caso, vamos considerar o modelo em perfeito estado, usuário em vasta experiência e habilidade e condições adequadas. Logo, podemos informar que o Nível de Luneta, para trabalhos topográficos, apresenta entre alta e altíssima exatidão, comparados aos demais instrumentos, o que possibilita ser o mais usado para a Altimetria. Laser-Scan, Estação total e GNSS apresentam entre média a alta exatidão, de acordo com a metodologia a ser aplicada. Quando se fala em GNSS, se subentende que estamos falando do GNSS de Precisão ou também chamado GNSS Geodésico e não o GNSS de Navegação, pois esse possui baixa ou baixíssima exatidão se equivalendo a exatidão do Barômetro. O antecessor das Estações Totais, o Teodolito, apresenta média exatidão comparado aos demais instrumentos topográficos em questão.

Como já conhecemos, a exatidão de cada instrumento, para um bom manejo desses instrumentos, se faz necessário conhecer também cada metodologia a ser empregada e seus respectivos instrumentos, para tal, abaixo detalhamos cada tipo de nivelamento.

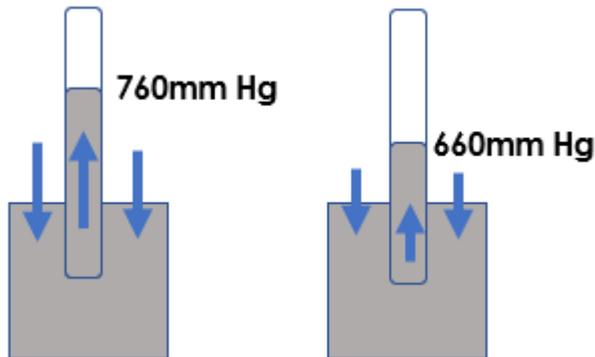
#### a) Barométrico

O método de nivelamento através do Barômetro se chama barométrico, onde, através da pressão atmosférica, obtém-se a Altitude de um determinado lugar.

O Barômetro de mercúrio ou Barômetro de Torricelli, consiste em um instrumento que possui uma coluna de mercúrio, no qual o peso do ar pressiona essa coluna, e esta, tende a se elevar cada vez que está mais próximo do nível do mar e baixar cada vez que subir a Altitude, devido ao efeito da pressão.

Para o nível do mar, a pressão do mercúrio é de 760 mm Hg e a exatidão do instrumento é em torno de 10 m (hipoexatidão), visto que, cada 1 mm da coluna do mercúrio equivale a 10 m de Altitude.

Figura 14 – Barômetro de mercúrio. Na esquerda ao nível do mar e na direita a 1000 m de Altitude.



Fonte: Machado Júnior (2022).

Portanto, precisar frações do milímetro na coluna e transformar a Altitude em milímetro no campo é pouco eficiente, além de, interações que ocorrem na pressão atmosférica, como o clima, por exemplo.

Para se ter ideia de como não podemos ter essa exatidão topográfica na casa dos milímetros, como a Altimetria exige, vamos a um exemplo. Imagine que determinada pessoa está a 100463 mm (100 m, 46 cm e 3 mm) de Altitude e queremos medir essa Altitude em um barômetro. Ora, se cada 1 mm equivale a 10 m, e na Altitude 0 m temos 760 mm Hg, então:

760 mm Hg = 0 m. Então, 750 mm Hg equivalem aos 100 metros de Altitude. Porém os 46 cm e 3 mm, como mediríamos? Arredondando 46,3 cm para 50 cm (que já estamos perdendo 6,7 cm de exatidão), esses 50 cm equivaleriam a 0,05 milímetros na escala do mercúrio, ou seja, além do erro do próprio instrumento, devido aos fatores abordados, a própria mensuração na casa dos centímetros torna-se inviável, tornando o instrumento com baixa exatidão para Altimetria.

O Barômetro Aneróide é menos preciso ainda, porém mais fácil de levar ao campo, pois como o próprio nome diz, é em forma de anel ou relógio. Consiste em uma câmara de vácuo que comprime e descomprime, de acordo com a pressão atual da Altitude, tornando menos exato que o Barômetro de Torricelli.

#### b) Nivelamento por Satélites

Esse tipo de nivelamento, bastante utilizado na Topografia, não consiste em um instrumento topográfico nato, visto que,

Topografia é a parte da Geodésia que estuda uma pequena porção da superfície da Terra e seus elementos projetam ortogonalmente sobre o plano topográfico. Ora, o instrumento tem capacidade em medir e localizar qualquer ponto da superfície terrestre, então, é um instrumento que se caracteriza por atender a Geodésia, ciência-mãe da Topografia, então, usamos para alguns trabalhos topográficos, porém é de convir que, é um instrumento Geodésico usado na Topografia por conveniência.

Os sistemas atuais são o GPS (americano), GLONASS (russo), Galileu (europeu) e o COMPASS (chinês) que englobam o receptor, o usuário e as estações de comando, onde o receptor, permite a localização tridimensional de qualquer ponto na superfície terrestre por pelo menos 4 satélites, através de decodificação de ondas eletromagnéticas do tipo rádio.

### c) Nivelamento Trigonométrico

Neste tipo de nivelamento suas alturas são obtidas através de Trigonometria. Geralmente, os instrumentos apropriados para esse tipo de levantamento são Estações Totais e Teodolitos. Mais adiante teremos um capítulo específico sobre Nivelamento Trigonométrico.

#### d) Nivelamento Geométrico

Este método consiste em visadas horizontais sucessivas em réguas verticalizadas, objetivando a representação do relevo através das diferenças de nível, Altitudes e Cotas. No próximo capítulo, explicaremos detalhado sobre o assunto.

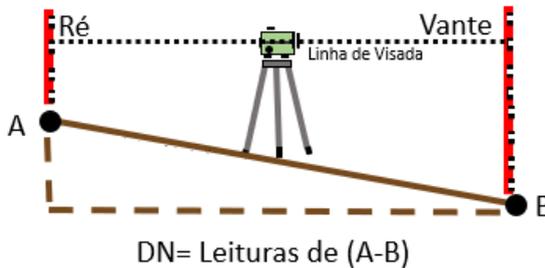
# CAPÍTULO 11

## NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

### 1. Conceito

O Nivelamento Topográfico Geométrico é um tipo de nivelamento que tem como fundamento visadas horizontais, paralelas entre si e ao plano topográfico, para obter leituras em réguas verticalizadas, objetivando determinar as distâncias verticais (Figura 15).

Figura 15 – Princípio do Nivelamento Geométrico.



Fonte: Machado Júnior (2024).

Seu nome geométrico dar-se pela obtenção das distâncias verticais serem realizadas por segmentos de retas compostos de Leituras de Ré e Vante, Altura da Visada e Cotas/Altitudes.

Para levantamento e locação topográfica é o método mais exato, em se tratando de dados altimétricos comparados a outros

tipos de nivelamento, como Trigonométrico, Barométrico e por Satélites.

Além de ser mais exato, fácil e usual, o Nível de Luneta, é também um instrumento bastante barato, se comparado a Estações Totais, receptores de GNSS e Lasers-scan, tornando-o disparado, como melhor opção para se fazer nivelamento topográfico.

## 2. Tipos de Nivelamento Geométrico

O Nivelamento Geométrico apresenta dois tipos, de acordo com a quantidade de estações: simples e composto.

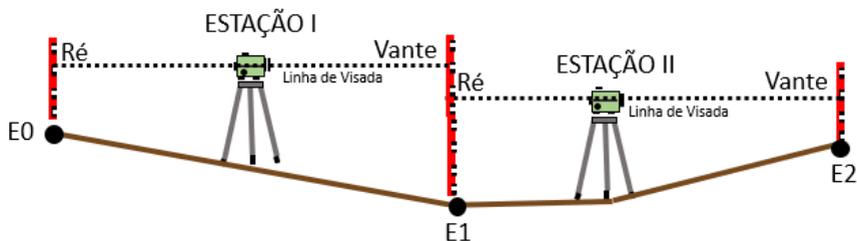
O Nivelamento Geométrico Simples apresenta apenas uma estação, onde poderá fazer leituras de diversos pontos dentro desta mesma estação (Figura 16) e o Nivelamento Geométrico Composto é todo aquele que apresenta mais de uma estação (Figura 17).

Figura 16 – Nivelamento Geométrico Simples.



Fonte: Machado (2024).

Figura 17 – Nivelamento Geométrico Composto.



Fonte: Machado (2024).

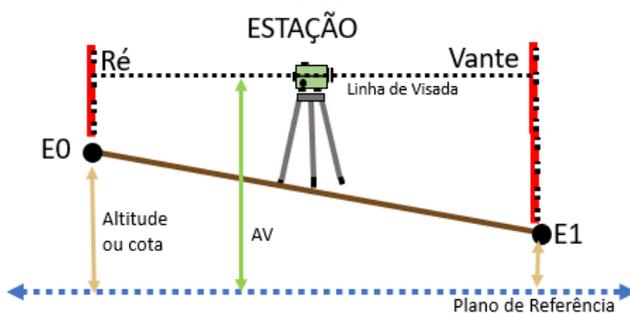
Podemos dizer que estação é o local onde está estacionado o instrumento e todos os pontos e leituras da qual ela faz parte.

Quando a distância entre o instrumento e o ponto de leitura for maior que 80 m e/ou quando houver qualquer tipo de obstáculo que impede a intervisibilidade entre o instrumento e o ponto a ser lido, deverá o topógrafo decidir por fazer mais de uma estação. Obviamente, é muito mais demorado e possibilita maior risco de erro do que apenas utilizando uma estação. Portanto, o usuário deverá ficar atento se seu trabalho necessita apenas de uma estação (de acordo com as normas citadas acima), ou obrigatoriamente, deverá fazer em mais de uma. Quando falamos de maior risco de erro, não falamos do instrumento em si, pois pode-se fazer inúmeras estações e não ocorrerá erros. Porém, a quantidade de vezes que se retira a Mira-falante do local da origem e a repõe, pode ocasionar essa possibilidade, como também a quantidade de leituras efetuadas.

### 3. Altura da Visada (AV)

A Altura da Visada (AV), também chamada de Altura do Instrumento (AI) ou ainda Altura do Plano de Referência (PR) é a distância vertical compreendida entre a linha de visada e o plano de referência, podendo este, ser NMM ou PRA (Figura 18).

Figura 18 – Esquema de uma estação e sua Altura de Visada (AV), em verde.



Fonte: Machado (2024).

Em uma estação, podemos ter apenas uma Altura de Visada, visto que, a linha de visada corre paralela ao plano de referência, então, a distância vertical compreendida entre a linha de visada e o plano de referência é única, na mesma estação, podendo ter duas Alturas de Visadas em duas estações, três Alturas de Visadas em três estações, e assim por diante, desde que, uma para cada estação.

#### 4. Leituras de Ré e Vante

As Leituras de Ré e Vante são componentes básicos para o Nivelamento Geométrico, assim como Cotas, Altitudes e Altura de Visada.

Numa mesma estação, temos apenas uma Ré e pelo menos uma Vante. A palavra Ré vem de referencial, ou seja, a primeira leitura serve de referência para as demais leituras. Já a Vante, vem da palavra avante ou adiante, ela é a segunda, terceira ou mais leituras na mesma estação.

Para obtenção das Cotas ou Altitudes, inicia-se por um valor de Altitude/Cota no ponto inicial ( $E_0, p_0, A, 0$ ) na superfície e nele mede-se o valor de Ré, que nada mais é do que a distância vertical compreendida entre a leitura do fio médio na linha da visada e o ponto na superfície. A soma da Leitura de Ré com a Cota vamos ter a Altura de Visada, explicada anteriormente, para tanto, a subtração da Altura da Visada com a Leitura de Vante temos a nova Cota/Altitude determinada no ponto ( $E_1, p_1, B, 1$ ), como mostram as fórmulas abaixo:

$$1) \text{ Cota} + \text{Ré} = \text{AV}$$

$$2) \text{ AV} - \text{Vante} = \text{Cota.}$$

## 5. Análise inicial do trabalho

Para início do trabalho, o usuário deverá fazer um prévio levantamento do local, visualizando diversos obstáculos e onde deverá colocar o instrumento para ter uma visão estratégica do trabalho, respeitando, preferencialmente, a equidistância entre o instrumento e os pontos, e que não haja nenhuma interferência externa durante o serviço, como por exemplo passeio de carros.

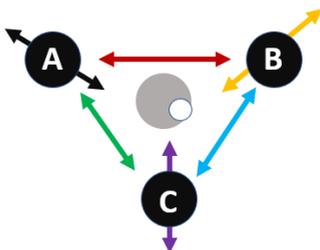
Após a prévia visualização, o usuário deverá calar o instrumento, através de seus parafusos calantes, com intuito de colocar a bolha do nível circular no centro do compartimento específico dela.

Para facilitar a calagem do instrumento, o usuário deverá seguir algumas regras de planos horizontais formados pelos giros dos parafusos-calantes.

Abaixo temos a Figura 19, que demonstra os três parafusos-calantes e o nível circular. Para facilitar o entendimento, utilizei as letras A, B e C para denominar cada parafuso e utilizei setas coloridas para indicar os planos que são formados para a bolha ser colocada ao centro o mais breve, sem movimentos aleatórios.

Se girarmos individualmente o parafuso A, a bolha irá percorrer o plano no sentido da reta preta, no sentido centro do instrumento (CI) - ao noroeste do instrumento. Se girarmos o parafuso B, a bolha percorrerá o sentido CI ao nordeste do instrumento. Se girarmos o parafuso C, a bolha percorrerá o sentido CI ao sul do instrumento.

Figura 19 – Parafusos-calantes e seus sentidos de translocação da bolha no círculo.



Fonte: Machado (2022).

Se girarmos uma combinação dos parafusos A e C a bolha seguirá o sentido noroeste-sudeste do instrumento. Se girarmos os parafusos C e B a bolha seguirá no sentido sudoeste-nordeste do instrumento e se girarmos A e B a bolha seguirá o sentido este-oeste do instrumento.

Lembrem-se que se girarmos dois parafusos, ambos devem ser girados em sentidos opostos para não danificar o instrumento, pois o sentido horário levanta o instrumento e o sentido anti-horário abaixa o instrumento.

## 6. Técnica prática do Nivelamento Geométrico Simples

Feito a calagem e escolha do local estratégico, é o momento de se fazerem as leituras. Imagine que seu trabalho seja composto dos pontos E0 e E1 (estacas) e sabemos o valor de Altitude do local. Bom, coloca-se a Mira-falante em cima do ponto

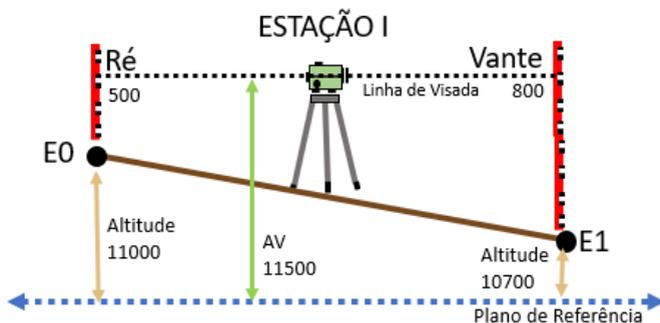
E0 e faz-se a Leitura de Ré deste ponto para obter a Altura de Visada ( $Cota + Ré = AV$ ). Após isso, gira o instrumento para o ponto E1 e faz-se a Leitura de Vante para obtenção da Altitude final ( $AV - Vante = Cota$ ).

E caso não se saiba a Altitude do ponto E0? Simplesmente determina-se um valor qualquer para este ponto, e que, preferencialmente, seja um valor que não ocasione Cotas negativas. Ao determinar o valor, se formou uma Cota e todo seu trabalho será realizado e embasado pelo valor dela, onde o resultado final, também será uma Cota e não deverá ser usado ou comparado com outros trabalhos que usem outras Cotas de referências diferentes.

Abaixo, segue a Figura 20 e sua respectiva Caderneta de Campo com um exemplo de procedimento prático de Nivelamento Geométrico Simples, com dados reais.

Notem que, o usuário partiu de uma Altitude de valor 11000 mm, onde 11000 mm é a distância compreendida entre o ponto E0 e o NMM (plano de referência), e colocou a Mira-falante em cima desse ponto, fazendo a leitura do fio médio, encontrando o valor de Ré de 500 mm. Então, somou-se a Cota + Ré e encontrou a Altura da Visada no valor de 11500 mm. Após essa primeira leitura, o usuário girou o instrumento para o ponto E1 e fez a leitura da Vante no valor de 800 mm e obteve a nova Altitude no valor de 10700 mm, pois subtraiu a Altura de Visada da Vante para de obter a Altitude.

Figura 20 – Nivelamento Geométrico Simples com dados de campo.



Fonte: Machado (2024).

Simultaneamente as leituras é realizado o preenchimento da Caderneta de Campo, onde se colocam os valores de Cotas/Altitude, leituras e Altura de Visada para acompanhamento, cálculos e registro final do trabalho.

Notem que, na Caderneta de Campo, as Leituras de Ré e Vante estão na mesma coluna, pois se subentende que numa mesma estação a primeira leitura é a Ré, então, não há necessidade de informar que aquela leitura é de Ré, pois facilmente se distinguem.

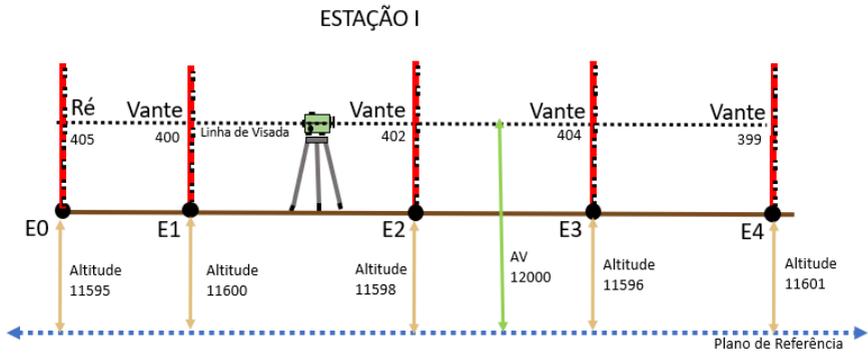
<i>Caderneta de Campo</i>				
<i>Estação</i>	<i>Pontos visados</i>	<i>Leituras</i> <i>(mm)</i>	<i>AV</i> <i>(mm)</i>	<i>Cotas</i> <i>(mm)</i>
<i>1</i>	<i>E0</i>	<i>500</i>	<i>11500</i>	<i>11000</i>
	<i>E1</i>	<i>800</i>		<i>10700</i>

Para tanto, o Nivelamento Geométrico Simples, pode também ser composto por mais de uma Vante, como por exemplo, ocorre quando se faz uma Quadriculação do terreno, onde apenas de uma estação é possível obter todos os pontos, desde que, não haja obstáculos nem distancie 80 m do instrumento a algum ponto.

Em minha experiência, vi pessoas acharem que as leituras no mesmo sentido (E0 e E1 na Figura 21) seriam chamadas de Ré e as do sentido oposto (E2, E3 e E4) seriam Vante. Essa afirmação é errada, pois, como vimos anteriormente, apenas a primeira leitura se chama Ré, ou seja, é apenas a primeira leitura que é o referencial e, por ela se forma a Altura de Visada (AV).

No exemplo abaixo (Figura 21), ocorre uma demonstração de Nivelamento Geométrico Simples, com diversas Vantes partindo de uma Altitude e como ocorre a anotação, em sua respectiva caderneta.

Figura 21 – Nivelamento Geométrico Simples com mais de uma Vante.



<i>Caderneta de Campo</i>				
Estação	Pontos visados	Leituras (mm)	AV (mm)	Cotas (mm)
I	E0	405	12000	11595
	E1	400		11600
	E2	402		11598
	E3	404		11596
	E4	399		11601

## 7. Técnica prática do Nivelamento Geométrico Composto

O Nivelamento Geométrico Composto é uma sucessão de Nivelamentos Geométricos Simples amarrados por pontos de

mudança de estação. Para melhor andamento do trabalho, deve-se escolher os pontos mais limítrofes, dentro da coerência técnica e dentro das normas vigentes, para que haja maior eficiência no percurso para se obter as Cotas/Altitudes.

Escolher a posição estratégica onde ficará o instrumento é umas das operações mais importantes, pois é nela que irão determinar e visualizar todos os pontos da estação.

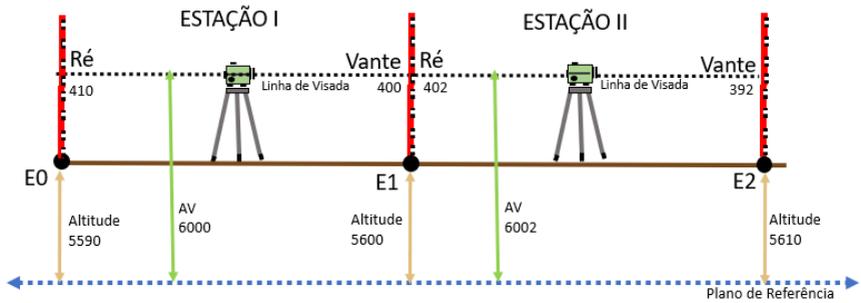
a) Pontos de mudança de estação

O procedimento do Nivelamento Geométrico Composto é basicamente igual ao do Simples, mas que difere na hora de mudar de estação. O topógrafo deverá ficar atento quando houver a mudança, pois, deverá colocar a Mira-falante exatamente no mesmo ponto que estava quando for fazer a Leitura de Ré da próxima estação. Note que, nos pontos de mudança ocorrem a Leitura de Vante da estação anterior e a Leitura de Ré para a próxima estação. Para evitar colocar novamente no mesmo ponto a Mira-falante e ocasionar um determinado erro, já na casa de milímetros, é interessante o auxiliar que faz uso da Mira-falante, não a retirar do local após a Leitura de Vante da estação I (por exemplo), apenas deve girar a Mira-falante para que haja a leitura da Ré para estação II, sem que haja maiores riscos de erros, após o procedimento.

b) Exemplo prático de Nivelamento Geométrico Composto

No exemplo abaixo (Figura 22), temos duas estações das quais temos o ponto inicial (E0), intermediário (E1) e o ponto final (E2).

Figura 22 – Nivelamento Geométrico Composto.



Fonte: Machado (2024).

Caderneta de Campo				
Estação	Pontos visados	Leituras (mm)	AV (mm)	Cotas (mm)
I	E0	410	6000	5590
	E1	400		5600
II	E1	402	6002	5600
	E2	392		5610

Nesse exemplo, iniciamos os trabalhos em uma Altitude igual a 5590 mm. Foi realizada a Leitura de Ré (410 mm) no ponto E0 e obteve-se a Altura de Visada no valor de 6000 m para a primeira estação. Ainda na primeira estação, houve a Leitura de Vante no valor de 400 mm no ponto E1 e obteve-se a Altitude de 5600 mm. Logo após essa leitura, o auxiliar de topografia que está na Mira-falante ficará na mesma posição, apenas girando a Mira-falante para o sentido da próxima leitura nesse mesmo ponto, a Leitura de Ré para estação II.

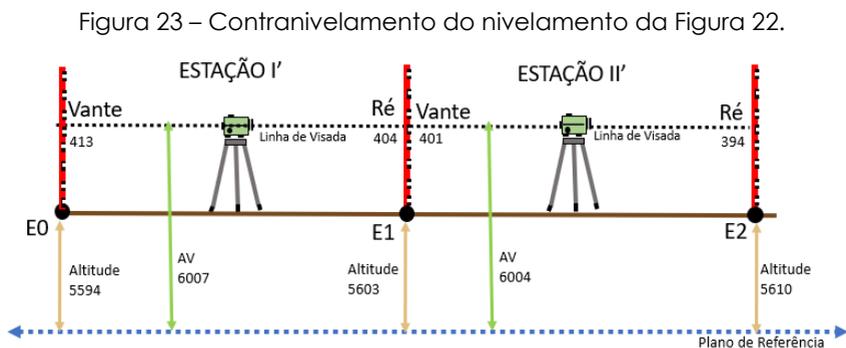
O usuário que está no instrumento irá retirar o instrumento do local com bastante cuidado e conduzirá para o próximo local onde ele será estacionado e será feita a calagem do instrumento, conforme aprendemos anteriormente. Com a luneta virada para o ponto E1, será realizada a Leitura de Ré, que neste caso, foi de 402 mm, ocasionando uma nova Altura de Visada no valor de 6002 mm, e após isso, se faz a Leitura de Vante em E2, e se obtém a Altitude no valor de 5610 mm.

Após todo trabalho para efeito de prova, deve-se fazer o contranivelamento que é o percurso inverso, podendo ou não passar pelos mesmos pontos do nivelamento. Caso os pontos de interesse são o inicial e o final, não há necessidade em passar pelos pontos intermediários do nivelamento no contranivelamento. Caso os pontos intermediários sejam de interesse, é obrigatória a passagem de volta nesses pontos envolvidos.

## 8. Contranivelamento

O contranivelamento é o procedimento de comparação ou contraprova do trabalho realizado. Nele, se faz o percurso inverso ao do nivelamento. É importante também salientar que, após a leitura da última estação do nivelamento, se retira o instrumento e reinstala do zero como qualquer outra mudança de estação. Quando se volta exatamente pelos pontos do nivelamento, em um sistema de uma Ré e uma Vante, todos os pontos que foram Rés no nivelamento, serão Vantes no contranivelamento e os que foram Vantes no Nivelamento serão Rés no contranivelamento. Caso haja mais de uma Vante na estação, essa teoria não funciona, visto que, só existe uma Ré em cada estação.

O exemplo abaixo (Figura 23) demonstra o contranivelamento realizado a partir do nivelamento da Figura 22 e sua respectiva Caderneta de Campo.



Fonte: Machado (2024).

<i>Caderneta de Campo</i>				
<i>Estação</i>	<i>Pontos visados</i>	<i>Leituras</i> (mm)	<i>AV</i> (mm)	<i>Cotas</i> (mm)
<i>II'</i>	<i>E2</i>	<i>394</i>	<i>6004</i>	<i>5610</i>
	<i>E1</i>	<i>401</i>		<i>5603</i>
<i>I'</i>	<i>E1</i>	<i>404</i>	<i>6007</i>	<i>5603</i>
	<i>E0</i>	<i>413</i>		<i>5594</i>

Notem que, pelo mesmo ponto intermediário que se fez o nivelamento, voltamos por ele para contraprovar se estava coerente ou não. Como nesse exemplo, foi realizada apenas uma Ré e uma Vante, em cada estação. Todos os pontos que foram Rés no nivelamento, serão Vante no contranivelamento e vice-versa.

Após terminar o nivelamento, o usuário retirou o instrumento do lugar e recolocou no mesmo espaço que estava, fez a Leitura de Ré (394 mm) no ponto E2 e obteve a Altura de Visada no valor de 6004 mm. Após isso, fez a Leitura de Vante na mesma estação II' e obteve a Altitude de 5603 mm.

Notem que, na contraprova, houve uma diferença de 3 mm em relação a Altitude encontrada no nivelamento, devendo averiguar se isto é significativo ou não, estudando a tolerância e erro.

Após as leituras na estação II', o usuário retirou o instrumento do local e reinstalou na estação I' para Leituras de Ré e Vante,

sendo a Ré no valor de 404 mm e Vante no valor de 413 mm, obtendo a Altura de Visada no valor de 6007 mm e Altitude 5594 mm, diferente da Altitude original e exata no de valor de 5590 mm. Então, vamos recorrer a discussão de erro e tolerância a seguir.

## 9. Tolerância, erro e distribuição

Antes de iniciarmos o processo de correção, é necessário sabermos que outros autores falam sobre a tolerância:

Segundo o livro de GARCIA e PIEDADE (1984), eles classificam-se a tolerância em:

- a) alta ordem: tolerância é de  $\pm 1,5$  mm/km percorrido.
- b) primeira ordem: tolerância é de  $\pm 2,5$  mm/km percorrido.
- c) segunda ordem: tolerância é de 1,0 cm/km percorrido.
- d) terceira ordem: tolerância é de 3,0 cm/km percorrido.
- e) quarta ordem: tolerância é de 10,0 cm/km percorrido.

Já Espartel (1987) fala que a tolerância deve ser:

$$T = \pm 5 \text{ mm} \times DH^{1/2}(\text{km}).$$

Ora, a tolerância é algo a ser bastante considerado, visto que, é uma mistura do que os dois autores abordam. Dividir em classes é uma boa alternativa para se caracterizar uma

determinada tolerância e também quanto mais o percurso é maior, a tolerância pode ser maior, porém, isso serve para algumas situações, pois quem deve definir a tolerância é o próprio serviço. Imagine que devemos nivelar dois trilhos de uma ferrovia, e todos sabem que seu nivelamento deve ser quase que exato, mas imaginemos que usássemos essa mesma ideologia de tolerância a partir da distância para trilhos distanciados em grandes proporções, isso não funcionaria para nós.

Então, usar a tolerância para aceitar o erro, requer um bom senso do usuário e não se deve prender apenas em algumas classes ou fórmulas. Elas servem para se dar um embasamento importante, mas não como usar ela como regra definitiva.

Como nosso exemplo utilizado nas Figuras 22 e 23 não informam que tipo de serviço fizemos, vamos nos basear na fórmula de Espartel (1987).

Após o final do trabalho, encontramos para o ponto intermediário E1 os valores de 5600 mm e 5603 mm, respectivamente para nivelamento e contranivelamento, e para o ponto inicial 5590 mm e 5594 mm. Baseando no final do trabalho, vemos que sobraram 4 mm de erro. Assim, se considerarmos que percorremos o limite máximo entre o ponto e a estação (80m), temos que, percorremos ao total de nivelamento e contranivelamento a distância horizontal de 640 m. Utilizando a fórmula  $T = \pm 5 \text{ mm} \times DH^{1/2}(\text{km})$ , temos:  $T = \pm 5 \text{ mm} \times 0,64^{1/2}(\text{km})$ , ou seja, a tolerância é igual a  $\pm 4 \text{ mm}$ .

Se pegarmos o erro no valor de 4 mm e a tolerância no valor de 4 mm, podemos distribuir esse erro no trabalho. Caso o erro fosse maior que a tolerância, deveríamos refazer todo o trabalho, ou parte dele, caso tenha segurança onde estariam os pontos.

Então, +4 mm dividido pela quantidade de estações envolvidas (4) será igual a -1 mm para cada estação, conforme veremos na caderneta abaixo.

Caderneta de Campo						
Estação	Pontos vísados	Leituras	AV (mm)	Cotas (mm )	Correções (mm)	Cotas corrigidas
I	E0	410	6000	5590		
	E1	402		5600	- 1 mm	5599
II	E1	402	6002	5600		
	E2	392		5610	- 2 mm	5608
II'	E2	394	6004	5610		
	E1	401		5603	- 3 mm	5600
I'	E1	404	6007	5603		
	E0	413		5594	- 4 mm	5590

Notem que, mesmo após a distribuição, há dois valores distintos para E1. Nesse caso, a correção não é algo absoluto é apenas uma maneira de distribuir o erro e não ficar algo desproporcional e incoerente entre os pontos determinados. Nesse

caso, o usuário deverá escolher o valor que mais se assemelha com o trabalho, que é algo muito difícil de saber, ou simplesmente, utilizar qualquer um desses valores como produto final.

Notem também que, essa distribuição não exime de erros o trabalho. É simplesmente uma maneira de mascarar o erro de forma menos grosseira e mais aceitável para o trabalho final, diminuindo a média geral do erro e trazendo para mais próximo do valor verdadeiro.

# CAPÍTULO 12

## PERFIL LONGITUDINAL, DECLIVIDADE E SEÇÃO TRANSVERSAL

### 1. Conceito de perfil

O perfil é uma forma de representação do relevo (Figura 24), onde se vê na imagem apenas a vista lateral e ortogonal de um determinado objeto. É como se tivesse feito no terreno um corte lateral e projetado graficamente esse corte. Continuando a mesma definição, é como se passasse pelo objeto de interesse um plano perpendicular ao plano topográfico, trazendo todos os pontos de interesse para análise, estudo e comparações.

O perfil divide-se em Perfil Longitudinal e Perfil Transversal ou também chamado de Seção Transversal. O Perfil Longitudinal é aquele que ocorre no eixo principal do objeto em questão. Já a Seção Transversal, configura um corte efetuado perpendicular ao eixo principal deste trabalho.

Figura 24 – Perfil de uma cadeia de montanhas no Peru.



Fonte: Google Earth, 2022.

## 2. Perfil longitudinal

O Perfil Longitudinal (Figura 25) é uma representação do relevo que ocorre a partir de um corte imaginário no eixo principal do objeto na qual se deseja representar. Para determinação de um Perfil Longitudinal é importante salientar que os pontos a serem coletados devem ter a mesma referência de estaqueamento, mesmo que haja pontos de mudança de conformidade do terreno entre os pontos estaqueados. Para que não haja esses pontos importantes fora do estaqueamento, um bom estudo do local antes de se fazer o levantamento deve ser considerado para que se represente da melhor maneira possível o Perfil Longitudinal. Caso haja pontos de interesse fora desse estaqueamento, o chamaremos de estacas fracionárias e as veremos mais adiante.

Figura 25– Perspectiva e Perfil Longitudinal da Ilha da Madeira, Portugal.



Fonte: Google Earth, 2022.

## a) Escalas

Quando se deseja representar o Perfil Longitudinal ou Seção Transversal em um gráfico, há de se tomar alguns cuidados para que seja bem representado. Como sabemos, a maioria dos casos de trabalhos, a distância horizontal é quase sempre muito maior que a distância vertical, como por exemplo, a Figura 25 acima. Vemos que a Ilha da Madeira tem uma distância horizontal de aproximadamente de 45 km, enquanto sua distância vertical não passa dos 1800 m. Ora, se formos representar essas grandezas na mesma escala, teremos algo parecido com a figura (26) abaixo.

Figura 26 – Ilha da Madeira representada em mesma escala.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Então, para melhor representação do relevo, devemos utilizar duas escalas para as distâncias verticais e horizontais, sendo a escala vertical dez vezes maior que a horizontal para que o terreno seja bem representado. E porque ser dez vezes maior? Ora, isso é para a maioria dos casos. Veja esse exemplo real da Ilha da Madeira. Se pegarmos a Altitude 1700 m e multiplicarmos por 10, teremos 17 km, ou seja, os dados de distância horizontal de 45 km se assemelham aos 17 km hipotéticos criados a partir do aumento da escala. Como se percebe, aumentar dez vezes a escala vertical é

apenas uma média para que a maioria dos trabalhos possam ser bem representados.

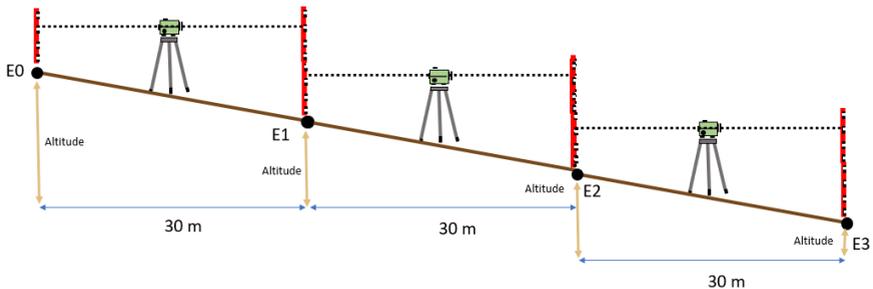
Portanto, caso determinamos a escala horizontal de 1/300, então, conseqüentemente a escala vertical deverá ser 1/30.

## b) Estaqueamento

O Estaqueamento é um procedimento topográfico no qual se cria uma reta, com pontos distanciados de forma igual para obtenção do Perfil Longitudinal. Quando um ponto é aleatório, o chamamos de  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_n$ , mas quando os pontos são equidistantes e seguem uma determinada reta, o chamamos de Estacas e devem ser chamados pelos símbolos  $E_0$ ,  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_n$  (Figura 27).

Na Topografia, a equidistância entre as estacas deve ser determinada, de acordo com a necessidade do trabalho. Por convenção, quando não informamos os valores horizontais desse estaqueamento é porque utilizamos 20 m.

Figura 27 - Estaqueamento topográfico.

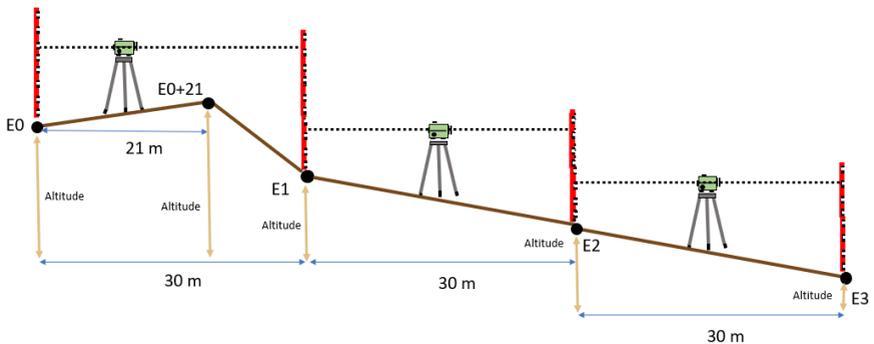


Fonte: Machado Júnior, 2026.

## c) Estaca fracionária

Mesmo com um bom planejamento para evitar estacas fracionárias, as vezes é quase impossível evitá-las. Para trabalhar com elas, simplesmente, fazemos a medição proporcional entre a última estaca e à estaca anterior e a denominamos com a simbologia da estaca anterior + a distância entre as estacas em metros, como por exemplo, temos na Figura 28. Nessa figura, temos um estaqueamento de 30 m, mas existe um ponto de mudança de conformidade do relevo entre as estacas E0 e E1. Para incluir ela na Caderneta de Campo e se fazer as medições altimétricas, simplesmente a chamamos de E0+21 e os dados altimétricos permanecerão normais para qualquer estaca, mesmo fracionária.

Figura 28 – Estaqueamento com estacas fracionárias.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

#### d) Desenho do Perfil Longitudinal

Para começarmos a desenhar o Perfil Longitudinal é fundamental seguir os passos:

- 1) Fazer o estudo prévio do local
- 2) Definir a distância do estaqueamento
- 3) Descobrir a Altitude do primeiro ponto ou definir a Cota de partida desse ponto
- 4) Fazer o Nivelamento Geométrico determinando todas as Cotas/Altitudes do estaqueamento.
- 5) Determinar o tamanho do papel
- 6) Definir as escalas vertical e horizontal
- 7) Fazer o desenho do perfil.

Vamos começar hipoteticamente a partir do tópico 4 realizado, visto que, já estudamos como obter as Altitudes/Cotas, através do Nivelamento Geométrico. De posse da Caderneta de Campo abaixo, vamos desenhar o perfil, através dos seguintes passos:

Caderneta de Campo				
Estação	Pontos visados	Leituras	AV (mm)	Cotas (mm)
I	E0	1000	6000	5000
	E1	500		5500
II	E1	750	6250	5500
	E2	250		6000
III	E2	500	6500	6000
	E3	250		6250
IV	E3	750	7000	6250
	E4	500		6500

Obs:  
Distâncias entre  
estacas de 30 m

e) Passos:

Para determinar as escalas é necessário descobrir a distância horizontal percorrida e a distância vertical máxima do relevo.

Então, temos que, a distância horizontal percorrida é de 120 m e a distância máxima vertical é de 1500 mm.

Agora é o momento de definir o tamanho do papel que se quer trabalhar. A escolha do tamanho do papel vai depender da norma do trabalho ou escolha do próprio usuário.

Nesse caso, escolhemos o papel A3 que mede 297 mm por 410 mm

De posse do tamanho do papel e das distâncias verticais, vamos fazer uma relação da maior distância com o maior lado do papel e a menor distância com o menor lado do papel.

Nesse caso, vamos relacionar 120 m com o lado 420 mm e 1500 mm com 297 mm.

Agora, vamos dividir a distância horizontal do terreno com o tamanho do papel para se obter a escala horizontal. Notem que, quando dividimos a distância horizontal pelo maior lado do papel, as estacas E0 e E4 irão coincidir exatamente com as bordas do papel, restando arredondar a escala para um valor de módulo maior para que caiba com certa folga, além desse valor de módulo maior contemplar uma escala arredondada ou chamada de escala ideal, pois ela facilitará os trabalhos, além de ser visualmente melhor.

$$\text{Módulo da escala} = 120 \text{ m} / 0,42 \text{ m}$$

$$\text{Módulo da escala} = 285,714$$

Módulo da escala ideal = 300 ou 500, nunca 200, 100, etc, pois a representação ficará maior do que o papel.

Definido a escala horizontal ( $E=1:300$  ou  $E=1:500$ ), conseqüentemente temos a escala vertical no valor de  $E=1:30$  ou  $E=1:50$ . Agora precisamos verificar se utilizarmos as escalas  $1:30$  ou  $1:50$ , ao dividir o lado menor do papel com a distância vertical irá caber no papel.

$$\text{Módulo da escala vertical} = 1500 \text{ mm} / 297 \text{ mm}$$

$$\text{Módulo da escala vertical} = 5,05$$

A escala vertical foi de  $1:5,05$ , ou seja, esse valor cabe exatamente nas extremidades do papel, qualquer módulo maior do que isso o desenho caberá com folga no papel e qualquer módulo menor do que isso não será possível trabalhar, pois o desenho estará fora do papel.

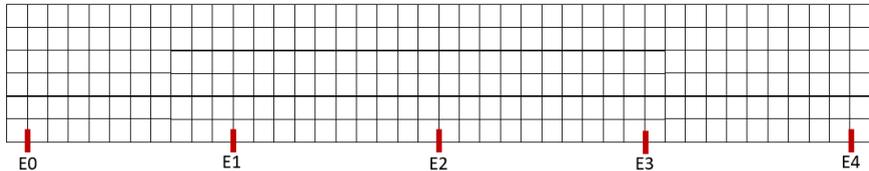
Como vemos, as escalas  $1:30$  e  $1:50$  são possíveis de se escolher, basta o usuário saber qual melhor define seu trabalho. Como as escalas  $1:300$  e  $1:30$  são possíveis e estão mais próximas do tamanho máximo do papel vamos utilizar elas para desenhar o perfil.

#### f) Escalas $1:30$ e $1:300$

Se fizermos uma analogia da distância entre as estacas  $E0$  e  $E1$  no valor de  $30 \text{ m}$ , para a escala horizontal de  $1:300$ , significa que a cada  $1 \text{ cm}$  do papel corresponde a  $300 \text{ cm}$  ( $3 \text{ m}$ ) do real. Como a distância é de  $30 \text{ m}$ , a representação será de  $10 \text{ cm}$  entre as estacas

E0 e E1, assim como E1 e E2; E2 e E3; E3 e E4, totalizando 40 cm dos 42 cm do papel, conforme o desenho da figura (29) abaixo:

Figura 29 – Estacas E0 a E4 espaçados no papel centimetrado.

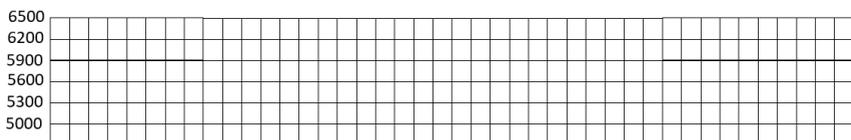


Fonte: Machado Júnior, 2026.

Para a distância vertical, vamos traçar uma sequência de Altitudes a nossa escolha, podendo ser de 250 mm, 500 mm, 1000 mm, entre outros. Como a menor Altitude é de 5000 mm e a maior é de 6500 mm e a escala é de 1:30, vamos escolher a distância a cada 300 mm, como por exemplo, 5000 mm, 5300 mm, 5600 mm, 5900 mm, 6200 mm, 6500 mm.

Então, pela escala 1:30, se a cada 1cm no papel corresponde a 30 cm (300 mm) no real, então cada tracejado de 300 mm de Altitude será representado no papel por 1 cm, conforme figura 30 abaixo.

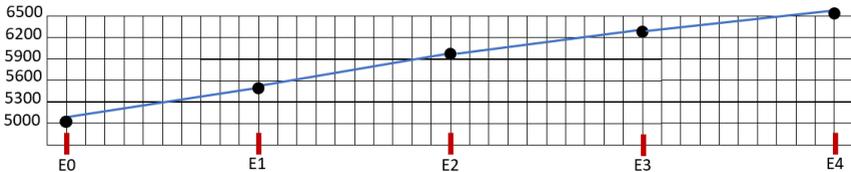
Figura 30 – Traçado das Altitudes no papel centimetrado.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Para finalizar, vamos relacionar as Altitudes de cada estaca no desenho do papel, nesse caso centimetrado, conforme a figura (31) abaixo.

Figura 31 – Perfil Longitudinal do nivelamento da Caderneta de Campo deste capítulo.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

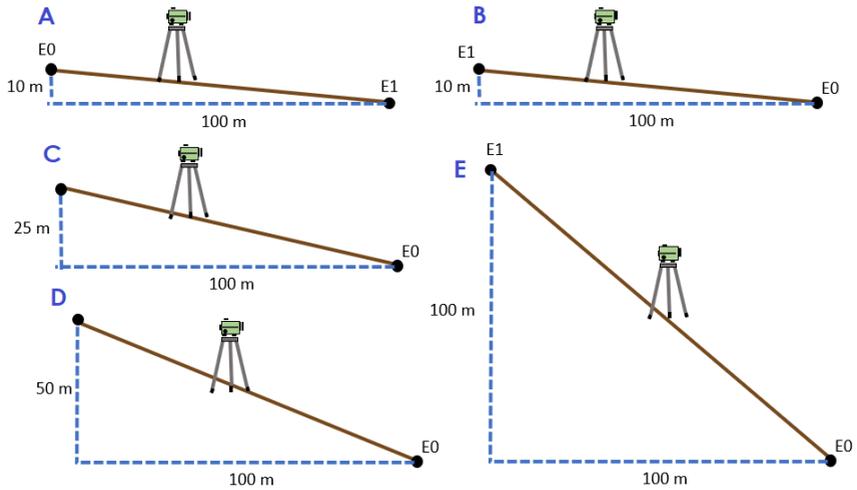
### 3. Declividade

A declividade é a relação entre a distância vertical com a horizontal de um determinado trecho em linha reta, podendo ser dada em porcentagem. A declividade pode ser negativa ou positiva, de acordo com o sentido do trabalho. Se o sentido for início do trabalho para o final do trabalho, subindo, será positiva e o inverso negativa, expressa em +% ou -%.

$$\text{Declividade em \%} = \frac{DV \times 100}{DH}$$

A declividade pode variar de infinito negativo a infinito positiva, vejamos alguns exemplos de declividade na Figura 32 abaixo:

Figura 32 – Declividades de -10%(A), +10%(B), +25%(C), +50%(D) e 100%(E).



Fonte: Machado Júnior, 2026.

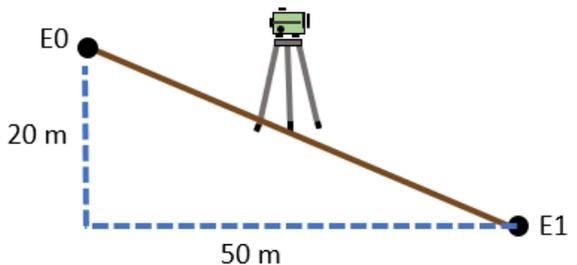
Como vimos anteriormente, existem uma infinidade de declividades, no exemplo abaixo, calculamos a declividade de acordo com os dados da figura.

$$\text{Declividade} = (DV \times 100) / DH$$

$$\text{Declividade} = (-20 \times 100) / 50$$

$$\text{Declividade} = (-2000) / 50$$

$$\text{Declividade} = -40\%$$

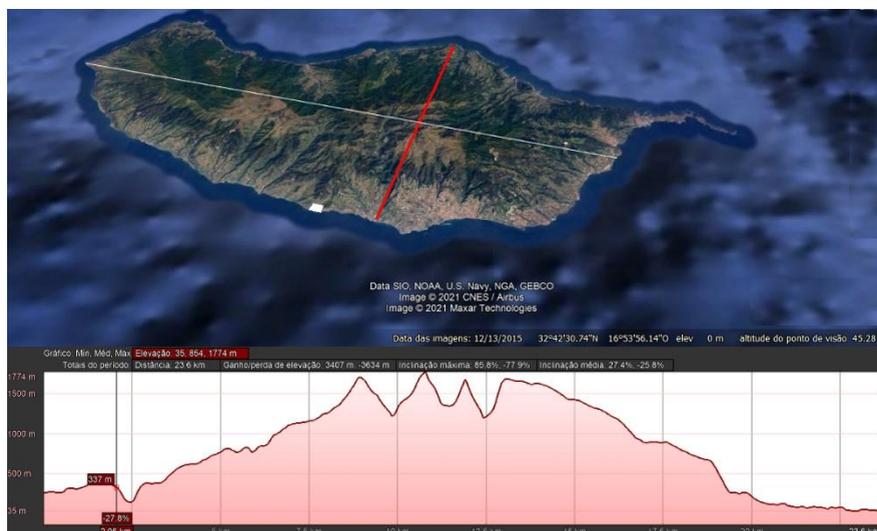


## 4. Seção Transversal

A Seção Transversal é um corte lateral e ortogonal realizado perpendicularmente ao eixo principal do objeto a ser estudado, com intuito de se obter a representação do relevo, através de uma vista perpendicular ao eixo principal do projeto.

Ao contrário do Perfil Longitudinal, onde é realizado o estaqueamento, os pontos das seções não são realizados por estaqueamento, e sim, de acordo com a mudança de conformidade do terreno (Figura 33).

Figura 33 – Perspectiva e Seção Transversal (em vermelho) da Ilha da Madeira, Portugal.

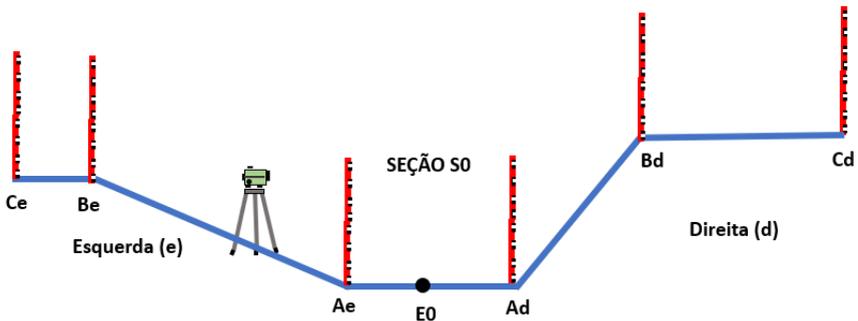


Fonte: Google Earth, 2022.

Para obtenção das Seções Transversais, é necessário fazer o levantamento do Perfil Longitudinal, através de Nivelamento Geométrico, no qual o usuário obterá os valores das estacas, que serão os pontos-chave (referenciais) para formação das seções.

As seções são compostas de diversos pontos, sendo a estaca do Perfil Longitudinal o principal ponto, da qual dará o nome a seção, como por exemplo, a estaca E0 será o ponto central da Seção 0 (S0). A partir do ponto central da seção, todos os pontos que estiverem à direita do ponto central terá em sua nomenclatura (d) e os da esquerda (e), começando a partir de A até o fim de cada lado da seção, como mostra a figura (34) abaixo.

Figura 34 – Pontos da Seção Transversal S0.

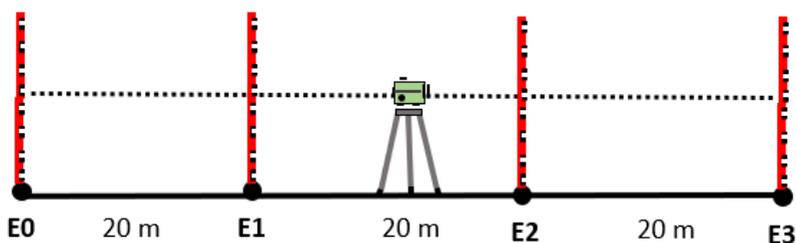


Fonte: Machado Júnior, 2026.

a) Procedimento prático

Após realização do Nivelamento Geométrico do Perfil Longitudinal (Figura 35) se faz a Seção Transversal.

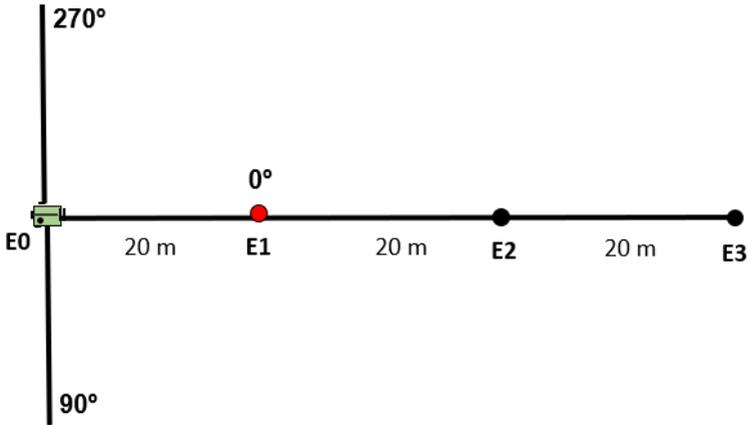
Figura 35 – Nivelamento Geométrico do Perfil Longitudinal.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Primeiramente, escolhe-se a seção que se quer fazer o levantamento. Para traçar a linha perpendicular ao eixo principal do trabalho, coloca o instrumento em cima da estaca da seção, com o instrumento mira-se na Balizas da seção posterior ao trabalho. Zera-se o ângulo horizontal do instrumento e, após esse procedimento, gira o instrumento até chegar aos 90° para a direita do eixo principal e 270° para esquerda desse mesmo eixo (Figura 36).

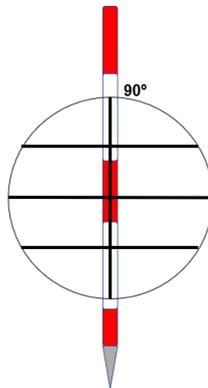
Figura 36 – Traçando a linha perpendicular ao eixo principal do trabalho (vista superior).



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Nesse momento ( $0^\circ$  ou  $270^\circ$ ), o usuário visualiza o fio vertical na luneta e pede ao auxiliar que desloque a Balizas para esquerda ou direita até que ela fique alinhada a este fio vertical, afim de se traçar a linha perpendicular (Figura 37).

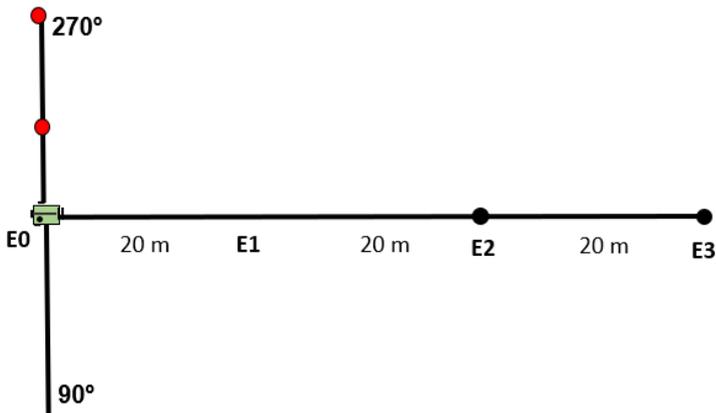
Figura 37 – Alinhamento da Baliza no fio vertical da luneta.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Mais uma vez coloca-se a Balizas alinhadas a este fio vertical em outro ponto atrás ou na frente do primeiro determinado, formando uma reta perpendicular ao eixo principal, conforme Figura 38.

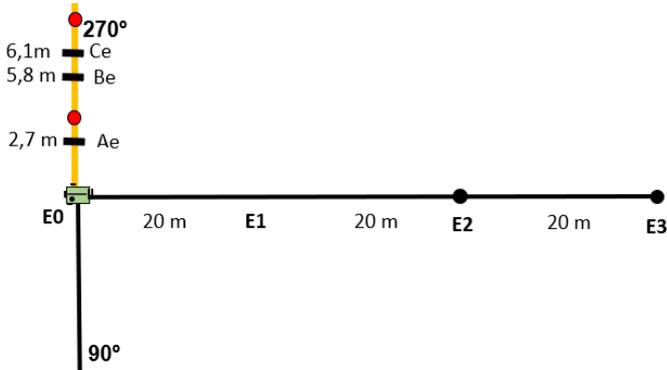
Figura 38 – Alinhamento de dois pontos na Seção 0, através do alinhamento da Baliza no fio vertical da luneta.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Após isso, com auxílio de uma Trena, o auxiliar deve marcar os pontos A, B, C, entre outros, de acordo com a mudança de conformidade do terreno, tanto na direita quanto na esquerda, formando assim, a linha da Seção Transversal, faltando apenas a obtenção das Altitudes/Cotas através do Nivelamento Geométrico (Figura 39).

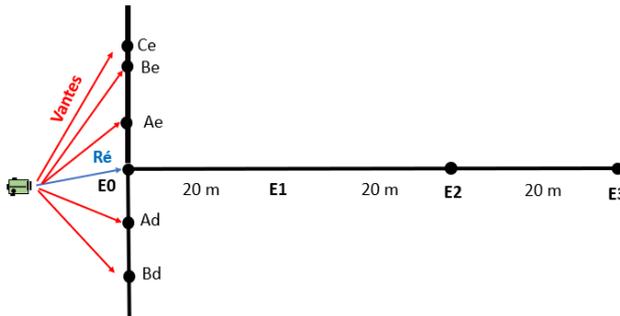
Figura 39 – Marcação dos pontos da seção, de acordo com a mudança de conformidade do relevo.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

O Nivelamento Geométrico da seção é realizado, primeiramente retirando o instrumento em cima da estaca, pois usou apenas para determinar o ângulo  $90^\circ$  e  $270^\circ$  em relação ao eixo principal, e o colocando em uma posição da qual possa fazer todas as leituras da seção. A primeira leitura (Leitura de Ré) será obrigatoriamente na estaca da seção e as demais leituras (leituras de Vante) são realizadas nos pontos A, B, C, etc, tanto da esquerda quanto da direita (Figura 40).

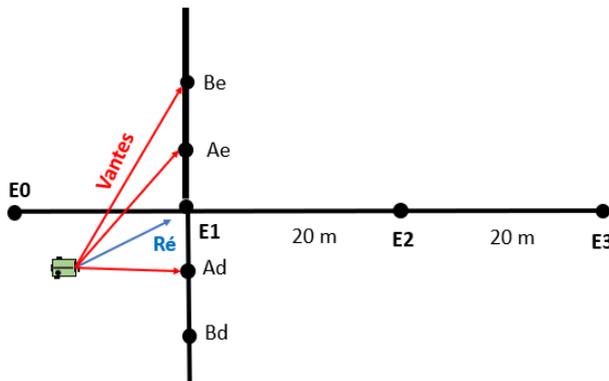
Figura 40 – Determinação das Cotas e Altitudes da Seção 0.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Após o término da obtenção das Cotas/Altitudes dos pontos da primeira seção, se retira o instrumento e coloca-se numa posição estratégica para leitura de todos os pontos da próxima seção (Figura 41), resguardado que, antes, deve-se através do instrumento, traçar a linha da próxima seção, conforme fizemos nas Figuras 36 a 39.

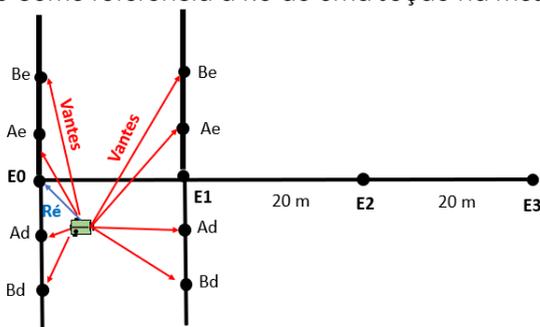
Figura 41 – Determinação das Cotas e Altitudes da Seção 1.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

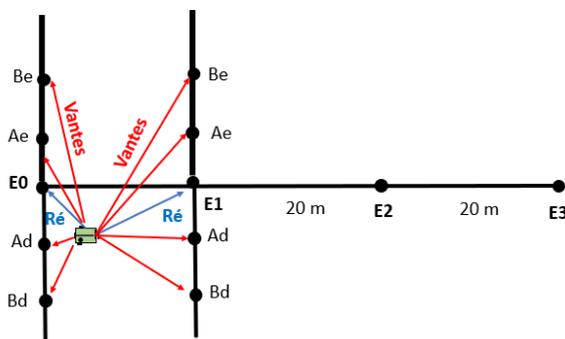
Apesar da possibilidade de poder se fazer as leituras de vários pontos de diversas seções na mesma estação, essa prática não deve ocorrer, caso use-se a Ré de apenas uma seção (Figura 42). Podendo apenas, na mesma posição, usar as Rés e Vantes isoladamente para cada seção, conforme Figura 43.

Figura 42 – Prática errada de Leitura de Vantes. Leitura em duas seções tomando como referência a Ré de uma seção na mesma estação.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Figura 43 – Prática de Leituras de Rés e Vantes, na mesma estação, de forma isolada.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

b) Preenchimento na Caderneta de Campo

O preenchimento da caderneta segue os mesmos critérios do preenchimento do perfil longitudinal. A única alteração é a distância entre os pontos da seção que são diferentes entre si, conforme a Caderneta de Campo abaixo:

<i>Caderneta de Campo</i>					
<i>Estação</i>	<i>Pontos visados</i>	<i>Leituras</i>	<i>AV (mm)</i>	<i>Cotas (mm)</i>	<i>DH (m)</i>
I	E0	1000	6000	5000	Distâncias entre estacas de 30 m
	E1	500		5500	
II	E1	750	6250	5500	
	E2	250		6000	
S0	E0	500	5500	5000	0,0
	Ae	250		5250	2,4
	Be	350		5150	3,7
	Ad	450		5050	2,3
	Bb	750		4750	3,7
	Cd	500		5000	4,3

c) Desenho do Perfil Transversal

O desenho da Seção Transversal no papel deverá seguir os mesmos passos do Perfil Longitudinal.

# CAPÍTULO 13

---

## NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

### 1. Conceito de Nivelamento Trigonométrico

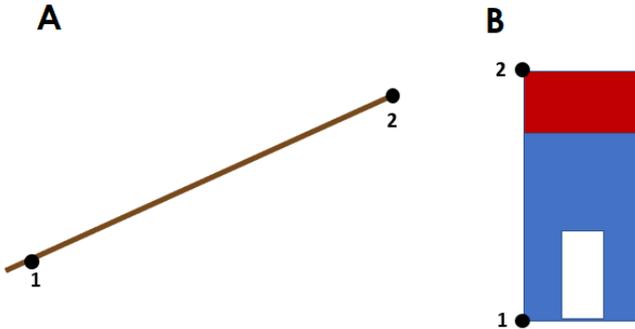
O Nivelamento Trigonométrico é um método de nivelamento que se baseia na determinação da Diferença de Nível entre dois pontos em um terreno.

O Nivelamento Trigonométrico pode ser uma alternativa mais viável que o Nivelamento Geométrico quando existirem grandes desníveis. Normalmente, usa-se para a determinação de alturas de árvores, pontes, edificações, entre outros. O Nivelamento Trigonométrico é a melhor alternativa nesses casos, devido ao Nivelamento Geométrico, nessas situações, ser mais limitado, devido trabalhar apenas com visadas horizontais, sendo então, mais rápido que o Nivelamento Geométrico, em se tratando de objetos altos. Seu princípio dar-se por Trigonometria, através do triângulo reto, na qual, através da determinação do ângulo entre o cateto e a hipotenusa (ângulo alfa) e pela determinação de um dos catetos (distância horizontal), descobre-se o valor do outro cateto que é a altura do objeto ou parte dela.

Existem dois tipos levantamento trigonométrico relacionados a distância horizontal dos pontos (1 e 2) a serem

determinados a Diferença de Nível: DH diferente de zero ( $NT_{DH < 0}$ ) e DH igual a zero ( $NT_{DH=0}$ ) para os pontos 1 e 2 (Figura 44).

Figura 44 – Em A a distância horizontal diferente de zero e em B DH igual a zero ( $NT_{DH=0}$ ) para 1 e 2.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

a) Diferença de Nível no terreno: DH diferente de zero dos pontos de determinação da Diferença de Nível (1 e 2).

A Figura 45 demonstra, na prática, como ocorre a determinação da Diferença de Nível entre dois pontos com a distância horizontal diferente de zero.

Essa determinação dar-se por instalar o Teodolito no primeiro ponto (ponto 1) e colocar a Mira-falante no ponto que se deseja saber a Diferença de Nível em relação ao primeiro ponto (ponto 2). O usuário deverá fazer as leituras do ângulo alfa, altura do instrumento (AI) em metro, fio médio (FM), nesse caso em metros, pois está fazendo uma relação trigonométrica com outras variáveis

em metros e distância horizontal (DH), também em metros. Esta obtenção da distância horizontal poderá ser realizada com a Trena, dependendo da situação, ou com os fios estadimétricos (FS e FI), para então, colocar nas fórmulas abaixo:

$$\operatorname{tg} \alpha = (FM^{***} + Z) / DH$$

\*\*\*Leitura do fio médio em metros

$$DN = Als + Z$$

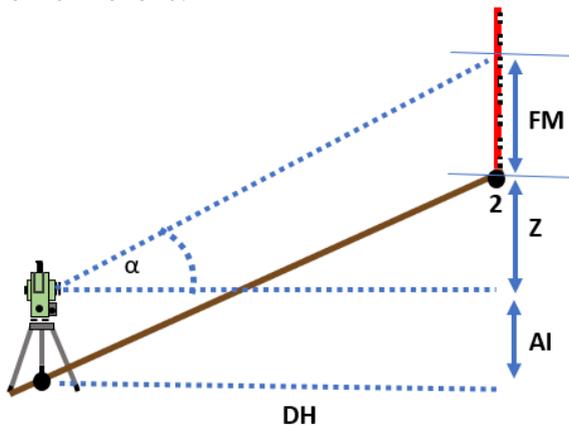
**Calcular a distância horizontal através dos fios estadimétricos:**

$$DH(m)^{**} = [(FS^* - FI^*) \times \operatorname{Cos}^2 \alpha] / 10$$

\* Leitura dos fios superior e inferior devem ser em milímetros

\*\* DH através da Taqueometria quando a luneta não está na posição horizontal ao plano topográfico (Nosso exemplo).

Figura 45 –Determinação da Diferença de Nível entre dois pontos de DH diferentes de 0 em um terreno.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

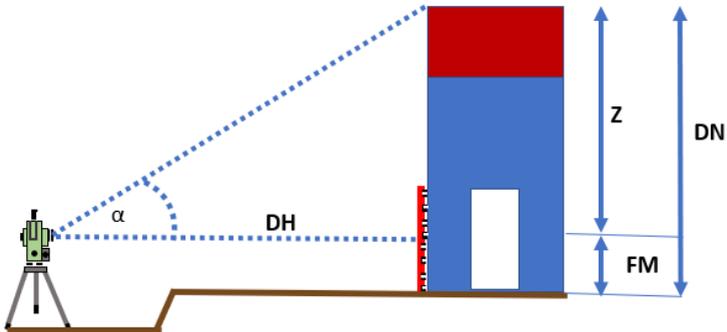
b) Altura de objetos: DH igual a zero nos pontos de determinação da Diferença de Nível (1 e 2).

Para determinar a altura dos objetos, onde o DH dos pontos 1 e 2 são iguais a 0, se coloca o Teodolito em cima do ponto 1 e a Mira-falante coloca-se junto a edificação no ponto 2. Faz-se as leituras do ângulo alfa, fio médio, em metros e distância horizontal com a Trena, em metros e usa-se os dados determinados nas fórmulas abaixo:

$$\text{tg } \alpha = Z/\text{DH}$$

$$\text{DN} = Z + \text{FM}$$

Figura 46 –Determinação da altura da edificação.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

# CAPÍTULO 14

---

## CURVAS DE NÍVEL

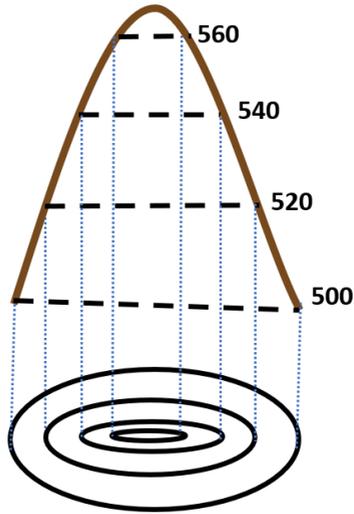
### 1. Conceito

Curvas de Nível são linhas imaginárias, no terreno e projetada no desenho, de iguais Altitudes, e que servem, entre outras coisas, para representar o relevo, em questão. As Curvas de Nível são formadas por Cotas ou Atitudes, a depender do plano de referência, e seguem algumas regras como veremos a seguir.

As Curvas de Nível são projeções ortogonais que representam todas as alturas do campo no desenho. Quando oriundas da natureza essas projeções são desenhadas no papel tornam-se curvas, pois os componentes do relevo tendem a serem curvos, devido ao desgaste natural das arestas, resultando em linhas curvas.

Um elemento importante das Curvas de Nível são as equidistâncias, pois por convenção, padronização, facilidade na leitura e interpretação, elas devem ser iguais. As equidistâncias são planos paralelos imaginários, distanciados igualmente, em determinada Cota/Altitude que tocam em volta do relevo.

Figura 47 – Representação do relevo (acima) em forma de Curvas de Nível (abaixo) e sua equidistância (20 m).



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Outra consideração importante, quando se fala em equidistâncias, é que quanto menor for a equidistância, melhor será representado o relevo e quanto maior, poderá alguns elementos não serem representados. Mas essa relação de equidistância deve ser bastante estudada, pois não se deve utilizar muitas Curvas de Nível, pois poderá poluir o trabalho, além de torná-lo mais demorado, sem necessidade.

## **2. Relação equidistância e Escala**

Não é uma regra absoluta, mas tomando como partida podemos relacionar a equidistância com a escala para que o desenho traga as informações necessárias sem poluí-lo. A Norma Brasileira 13133 que trata sobre os levantamentos topográficos, destaca essa relação.

Para escalas de 1:10000, deve-se como partida, utilizar a equidistância de 10 m, assim como 1:5000 usa-se 5 m, 1:2000 usa-se 2 m e entre 1:500 e 1:1000, usa-se 1 m (NBR 13133).

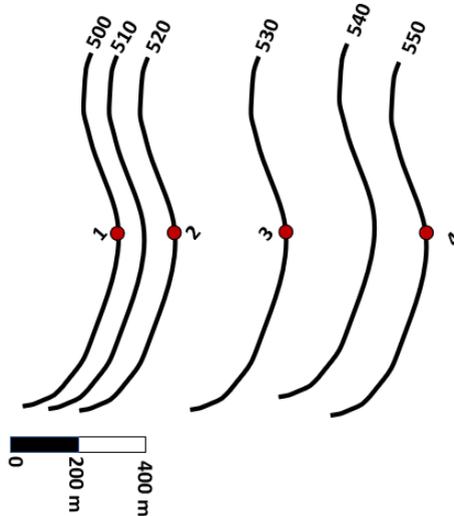
## **3. Características das Curvas de Nível**

As Curvas de Nível seguem alguns critérios estabelecidos para padronização, melhor entendimento, eficiência e coerência.

As Curvas de Nível no relevo natural são isentas de curvas bruscas, devendo estas serem suaves. Outra característica importante é que elas jamais se cruzam ou se unem, por motivos óbvios, pois são linhas imaginárias de igual Altitude, então, Altitudes distintas jamais estariam em um mesmo ponto de informações altimétricas. Além dessas características, é importante saber que, quanto mais afastadas as Curvas de Nível indicam que o terreno é menos íngreme e quanto mais unidas o terreno é mais íngreme,

devido a relação da distância horizontal com a vertical, como vemos na Figura 48.

Figura 48 – Curvas afastadas e juntas.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Na figura acima (48), temos 6 Curvas de Nível equidistantes em 10 m. Para confirmarmos a afirmação de que quanto mais juntas o relevo é mais íngreme, vamos recorrer à fórmula de declividade, visto no capítulo 9.

A distância horizontal entre os pontos 1 e 2, segunda a escala gráfica é de 200 m e a distância horizontal entre os pontos 3 e 4 é de 400 m. Para ambas situações a distância vertical é de 20 m, já que a equidistância das Curvas de Nível é de 10 m. Então, vamos a resolução:

$$\text{Declividade}^{1-2} = (DV \times 100) / DH$$

$$\text{Declividade}^{1-2} = (20 \times 100) / 200$$

$$\text{Declividade}^{1-2} = 10\%$$

$$\text{Declividade}^{3-4} = (DV \times 100) / DH$$

$$\text{Declividade}^{3-4} = (20 \times 100) / 400$$

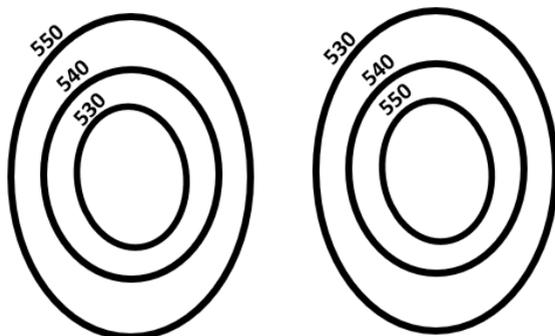
$$\text{Declividade}^{3-4} = 5\%$$

Como era de se esperar, a declividade do trecho 3-4 é menor do que a declividade do trecho 1-2.

Outra característica importante, é que elas nunca se interrompem. Na verdade, elas sempre formam círculos regulares e irregulares, de acordo com o relevo em volta delas. Caso haja em alguma carta, planta ou mapa alguma curva se interrompendo, só existe uma situação: elas se interrompem na planta, pois a planta é pequena e não cabe o relevo todo, continuando em outra planta.

Além dessas regras, existem características próprias delas que facilitam sua compreensão, como é o caso das depressões e elevações que a grosso modo, podem possuir o mesmo desenho, porém em sentidos altimétricos opostos, como mostra a Figura 49.

Figura 49 – Na esquerda depressão e direita elevação.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

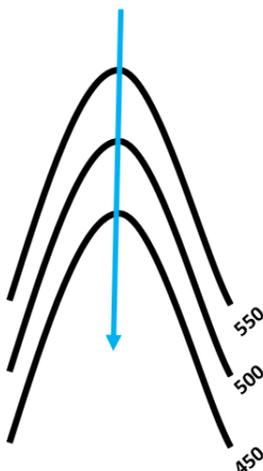
As Curvas de Nível devem ser desenhadas, de acordo com sua espessura, em intermediárias e mestras. As curvas mestras servem para facilitar a visualização das curvas e entendimento do relevo. Elas são de espessura mais grossa e nelas estão sendo informadas as Altitudes. Quando temos curvas mestras que são de 5 em 5, as 4 entre elas são intermediárias e não necessitam serem Cotadas. Quando não há necessidade de curvas mestras, todas se tornam comuns e Cotadas.

Quanto a cor do desenho, se forem utilizados mapas coloridos, elas devem estar em cor marrom ou roxo, porém se o mapa for monocromático, deve-se escolher a cor preta para todo o trabalho, inclusive as Curvas de Nível.

Outra característica importante das Curvas de Nível são os elementos que elas formam, dentre eles, talwegues, divisores e gargantas.

Os talwegues são linhas imaginárias onde se escorre a água em um relevo. Em uma planta, encontram-se os talwegues, quando o desenho das curvas esteja apontando no sentido curva de menor Altitude apontando para curva de maior Altitude, conforme Figura 50, caso contrário será divisor.

Figura 50 – Talvegue.

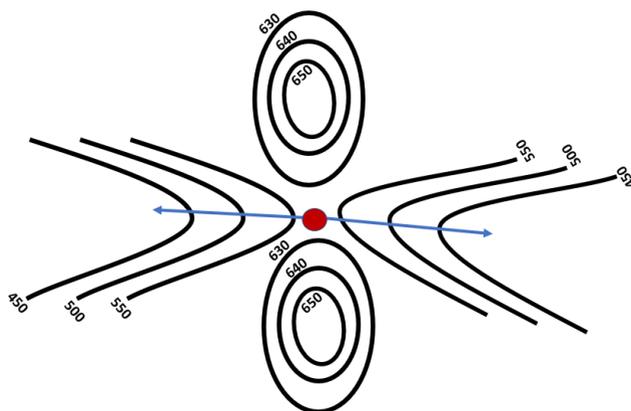


Fonte: Machado Júnior, 2026.

Os talwegues também surgem a partir de gargantas que são outro tipo de formação do relevo.

As gargantas são elementos formadores do relevo que possuem como característica ter um ponto mais alto entre dois talwegues e mais baixo entre dois divisores. É muito comum ter gargantas no relevo, como mostra o esquema de relevo da Figura 51.

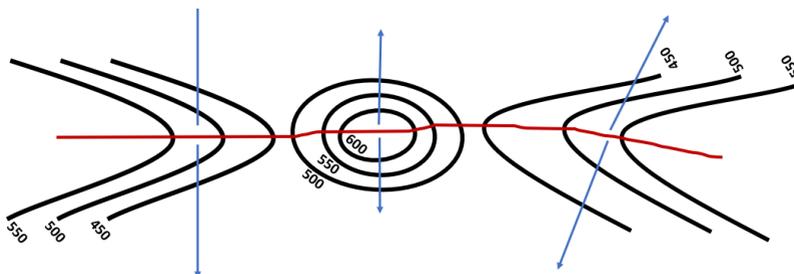
Figura 51 – Esquema de uma garganta.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Os divisores de água são outra característica do relevo que são facilmente identificados nas Curvas de Nível. Eles possuem a função de dividir a água em dois ou mais caminhos para seu escoamento. Os divisores de água são elementos fundamentais para a formação das bacias hidrográficas (Figura 52).

Figura 52- Esquema dos divisores de água.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

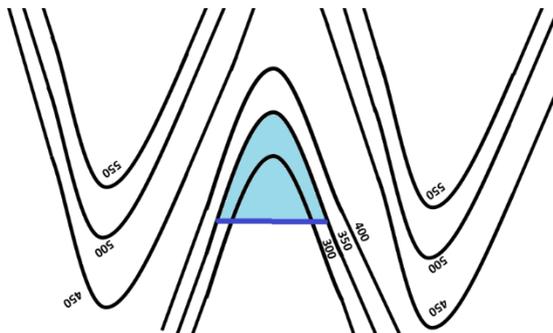
#### 4. Curvas de Nível e hidrografia

Tendo em mãos uma planta com as Curvas de Nível é possível delimitar bacias, indicar os melhores lugares para construção de barragens, entre outras possibilidades.

Como as barragens são responsáveis pelo armazenamento de água, as Curvas de Nível devem ser escolhidas, de acordo com suas Altitudes, para conter totalmente as águas em um determinado volume. Elas obrigatoriamente devem estar dispostas perpendiculares aos talwegues iniciando na Cota X0 e sua Cota final Xf deve ser a altura máxima de acúmulo, com certa folga, dentro dos conceitos da engenharia.

Quando se traçar a linha da barragem deve-se ficar atento a iniciar o segmento numa Cota/Altitude e esse segmento deve terminar na Cota/Altitude de mesmo valor, passando por Cotas/Altitudes das quais será a altura máxima da barragem, como mostra a Figura 53.

Figura 53- Curvas de Nível e barragem.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

No caso da Figura 53, a barragem começa na Altitude 350 e vai até a Altitude 300, passando pela curva 300, ou seja, a barragem tem em torno de 50 metros de altura, acumulando o volume  $x$ , de acordo com as áreas em azul claro.

Para efeito didático de cálculo de volume, próximo capítulo, vamos fazer essa resolução. Imaginando que a área da Cota 350 seja  $100 \text{ m}^2$  e da Cota 300 seja  $80 \text{ m}^2$ , vamos aos cálculos:

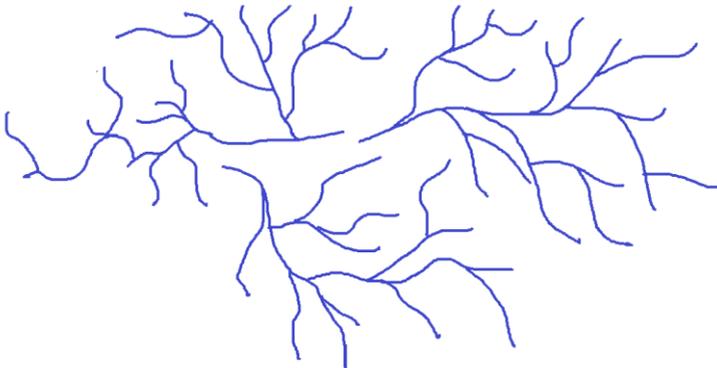
$$v = [(área \text{ Cota } 350 + \text{área Cota } 300)/2] \times eq]$$

$$v = [(100 + 80)/2] \times 50$$

$$\mathbf{v = 4500 \text{ m}^3}$$

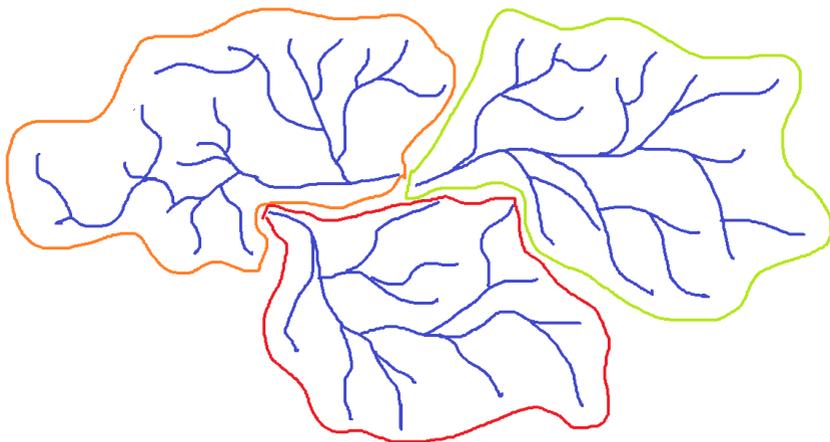
Os divisores de água, como explicado anteriormente, são responsáveis por delimitar as bacias hidrográficas. Através dos talwegues (rios), é possível traçar os divisores de água, formadores das bacias hidrográficas, como vemos nas Figuras 54 e 55.

Figura 54 – Rede de talwegues (rios).



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Figura 55 – Bacias delimitadas através dos talwegues.



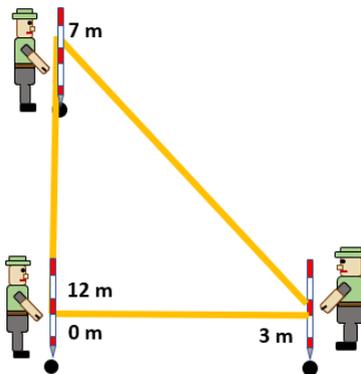
Fonte: Machado Júnior, 2026.

## 5. Quadriculação do terreno para obtenção das Curvas de Nível

Para obtenção das Curvas de Nível, o método da Quadriculação é bastante interessante e não requer equipamentos caros e sofisticados. É realizado com Trensas, Balizas e Nível de Luneta, este para obtenção das Cotas/Altitudes. Este método é recomendado para pequenas áreas e não muito íngremes, requer bom manejo de Trensas e noções de Trigonometria. Além de um prévio reconhecimento do local, é importante determinar o espaçamento que se vai obter os pontos Cotados, pois o tamanho dessa malha definirá a representação do relevo. Quanto mais plano for o relevo, pode-se aumentar o espaçamento da malha e quanto mais íngreme deve encurtar esse espaçamento.

Para começar o trabalho, escolhe-se o ponto de origem (0,0), onde deve-se traçar as coordenadas x e y do plano cartesiano a ser criado. Como sabemos, as linhas das coordenadas x e y apresentam entre si um ângulo de  $90^\circ$ , então, vamos criar esse ângulo através do uso de uma Trena e três Balizas, com auxílio de três pessoas. A primeira pessoa segurará a Baliza no valor 0 m da Trena, a segunda pessoa segurará a Baliza no valor 3 m da Trena e a terceira pessoa segurará a Trena com valor 7 m na Baliza e voltando a primeira pessoa que segurará também o valor de 12 m da Trena, formando todos um triângulo reto entre as três Balizas a partir dos valores da Trena, conforma a Figura 56.

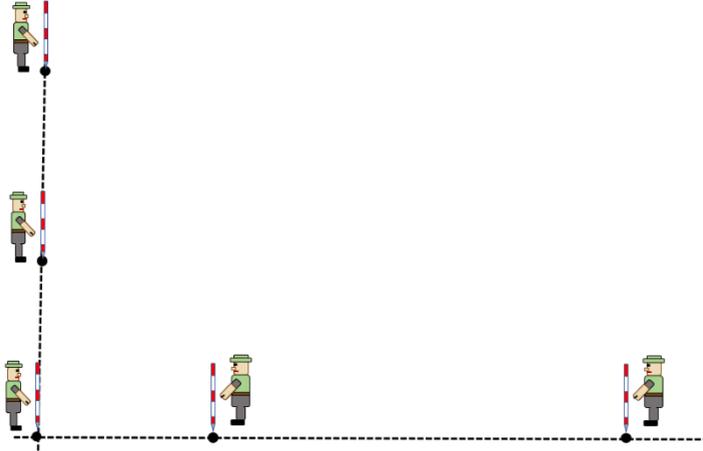
Figura 56 – Formação dos lados 3 m, 4 m e 5 m para obter o ângulo reto, formador das linhas das coordenadas x e y.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Após a formação do ângulo das linhas das coordenadas, colocam-se as Balizas alinhadas aos dois catetos das Balizas para formação das linhas das coordenadas x e y, conforme Figura 57.

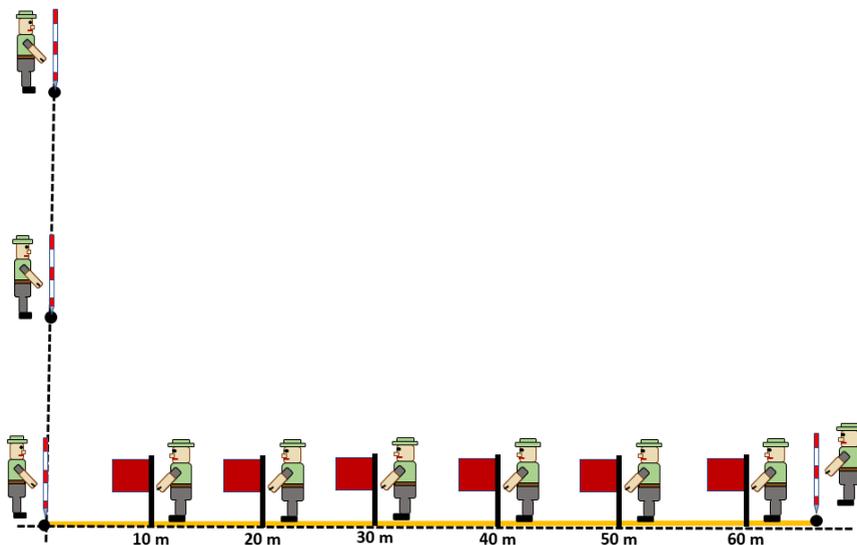
Figura 57 – Balizas alinhadas para formação das linhas das coordenadas x e y.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

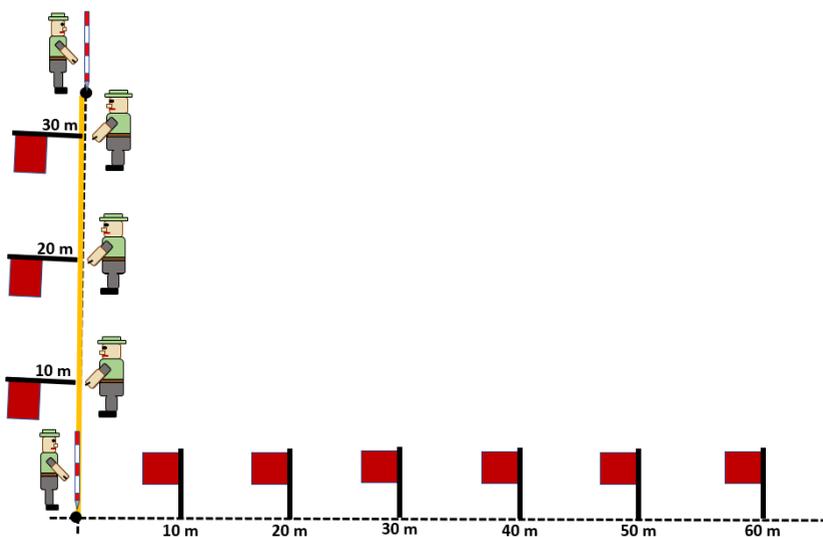
A partir das Balizas já alinhadas e definidos os espaçamentos, nesse caso, vamos escolher 10 m, usa-se a Trena e bandeiras para definir as coordenadas da base x e y, conforme as Figuras 58 e 59.

Figura 58 – Definição das coordenadas x.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

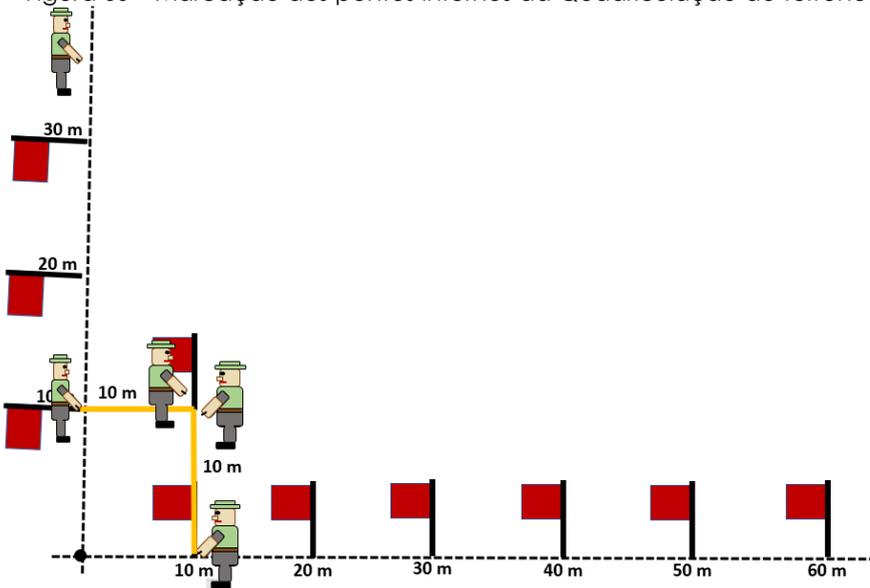
Figura 59 – Definição das coordenadas y.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Após essas etapas, com auxílio de duas Trensas e 4 pessoas, marcam-se os pontos internos das coordenadas x e y, onde dois usuários ficarão segurando as Trensas nas bases das coordenadas e mais dois segurarão as Trensas nos valores 10 m, onde as Trensas se encontrarem será o ponto intermediário, formando um quadrado de 10 m, conforme Figura 60.

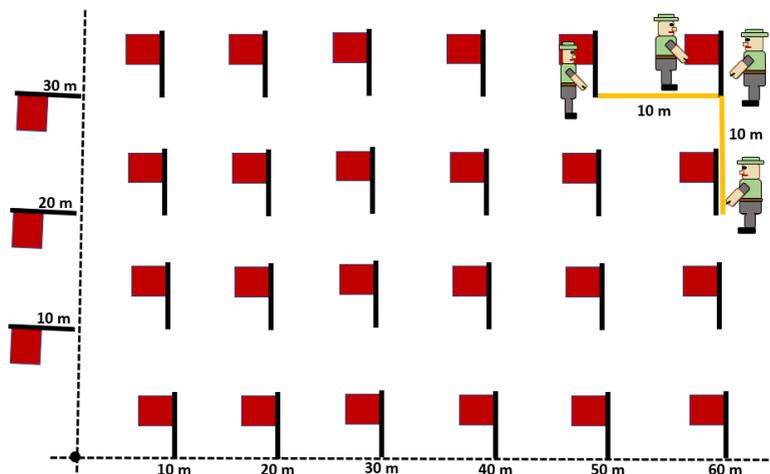
Figura 60 – Marcação dos pontos internos da Quadriculação do terreno.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

E repete-se o trabalho até que todas as bandeiras sejam colocadas, conforme a Figura 61.

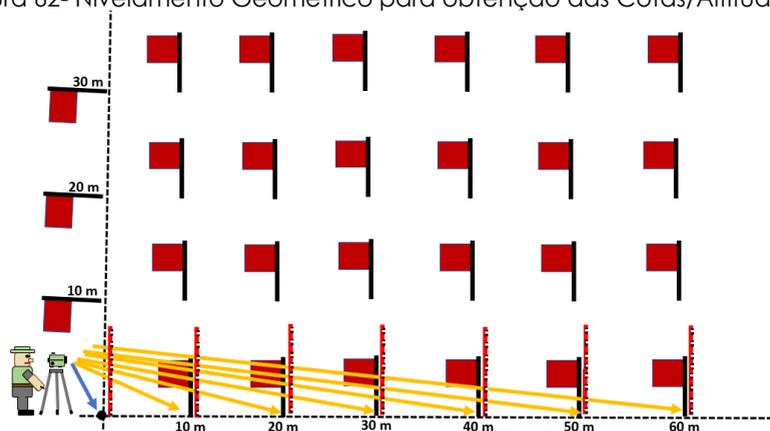
Figura 61 – Colocação completa das bandeiras.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

Após terminada a Quadrículação do terreno, obtém-se as Cotas/Altitudes, através do Nivelamento Geométrico, conforme Figura 62.

Figura 62- Nivelamento Geométrico para obtenção das Cotas/Altitudes.



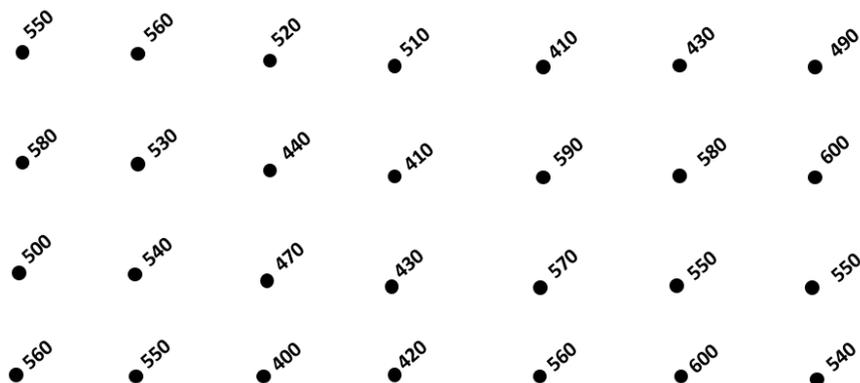
Fonte: Machado Júnior, 2026.

## 6. Interpolação de pontos

Após a determinação dos Pontos Cotados, através da Quadriculação, iniciaremos a interpolação para geração das Curvas de Nível.

Imaginemos que para o trabalho anterior de Quadriculação, obtivemos os seguintes Pontos Cotados (Figura 63).

Figura 63 – Pontos Cotados obtidos hipoteticamente.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

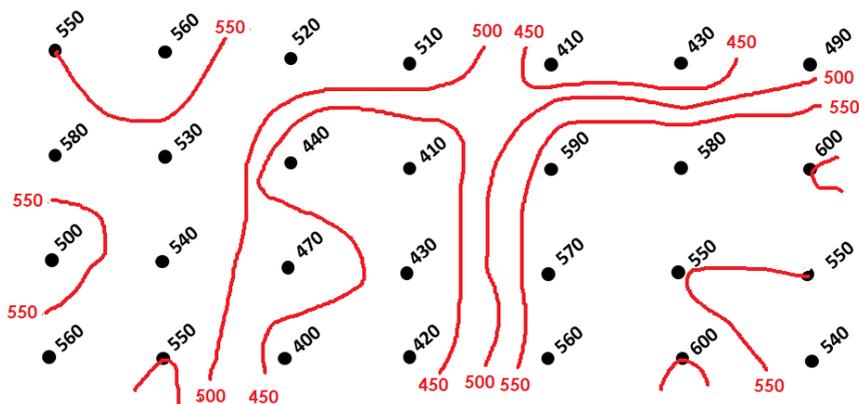
a) Interpolação vertical das Curvas de Nível através da Quadriculação

Sabe-se que existem uma variedade de pontos determinados em uma Quadriculação e, para geração das Curvas de Nível, temos que interpolar esses pontos de forma a juntar, em formas de linhas, os valores de igual Altitude ou Cota. Para tanto,

escolhemos os valores das equidistâncias das Curvas de Nível, através dos valores máximo e mínimo na malha de Pontos Cotados, e só assim, definimos esse intervalo (equidistância).

Em nosso caso, o maior valor é 600 m e o menor é 400 m. Então, podemos escolher equidistâncias de 10 m, 20 m, 25 m, 50 m e 100 m. Quanto menor a equidistância, teremos mais Curvas de Nível e melhor será representado o relevo. Por outro lado, quanto mais Curvas de Nível, mais trabalhoso e poluído será o desenho. Assim, escolheremos o valor de 50 m., ou seja, trabalharemos com as curvas 400 m, 450 m, 500 m, 550 m e 600 m (Figura 64).

Figura 64 – Traçado das Curvas de Nível 450, 500, 550 e 600.

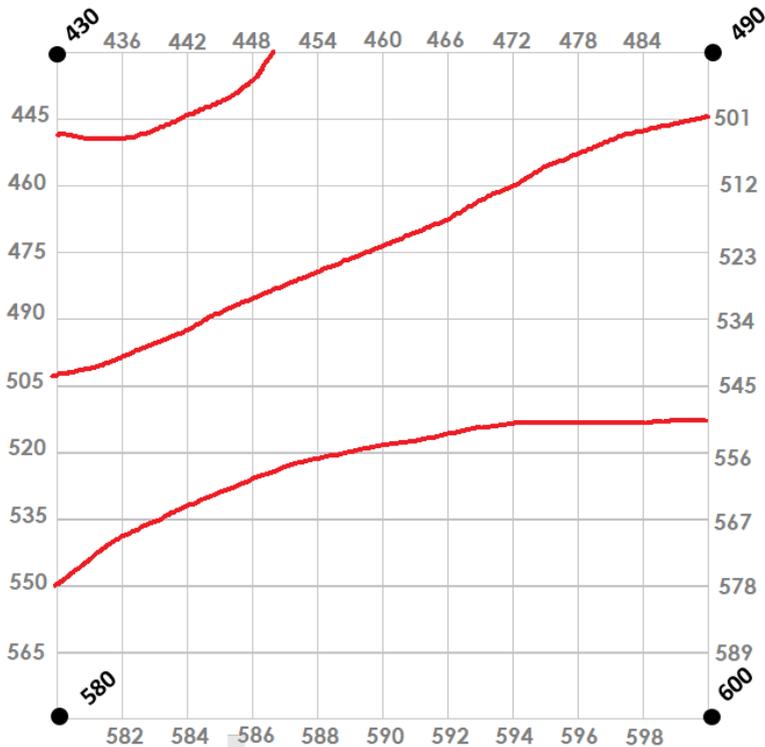


Fonte: Machado Júnior, 2026.

b) Interpolação horizontal das Curvas de Nível através da Quadriculação

Quando uma determinada curva passa entre dois pontos conhecidos, deve-se respeitar a interpolação horizontal, ou seja, a proporcionalidade das distâncias, conforme o desenho abaixo (Figura 65).

Figura 65 – Interpolação horizontal e traçado das Curvas de Nível.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

No caso acima, as Curvas de Nível devem passar proporcionais aos seus devidos valores. A curva 450 deverá passar mais aproximado da 430 (por restar 20) do que da 490 (por restar 40). Para determinação do local exato, subtraímos 490 de 430, obtivemos 60, e então, dividimos esse valor 10 quadrados de 6, formando valores intermediários de 436, 442, 448, 454, 460, 466, 472, 478 e 484, facilitando assim, onde irá passar horizontalmente a curva de nível. Os mesmos procedimentos foram realizados para 600-490, 600-580 e 580-430, na mesma figura. Notem que, a curva 500 está passando bem próxima do 490 e bem longe do 600, lógico que, nessa situação, fica razoável fazer essa proporção, mas de fato, deve-se fazer o cálculo para que se coloque a curva no valor verdadeiramente proporcional.

# CAPÍTULO 15

---

## BATIMETRIA

### 1. Conceito

É a parte da Altimetria que tem como objetivo medir porções da terra abaixo do nível da água, sendo estes, rios, lagos, lagoas, açudes, mares e oceanos. O termo vem do grego *bathys* que significa profundo. Como todo trabalho altimétrico, a metodologia consiste em determinar as coordenadas tridimensionais de cada ponto formadoras do relevo em questão.

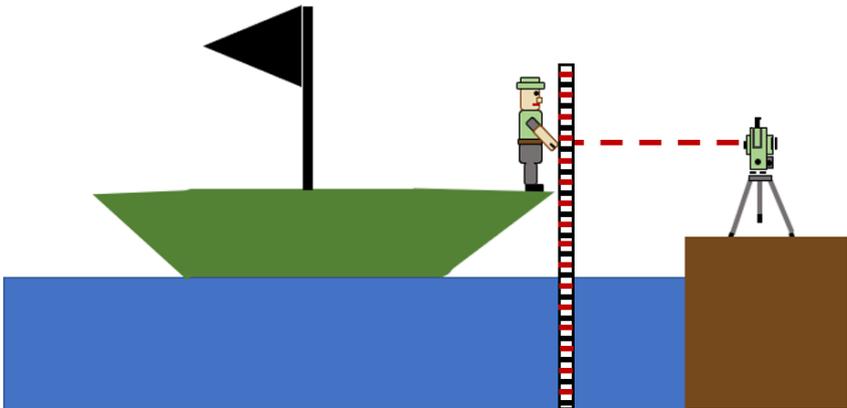
### 2. Metodologias e instrumentos de medições

Existem duas metodologias principais para medição do relevo das águas: topobatimetria e ecobatimetria (batimetria através de onda sonoras).

A topobatimetria, como o próprio nome sugere, devido usar metodologias próprias da Topografia. É uma metodologia onde usa-se um bastão verticalizado nos pontos que se quer levantar no leito do corpo de água com auxílio da Estação total ou GNSS para determinação dos pontos. Antigamente essa técnica era realizada por cabos. Essa técnica era muito passível de erros,

mais demorada e mais difícil de se trabalhar. Normalmente, a topobatimetria é usada em corpos de água de profundidades rasas e de pouca correnteza, devido às limitações dos bastões e movimento das embarcações. Possui a coleta demorada e custo elevado, devido a mão-de-obra mais especializada do que um levantamento topográfico comum (fora da água), conforme a Figura 66.

Figura 66- Medição por topobatimetria.



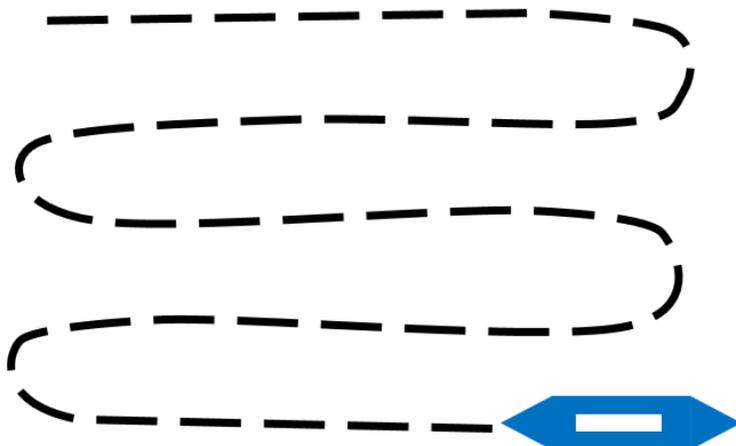
Fonte: Machado Júnior, 2026.

Tanto a topobatimetria quanto a ecobatimetria, deve-se planejar o tipo e tamanho da embarcação, de acordo com a correnteza, dificuldades da flora e tamanho do levantamento.

As metodologias de Ecobatímetro, podendo ser simples (mono-feixe) ou múltiplo (multi-feixe), são caracterizadas por o uso de uma embarcação na qual, dentro dela, está acoplada ou inserida este instrumento (Ecobatímetro), capaz de enviar

frequências sonoras capazes de captar a profundidade do determinado ponto. Essa metodologia consiste em rotas em sentido de vários “s” alongados no intuito de nenhum espaço ficar descoberto para coleta dos dados (Figura 67).

Figura 67 – Sentido da ecobatimetria.



Fonte: Machado Júnior, 2026.

A diferença crucial entre mono-feixe e multi-feixe são a quantidade feixes de radiações eletromagnéticas emitidas. Enquanto a mono-feixe emite apenas 200 kHz a multi-feixe emite 20 kHz e 200 kHz, permitindo este, um trabalho mais refinado delimitando regiões não captáveis pelo mono-feixe, como lodo e matéria orgânica, por exemplo.

Em se comparado com a topobatimetria, a ecobatimetria é menos demorada e acontecem menos imprevisto. Porém, se

realizada de forma adequada, a topobatimetria é mais exata do que esta metodologia.

Apesar do produto final da ecobatimetria ser característico da Topografia, não vamos nos detalhar nela, pois é uma técnica que envolve sensores, instrumentos não característicos da Topografia, portanto, vamos dar mais evidência a metodologia genuína da Topografia, a Topobatimetria.

### **3. Topobatimetria por estações totais**

A Topobatimetria utilizando Estações Totais ocorre de maneira muito similar ao levantamento topográfico por coordenadas, usando a Estação total. A diferença ocorre simplesmente por haver um planejamento para coleta dos pontos de interesse do corpo de água, seja por Quadrículação, Seção Transversal ou Margeamento.

O procedimento consiste em marcar dois pontos fixos de apoio que denominaremos de Estação Ocupada (E0) e Ré (E1) que estarão fora do corpo da água. Após marcar os pontos de apoio, se faz a instalação da Estação Total em cima do ponto E1, fazendo a centragem e calagem do equipamento e atribuindo a coordenada (0,0,0) ou aleatória ou ainda com auxílio do GNSS de Precisão. Após isso, coloca-se o bastão com prisma no ponto de Ré de mede-se a coordenada deste ponto, através de Trena ou com a própria Estação Total. Por exemplo, se a distância da

Estação Ocupada até a Ré for de 5 m e a Diferença de Nível for 1 m positiva, podemos usar na Ré a coordenada (0,5,1).

Após a instalação do instrumento e bastão e definição das coordenadas, o usuário da Estação Total vira seu instrumento para os pontos de interesse que estarão no corpo de água. O outro usuário estará no barco, nos locais adequados, de acordo com o planejamento para colocar o bastão com prisma (montado no barco), no ponto exato que se vai determinar a coordenada. Então, se faz a medição, através de Estação Total e, gerará automaticamente, a coordenada tridimensional do local, restando fazer todos os pontos para determinação completa do relevo.

Caso não possa visualizar todos os pontos, haverá necessidade de mudança de estação. Após o término da coleta de dados, o usuário passará os dados da Estação Total para um pendrive, fará a conversão para extensão dwg ou específico de um programa de CAD e levará para o CAD 3D para fazer ajustes e confecções do relevo.

# CAPÍTULO 16

---

## CÁLCULO DE VOLUME

### 1. Conceito

O volume é uma variável física tridimensional na qual faz parte da formação e representação do relevo. Em Topografia, o uso do cálculo de volume serve para entender, analisar, representar e viabilizar a construção de edificações, pontes, aeroportos, agricultura, entre outros.

O transporte de grandes volumes de terra para aterrar ou cortar determinado local é bastante oneroso. Por via de regra, deve-se calcular o volume de um determinado terreno, afim de se saber a quantidade de terra que será retirada e/ou colocada para que haja o mínimo de movimento possível de terra.

Os volumes nos terrenos são calculados de acordo com as figuras geométricas tridimensionais regulares existentes, como cubos, paralelepípedos, pirâmides, esferas, cones, entre outros.

Na natureza, deve-se fazer cálculos através das Curvas de Nível, pois este tipo de metodologia, nos traz valores aproximados dos valores verdadeiros, minimizando os erros, devido à dificuldade de representar fielmente o terreno.

## 2. Cálculo de volumes em Curvas de Nível

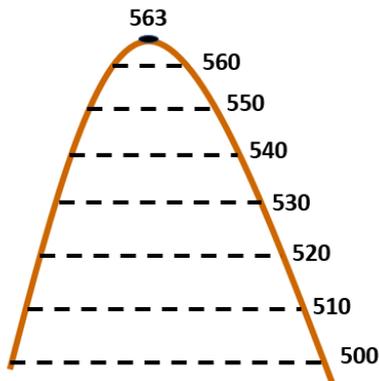
O princípio se baseia em determinar o volume de um relevo, através das Curvas de Nível, a partir do cálculo da média das áreas desses paralelepípedos, conforme a fórmula abaixo:

$$V = \frac{A1 + A2}{2} \times eq$$

**Vamos fazer o exemplo abaixo:**

Sabendo que as áreas das **Cotas** são:

500 = 1000 m<sup>2</sup>, 510 = 950 m<sup>2</sup>, 520 = 900 m<sup>2</sup>, 530 = 850 m<sup>2</sup>, 540 = 800 m<sup>2</sup>, 550 = 750 m<sup>2</sup> e 560 = 700 m<sup>2</sup>.



Nesse caso, vamos ter 7 volumes.

$$Vt = v1+v2+v3+v4+v5+v6+v7$$

- V1: [(Área Cota 500 + área Cota 510) / 2] x 10  
 V2: [(Área Cota 510 + área Cota 520) / 2] x 10  
 V3: [(Área Cota 520 + área Cota 530) / 2] x 10  
 V4: [(Área Cota 530 + área Cota 540) / 2] x 10  
 V5: [(Área Cota 540 + área Cota 550) / 2] x 10  
 V6: [(Área Cota 550 + área Cota 560) / 2] x 10  
 V7: (Área Cota 560 x altura do pico) / 3 [fórmula do cone]

Então,

- V1: [(1000 m<sup>2</sup> + 950 m<sup>2</sup>) / 2] x 10  
 V2: [(950 m<sup>2</sup> + 900 m<sup>2</sup>) / 2] x 10  
 V3: [(900 m<sup>2</sup> + 850 m<sup>2</sup>) / 2] x 10  
 V4: [(850 m<sup>2</sup> + 800 m<sup>2</sup>) / 2] x 10  
 V5: [(800 m<sup>2</sup> + 750 m<sup>2</sup>) / 2] x 10  
 V6: [(750 m<sup>2</sup> + 700 m<sup>2</sup>) / 2] x 10  
 V7: [(700 m<sup>2</sup> x 3) / 3

Então,

- V1: 9750 m<sup>3</sup>  
 V2: 9250 m<sup>3</sup>  
 V3: 8750 m<sup>3</sup>  
 V4: 8250 m<sup>3</sup>  
 V5: 7750 m<sup>3</sup>  
 V6: 7250 m<sup>3</sup>  
 V7: 700 m<sup>3</sup>

$$Vt = 9750 \text{ m}^3 + 9250 \text{ m}^3 + 8750 \text{ m}^3 + 8250 \text{ m}^3 + 7750 \text{ m}^3 + 7250 \text{ m}^3 + 700 \text{ m}^3$$

$$Vt = 51700 \text{ m}^3$$

### Exercício explicado:

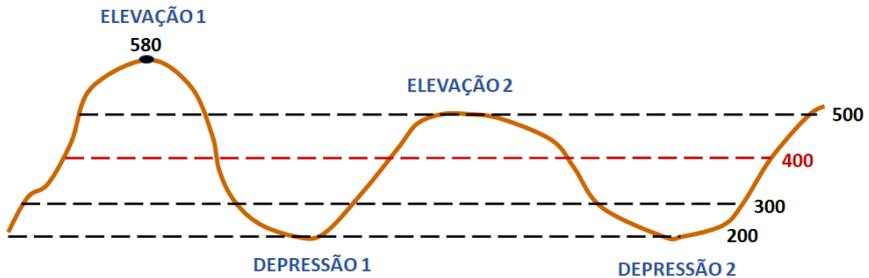
Sabendo que as áreas de duas montanhas e duas depressões são de valor:

elevação 1 : Cota 200 = 1000 m<sup>2</sup>, Cota 300 = 800 m<sup>2</sup>, Cota 400 = 750 m<sup>2</sup> e Cota 500 = 500 m<sup>2</sup>.

elevação 2 : Cota 200 = 1100 m<sup>2</sup>, Cota 300 = 950 m<sup>2</sup> e Cota 400 = 830 m<sup>2</sup>.

depressão 1 : Cota 500 = 900 m<sup>2</sup>, Cota 400 = 800 m<sup>2</sup> e Cota 300 = 750 m<sup>2</sup>.

depressão 2 : Cota 500 = 1200 m<sup>2</sup>, Cota 400 = 1000 m<sup>2</sup> e Cota 300 = 800 m<sup>2</sup>.



- a) Calcule os volumes de cada elevação e depressão
- b) Se queremos usar a Cota 400 como linha de greide, quanto de volume de areia deve-se cortar ou aterrar para se nivelar a esta Cota.

\*Ac= área da Cota

### a) Resolução

#### Volume elevação 1:

$$Ve1 = v1 + v2 + v3 + v4 = 238.000 \text{ m}^3$$

$$v1 = (Ac200 + Ac300) / 2 \times 100 = 90.000 \text{ m}^3$$

$$v2 = (Ac300 + Ac400) / 2 \times 100 = 77.500 \text{ m}^3$$

$$v3 = (Ac400 + Ac500) / 2 \times 100 = 62.500 \text{ m}^3$$

$$v4 = (Ac300 \times 80) / 3 = 8.000 \text{ m}^3$$

#### Volume elevação 2:

$$Ve2 = v1 + v2 + v3 = 219.160 \text{ m}^3$$

$$v1 = (Ac200 + Ac300) / 2 \times 100 = 102.500 \text{ m}^3$$

$$v2 = (Ac300 + Ac400) / 2 \times 100 = 89.000 \text{ m}^3$$

$$v3 = (Ac400 \times 100) / 3 = 27.666 \text{ m}^3 \text{ (Fórmula do cone, pois não há formação de área na Cota 500).}$$

#### Volume depressão 1:

$$Ve1 = v1 + v2 + v3 = 187.500 \text{ m}^3$$

$$v1 = (Ac500 + Ac400) / 2 \times 100 = 85.000 \text{ m}^3$$

$$v2 = (Ac400 + Ac300) / 2 \times 100 = 77.500 \text{ m}^3$$

$$v3 = (Ac400 \times 100) / 3 \times 100 = 25.000 \text{ m}^3$$

**Volume depressão 2:**

$$V_{e1} = v_1 + v_2 + v_3 = 230.000 \text{ m}^3$$

$$v_1 = (A_{c500} + A_{c400}) / 2 \times 100 = 110.000 \text{ m}^3$$

$$v_2 = (A_{c400} + A_{c300}) / 2 \times 100 = 90.000 \text{ m}^3$$

$$v_3 = (A_{c400} \times 100) / 3 \times 100 = 30.000 \text{ m}^3$$

**Volume total do terreno = 874.160 m<sup>3</sup>**

**b) Resolução**

**Volume elevação 1 acima da Cota 400:**

$$V_1 = (A_{c400} + A_{c500}) / 2 \times 100 = 62.500 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (A_{c300} \times 80) / 3 = 8.000 \text{ m}^3$$

**Volume para cortar = 70.500 m<sup>3</sup>**

**Volume elevação 2 acima de 400:**

$$V_1 = (A_{c400} \times 100) / 3 = 27.666 \text{ m}^3$$

**Volume para cortar = 27.666 m<sup>3</sup>**

**Volume depressão 1 abaixo de 400:**

$$V_1 = (A_{c400} + A_{c300}) / 2 \times 100 = 77.500 \text{ m}^3$$

$$V_2 = (A_{c400} \times 100) / 3 \times 100 = 25.000 \text{ m}^3$$

**Volume para aterrar = 102.500 m<sup>3</sup>**

**Volume depressão 2 abaixo de 400:**

$$V1=(Ac400+Ac300)/2 \times 100 = 90.000 \text{ m}^3$$

$$V2=(Ac400 \times 100)/3 \times 100 = 30.000 \text{ m}^3$$

**Volume para aterrar = 120.000 m<sup>3</sup>**

**Cálculo Final:**

**Cortar = 98.166 m<sup>3</sup>**

**Aterrar = 222.500 m<sup>3</sup>**

**Precisaremos de 124.333 m<sup>3</sup> de areia para aterrar.**

# **AGRICULTURA DE PRECISÃO**



# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO À AGRICULTURA DE PRECISÃO

---

### **8.1. AGRICULTURA DE PRECISÃO E A SOCIEDADE**

Agricultura de Precisão é uma inovação bastante interessante e promissora para os dias atuais, pois no contexto de crescente do avanço populacional, onde a população mundial está chegando a 8 bilhões de habitantes, os ideais de sociedade e meio ambiente vem tornando-se cada vez mais imprescindíveis para o ser humano. O espaço de terra torna cada vez mais competitivo e valorizado entre os diversos setores de uso como florestas, agricultura e construção civil, no qual cada setor deve aproveitar melhor seu próprio espaço, sendo assim, satisfazendo suas próprias necessidades, em harmonia entre si, e em conformidade com o meio ambiente.

A Agricultura de Precisão é uma ciência que tem como objetivo ampliar horizontes na produção agrícola trazendo aos produtores, situações que estão fora de sua

capacidade de gerenciar, de forma convencional, trazendo opções sustentáveis, econômicas e contribuindo para a sociedade, produtos de melhor qualidade com o mínimo de agressão ao meio ambiente, tornando seus produtos valiosos e que visa a saúde e o bem estar da população. Nesse sentido, o uso de agrotóxicos de forma indiscriminada e o conceito de produtos mais saudáveis nos traz a pensar, e de forma rápida, na transformação mundial da agricultura em cultivos mais aprimorados, com gerenciamentos mais adequados e de grande valor econômico para a sociedade e o Estado.

É de se pensar que com a Agricultura de Precisão podemos aumentar a produtividade diminuindo os espaços de cultivo e maximizar a qualidade dos produtos agrícolas. Países com espaços menores de cultivo já investem bastante a um bom tempo nessa ciência e isso pode se tornar um grande problema para países considerados produtores convencionais e que usam sua grande extensão para tal. Nesse sentido, e com tanta tecnologia para todos os ramos, o tempo de mudar o pensamento produtivo é agora ou pode-se lamentar e não sermos capazes de acompanhar outras sociedades,

devido ao uso insistente de modos convencionais de cultivo.

A sociedade como um todo, cobra de ações políticas e científicas para que os avanços tecnológicos se equiparem as necessidades dela, inclusive, que o alimento que hoje é suficiente ao ser humano, é mal distribuído, tendo em vista, regiões que apresentam, ainda, situações de fome e descaso, mesmo com bastante alimento sendo produzido, porém muitos deles vão para o lixo e não estão chegando à mesa do consumidor.

A Agricultura de Precisão é uma possível saída econômica, pois além de ter como princípio a preservação ambiental, aumento da qualidade do alimento e agregação de valor, apresenta potencial para aumento produtivo, gerando muitas possibilidades de renda e contribuição para aumento da distribuição do alimento para a sociedade, como um todo.

## **8.2. HISTÓRIA E AVANÇOS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

No início da civilização o homem deixou de ser nômade, onde caçava, pescava e extraía alimentos da terra para seu sustento para virar sedentário. No sedentarismo implantou a agricultura pela primeira vez, pois o alimento estaria ficando escasso e havia a necessidade de criar técnicas para a sua sobrevivência.

A primeira técnica foi o uso da Topografia para o cultivo, pois na região do rio Nilo haviam diversas enchentes que causavam danos a população e à agricultura. O primeiro passo foi afastar o cultivo a beira do rio, pois o local apresentava ótima umidade para o cultivo, porém ocorriam duas cheias anuais que acabam com a plantação e traziam danos irreparáveis aos egípcios. Foi aí que, através da declividade, fez-se o primeiro sistema de irrigação, através de sulcos e inundação, e assim, pôde-se afastar do rio, inclusive, dando a possibilidade de aumentar a área de produção. Desde então, o homem foi aprimorando a maneira de cultivar, fazendo cruzamentos entre espécies, lutando contra pragas e observando as doenças, pois tiveram épocas que não se sabiam o que

matavam as plantas. Imaginava-se, inclusive, que o declínio do cultivo era algum castigo divino à população.

O melhoramento do cultivo foi se enriquecendo com objetivo único de aumentar a produção, até os anos 1900 nada se falava de proteção ao meio ambiente, paladares mais aprimorados como o da uva e café e que todo terreno teria a mesma característica, dentro da mesma propriedade. Foi aí que em 1929 os pesquisadores Linsley e Bauer, em Illinois/EUA observaram que existia uma diferença entre a produção de um espaço para o outro e quiseram verificar, pois para eles tudo foi realizado de maneira igualitária. Mas foi descoberto que existiam regiões na mesma propriedade que apresentavam acidez diferenciada e, para tanto, eles tinham os valores, mas não sabiam atuar diferente, pois fizeram poucas amostras. Pois imaginem que em 5 amostras coletadas de pontos diferentes como eles iriam atuar? Até onde iria o raio de atuação para correção do solo para aquela amostragem? Então, eles fizeram mais amostragens e começaram a criar um mapa de acidez do solo, e este é considerado o mapa mais antigo registrado até o momento da Agricultura de Precisão.

Porém, pouco se deu importância para tal coisa durante os próximos 50 anos, até que, na década de 1980, houve uma grande revolução quanto a isso. Pesquisadores da Área de Ciências de Solos da Universidade de Minnesota, verificaram a variação espacial do fósforo no cultivo dando origem também a variação espacial de produtividade, foi aí que surgiu a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão (ISPA), através do Congresso Internacional de Agricultura de Precisão. Mas a Agricultura de Precisão teve seu primeiro avanço na década de 1990 quando o governo americano liberou o uso do GPS com um determinado erro proposital. Onde, na época, o erro de um sinal de GPS poderia ser em torno de 100 m, mas somente na década de 2000 o erro intencional foi retirado e sua exatidão chega hoje a milímetros em aparelhos e metodologias apropriadas para tal acurácia. Apesar do primeiro mapa de produtividade derivado de um monitor de rendimento ter sido usado na Alemanha, os Estados Unidos sempre lideraram o uso da Agricultura de Precisão no mundo com aproximadamente 90% de toda produção usando a Agricultura de Precisão, principalmente, para cultivo de grãos como soja e milho. No Brasil, a primeira aplicadora de insumos com taxas de aplicação variadas

ocorreu na década de 2000, porém, sempre a Agricultura de Precisão foi estigmatizada, de forma negativa, como um gerenciamento para grandes terras, de difícil acesso financeiro e de grande tecnologia o que afastam os produtores de ao menos pensar nessa ideia de gerenciamento. Esses conceitos são de pura inverdade e o veremos mais a seguir que Agricultura de Precisão poderá estar acessível a todos, desde que, tenha muita vontade de aprender e mergulhar nesse mundo fascinante.

### **8.3. CONCEITO**

A Agricultura de Precisão é um gerenciamento agrícola, onde se trabalham três variedades: as qualidades agrícolas como espécie, variedade, insumos, produção, produtividade e qualidade dos produtos, tudo isso variando de acordo com cada espaço, pois cada pontos tem uma particularidade diferente como solo, clima, variando com o tempo. Por isso, podemos dizer que é um gerenciamento agro-espaço-temporal ao contrário da agricultura convencional que é uma técnica apenas agrícola, onde o espaço e tempo pouco influenciam, além disso, a maneira de atuar influencia nos resultados, pois na

Agricultura de Precisão atuamos de forma heterogênea para obtermos resultados homogêneos, pois o espaço e tempo influenciarão na atuação agrícola, de forma heterogênea. Obviamente, quando conseguimos que se todas as necessidades das plantas sejam atingidas ela chegará ao máximo que sua genética permitirá, e assim, todas as plantas terão o mesmo resultado chegando ao limite genético, então, usando tratamentos diferenciados, de acordo com suas necessidades, teremos resultados homogêneos, onde os produtos estarão tecnicamente iguais e supridos de seu potencial máximo genético.

Na Agricultura de Precisão podemos atuar em cada planta de acordo com a necessidade isolada dela, pois cada uma tem sua própria identidade que são as coordenadas. Pelas coordenadas quer seja local, geográfica ou aleatória, as plantas se diferenciam umas das outras. As coordenadas para uma planta é a mesma coisa que um código de rastreio para o animal, pois ali estarão todas as informações no código, porém, na planta, ela representa apenas um número, pois as informações se colocarão em um mapa de rendimento, temático ou de produtividade.

Uma das causas que mais influenciam negativamente na ideologia de implantar a Agricultura de Precisão é o mito de ser um gerenciamento agrícola para ricos, terras grandes e tecnologias de ponta. É obvio que a Agricultura de Precisão poderá precisar de tecnologia, mas nem tudo é assim, pois o conceito é diferente, como abordamos acima. Como vimos, atuamos de forma heterogênea para obter resultados homogêneos, usando a relação agro-espaço-tempo. Ora, se o conceito é apenas esse, podemos dizer que não há necessidade de tecnologia de ponta para fazermos a Agricultura de Precisão. Isso nos invoca a dizer que se fizermos um pensamento paralelo de um pequeno cultivo em nossa residência de 2 plantinhas quaisquer, onde uma aparenta apresentar mais necessidade de água e a outra não, obviamente que iremos colocar água na que necessita de mais água e na outra menos.

Nesse sentido, estamos aplicando a Agricultura de Precisão, pois estamos atuando de forma diferenciada para atingir as necessidades de cada planta e vamos obter resultados iguais para todas. Se aumentarmos nosso plantio de 2 plantinhas para 2000 perderemos toda a capacidade de gerir como geríamos antes e temos que

recorrer a Tecnologia para dar conta da tal situação. Então, podemos concluir que a essência da Agricultura de Precisão não é apenas ligada a tecnologia, mas podemos precisar dela para tornar viável a execução. Então, não podemos confundir tecnologia com Agricultura de Precisão. Às vezes usamos uma tecnologia de ponta, porém não estamos tratando as plantas ou pequenos talhões de forma diferente. Nesse caso, estamos usando apenas a tecnologia pura. Um exemplo disso, seria usar irrigação que está programada para ligar determinada quantidade de tempo em determinadas vezes ao dia. Isso apenas é tecnologia, pois não estão tratando as plantas de forma diferente. Outro exemplo que podemos citar é tratar as plantas como seres humanos. Cada um necessita de um tipo de alimentação ou medicação diferente e é assim que atuamos com a Agricultura de Precisão. Já na convencional se usa apenas pequenas amostragens para tentar representar a população inteira. Obviamente, os custos para fazer isso são bem superiores e devem ser recompensados com maior produtividade, como por exemplo, trigo e milho ou aumento na qualidade do produto, como por exemplo, uva e café e, ainda,

diminuição no uso de agrotóxicos, diminuindo o custo de produção e melhorando o meio ambiente.

Outra questão se dá pelo tamanho, como visto anteriormente, existem algumas culturas que não necessariamente aumentar a produtividade seria seu principal foco. Um exemplo desses é a uva, onde é uma cultura que necessita extremos cuidados e é possível cultivar em pequenas áreas, dando assistência especial a cada planta. O que mais assusta na Agricultura de Precisão seria realmente o custo de implantação que requerem equipamentos, amostragens, softwares, máquinas que vão aumentar no valor final dos produtos, descontando o ganho econômico de agrotóxicos que diminuirá e o rendimento de produtividade e/ou qualidade que se terá ao final do ciclo. Mas tudo isso deve ser estudado e feito um plano de gerenciamento por um profissional competente e com experiência no ramo da Agricultura de Precisão.

No que se diz aos impactos ambientais, a Agricultura de Precisão apresenta diversos fatores interessantes, pois se há um mapa informando os lugares onde a planta está sendo atacada por pragas ou doenças, poderá se fazer um trabalho utilizando agrotóxicos apenas nas plantas que

sofreram os ataques e em volta, de forma preventiva, não necessitando utilizar em todo plantio. Isso gerará economia no gasto com esses insumos e diminuirá os impactos ambientais ocasionados pelo uso indevido destas substâncias maléficas. Além disso, possibilitará uma menor resistência às pragas e doenças ocasionadas pelo mal-uso.

Ao nosso ver, Agricultura de Precisão vem como uma possibilidade intuitiva de retirar o máximo possível que a terra e a genética podem disponibilizar trazendo retornos econômicos, ambientais e sustentáveis, possibilitando uma infinidade de possibilidades no seu uso. É verdade que para se usar a Agricultura de Precisão necessita um bom conhecimento de gerenciamento, planejamento e administração rural. Estudos recentes demonstram que o uso da Agricultura de Precisão no Brasil está atrelado ao nível de conhecimento e grau de instrução, e isto, requer incentivos governamentais e aperfeiçoamentos através de cursos para ensinar o modelo de gestão da técnica. Usar os fatores de atuar de forma diferente nos faz pensar que podemos usar da maneira que nossa imaginação e condições atuem para que alcancemos os objetivos.

Dizer que a Agricultura de Precisão é uma técnica de grandes propriedades e voltadas apenas para

proprietários com condições financeiras mais favorecidas é um grande equívoco. Hoje em dia, quando se fala em Agricultura de Precisão, para muitos também, é pensar em tratores de última geração e drones, e como viram os conceitos acima, é muito mais do que isso, possibilitando de acordo com a imaginação do gerente agrícola. Muitas máquinas, equipamentos e softwares estão ao dispor na Agricultura de Precisão e são neles que vamos focar mais a seguir.

#### **8.4. INSTRUMENTOS**

Os instrumentos utilizados na Agricultura são muito diversos e dividem-se em: sensores, máquinas, veículos não tripulados, softwares, implementos e instrumentos de precisão, destes, alguns podem ser conectados a outros instrumentos dentro do mesmo grupo ou não. Nos sensores temos dois tipos: diretos e indiretos. Os indiretos são aqueles que se utilizam de imagens de satélite e câmeras fotográficas. Os de satélite permitem uma boa cobertura de área e possibilita estudo de condições vegetativas e de pragas e doenças, este último através de espectro infravermelho termal. Porém, esses sensores através de

satélite, apresentam muitas desvantagens como preço de imagem, cobertura física por nuvens, falta de cobertura no dia de interesse e resolução baixa, mesmo com instrumentos de alta resolução para o tipo de sensor, variando de 20 m a 0,6 m o pixel. Já sensores indiretos, através de câmeras, principalmente acopladas a VANTS, apresentam menor custo por imagem, resolução 4k, cobertura a hora e na altura que desejar, baixa manutenção e valor baixo de compra de equipamento e possibilidade de estudos das condições vegetativas e fitopatogênicas, a depender do tipo de câmera.

Este, sem dúvidas é um tipo de sensor que está substituindo os sensores por satélite para este devido fim, pois em todos os quesitos apresenta maior vantagem. Já nos sensores do tipo direto, ou seja, aqueles que leem o objeto alvo através de sua reflectância e absorbância e como produto final não gera uma imagem, mas gera um número são de extrema importância para a Agricultura de Precisão.

Com eles são possíveis diversos serviços, como obter o teor de clorofila das folhas, teores de açúcares das frutas, como por exemplo na uva, condutividade elétrica do solo, pH, umidade do solo, entre diversas finalidades e tudo isso

sem a necessidade de exames laboratoriais e sem destruir os alimentos. Esse sem dúvidas, é o melhor e mais intuitivo instrumento quando precisamos aprimorar a qualidade final do fruto, como uva, café e cana-de-açúcar.

Existem diversas máquinas, mas os tratores com monitor de produtividade e aqueles que fazem aplicação de insumos em taxas variadas são os que mais se destacam nesse sentido. Eles são essenciais e necessitam desses dois itens importantíssimos: softwares e instrumentos de precisão.

Dos instrumentos de precisão destaca-se o GNSS, formado pelos sistemas GPS e GLONASS, ambos possuindo 24 satélites em suas constelações e que dão uma verdadeira acurácia ao mapa temático criado. É importante salientar que o uso de GNSS de navegação não apresenta importância para a Agricultura de Precisão, pois não apresentam antenas capazes de detectar um dos sinais emitidos pelos satélites, diminuindo e muito sua acurácia, chegando no Brasil a apresentar erros que variam de 10 a 20 metros na planimetria. Já GNSS de precisão que são bem mais caros que os de navegação atrelados a tecnologia de RTK, onde a base fica fixa em um local da propriedade e a outra fica em movimento com o

trator, darão resultados bastantes importantes com erros que variam na faixa de milímetros e isso dá uma segurança na aquisição e armazenamento dos dados.

Os softwares que são bem importantes ligados ao conjunto de trator e GNSS representam papel fundamental na formação dos mapas quer seja de produtividade, de solo, de estimativas, de doenças e de várias situações que deverão ser analisadas pelo usuário que fará as análises e atuação no gerenciamento do processo. Esses softwares deverão conter respectivos banco de dados espaciais para as coordenadas e atreladas a essas coordenadas, deverão possibilitar ao usuário de forma automática ou manual a inserção de valores correspondentes a cada ponto de coordenadas. Esses valores poderão ser quantitativos ou qualitativos. Quantitativos poderão se destacar teores de fósforo, potássio, produtividade, umidade do solo, condutividade elétrica, teor de açúcar, entre outros e os qualitativos, como por exemplo, podemos citar ter ou não ter determinada doença.

Dos implementos que poderão ser acopladas as máquinas, existem centenas deles e podemos citar aqueles que aplicam insumos agrícolas e que coletam os alimentos. Também nesse sentido, a Agricultura de

Precisão poderá estar especialmente atrelada a plantas em um determinado espaço, como também atreladas dentro da própria planta cada elemento ser estudado de forma diferente, como por exemplo, um pé de manga, onde nele cada fruto vai ser estudado de forma diferenciada, inclusive na hora da colheita.

Existem também os aviões para fotografias aéreas, estes estão perdendo cada vez mais mercado, visto que, sua aquisição é muito cara, além da manutenção e mão-de-obra extremamente qualificada e com muito menor eficiência e estão sumindo cada vez mais devido ao advento dos VANTS. E por último e não menos importante temos os veículos aéreos não tripulados – VANTS.

Os VANTS são divididos em três tipos: aviões, drones e helicópteros. Os helicópteros foram bastante usados na Agricultura de Precisão, mas a cada dia está perdendo campo para os aviões não tripulados e drones. Os aviões não tripulados, comumente chamados de VANTS, porém VANTS são todos os três tipos de veículos não tripulados citados acima, são instrumentos similares a aviões comerciais e que apresentam maior preço de aquisição, maior autonomia e velocidade de voo são indicados para

grandes áreas e necessitam de um aprendizado muito superior em seu manuseio do que os drones.

Os drones, oriundos da palavra zangão, nomeado pelo zumbido que faz em seu uso são formados unicamente por instrumentos não tripulados de 4 ou 8 motores e que possuem diversas funções, dentre elas podemos destacar, a possibilidade de estudo da cobertura vegetativa do cultivo e estudo sobre as condições fitopatológicas do lugar. É de se considerar que os drones dependem quase que exclusivamente da câmera para sua eficiência para atingir os estudos das condições vegetativas e fitopatológicas, porém, existem estudos que os drones já aplicam insumos, como por exemplo agrotóxicos, porém hoje, é algo bastante futurista, visto que, ele comporta pouco peso em seu corpo e autonomia de voo baixa e serão necessários mais aprimoramentos quanto ao drone, antes mesmo de investir na questão agrícola.

Entre os dois mais importantes VANTS: aviões não tripulados e drones. Seu uso é uma questão de escolha. Caso o gerente agrícola tenha terras muito grandes o uso dos aviões parecem ser a solução mais viável para tal serviço, devido a sua autonomia de voo, visto que, os

drones, em sua maioria, apresentam apenas 15 minutos de uso de suas baterias. Já em pequenas áreas os drones são mais interessantes, pois requerem menores estudos de seu manuseio e seu preço de aquisição é bem menor que os aviões não tripulados.

Ambos, suas câmeras apresentam uma estabilidade incrível e sua resolução vai depender do tipo de câmera acoplada e não do próprio instrumento. Há ainda um segmento muito interessante e bem customizado para drones que é construí-lo através de tecnologias pré-existentes, como por exemplo, os arduínos. Esses materiais possuem vantagem em construir de acordo com a necessidade e com um custo bem mais reduzido do que a aquisição de um drone de marca. Porém, se tem a desvantagem de que necessita um determinado conhecimento para a construção, inclusive para a estabilidade, já que a câmera necessita de estabilidade para apresentar um bom resultado.

## **8.5. Legislação dos Vantes**

A partir de 2017, os VANTS são regulamentados por três órgãos: ANATEL, ANAC e DECEA.

A ANATEL é responsável pela homologação dos VANTS, pois os mesmos possuem transmissores de radiofrequência nos próprios veículos ou nos controles. A medida de regulamentação visa evitar conflitos gerados por interferência dessas frequências com os outros veículos de comunicação, como por exemplo, celulares e controladores de voo, e os VANTS. Segundo a Anatel o primeiro passo é fazer um cadastramento no Sistema de Certificação e Homologação através do sítio:

<https://sistemas.anatel.gov.br/sgch>, onde o usuário deverá informar os documentos de identidade, CPF, Manual do Produto e Certificado da Federal Communication Commission. Nesse cadastro o usuário deverá pagar a quantia de R\$ 200,00 atuais e aguardar a avaliação dos responsáveis para emissão do certificado.

Já a ANAC é responsável por regulamentar o uso dos VANTS devido a segurança de pessoas que usam, terceiros e bens, pois por ser um veículo aéreo, a este órgão cabe a regulamentação. E para tal, o veículo deve estar registrado também na ANAC e seguir algumas regras básicas de segurança, de acordo com Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017), como descrevemos abaixo:

Primeiramente, os veículos aéreos não tripulados são chamados de Aeronave Remotamente Pilotada - Remotely-Piloted Aircraft (RPA). São classificados de acordo com o peso em classe 1, 2 e 3 e de recreação. Classe 1 para RPA acima de 150 kg, Classe 2 entre 25,1 kg e 150 kg e Classe 3 menor ou igual a 25 kg e maior que 0,25 kg e de recreação os que são abaixo de 250 gramas. Os VANT's de recreação poderão ser pilotados por qualquer idade e não necessitam qualquer tipo de cadastro ou registro na ANAC.

Os veículos mais comuns para a Topografia e Agricultura de Precisão: entre 0,25 kg e 25 kg, desde que voem abaixo de 120 metros, o piloto deve possuir mais de 18 anos, e somente necessitam cadastro junto a ANAC no SISANT, pois entende-se que poderá ocorrer pouco risco em seu uso. O Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) está disponível em: <http://sistemas.anac.gov.br/sisant>.

Os pilotos remotos devem possuir Certificado Médico Aeronáutico, caso esteja pilotando RPA das Classes 1 e 2. Todos os pilotos das Classes 1 e 2 e os da Classe 3 que esteja pilotando acima de 400 pés (aproximadamente 120 metros) deverá possuir uma habilitação validada pela

ANAC. Além do exigido acima, na Classe 1 (Acima de 150 kg) necessitará as aeronaves serem cadastradas no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) - licença e habilitação ao piloto.

Segundo as regras da ANAC, o piloto remoto é responsável diretamente por qualquer situação que venha ocorrer em seu uso e situações que venham ocorrer de ordem do equipamento ou do usuário. Os pilotos remotos devem possuir idade acima de 18 anos e possuir seguro obrigatório para danos a terceiros. Ter boa capacidade para operar o veículo e distanciar suas operações 30 metros de pessoas, edificações e bens materiais.

Para Agricultura de Precisão é importante salientar que estão proibidos voos com VANTS completamente autônoma, ou seja, sem intervenção do piloto. Porém poderão existir voos planejados e autônomos, desde que, haja a qualquer momento a possibilidade de intervenção do piloto, como planos de voos topográficos e para Agricultura de Precisão.

E por fim, há necessidade solicitar autorização de voo ao DECEA, através da regional que se vai pilotar. Dentre elas, estão os Cindactas I, II, III e IV e o SRPV-SP. A solicitação de autorização para uso do espaço aéreo

deve ser encaminhada através do preenchimento e envio do formulário adequado por e-mail a regional em questão.

Dependendo da situação, em casos excepcionais, é necessária pedir uma autorização de voo com pelo menos 48 hs de antecedências para aprovação do DECEA. Porém, nos casos habituais é necessária pedir autorização com pelo menos 30 dias de antecedência para ser feita uma análise do espaço e tráfego aéreo na região. É importante saber que no momento do pedido de autorização é exigida os documentos obrigatórios emitidos pela ANAC e registro do instrumento, junto a ANATEL.

Algumas regras impostas são que não se deve sobrevoar quartéis, delegacias, presídios, infraestrutura crítica, respeitar distância mínima de aeroportos para voos baixos e para acima de 30 metros distanciar 9 km deles. Fazer a manutenção anual do veículo, caso tenha anuência dos proprietários é possível sobrevoar a menos de 30 metros da edificação, planejar voos abaixo de 30 metros e manter o veículo em seu campo de visão.

As regras da ANATEL, ANAC E DECEA são informações que foram entendidas pelos autores. a partir de regulamentos. Poderá por algum motivo alguma informação tenha sido passada despercebida ou

entendida de maneira equivocada. Esse material tem intuito apenas didático para termos noções da legislação do uso de VANTS e instruímos que é importante o usuário verificar junto a esses órgãos as leis, decretos e regulamentos atuais e fazer seu próprio entendimento da questão.

## **8.6. ATUAÇÃO DO PROFISSIONAL**

A atuação do profissional na Agricultura de Precisão se dá por quatro etapas bastante definidas: preparo da propriedade, aquisição de dados, interpretação e intervenção. O preparo da propriedade se dá por toda plantação ser realizada de forma onde as plantas podem ser destacadas uma das outras através de coordenadas e será atribuído a cada uma um ponto de coordenada.

Após o preparo, se faz o mapeamento da propriedade para então chegar na aquisição de dados corre quando o gerente recolhe as características agronômicas da planta-solo e atribui a cada coordenada um valor agronômico, como por exemplo, teor de clorofila. Após a coleta dos dados e mapeamento da questão, esses dados são levados para um escritório para discussão

do problema e onde ocorrerá as intervenções para tratar as plantas de acordo com suas necessidades, trazendo resultados esperados.

O profissional gerente da Agricultura de Precisão tem que possuir uma característica intuitiva e ser bastante decisivo nos processos de atuação na lavoura. Esse profissional fará com que haja o mínimo de erros possíveis na coleta e armazenamento de dados e sua intervenção terá caráter de otimizar a produtividade do cultivo e/ou qualidade do fruto em questão, respeitando as leis ambientais e sendo o profissional que será fator diferenciado da produção.

## **8.7. CULTIVOS**

Dos cultivos que se utilizam da Agricultura de Precisão podemos destacar dois grupos bastante importantes: culturas que necessitam como principal fator a produtividade e aumento da produção (grupo 1) e os cultivos que necessitam como principal fator melhora na qualidade físico-químicas dos frutos (grupo 2). A Agricultura de Precisão poderá ser feita em qualquer cultura, visto que,

o tamanho da terra, tecnologia e interesses em seu principal produto a afetam.

Culturas que ainda não possuem tradição com a Agricultura de Precisão podem ser beneficiada com o uso de uma alternativa similar já implantada em outras culturas, como por exemplo, transpor uma técnica da Manga, onde já é consolidada o uso da Agricultura de Precisão para Goiaba, que pouco se conhece sobre o uso da Agricultura de Precisão, mas que possuem as mesmas características de interesse quanto ao fruto. Nos cultivos do grupo 1 que são os mais antigos e usados e são desse grupo vem o conceito errado de que a Agricultura de Precisão são para grandes terras apenas, esses são formados por culturas de todos os tipos que o principal interesse são a produção e produtividade, dentre eles, se destacam o milho, soja, trigo, sorgo, aveia, entre outras culturas.

Já no grupo 2 são culturas que a produção e produtividade não é seu principal fator, mas sim, a qualidade dos seus frutos, e são neles que espelhamos que a Agricultura de Precisão não são apenas para grandes terras. De todos os cultivos que interessam na qualidade mais do que na quantidade, se destacam a uva para fabricação de vinhos e o café para fabricação de cafés

gourmet, cultivados de forma especial, e assim tratados por quem os vende.

### 8.7.1. Agricultura de precisão no café

A cafeicultura é um cultivo bastante antigo e o café é considerado como a segunda bebida mais consumida do mundo, perdendo apenas para a água. Existem mais de 100 espécies de cafeeiro, das quais se destacam duas: arábica e conilon. Ambas as espécies são originárias da África e se diferem bastante ao produzir o fruto principal, o café.

O café conilon é originário do Sudão do Sul e entre suas principais características apresenta maior amargura, menor quantidade de açúcar, o dobro de cafeína que o café arábica e composição mais encorpada do que o arábica. É cultivado em regiões mais quente e sua planta apresenta vários troncos. Já o café arábica, originário da Etiópia, também chamado de café gourmet, apresenta maior quantidade de açúcar, menor quantidade de cafeína, sua composição é mais mole e sua planta é formada por apenas um tronco. Seu cultivo dar-se por locais mais frios, com elevadas altitudes e suas

características são atenuadas pelo sombreamento, clima e fertilização do solo. Além dessas características inerentes a planta, solo e clima o manejo da agricultura, colheita e preparo também influencia bastante na qualidade final do café.

Características como acidez, corpo, açúcar, amargura, seleção de grãos na colheita, tipo de processamento e torra interferem bastante no sabor. Com essas características importantes e desejáveis aparece a Agricultura de Precisão para dar suporte ao produtor para se ter produtos de melhor qualidade, dando a quantidade necessária de fertilizantes para se obter um ótimo crescimento vegetativo e ordenado, transporte de componentes importantes, como o açúcar e sólidos solúveis, de forma adequada, ordenada e bem distribuída na planta.

Além dos fertilizantes, o solo pode ser beneficiado fazendo as aferições de pH, condutividade elétrica, entre outros. As análises dos frutos também podem ser realizadas por diversos instrumentos como sensores diretos que poderão aferir a quantidade de açúcar, sólidos solúveis, acidez, maturação, entre outros e a possibilidade de conduzir o processo de colheita de forma adequada e

uniformizada. Além disso, muito se usa na Agricultura de Precisão com o mapeamento de pragas e doenças no cultivo do cafeeiro através de veículos não tripulados, entre outras situações.

Muitas possibilidades podem ocorrer com o uso da Agricultura de Precisão, pois as possibilidades são infinitas e as propriedades de um bom café vão além do campo e invadem todas as classes sociais, no Brasil e no mundo. Então, o cultivo do café é e poderá ser uma boa perspectiva para o avanço e aprimoramento da Agricultura de Precisão no Brasil, já que é uma cultura que requer bastantes cuidados e seu público é bastante exigente em relação à qualidade do produto, e seu está bastante distribuído no Brasil, atingindo diversos estados e regiões do país.

### 8.7.2 Agricultura de precisão na uva

O cultivo da uva apresenta sua origem desde muito antes do nascimento de Cristo. Ao contrário do café, seu cultivo é destinado a diversos produtos como a uva de mesa, uva passa, sucos, iogurtes, refrescos e o principal para a Agricultura de Precisão, o vinho.

Existem diversas espécies de uvas, mas as duas que mais se destacam são a *Vitis vinífera* e *Vitis labrusca*. Esta última é cultivada em regiões mais quentes, como o semiárido nordestino e apresenta qualidade inferior e suas características são pouco pronunciadas com o *terroir*.

Já a *Vitis vinífera*, também chamada de uva fina, é cultivada em regiões mais frias e suas latitudes de cultivos são de 30° a 50° Norte e 30° a 45° no hemisfério sul. Apresenta diversas variedades diferentes como Carbenet Franc, Bordeaux, Carbenet Sauvignon, Malbec, Merlot, Petit Syrah, Petit Noir, Syrah para vinhos tintos; Chardonnay, Pinot Blanc, Sauvignon Blanc para vinhos brancos e Milleau e Terreau para vinhos rosados.

Os interesses gastronômicos da uva para vinho vão desde a forma de condução de seu cultivo até mesmo a forma de servir e preparar os pratos. Para tanto, as uvas necessitam de cuidados especiais como a incidência de luz solar nas bagas, podas, monitoramento de pragas e doenças, cuidados na qualidade e fertilidade do solo, colheita e transporte até a vinícola.

A Agricultura de Precisão vem como forma de gerenciamento para ajudar no cultivo, colheita e transporte da uva para dar suporte as características

necessárias para dar qualidade ideal ao vinho, como corpo, adstringência, teores de sólidos solúveis, açúcar, acidez e qualidades peculiares àquela região e forma de cultivo.

Muitos instrumentos como sensores diretos para aferição de clorofila, quantidade de açúcar, pH do solo, robôs para análise de doença, qualidade e colheita da planta são utilizados hoje em dia para dar suporte ao plantio. Lembrando que alguns fatores tradicionais, como por exemplo, colher de forma manual, pisar nas uvas para elaboração do mosto são técnicas que também valorizam a procedência e qualidade do vinho, agregando a eles valor. O vinho é uma bebida se não for a mais importante em relação ao que a terra e o clima podem dar para ela, *terroir*, e considerada de grande importância histórica, social e filosófica.

Apreciar um bom vinho vai muito mais do que beber, é mergulhar no universo de trabalho e dedicação que ocorreu para ele ser elaborado e, investir nessas características são bastante importantes e a Agricultura de Precisão se deixa oportuna para tal cultura. Então, o cultivo da uva é uma realidade de Agricultura de Precisão em duas regiões principais de cultivo no Brasil: Serra Gaúcha e

Petrolina. É uma cultura que requer bastantes cuidados e seu público é bastante exigente em relação a qualidade do produto, inclusive muito mais exigente do que o próprio café.

## 8.8 – Estatística

A estatística utilizada na Agricultura de Precisão é a Geoestatística, visto que, a variação agrônômica de cada planta ou talhão pode ser representada a partir da localização, algo que na agricultura convencional não é representada, inclusive, se retiram as bordas para se poder fazer um estudo do comportamento daquele plantio.

Já na Agricultura de Precisão, esses valores de borda são representados em forma de plantas ou mapas temáticos facilitando a visualização dos problemas e possibilitando uma forma de atuação mais precisa de onde pode-se atuar para que os resultados do cultivo sejam mais homogêneos.

# Capítulo 2

## AGRICULTURA DE PRECISÃO E O MEIO AMBIENTE

---

A Agricultura de Precisão é um tipo de gerenciamento agrícola que tem muito envolvimento com o meio ambiente. Muitos pensam que é um tipo de gerenciamento devastador do meio ambiente e está totalmente atrelado ao agronegócio, o que pode ser uma meia verdade.

É de se pensar realmente a questão do agronegócio, pois em sua maioria, se trabalha com máquinas de última geração e, culturalmente, há de se pensar em grandes expansões, mas como visto no capítulo anterior, não é bem assim.

Quando fazemos um comparativo da agricultura convencional, podemos ter a ideia do quanto a Agricultura de Precisão favorece ao meio ambiente. Lembre-se sempre que, na agricultura convencional trabalha-se com as variáveis agronômicas com insumos a serem aplicados na forma da média geral, de poucas análises no solo, mas na Agricultura de Precisão vai de

acordo com a necessidade de cada talhão ou até mesmo de cada planta. Não podemos dizer que estamos diminuindo a quantidade de agrotóxicos ou fertilizantes, por exemplo, mas colocando-os de maneira adequada com a necessidade exata para que a planta se desenvolva em seu potencial máximo, sem que haja desperdícios, como é o caso da agricultura convencional.

Temos sempre que entender que na Agricultura de Precisão, o gerenciador age de forma heterogênea para se obter resultados homogêneos, portanto, o uso de máquinas ou não, grandes culturas ou não, tecnologias ou não, não interfere no conceito de Agricultura de Precisão, mas sim, atuar de acordo com a necessidade da planta, que não é o caso da agricultura convencional, influenciando diretamente no uso racional do solo, o que não isenta do uso de fertilizantes, nem de agrotóxicos, mas interfere de forma pontual.

Logo adiante, mostramos um determinado cultivo de milho hipotético, com as necessidades de nitrogênio de cada planta, de acordo com as análises de solo para agricultura convencional e Agricultura de Precisão.

Na agricultura Convencional, a média usada, a depender do solo, é de 90 kg/ha de nitrogênio, esses

valores poderão variar, de acordo com as análises do solo, mas essas análises são pouquíssimas, em torno de 5 por hectare. Mas, como dito anteriormente, pode variar. Esses valores não refletem o que cada planta necessita e que cada solo comporta, no sentido que, o solo apresenta variações, e principalmente, no nitrogênio que é um elemento bastante volátil e que sempre deve-se repor, ao contrário de outras mais estáveis no solo, e essa variação do tipo de solo, também pode ser influenciada pelas condições climáticas, topografia, entre outros.

Coordenadas			Coordenadas		
x	y	Nitrogênio no solo	x	y	Nitrogênio no solo
0	0	80	0	2	20
1	0	100	3	3	100
1	1	70	3	2	40
0	1	40	2	3	34
2	1	90	1	3	84
2	2	100	3	1	73
1	2	80	0	3	67
0	2	30	3	0	70

Digamos que nessa tabela anterior, de forma aleatória, o que ocorre na agricultura convencional, foram

sorteadas as coordenadas 0,0; 1,0; 2,1; 2,2; 1,2, e se teve a média de 90 kg de nitrogênio para se aplicar em 1 hectare. Se fossem feitas análises de solo em todas as plantas ou mesmo em todas as coordenadas a média cairia para 67,6 kg, o que representa 32,4 kg de nitrogênio economizado por hectare. Claro que, isso é hipotético, mas é basicamente o que ocorre cotidianamente na agricultura convencional. Essa economia de 32,4 kg interfere no bolso do produtor, no meio ambiente e no meio social.

Todas essas condições vão inegavelmente basear cientificamente que a Agricultura de Precisão se torna um gerenciamento com mais responsabilidade ao meio ambiente do que a agricultura convencional, trazendo novas possibilidades, incluindo sociais, já que necessita de mão-de-obra mais qualificada para sua atuação.

Nessa explanação não estamos a dizer que a Agricultura de Precisão é o melhor tipo de gerenciamento do que a convencional, muito menos do que a orgânica, entre outras, mas que abre a mente a novas possibilidades e que vai de encontro a pensamentos de que é um tipo de gerenciamento danoso ao meio ambiente e ao meio social.

# Capítulo 3

## GNSS na Agricultura de Precisão

---

A utilização do GNSS vem a cada dia sendo mais usual a todos os usuários, desde profissionais até mesmo usuários comuns para atender suas necessidades básicas, como aplicativos de locomoção, localização de transporte público, aplicativos de entregas de comidas, localização de vias públicas, entre outros.

Para tanto, na Agricultura de Precisão torna-se uma necessidade não indispensável, mas bem interessante, quando se trabalha com culturas de grandes extensões ou produções que o controle manual do gerenciador torna-se inviável e, diante disto, atrelado ao uso do GNSS, se faz necessário o mapeamento da variável agrônômica, de acordo com a temática a ser estudada para tomada de decisão.

O tipo de GNSS para Agricultura de Precisão e Topografia é diferente do tipo de GNSS para aplicativos de comida, localização de ruas etc. O GNSS de aplicativos é o de navegação. Esse apresenta um erro em torno de 10 a 20 metros em relação a sua localização verdadeira.

Ora, se apresenta esse erro, porque ele acha nossa casa com “exatidão”, mostra o carro do aplicativo exatamente no centro da rua? Exatamente por causa dos mapas envolvidos e na sequência algoritma dos dados. Caso o receptor de GNSS disser que o carro do aplicativo estiver dentro de uma casa (erro normal entre 10 a 20 m), ele automaticamente devolve (algoritmicamente, sem o usuário perceber) para o meio da rua, pois é ali que devem estar os carros.

Com esse tipo de erro de 10 a 20 metros fica quase que impossível se fazer a Agricultura de Precisão e atuar naquela planta, já que o GNSS pode informar que a localização está de 10 a 20 metros distante daquele local que o usuário deveria colocar a adubação, por exemplo.

Nisso explicado, estamos a entender que existem dois tipos de GNSS, o de navegação e de precisão, também chamado de geodésico.

No caso da Agricultura de Precisão, utilizamos o GNSS Geodésico que tem uma exatidão na casa dos centímetros ou milímetros para planimetria. Mas para se obter uma localização com essa exatidão é possível acoplar o GNSS a tratores? De forma geral, para se obter a localização de um ponto na casa dos centímetros é

necessário as vezes, passar horas no mesmo ponto, e as vezes 24h e, tudo isso, processar os pontos, o que tornaria inviável. É nesse sentido que temos um tipo de metodologia a ser usada que é a RTK, Real Time Kinematic. O RTK baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites, dos receptores instalados nos vértices de referência aos receptores que percorrem os vértices de interesse, sendo assim, possível de se obter a localização em tempo real e em movimento, podendo acoplar nos tratores ou máquinas de taxas variadas.

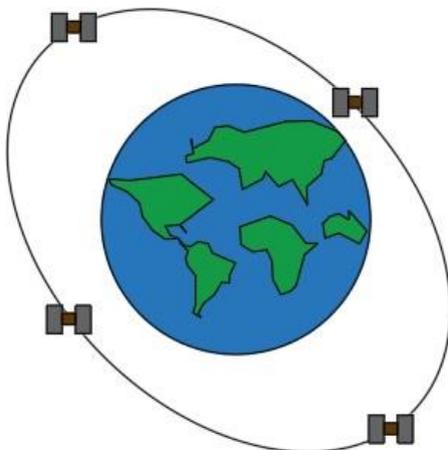
Para tal, é necessário uma base fixa para se obter os dados com mais exatidão e outro aparelho que será o rover, esse ficará em movimento, trazendo todos os dados de localização e criando os mapas temáticos necessários ao desenvolvimento da Agricultura de Precisão.

O GNSS, Global Navigation Satellite System, é um sistema mais generalizados. Esse termo é adequado a incluir todos os sistemas de navegação global do planeta, estes são o GPS – *Global Positioning System*, o GLONASS, GALILEU e COMPASS.

O GPSS, de origem americana, possui em sua constelação 24 satélites ativos e alguns, estando como reserva. Foi o primeiro sistema a ser lançado e efetivado e,

por isso, muitos chamam erroneamente qualquer sistema de GPS, porém é de se saber que, GPS é apenas o americano, possuindo 6 órbitas de 4 satélites e estando a 20200 km em relação a superfície da Terra. Essas órbitas estão a uma angulação de  $55^\circ$  entre elas, sendo possível, de qualquer parte da superfície terrestre obter-se a localização. Para se obter uma localização planimétrica é necessário de pelo menos 2 satélites para se terem as coordenadas x e y e mais um satélite para fazer a sincronização dessas duas coordenadas, e para a localização altimétrica são necessários pelo menos 3 satélites para x, y e z e mais um para a sincronização, também chamado de satélite/relógio.

Órbita do GPS



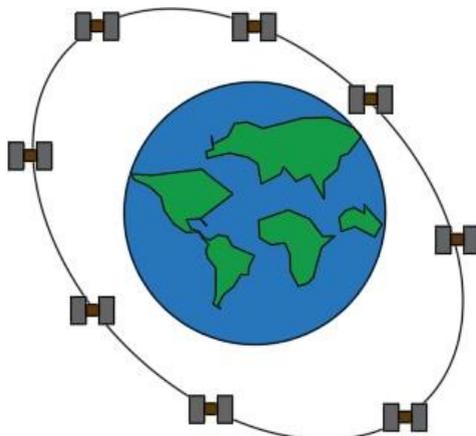
Fonte: Topografia Geral, 3 ed., 2024.

Claro que o dito anteriormente, é o mínimo de satélites para a localização, porém quando se trata de exatidão são necessários mais satélites. A ordem sempre é que quanto mais satélites captados pelo receptor mais exatidão terão os dados em questão.

Nisso, aparecerem os receptores híbridos que captam o GPS e o GLONASS, aumentando assim a capacidade de capturação de satélites e, conseqüentemente, a exatidão.

O GLONASS, *Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya system*, é um sistema de origem russa que tem a mesma finalidade e funcionalidade do GPS, porém possui algumas configurações de constelação diferentes, bem como os sinais também apresentam diferenças. O GLONASS também apresenta 24 satélites distribuídos em três órbitas de 8 satélites a 19 mil km da Terra.

### Órbita do GLONASS



Fonte: Topografia Geral, 3 ed., 2024.

Já o GALILEU, de origem europeia, e o COMPASS, de origem chinesa, ainda estão em construção e podem revolucionar mais ainda a exatidão dos receptores tornando um sistema híbrido com 4 sistemas em uso.

Além dos sistemas globais, existem sistemas regionais da China e Índia, estes não podem ser chamados de GNSS, por não fazerem parte de uma atuação global de localização, mas que são de grande importância para alguns aspectos de interesse dessas nações.

# Capítulo 4

## Mapas temáticos e sensores de produtividade

---

Como se explanou nos capítulos anteriores, a Agricultura de Precisão é uma forma de gerenciar as variações agrícolas ocorridas no espaço e tempo, dando as condições ideais, através de atuações de formas diferentes para se obter a homogeneidade.

Para se obter essas diferenças que ocorrem no campo é necessário entender o que há no campo e suas variáveis. Perceber isso, sem análises, sem uma informação gráfica se torna bastante difícil e é aí que surgem os mapas temáticos.

Nos mapas temáticos é possível avaliar, quantificar, analisar, para assim poder atuar com mais embasamento atingindo seus objetivos nos lugares corretos.

As formas mais comuns de denominação desses mapas no Brasil são mapa de colheita, rendimento e produtividade. Na verdade, esses termos tornam-se as vezes confusos e é neste objetivo que vamos distinguir cada conceito.

Mapa de colheita é um tipo de mapa temático capaz de mensurar o que foi obtido em campo, através de equipamentos específicos capazes de mensurar o que foi colhido no campo.

Mapa de produtividade é um tipo de mapa capaz de quantificar a produção por área e mapa de rendimento é mais voltado ao fator econômico, sendo todos mapas temáticos.

Os mapas temáticos surgem como ideia de tema, ou seja, qualquer variável agrícola de interesse pode ser um mapa temático como fertilidade do solo, produtividade, rendimento, umidade do solo, uso de agrotóxicos, ou seja, um universo a ser explorado dentro das variáveis agrônômicas possíveis de mensurar em campo em relação a aquela área.

Todos esses mapas são importantes, pois sua captação depende da localização geográfica ou local daquele determinado terreno. Essa localização vai ser determinada por simples composição de linhas e colunas ou com equipamentos mais específicos, como o uso de tecnologias globais de navegação.

Nesse sentido, como visto em capítulos anteriores é importante escolher a metodologia adequada para o uso

desses localizadores de pontos no espaço, visto que, metodologias demoradas, podem onerar ou inviabilizar o trabalho. Além disso, o uso do equipamento adequado, como receptores geodésicos se faz necessário para se obter com maior acuraria a localização dos pontos em questão dando maior confiabilidade ao trabalho.

Nesse sentido, o uso de tecnologia RTK, embarcados em tratores ou equipamentos de medição ou sensores, ainda atrelados a programas de informação geográfica, sendo ou não de forma genérica, como QGIS, ARCQGIS ou específicos para Agricultura de Precisão, como alguns que estão no mercado se fazem necessário para obtenção de trabalhos com qualidade confiável.

Então, como principais funções dos mapas temáticos temos a pesquisa da variabilidade agrícola, estudo da relação das causas e as possibilidades de atuação durante um período de tempo, reposição da variável deficiente em questão, isso ocorre principalmente na questão do solo, como nutrientes, correções de pH, correções de acidez, umidade, irrigação, entre outros e auxiliar no estudo das delimitações e capacidade de cada terreno.

Para se obter os mapas temáticos são necessários instrumentos de captação relacionados a área em questão, como monitores de produtividade e sensores.

Os monitores de produtividade são equipamentos capazes de quantificar cada elemento agrícola responsável pela máxima capacidade que a cultura tem de chegar em sua produtividade máxima, dentro das limitações genéticas e do meio ambiente (chuva, vento, umidade, etc), excluindo as possíveis de se atuar, como o solo, por exemplo.

Os monitores de produtividade usam essa tecnologia desde a década de 1990, mas são possíveis fazerem mapas e se obter a produtividade ou qualquer outro tema sem a necessidade de tecnologia de ponta, mas isso demandaria muito tempo e seria quase que impossível em grandes propriedades, sendo possível em pequenos cultivos, destinados exclusivamente a qualidade do produto final.

Esses monitores de produtividade trabalham coletando os dados em campo de acordo com cada ponto de colheita, visto que, existe um espaço lateral que se tem diversas coordenadas ao mesmo tempo e isso é

informado automaticamente ao programa geoespacial utilizado em questão.

Além da parte gráfica, dependendo da tecnologia ou programa usado, é possível também obter-se tabelas referentes a cada ponto de colheita e nele atribuído as coordenadas, altitude, velocidade de colheita, produtividade, o talhão, fazendo, entre outras questões necessárias para possível análise e atuação.

Além dos monitores, existem também os sensores, esses são divididos em gravimétricos, volumétricos e de qualidade.

Os sensores gravimétricos são responsáveis por medir ou calcular o produto através da gravidade, onde, em sua maioria, usam-se esteiras para subir ou elevar o produto obtido até uma determinada altura e o impacto da queda atrelado ao seu peso, estima-se com certa acurácia o peso daquela determinada amostra, sendo muito utilizado em grãos como soja, por exemplo.

Os sensores volumétricos atual de forma diferente, pois dessa vez eles estimam o peso do determinado produto através do volume que ele ocupa no espaço destinado a essa medição.

Os sensores de qualidade são aqueles que vão medir diversos fatores na planta ou nos frutos como medição de açúcares, fibras, clorofila ou outros teores importantes para uma boa análise dos produtos, sem a necessidade de exames laboratoriais que muitas vezes são destrutivos e caros.

Além de todos esses, temos também as inferências visuais do coletador. Essa análise é muito utilizada desde o início da agricultura que consiste em por certa experiência quanto ao ponto ideal de colheita atuar para que se considere o máximo de qualidade desejada, sem haver qualquer tipo de instrumentos, destruição ou exame laboratorial. Tudo consistem em analisar pelo tamanho, cor e características peculiares a aquele produto em questão.

Essa técnica é muito usada no café, onde através das cores dos frutos é possível identificar o melhor ponto de colheita, sem o uso de máquinas ou instrumentos especializados.

Diante do exposto, máquinas, mapas temáticos e sensores são uma forma de diagnosticar e trazer informações que possivelmente seriam imperceptíveis aos olhos do ser humano e, dessa forma, trazem informações com muita acurácia e fazem com que o gerenciador

agrícola possa atuar com mais embasamento para fazer com o que os objetivos da Agricultura de Precisão possam ser alcançados.

# **Capítulo 5**

## Agricultura de Precisão no morango

---

A cultura do morango é realizada no Brasil, principalmente nos estados do sul e sudeste do país. Em áreas de clima quente, são cultivadas em altitudes acima de 800 m com temperaturas mínimas abaixo de 15°C. Vários trabalhos estão sendo feitos para mudar as características atuais do produtor, principalmente com os avanços tecnológicos na análise sensorial.

Atualmente, a cultura do morango é de grande interesse devido a sua alta rentabilidade e alta demanda de mão de obra, o que gera significativo crescimento para a economia e contribui para o processo de desenvolvimento social. No Brasil, a renda da cultura gira em torno de 115 milhões de reais. A receita líquida é de R\$ 41.500,00 por hectare, 40%, 44% e 16% incluindo o produtor, parceiros e trabalhadores do campo.

A produção brasileira gira em torno de 2.786 toneladas plantadas em uma área de 400 hectares.

Os principais estados produtores brasileiros são: Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Espírito Santo, que juntos respondem por 96% de toda a produção nacional. Devido a cuidados especiais, pois ocorrem vários ataques de pragas e doenças, geralmente o cultivo é feito protegido em estufas, sombreado, com lonas para proteger os morangos do solo, na vertical e isso obviamente se caracteriza por cultivo protegido convencional, conhecido, sustentável, mas pouco conhecido, mas a Agricultura de Precisão também é aplicada.

Para tentar entender a forma de cultivo é necessário entender o que é Agricultura de Precisão, pois é uma forma de produção gerencial que leva em conta a variabilidade espacial da lavoura a fim de obter retorno econômico e reduzir os impactos ambientais. A Agricultura de Precisão pode ou não utilizar alta tecnologia e equipamentos de precisão, nem sempre o uso de alta tecnologia está associado à Agricultura de Precisão, mas o fato de utilizar o regime espaço-temporal e tratá-lo de forma heterogênea, conforme as necessidades do cultivo. Outra ideia geralmente associada à Viticultura de Precisão (e

Agricultura de Precisão) é que ela sempre envolve o uso intensivo de tecnologias geoespaciais (GPS, GIS, etc.).

Embora isso seja verdade na maioria das aplicações e casos práticos, especialmente para culturas, existem aplicações onde o senso comum dita que o uso dessas tecnologias não é recomendado, necessário ou mesmo economicamente viável ao nível das empresas agrícolas.

Basta pensar, por exemplo, em uma aplicação diferenciada de herbicida, em que, ao invés de investir na tecnologia, o operador consegue fazer uma aplicação localizada à mão sem muito esforço ou erro, ou em que, após a coleta de amostras de solo, o empresário divide a parcela em duas ou mais unidades de fertilidade diferente (diferentes níveis de matéria orgânica) e trata-as de forma diferente ou ainda se o empresário decidir cobrir as entrelinhas apenas em determinadas áreas da mesma parcela (por exemplo, zonas com maior fertilidade do solo) onde a alta tecnologia e o tamanho do cultivo não significam exatamente o uso da Agricultura de Precisão, mas sim o tipo de manejo que o cultivo envolve.

Equipamentos de ponta trazem fascínio pelo novo, e isso pode ter dado origem ao equívoco de que o uso da Agricultura de Precisão requer máquinas e equipamentos

caros e sofisticados. No entanto, esta afirmação não é verdadeira. Essas máquinas e dispositivos podem ajudar muito o fabricante e o engenheiro, mas o elemento crucial para a adoção da Agricultura de Precisão é a variabilidade espaço-temporal. Logicamente, na maioria das vezes, ajuda a aumentar o lucro desenvolvido na cultura e justifica o uso de equipamentos caros, mas não é regra, nem exceção, apenas algo mais comum. Atender o morangueiro de acordo com suas necessidades já é uma realidade, pois reduz o custo de defensivos que são usados repetidamente e de forma indiscriminada.

Esse manejo já é feito por alguns dos produtores mais conscientes, inclusive mapeando e usando agrotóxicos apenas nos locais onde ocorre o problema, o que já é um fato que deve ser considerado o uso da Agricultura de Precisão. A utilização da agricultura sustentável para o cultivo do morango ainda está longe de ser uma boa alternativa, principalmente em áreas tropicais, pois os trabalhos de melhoramento genético do morango são muito promissores, mas ainda é considerado uma das três culturas que mais recebe agrotóxicos. Dosar na quantidade certa e no lugar certo parece ser uma excelente alternativa para o cultivo do morango, pois

reduz o gasto com defensivos para prevenir e combater pragas ou doenças, além disso, resolve problemas apenas na hora e não no todo colheita e indiscriminadamente, por isso é na fazenda de morango necessária a Agricultura de Precisão. No entanto, não é uma tarefa fácil, embora a Agricultura de Precisão apareça como uma alternativa viável para o desenvolvimento da agricultura, a idade e o nível de escolaridade em manejo agrícola influenciam muito na decisão de utilizá-la, e muitas vezes optam pelo mais comum, a convencional.

O uso de análises sensoriais para identificar o grau de maturação, açúcar, firmeza, acidez, pragas, doenças é o mais necessário para um cultivo mais adequado, embora alguns deles ainda não existam e outros tragam menos precisão em termos de valores reais. No entanto, o cultivo geoespacial por meio de programas de computador e a conexão dessa especialização a valores agronômicos de interesse são essenciais. Embora não seja uma tarefa fácil e rotineira, não é difícil realizá-la, pois hoje em dia temos a Agricultura de Precisão utilizada de forma parcial e instintiva. Desde que a aplicação desta ciência e técnica de manejo de forma bem planejada acarretará, além de melhorias agronômicas, como aumento do teor de

açúcares e outros fatores necessários ao cultivo, armazenamento, indústria e outros.

O Brasil, embora seja o maior produtor mundial da maioria dos produtos agrícolas e tenha uma área relativamente grande apta para o cultivo de morango (região sul e algumas áreas de altitude), não possui uma produção significativa de morango em comparação com os maiores produtores mundiais, o que também dificulta interesse em experimentar novas técnicas de cultivo, pois os produtores a seu modo atendem bem o mercado pouco exigente e pouco exigente, o que dificulta a implantação da Agricultura de Precisão.

A Agricultura de Precisão tem um longo caminho a percorrer em culturas consideradas intensivas e principalmente no uso de equipamentos e gestão de coleta, onde pode justificar o tamanho da produção de acordo com os lucros na produção e venda do produto. O cultivo do morango está cada vez mais desenvolvido e o uso da Agricultura de Precisão está presente, embora de forma instintiva e pouco utilizada. Conhecer e definir o que é Agricultura de Precisão ajudará os produtores a utilizá-la em suas lavouras, principalmente de morango, e obter lucros com o uso desse gerenciamento.

# Capítulo 6

## Uso do programa Surfer para Agricultura de Precisão

---

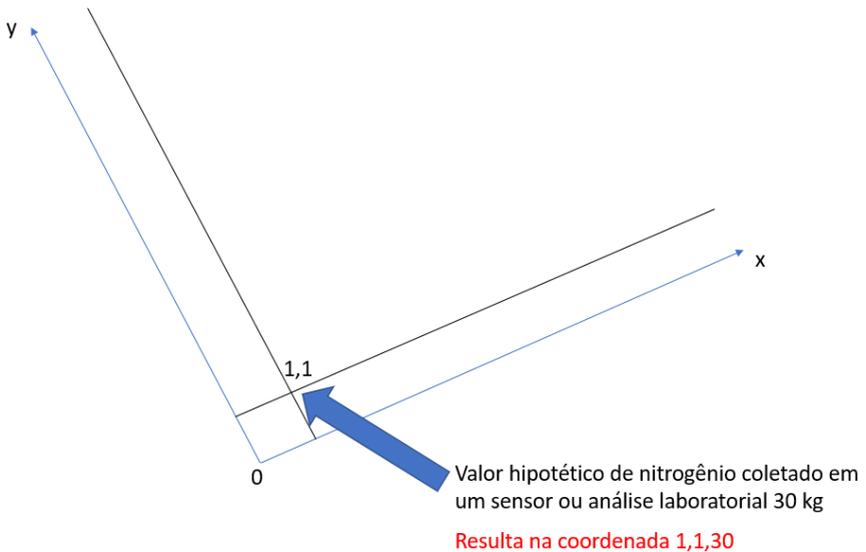
José Machado Júnior

Os mapas temáticos se tornam parte indispensável nos dias atuais para descrever, analisar e atuar na produção agrícola. Nele podemos trabalhar diversas características do terreno como fertilidade, produção, produtividade, pragas, doenças, entre outros.

O programa Surfer se torna uma opção viável para o mapeamento e criação de mapas temáticos, pois conta com a possibilidade de através de 2 coordenadas especificar a localização de cada planta e através da coordenada z especificar a variável a ser estudada ou estimada.

Nesse capítulo veremos os passos de inserção dos dados agrônômicos coletados por GNSS ou outra fonte de localização, no Programa Surfer 24, bem como o estudo do melhor método de interpolação deste programa que atende as características da Agricultura de Precisão.

Primeiramente, vamos supor uma situação que poderá ocorrer no campo. Esses dados das coordenadas X e Y, podem ter sido coletados por GNSS, Estações Totais, Tratores com GNSS ou ainda com inferências visuais, caso seja um ambiente pequeno. Os dados de Z foram coletados através de contagem ou algum sensor, conforme a demonstração de uma coleta em 1,1 e na quadriculação hipotética a seguir:



## 1. Geração de mapa temático

<b>Y</b>	<b>88</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>78</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>49</b>	<b>54</b>
	<b>100</b>	<b>93</b>	<b>84</b>	<b>73</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>45</b>
	<b>93</b>	<b>89</b>	<b>82</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>71</b>	<b>55</b>	<b>52</b>	<b>54</b>
	<b>67</b>	<b>70</b>	<b>83</b>	<b>81</b>	<b>74</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>53</b>	<b>58</b>
	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>73</b>	<b>63</b>	<b>62</b>
	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>61</b>	<b>76</b>	<b>72</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>65</b>
	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>77</b>	<b>67</b>	<b>66</b>
	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>62</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>32</b>
	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>38</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
	<b>0</b>								<b>X</b>

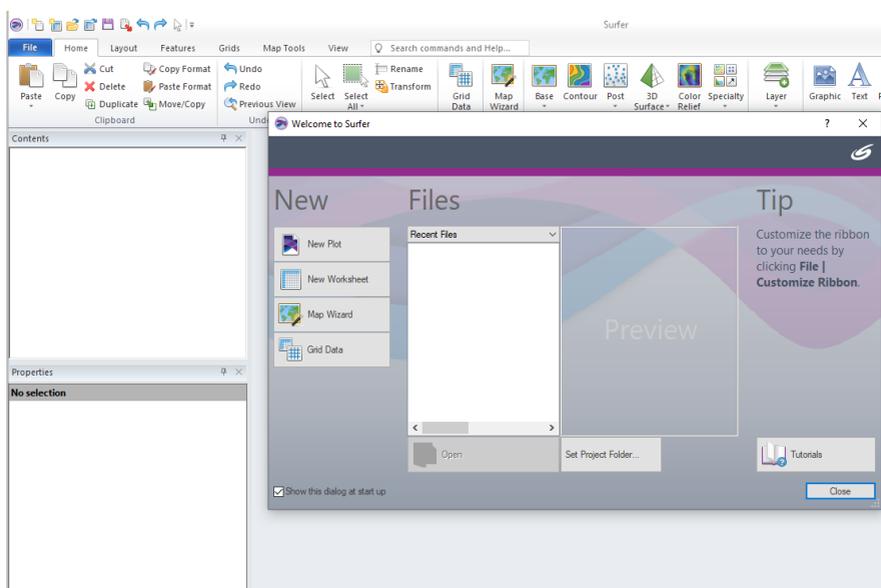
As coordenadas X e Y e os teores de nitrogênio passando para uma tabela do excel ficariam, desta maneira:

X	Y	N	X	Y	N	X	Y	N	X	Y	N
0	0	37	3	2	66	5	4	78	7	6	52
1	0	32	4	2	66	6	4	73	8	6	54
2	0	29	5	2	74	7	4	63	0	7	100
3	0	30	6	2	77	8	4	62	1	7	93
4	0	31	7	2	67	0	5	67	2	7	84
5	0	30	8	2	66	1	5	70	3	7	73
6	0	38	0	3	28	2	5	83	4	7	64
7	0	34	1	3	33	3	5	81	5	7	65
8	0	35	2	3	23	4	5	74	6	7	50
0	1	32	3	3	61	5	5	71	7	7	49
1	1	30	4	3	76	6	5	72	8	7	45
2	1	33	5	3	72	7	5	53	0	8	88
3	1	62	6	3	70	8	5	58	1	8	90
4	1	31	7	3	70	0	6	93	2	8	91
5	1	37	8	3	65	1	6	89	3	8	78
6	1	33	0	4	72	2	6	82	4	8	63
7	1	34	1	4	60	3	6	70	5	8	60
8	1	32	2	4	72	4	6	75	6	8	60
0	2	39	3	4	67	5	6	71	7	8	49
1	2	45	4	4	76	6	6	55	8	8	54
2	2	36									

X e Y coordenadas cartesianas e N teor hipotético de Nitrogênio.

Essa tabela poderá ser gerada através da coleta de dados por algum programa específico que faça conexão entre o instrumento de coleta da coordenada, por exemplo, GNSS com o Programa Surfer.

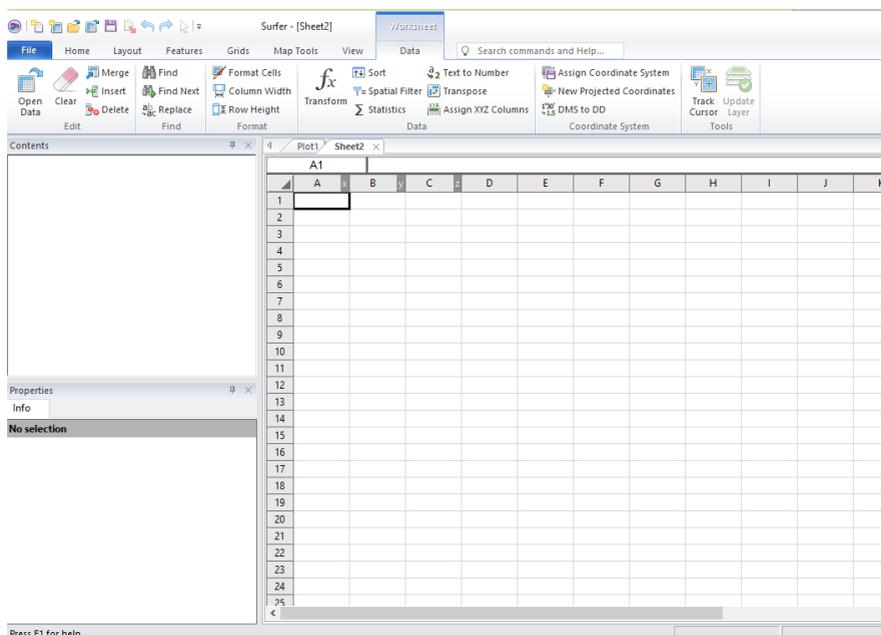
Após essa coleta, de forma automatizada ou manualmente, vamos abrir o Programa Surfer, conforme as Figuras a seguir:



Nessa Figura anterior, deveremos clicar em New Plot para podermos abrir a tela em branco do programa.



Notem que após clicar no ícone ou combinar CTRL + W do teclado, aparecerá uma planilha bem similar ao Excel, conforme a Figura a seguir.



Nela deverá ser digitado ou colado todas as coordenadas X e Y atribuídas em campo juntamente com a variável em questão, que pode ser inserida em C, se tiver apenas 1, ou a partir de C, se tiver mais, conforme Figura a seguir.

The screenshot shows the Microsoft Excel 2010 interface. The ribbon is set to the 'Data' tab. The spreadsheet contains the following data:

	A	B	C
1	0	0	37
2	1	0	32
3	2	0	29
4	3	0	30
5	4	0	31
6	5	0	30
7	6	0	38
8	7	0	34
9	8	0	35
10	0	1	32
11	1	1	30
12	2	1	33
13	3	1	62
14	4	1	31
15	5	1	37
16	6	1	33
17	7	1	34
18	8	1	32
19	0	2	39
20	1	2	45
21	2	2	36
22	3	2	66
23	4	2	66
24	5	2	74
25	6	2	77

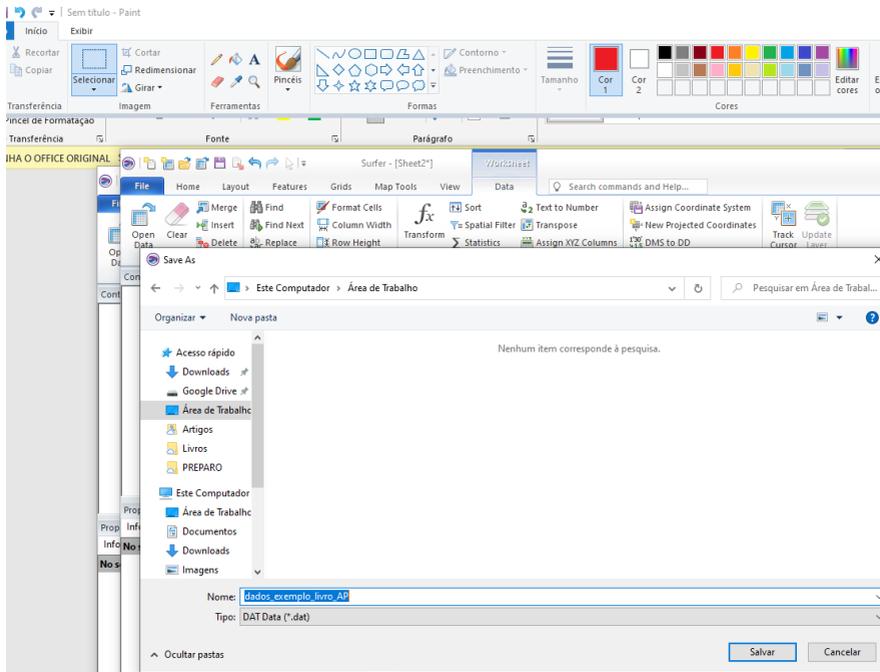
Após o preenchimento, deve-se fechar e salvar a planilha conforme as Figuras a seguir.

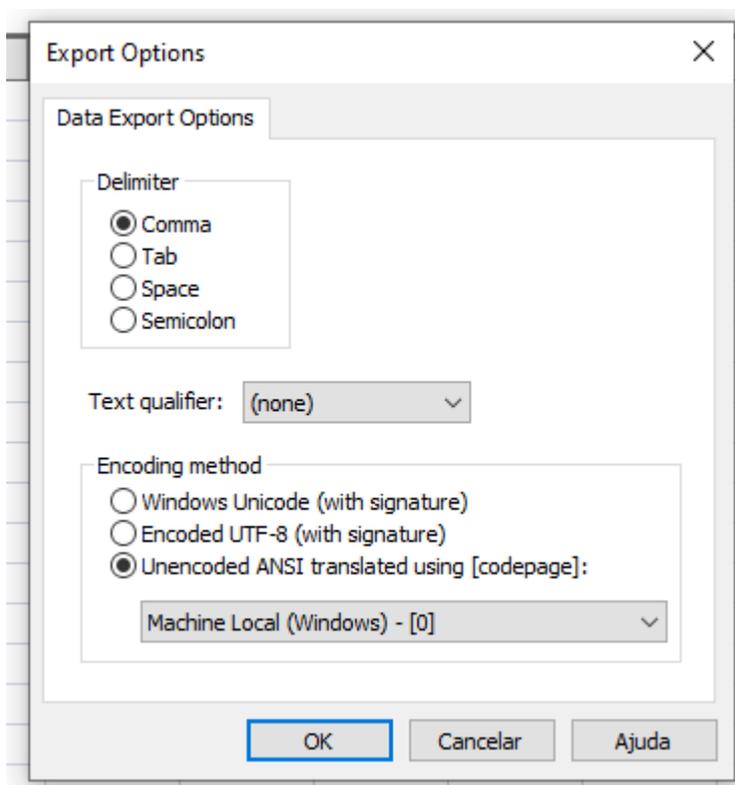
The screenshot shows a software interface with a ribbon menu at the top. The ribbon includes tabs for File, Home, Layout, Features, Grids, Map Tools, View, and Data. The Data tab is active, showing options like Open Data, Clear, Merge, Find, Format Cells, Sort, Text, Insert, Find Next, Column Width, Transform, Spatial Filter, Delete, Replace, Row Height, Statistics, and Assign. Below the ribbon is a 'Contents' pane on the left and a spreadsheet window on the right. The spreadsheet window has a title bar with 'Plot1' and 'Sheet2'. A red box highlights a yellow 'Close' button in the top right corner of the spreadsheet window. The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C
1	0	0	37
2	1	0	32
3	2	0	29
4	3	0	30
5	4	0	31
6	5	0	30
7	6	0	38
8	7	0	34
9	8	0	35

The screenshot displays the Surfer software interface. The main window shows a grid with data in columns A, B, and C. A dialog box titled 'Surfer' is open, asking 'Save changes to Sheet2?' with 'Sim', 'Não', and 'Cancelar' buttons.

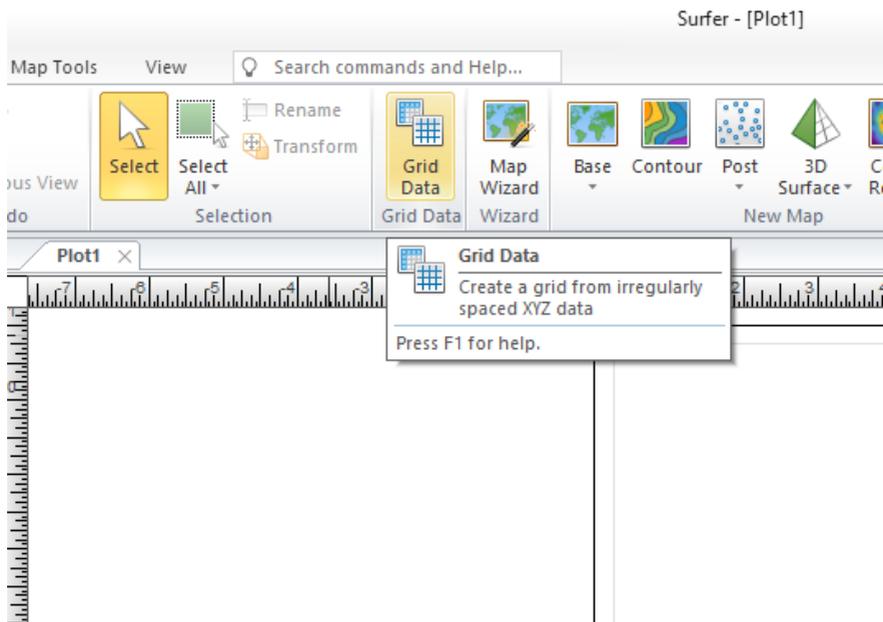
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	0	0	37					
2	1	0	32					
3	2	0	29					
4	3	0	30					
5	4	0	31					
6	5	0	30					
7	6	0	38					
8	7	0	34					
9	8	0	35					
10	0	1	32					
11	1	1	30					
12	2	1	33					
13	3	1	62					
14	4	1	31					
15	5	1	37					
16	6	1	33					
17	7	1	34					
18	8	1	32					
19	0	2	39					
20	1	2	45					
21	2	2	36					
22	3	2	66					



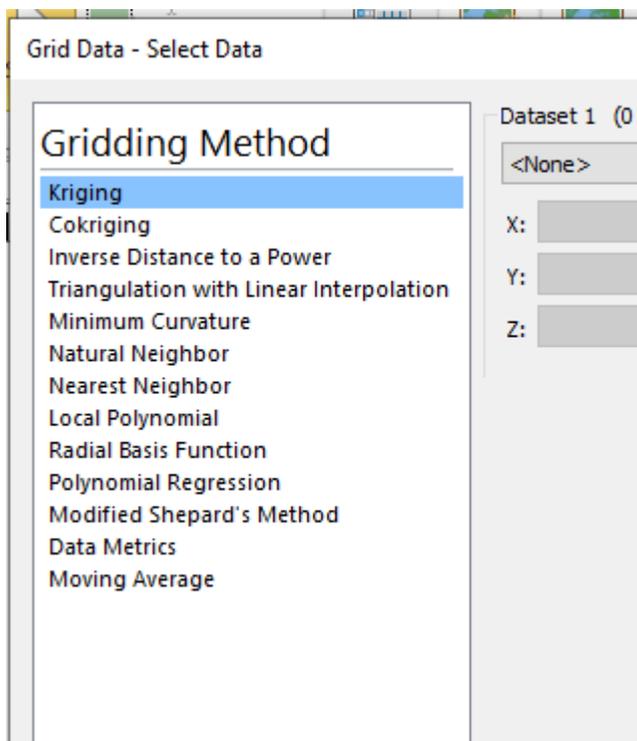


Após a criação da planilha no formato aceitável (.tab) pelo programa Surfer, vamos criar o arquivo .grd, capaz de trazer diversas informações para representar nosso trabalho.

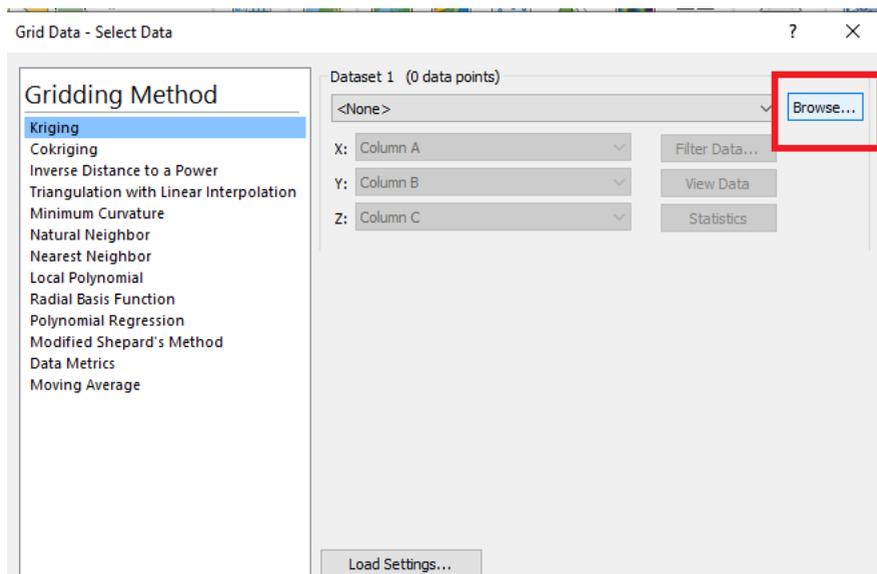
## Vamos em Grid Data



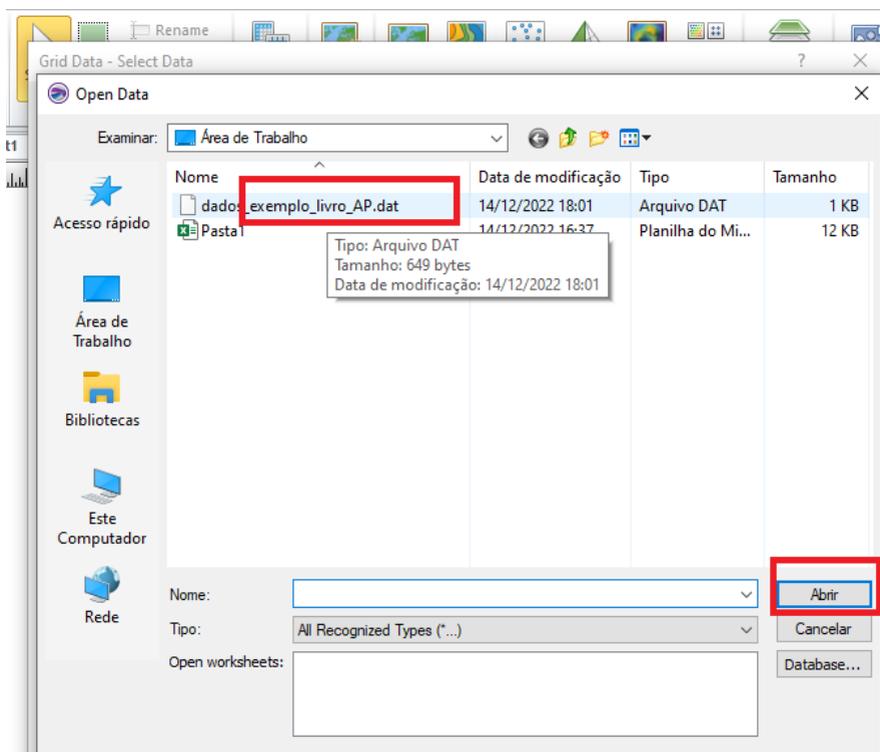
Selecionaremos o método de interpolação que melhor represente nossos objetivos. Nesse caso, vamos escolher o kriging, por ser o método mais usado, porém mais adiante vamos estudar um por um para saber o mais adequado a cada situação.



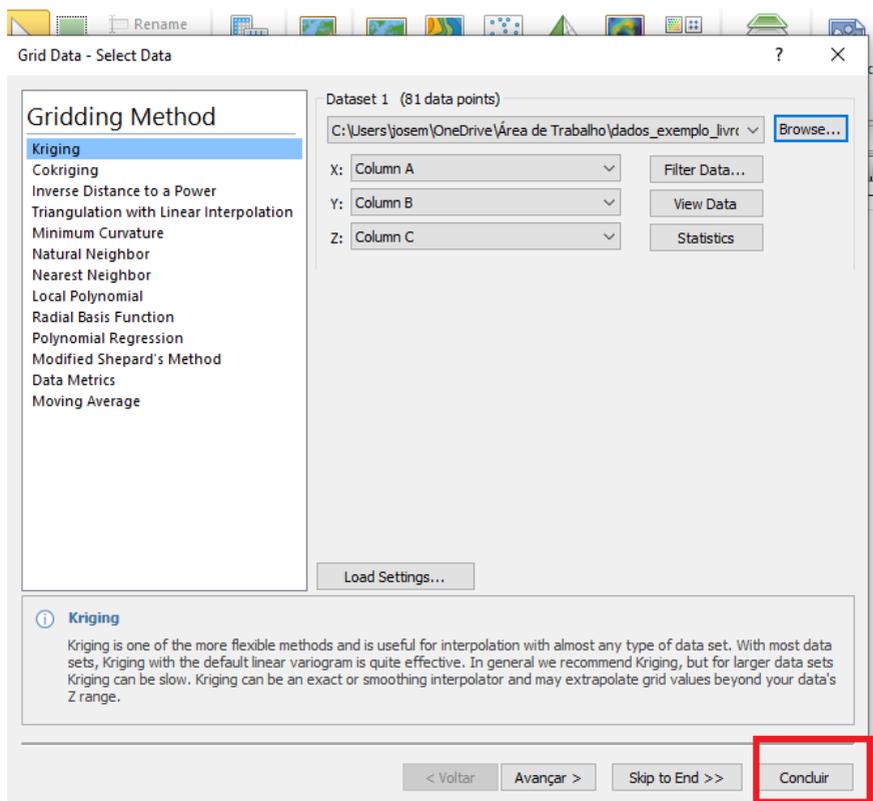
Após a escolha do método de interpolação, iremos em Browser para escolher o arquivo data criado.



Usaremos o arquivo .dat criado e clicaremos em abrir.



Por fim desta etapa clicaremos em concluir.

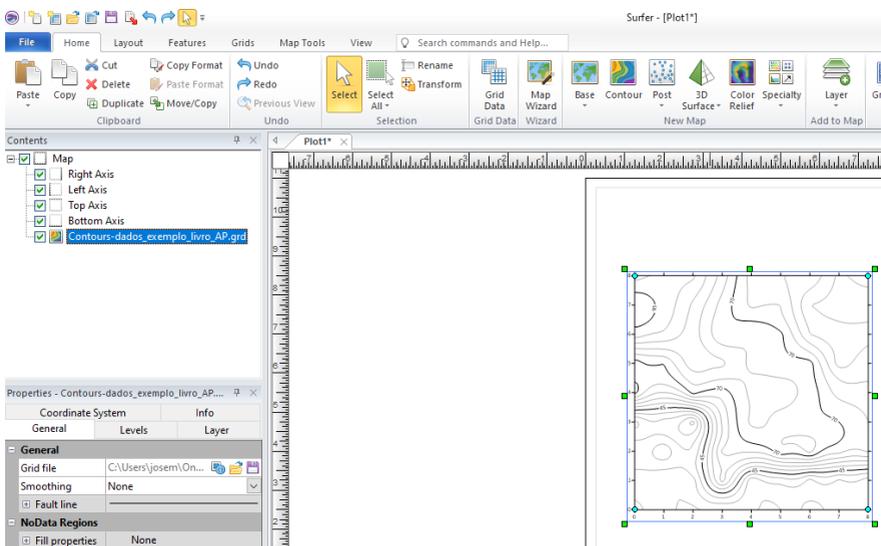


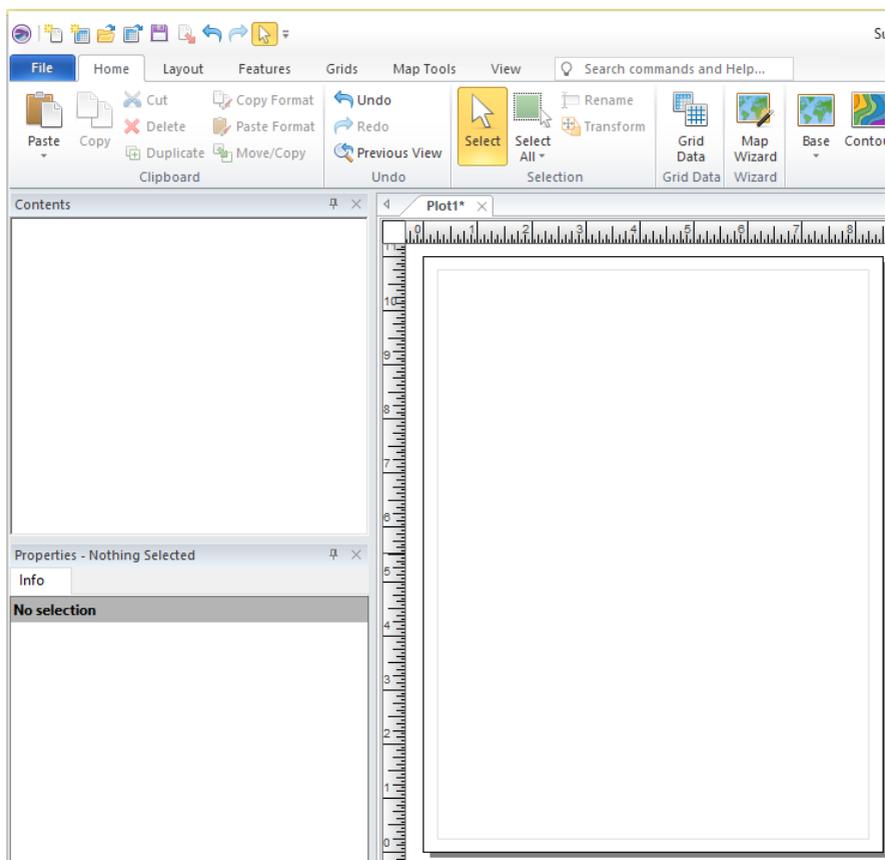
Será feito um relatório que poderá ser dispensado em OK.

The screenshot shows a window titled "Surfer - GridDataReport-dados\_exemplo\_livro\_AP" with a menu bar containing "File" and "Edit". The main content area displays a list of statistical measures for a grid file. A dialog box titled "Surfer" is overlaid on the window, displaying an information icon and a message: "Grid file C:\Users\josem\OneDrive\Área de Trabalho\dados\_exemplo\_livro\_AP.grd has been created." with an "OK" button.

Mean:	60.518325515
Median:	64.0511668836
Geometric Mean:	57.6252136021
Harmonic Mean:	54.4872924468
Root Mean Square:	63.0497119858
Trim Mean (10%):	60.3931313324
Interquartile Mean:	62.6591892644
Midrange:	61.8072398883
Winsorized Mean:	59.936694991
TriMean:	60.3333060005
Variance:	
Standard Error:	
Interquartile Range:	
Range:	
Mean Difference:	
Median Absolute Deviation:	
Average Absolute Deviation:	
Quartile Deviation:	
Relative Mean Diff.:	0.332745689644
Standard Error:	0.176869935637
Coef. of Variation:	0.292258475647
Skewness:	-0.200833807503
Kurtosis:	2.06594889249
Sum:	605183.25515
Sum Absolute:	605183.25515
Sum Squares:	39752661.8149
Mean Square:	3975.26618149

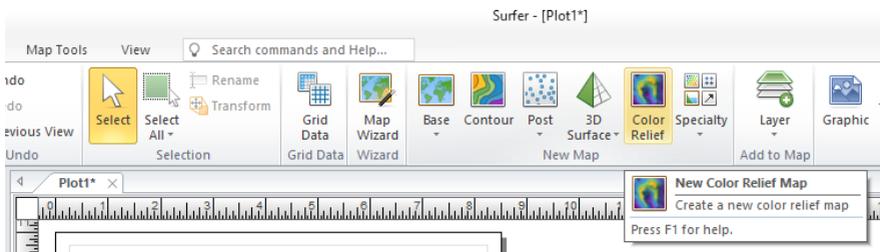
As primeiras informações serão um mapa das curvas de nível dos valores atribuídos a X, Y e Z, porém o foco não é topografia e sim Agricultura de Precisão, portanto podemos deletá-lo.



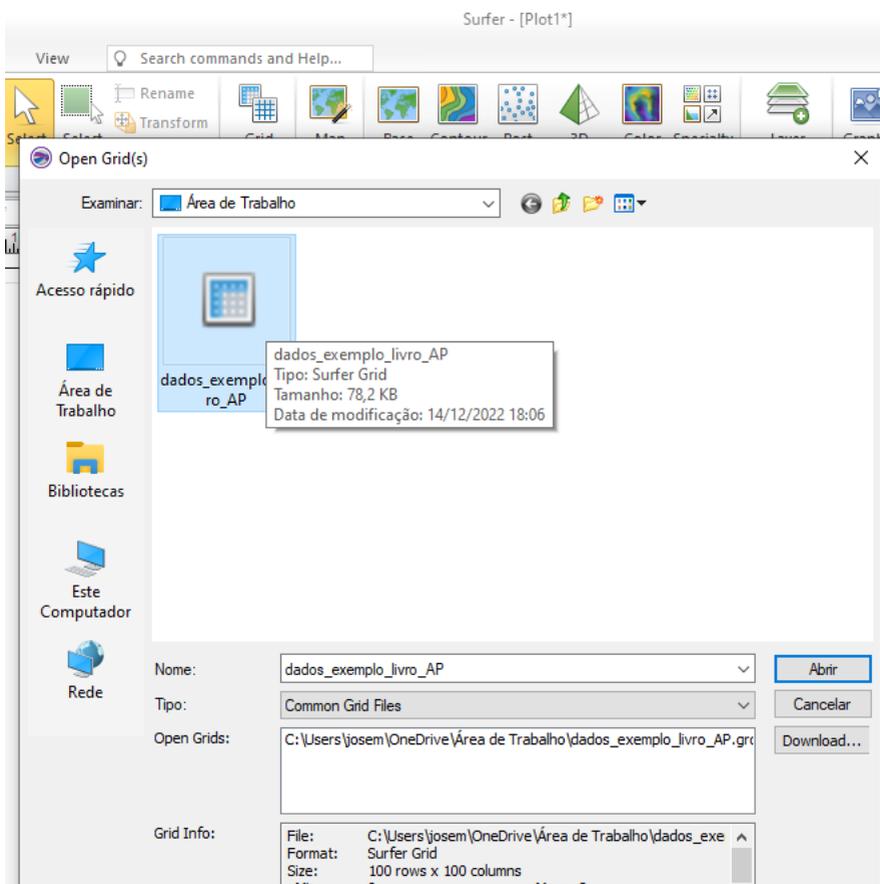


De posse da prancheta em branco, vamos na ferramenta de nosso interesse e depois vamos confeccionar e configurar.

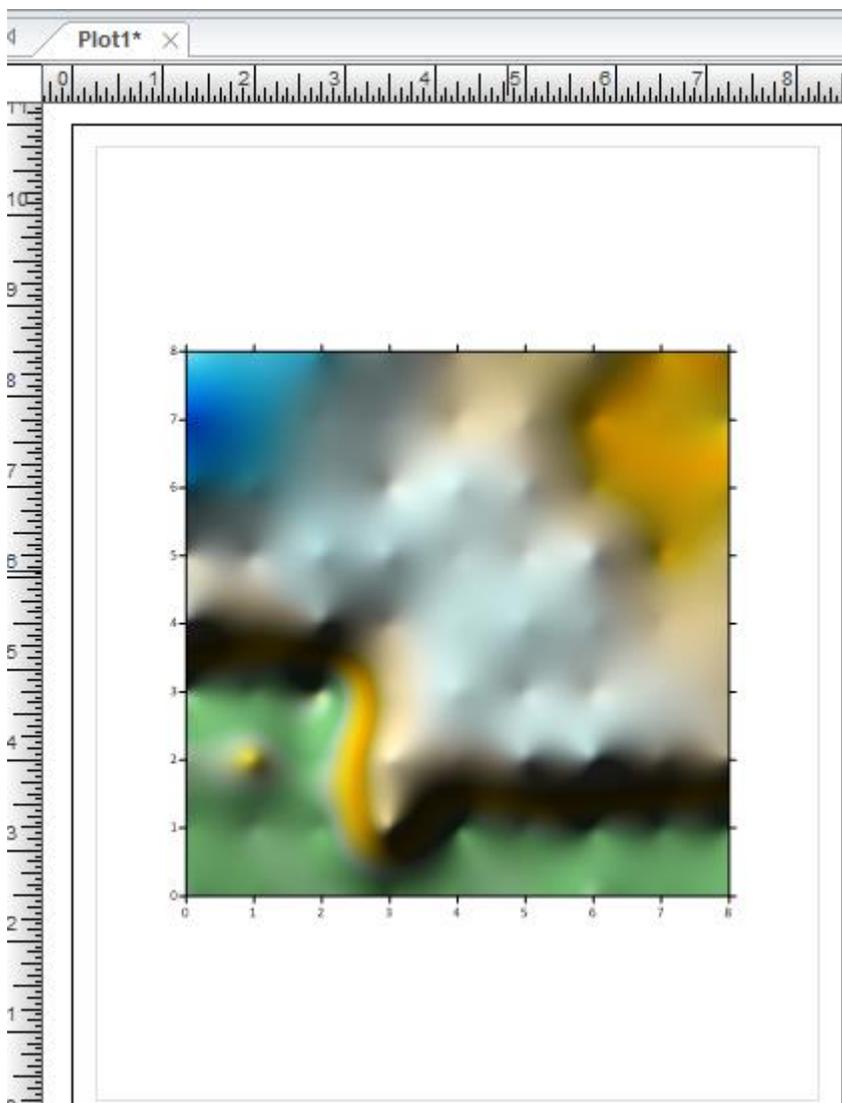
Clicamos em color relief



E seleccionaremos o arquivo .grid criado.

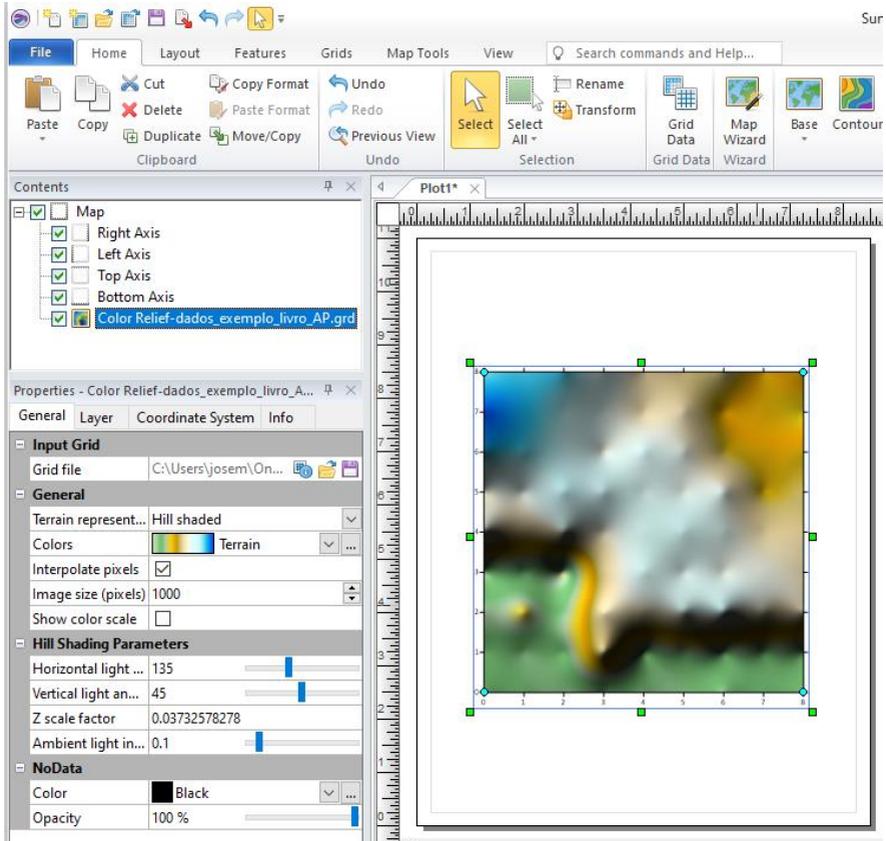


Aparecerá a imagem a seguir.

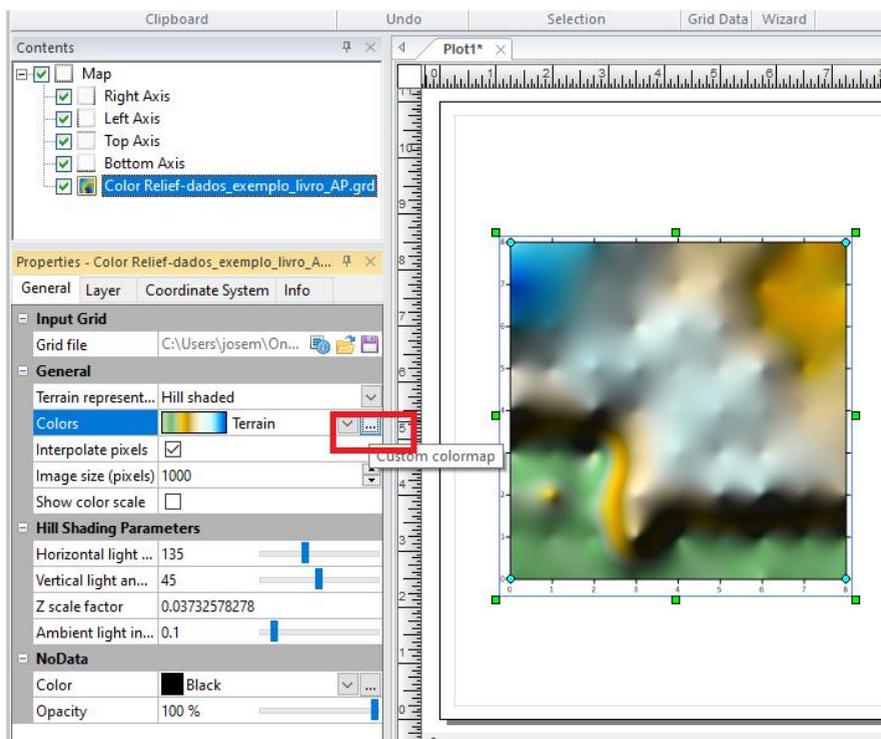


Após essa imagem, vamos tratar para que se enquadre nas configurações da Agricultura de Precisão.

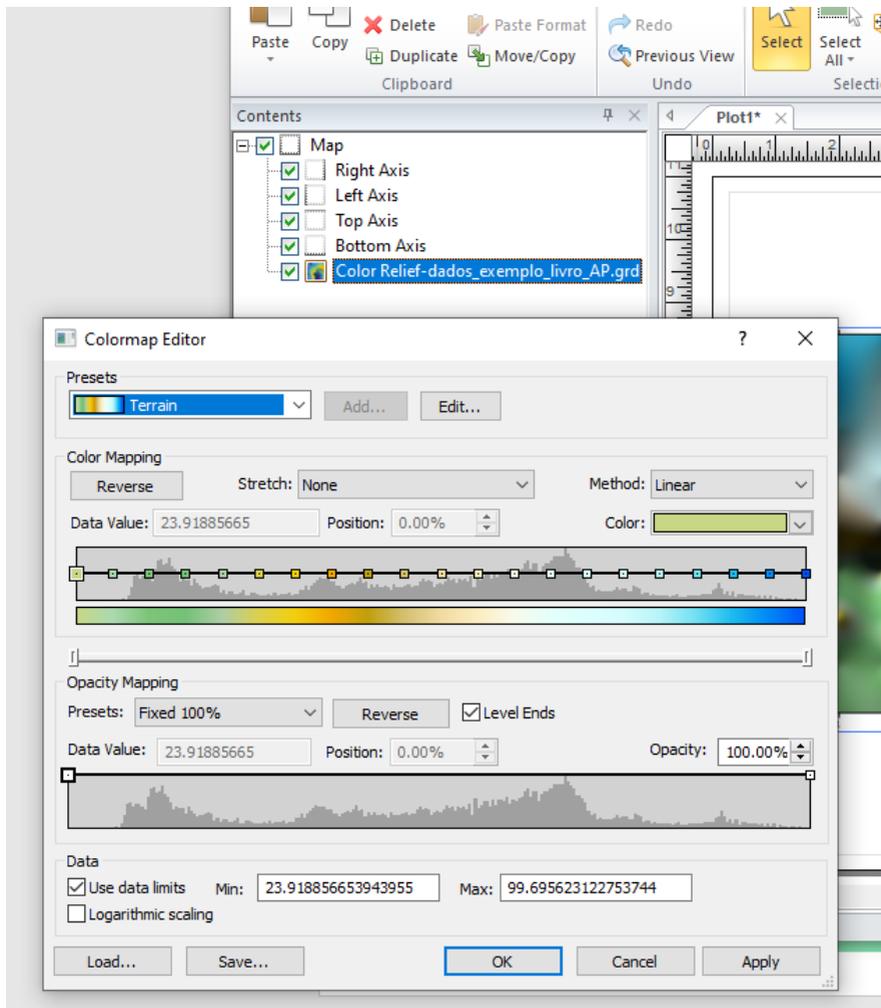
Primeiramente clicaremos nela e aparecerá suas propriedades do lado esquerdo.



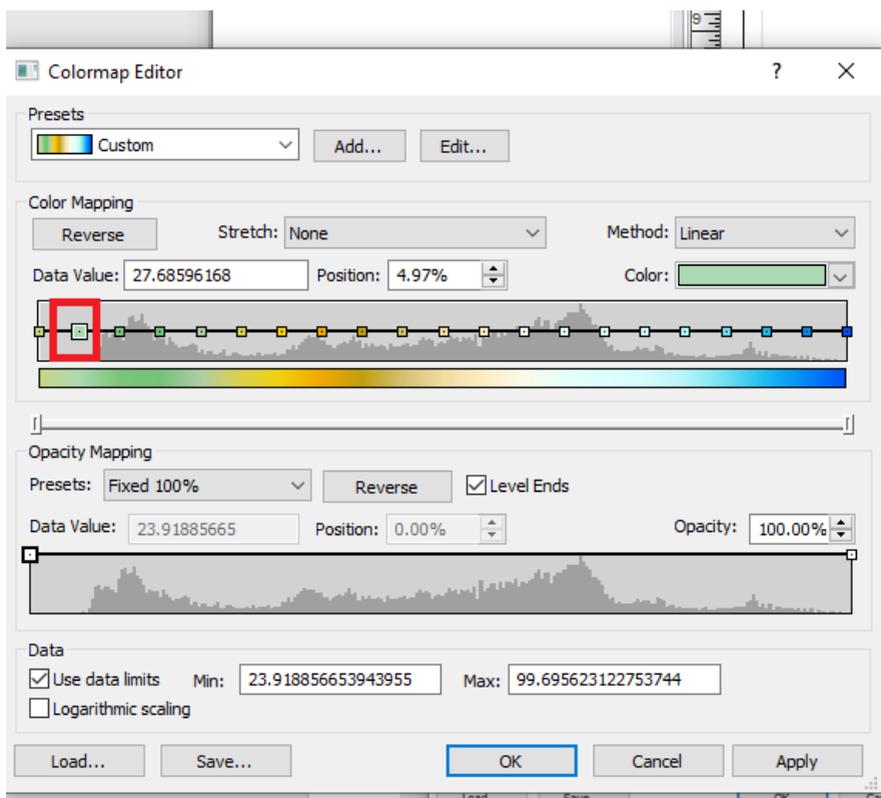
Em General, General, Colors, clicar em Custom colormap.



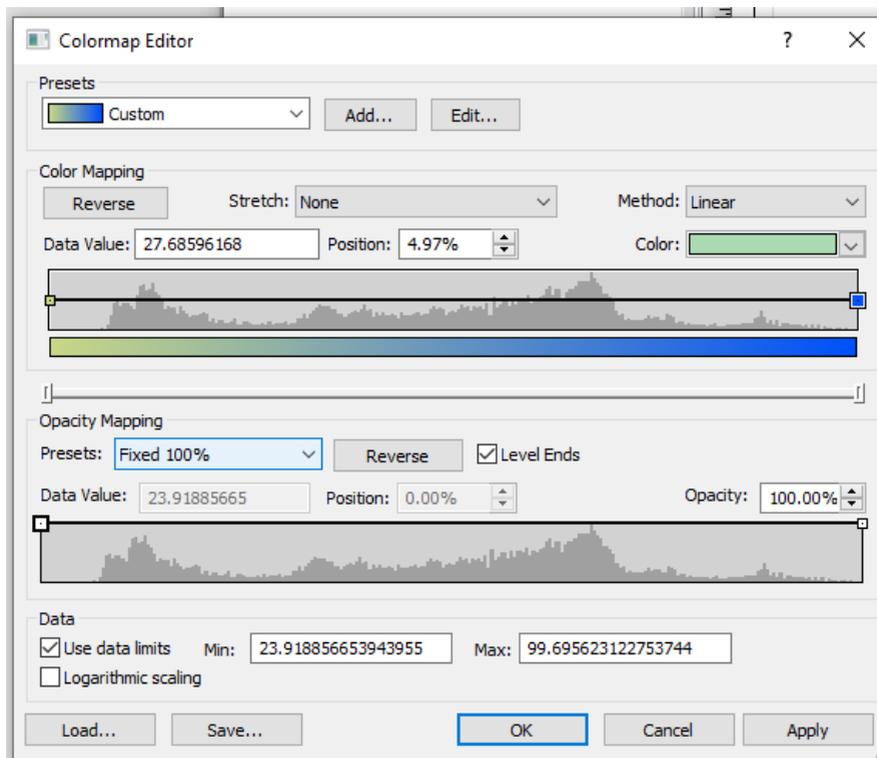
Aparecerá o Color Mapping com diversos valores a serem editados. Esses valores são aqueles que na coluna C (Nitrogênio) que preenchemos na planilha que neste caso vão de 23 a 100.



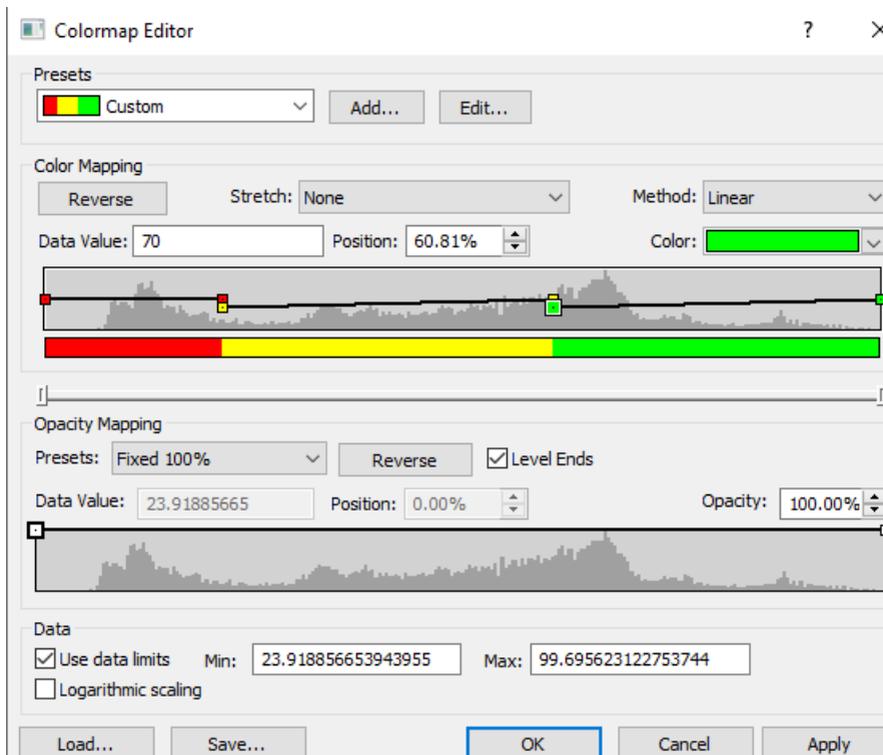
Vamos clicar um por um e deletá-los, conforme a Figura a seguir.



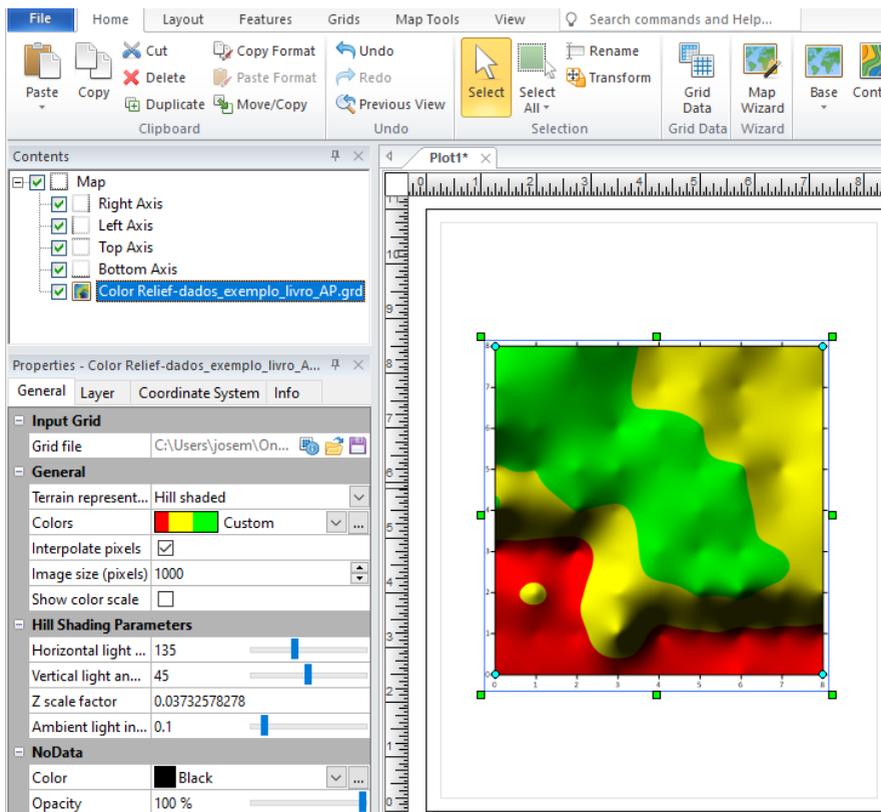
Após deletar, ficará apenas o primeiro e o último valor. Deveremos, nessa hora, definir qual a categoria de Bom, Médio e Ruim e atribuir as cores verde, amarelo e vermelho, respectivamente. Nesse caso, vamos atribuir que abaixo de 40 é ruim, entre 40,1 e 69,9 é médio e acima de 70 é bom.



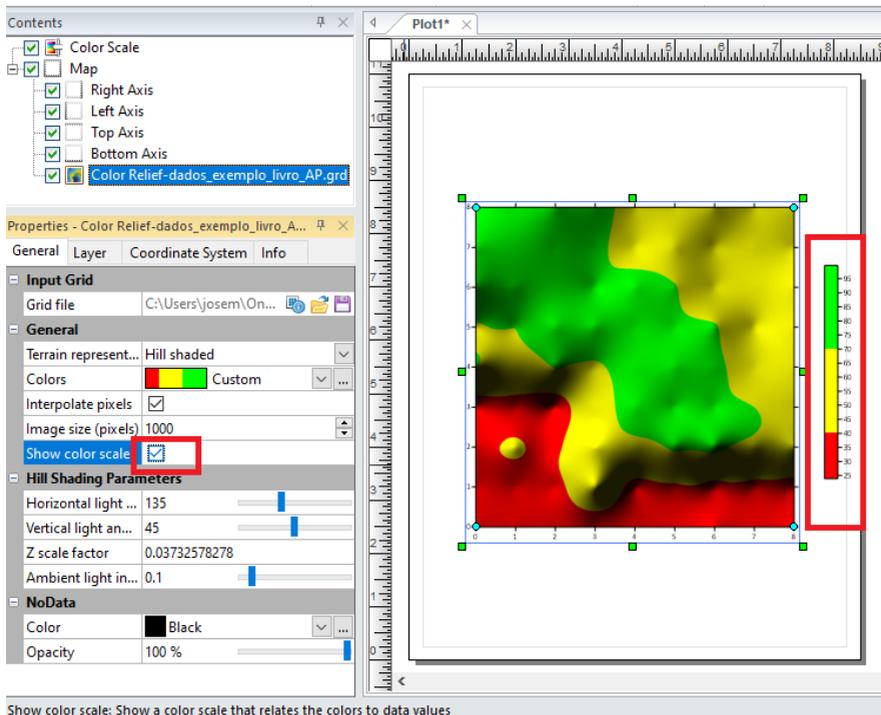
Vamos obter os valores de cores a seguir e clicaremos em OK.



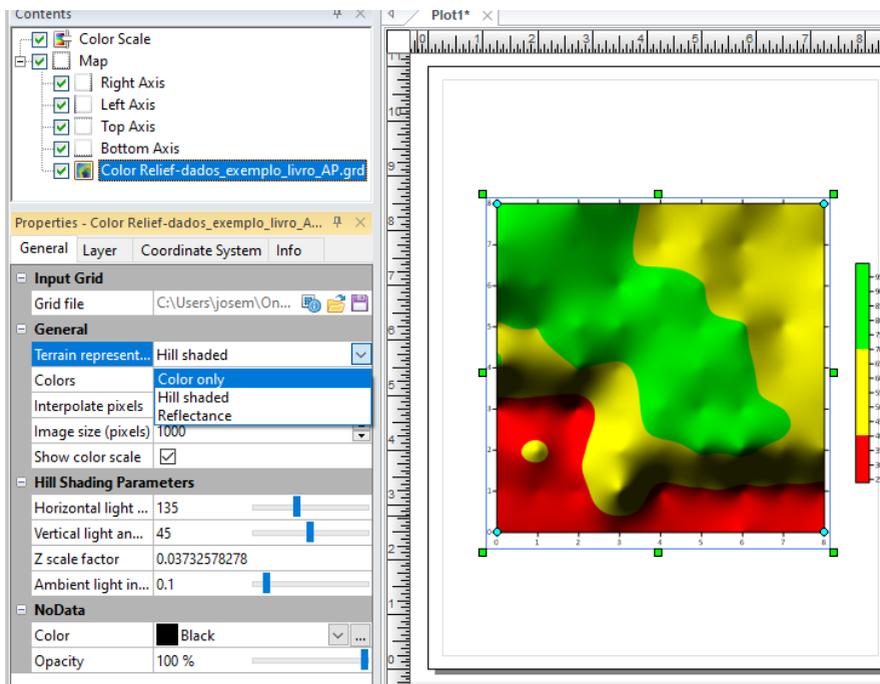
Notem que vamos ter uma imagem já familiar da Agricultura de Precisão, faltando apenas alguns detalhes.



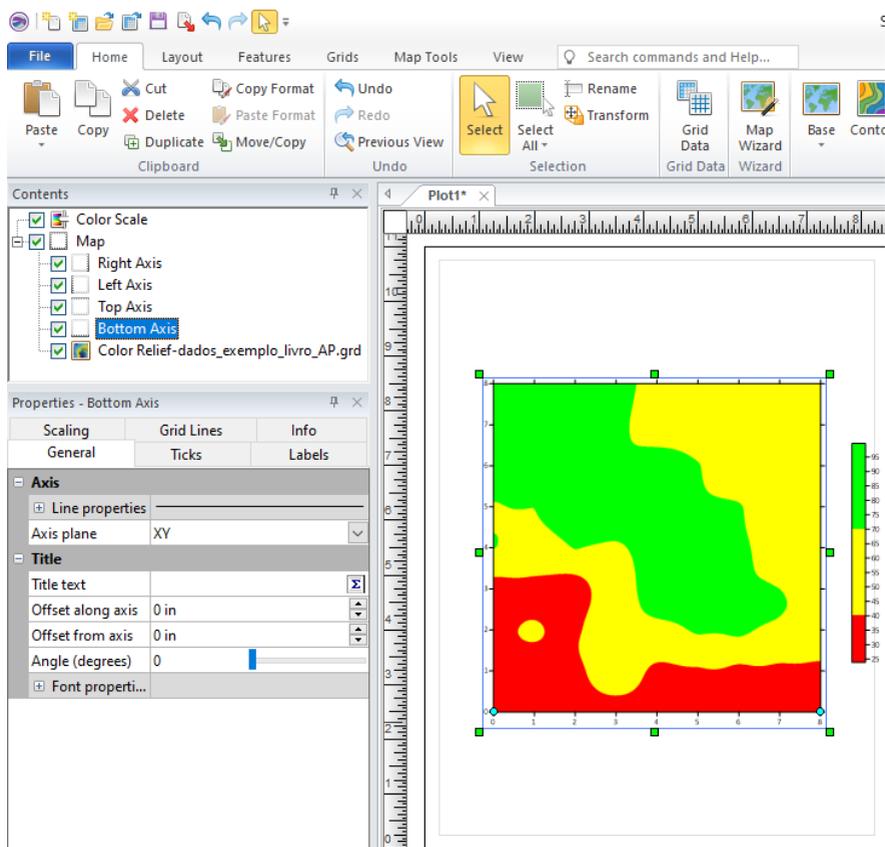
Adicione a escala, se for de interesse.



Em terrain representation clicar em Color only.



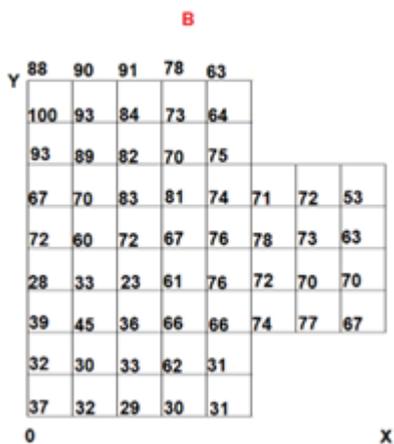
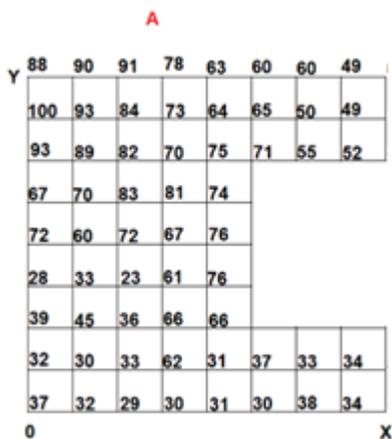
E assim está pronta a imagem com características de fácil identificação para saber os locais que merecem de cuidados especiais ou não, conforme a Figura a seguir.



Além disso, ainda podemos adicionar textos, círculos, cruces ou algo que ajude ainda mais a identificação das áreas que se deve atuar na Agricultura de Precisão.

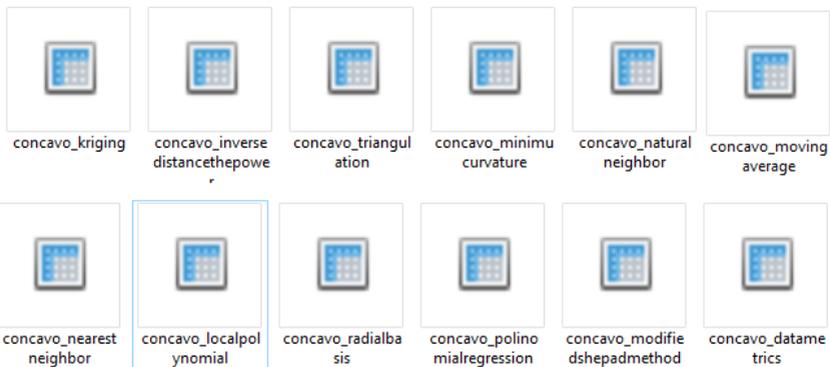
2. Escolha do método de intepolação.

Para tal vamos usar duas figuras, uma cônica (A) e outra convexa (B), conforme a Figura a seguir.

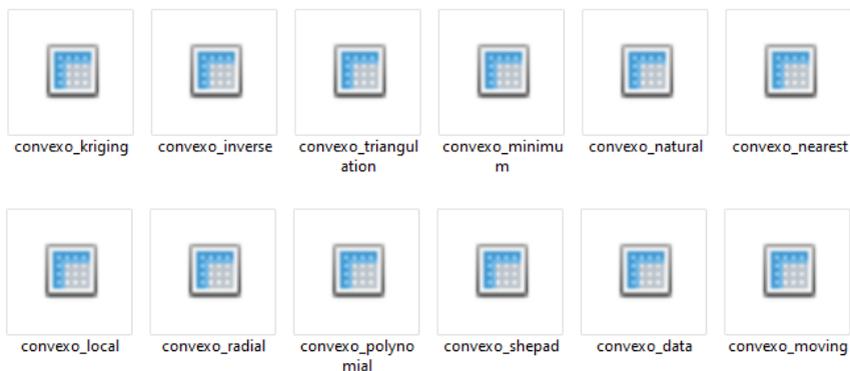


Vamos criar as duas planilhas (.dat). e após isso, vamos criar cada arquivo .grd em cada uma das interpolações para cada situação: côncavo e convexo.

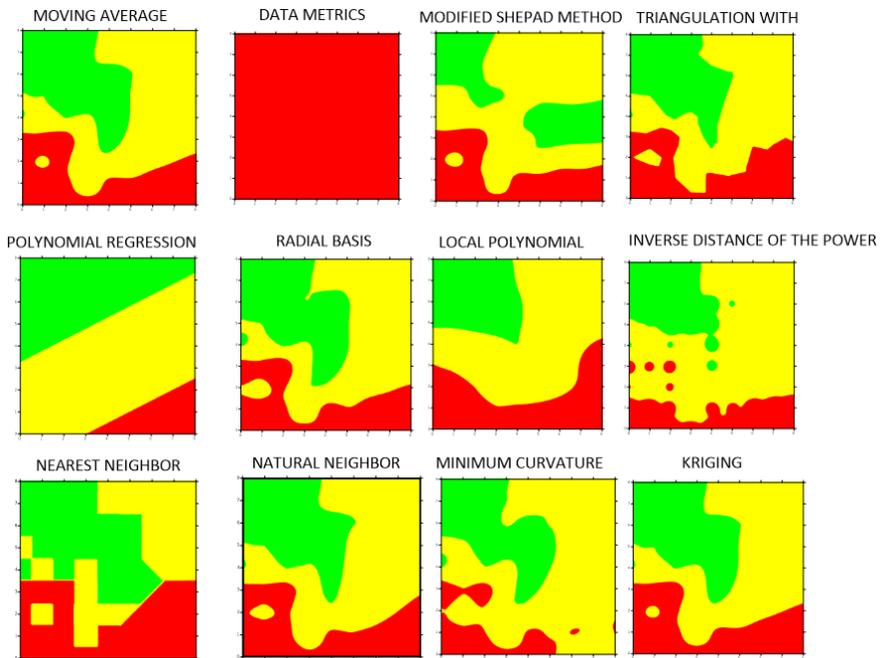
### .grd côncavo



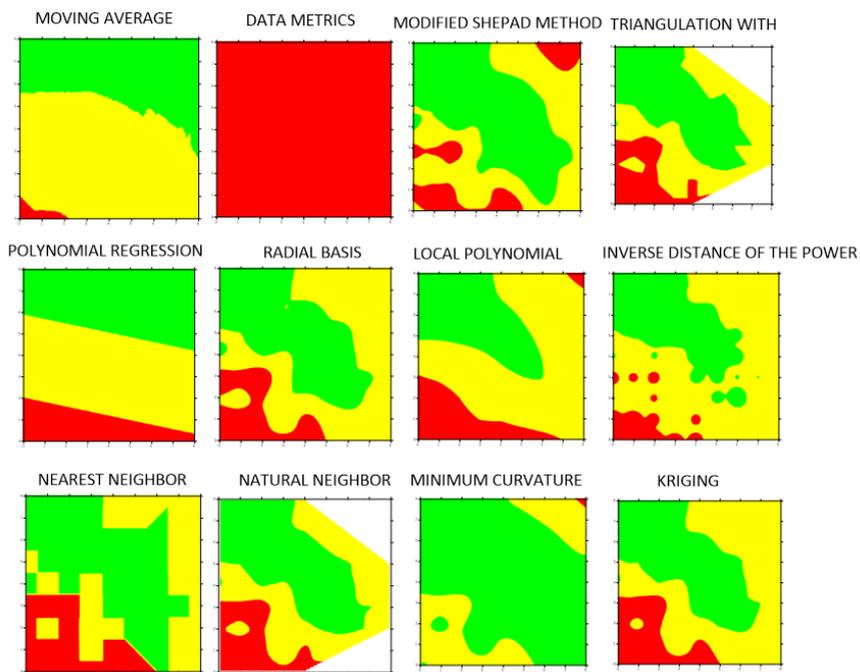
### .grd convexo



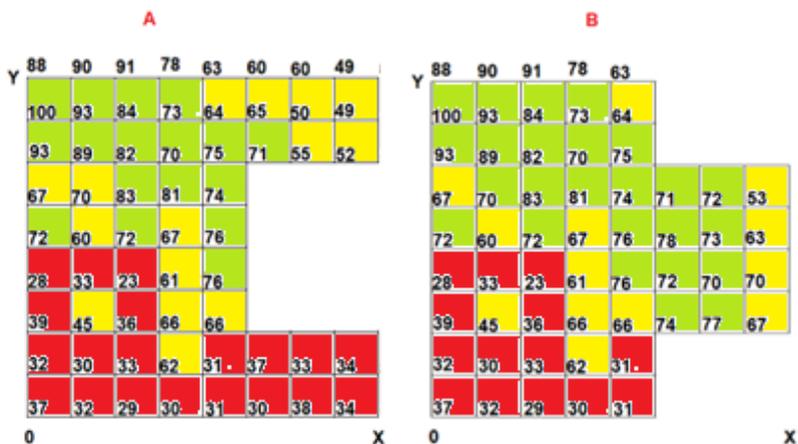
Como resultado vamos ter essa situação para côncavo:



Como resultado vamos ter essa situação para convexo:



Para fazer um comparativo pintamos cada quadrado na cor que representa as qualificações baixo, médio e alto e assim podemos analisar com mais acuidade, conforme as Figuras a seguir.



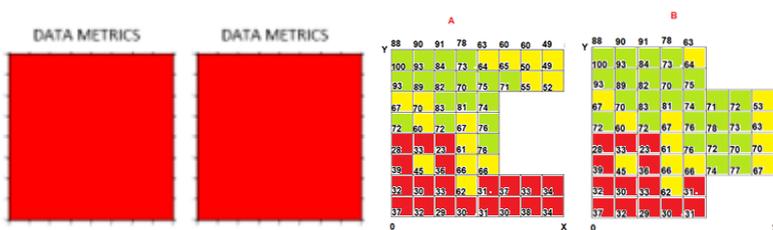
No geral, podemos destacar que todas as interpolações não representaram fielmente os contornos da propriedade, onde a parte côncava não foi bem representada. Sendo assim, quando há propriedades onde existem concavidades em seu formato não é interessante o uso do Surfer para representar, nesse sentido.

Enquanto isso, se a propriedade apresentar apenas convexidade será bem representado, em algumas interpolações, a ver:

Nessa escolha da interpolação que melhor represente o terreno, vamos atribuir um valor de nota de 0 a 5, sendo 0 que não representa e 5 com máxima representação.

## 1. Data Metrics

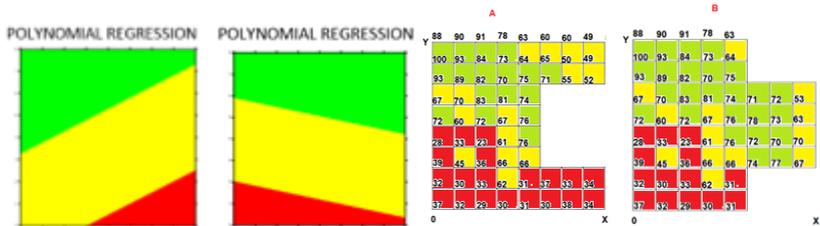
Começando pela representação da interpolação DATA METRICS, vemos que não há qualquer tipo de representação, sendo esta a pior possibilidade para interpolação, independente de ser côncavo ou convexo. Esta representação confere que todos os dados seguem o padrão de menor valor, sendo mal representado em valores absolutos e interpolados. Para ambas situações, vamos atribuir o **conceito 0**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 2. Polynomial Regression

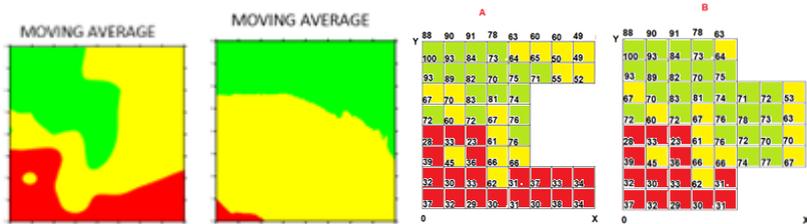
A Polynomial regression confere uma melhor representação do que a Data Metrics, mas se torna longe de ser uma boa opção, independente de ser côncava ou convexa. Nestes apresentam faixas bem interessantes, mas que pouco delimita o terreno dentro das faixas de qualidade inseridas, sendo muito falho em diversos aspectos. Para ambas situações, vamos atribuir o **conceito 1**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

### 3. Moving average

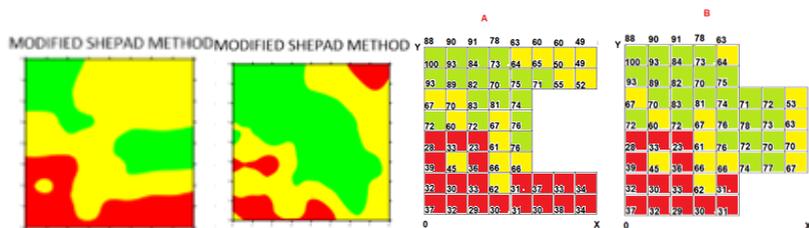
O moving average, para o côncavo, apresenta já algo bem mais representativo do que as interpolações explicadas anteriormente, enquanto para o convexo se torna bem desejável, porém no nível da regression polynomial. Caso o terreno fosse retangular, poderia ser uma razoável alternativa. Em se tratando de representação fiel, ara o moving average o conceito é 2 para usar no côncavo e 1 para o convexo, sendo de forma geral, **conceito 1,5**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

#### 4. Modified Shepad Method

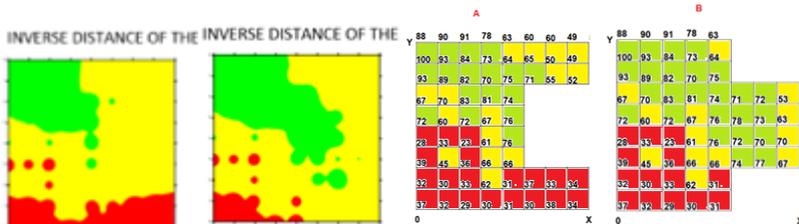
Na interpolação Modified Shepad Method, para convexo apresenta uma qualificação vermelha no canto superior direito e algumas regiões em amarelos, não sendo tão representativo como deveria. Enquanto para côncavo apresenta algumas representatividades, porém cria-se uma faixa amarela interligando duas regiões médias separadas pela região de alta. Para o côncavo damos o conceito 2 e para o convexo o conceito 1, sendo no total **conceito 1,5**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 5. Inverse Distance of the Power

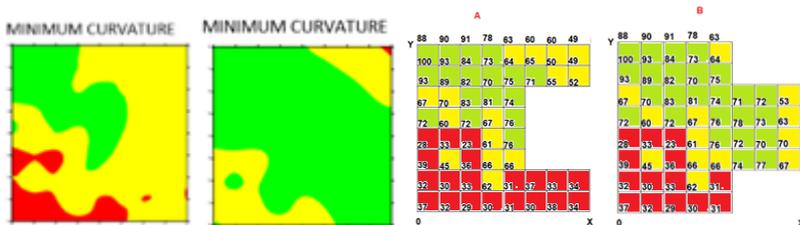
A interpolação Inverse Distance of the Power, é uma forma de representação já bastante interessante para ambas situações. Apresentam alguns pontos em vermelho que não condizem com os dados absolutos tidos no campo, além de pontos em verde inexistentes. Para ambas situações, conceituamos como **conceito 2**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 6. Minimum curvature

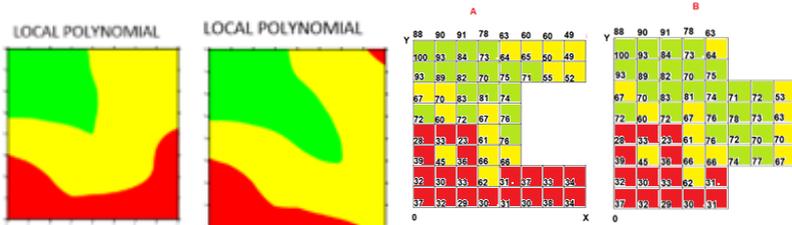
A interpolação minimum curvature apresenta para o côncavo uma representação bem interessante, porém apresentam alguns pontos isolados na cor vermelha não representativos e não uma falta dessa faixa vermelha ao longo do canto inferior direito. Já para convexo há uma falta total da faixa vermelha e aparecimento de ponto verde onde não deveria. Para o côncavo damos conceito 2,5 e para o convexo damos o conceito 2, sendo no total **conceito 2,25**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 7. Local Polynomial

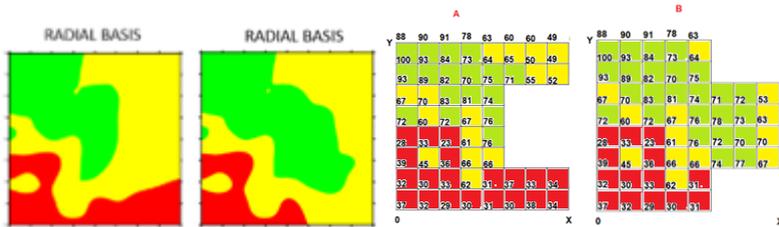
O local polynomial é a última das interpolações dessa lista com qualidade inferior no que se diz respeito a representatividade. Apresenta variações não muito definidas no vermelho, verde e amarelo e ainda, no convexo apresenta mancha vermelha inexistente. Para ambas situações **conceito 2,5**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 8. Radial Basis

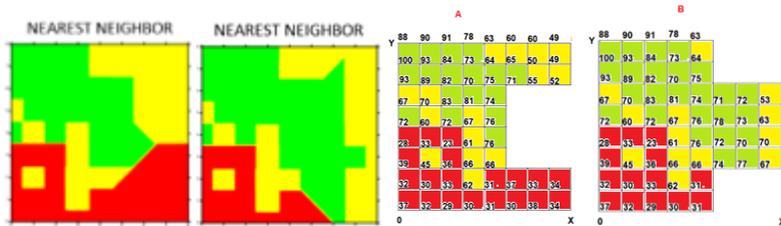
O radial basis já apresenta uma qualidade melhorada em relação as anteriores, sendo bem representativo em diversos aspectos, não deixando a desejar. Desse modo, **conceituamos como 4,2.**



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 9. Nearest neighbor

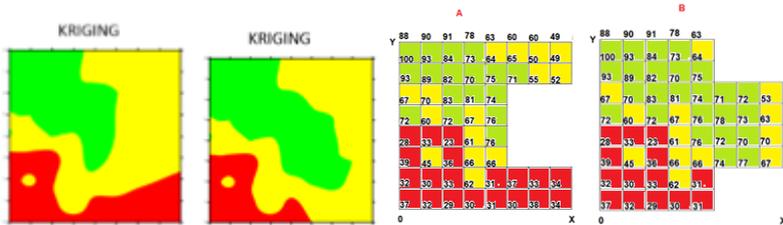
A interpolação nearest neighbor apresenta também bastante representatividade quanto aos dados inseridos, porém é um tipo de representação que não suaviza os contornos, sendo atribuído para ambas situações conceito 4.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 10. Kriging

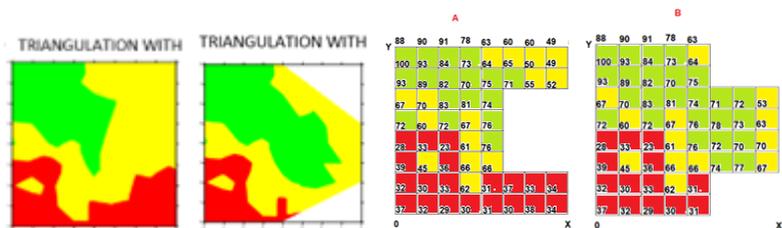
O famoso kriging se mostra bastante similar a representação proposta pelo radial basis, sendo muito pouco perceptível ver alguma diferença entre ambas interpolações. Sendo assim, vamos **conceituar como 4,2**.



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

## 11. Triangulation with linear interpolation

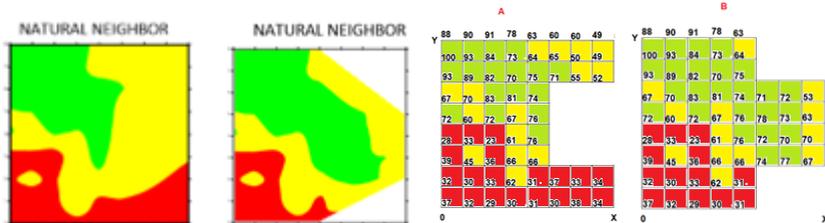
A triangulation with in linear interpolation para cômcavo aparece como possível alternativa para representação e se torna similar ao radial basis e kriging, porém apresenta contornos poucos suaves. Já para convexo apresenta os contornos e delimitações que ocorrem no terreno, porém não tão suave como deveria. Conceituamos para cômcavo com 4.1 e para convexo com 4.9, sendo no total **conceito 4.5**.



Da esquerda para direita: cômcavo e convexo (interpolação), cômcavo e convexo (nossa representação).

## 12. Natural neighbor

Por último vamos ter o natural neighbor que apresenta similaridade ao kriging e radial basis para côncavo e uma delimitação do terreno bem definida e suaves contornos em suas qualificações. Sendo para côncavo conceito 4.2 e para convexo 5. Sendo assim, no total **será representado por 4.6.**



Da esquerda para direita: côncavo e convexo (interpolação), côncavo e convexo (nossa representação).

Como conclusão, podemos perceber que para os limites planimétricos, nenhuma interpolação é interessante para terrenos côncavos, porém em terrenos convexos e com formas retangulares, o natural neighbor e triangulation with os melhores para sua representação que além de planimétrico representam fielmente as classes propostas no trabalho.

## REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. 2014. Agricultura de Precisão: Resultados de um novo olhar. Embrapa.

BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. 2014. Adoção da Agricultura de Precisão No Brasil. In: NOME DOS AUTORES. Agricultura de Precisão: Resultados de um novo olhar. Embrapa.

BRAGA, R. 2009. Viticultura de Precisão. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal. 1ª ed.

COELHO JUNIOR, J. M. ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO MORANGUEIRO EM PERNAMBUCO E USO DE LIQUENS NO SEU CULTIVO. Tese de Doutora. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Recife. 2013

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. Topografia Geral. 1 ed. Recife, Editora UFRPE, 2014.

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. Topografia Geral. 2 ed. Recife, Editora UFRPE, 2020.

COMASTRI, J. A. & GRIPP JR. J. Topografia aplicada: Medição, divisão e demarcação. Viçosa: UFV, 1998.

DOUBEK, A. Topografia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989, 205p.

ESPARTEL, L. Curso de Topografia. 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

MACHADO JUNIOR. Topografia Básica. 1ª Ed. Recife. 2022.

MACHADO JUNIOR. Topografia Básica. 2ª Ed. Recife. 2024.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das Agriculturas no Mundo. Do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Editora UNESP, 2008.

MCCORMAC, J. Topografia. 5 ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, 2007.

VALENTINE, T. A Grande Pirâmide. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976. Pré-história, História antiga.

