

Projeto Erasmus+: BIMVET3 2020-1-ES01-KA203-083262

Este Projeto Erasmus+ foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta publicação reflete apenas os pontos de vista dos autores, e a Comissão Europeia e as Agências Nacionais Erasmus+ não podem ser responsabilizadas por qualquer utilização que possa ser feita das informações aí contidas.

BLOCO V: Novas tecnologias de modelação BIM Digitalização 3D e modelos BIM, fotogrametria modelação 3D e impressão 3D.

Título: GEORREFERENCIAÇÃO E COORDENADAS

1 - Objetivos.

Os objetivos deste tutorial são:

- Contextualizar o aluno em conhecimento geotécnico.
- Exibir ferramentas utilizáveis em diferentes níveis de orçamento e experiência.
- Exibir diferentes métodos de obtenção de coordenadas.
- Divulgar diferentes sistemas de geolocalização e georreferenciação.

2 - Metodologia de aprendizagem.

- O professor dará uma explicação do material com exemplos práticos.
- Para avaliar o aproveitamento do ensino prático, cada aluno escreverá breves relatórios e responderá às perguntas fornecidas.

3 – Duração do Tutorial.

A duração do tutorial será condicionada se apenas a leitura e a síntese do material forem realizadas, ou se pelo contrário, os dados forem recolhidos com algumas das ferramentas ou metodologias explicadas, pelo que poderá variar entre 1h e 4h.

4 – Recursos de ensino necessários.

Este documento para adquirir os conhecimentos necessários.

Ferramentas nomeadas disponíveis para recolha de dados:

- RTK.
- Drone.
- Estação total.
- Medidor de distância a laser.
- Fita métrica.
- Bloco de notas para anotar os resultados, se necessário.

5 – Conteúdo & Tutorial.

Georreferenciação e tomada de coordenadas.

Índice:

5.1 O que é Georreferenciação?	2
5.2 Uso da Georreferenciação em projetos fotogramétricos	3
5.3 Trabalho de campo de Georreferenciação	5
5.4 Ferramentas para Georreferenciação Moderna	6
5.4.1 Métodos tradicionais	6
5.4.2 Estação Total	6
5.4.3 Dispositivo GPS	7
5.4.4 RTK	7
5.4.5 Drone	7
5.5 Trabalho de Escritório de Georreferenciação	9
5.6 - Georreferenciação com Google Earth	10

5.1- O que é Georreferenciação?

É um processo derivado da disciplina geográfica topográfica, como a fotogrametria digital 3D, nascida da fotogrametria em papel que foi desenvolvida em séculos anteriores.

A georreferenciação atual é definida como um processo que nos permite conhecer com grande precisão o posicionamento e distribuição espacial de diferentes elementos que compõem o terreno, o biótico e o antropográfico; para isso, as medições esféricas são utilizadas de acordo com o volume da superfície terrestre em valores de latitude e longitude, atribuindo valores aos diferentes pontos da superfície, estas são chamadas coordenadas geográficas.

A georreferenciação é usada como uma das principais ferramentas de informação geográfica (SIG) onde a projeção de espaços referentes a áreas e superfícies é expressa em *datum*. Proporciona um plano 2D de grande precisão, ideal para trabalhos de cartografia e topografia, operando tanto com elementos de mapa de pixels como imagens ou objetos vetoriais como polilinhas, vetores ou polígonos.

Podemos encontrar diferentes tipos de coordenadas, tais como:



A latitude-longitude é medida em graus porque são medições esféricas, são conhecidas como coordenadas geográficas. A latitude desenvolve-se a partir da linha do Equador e pode ser enquadrada em Norte-Sul, enquanto a longitude se desenvolve no traçado a partir do meridiano de Greenwich e pode ser enquadrada dentro Leste-Oeste; ambas as variáveis são medidas em graus, minutos e segundos.

Outros sistemas de coordenadas podem ser pela sua própria natureza em 2D ou 3D, de acordo com as magnitudes que medem.

As coordenadas bidimensionais ou 2D, são desenvolvidas num eixo de coordenadas cartesianas e contam apenas em coordenadas cartesianas com valores 2D (X,Y), sendo X o valor horizontal que representa o leste e oeste, e Y o valor vertical que representa o norte e sul.

As coordenadas tridimensionais ou 3D utilizam para a referência de um ponto as variáveis (Z, X, Y) uma vez que o Z é o que calcula a elevação abaixo ou acima do nível do mar em projetos de GIS ou do nível do solo do nosso modelo.

Sendo o Z a altitude acima ou abaixo do mar, ou o próprio modelo onde queremos colocar a elevação do solo e os dados dos eixos X e Y que mostram a situação do objeto no seu eixo.

5.2- Utilização da Georreferenciação em projetos fotogramétricos.

A utilização de métodos de medição e a utilização de coordenadas nos projetos fotogramétricos, conferem ao recurso tridimensional da nuvem de pontos ou da malha poligonal resultante do processamento de uma aproximação mais estreita ao elemento capturado, respeitando as proporções do elemento.

A georreferenciação tomando pontos físicos naturais ou alvos dá maior rigor ao modelo, dando-lhe um valor científico não como uma reflexão ideal, mas como uma cópia da realidade, uma vez que a escolha dos pontos X, Y, Z aplicado no modelo tridimensional orienta primeiramente o modelo, dando-lhe o seu lugar predefinido dentro do espaço e em segundo lugar escalando o modelo para copiar e capturar as distâncias reais existentes entre os diferentes pontos refletidos nas dimensões e volume do próprio modelo tridimensional.

A Georreferenciação, pode ocorrer por diferentes métodos, podendo ser tanto aérea como terrestre dependendo das ferramentas utilizadas. A precisão também variará dessa forma, em trabalhos profissionais de topografia os levantamentos normalmente oscilam com uma precisão de 20mm + -1ppm.

Antes de começar com o trabalho, é importante conhecer o quadro das coordenadas geográficas que são utilizadas nas diferentes ferramentas, para evitar possíveis erros de cálculo subsequentes, pelo que é de vital importância para o projeto, trabalhar em todos os seus processos com o mesmo sistema de coordenadas e localização.



O sistema de coordenadas geográficas e de localização latitude/longitude mais utilizado é o *WGS84 (World Geodetic System 1984)* o qual é usado à escala global, dando a oportunidade de geolocalizar cada ponto da terra nos eixos X , Y e Z. Em muitos lugares, os sistemas de coordenadas locais ganham pesos de uso.

Na UE, bem como nos produtos de deteção de coordenadas e GPS especializados, é promovida a utilização do *Sistema Europeu de Referência Terrestre 89 (ETRS89)*, este dado não é apenas compatível com o sistema de navegação europeu GALILEO, mas também com GPS e GLONASS, pelo que permite atuar na placa continental europeia com qualquer um dos sistemas acima referidos.

Existem uma variedade de métodos para obter modelos 3D geoespacialmente retificados através de sistemas SIG, obtendo produtos como o próprio modelo tridimensional bruto, o ortomosaico fruto do anterior com ajustes de ortorectificação para eliminar as distorções que o olho humano e a câmara como uma imitação do mesmo produzem. Todo este trabalho é obtido por pontos de controlo físico e digital (Marcadores). Qualquer objeto visível colocado ou não para esse fim específico. Com a criação destes dados, gera-se uma grande quantidade de metadados que permitem a sua utilização subsequente em curvas de nível e histogramas entre outras ferramentas de análise que revelam dados constitutivos de diferente natureza do terreno, secção ou área escolhida.

Podendo obter produtos como MDS ou MDT: para gerar resultados maiores como curvas de nível, análise de canais, desníveis, encostas, entre outros:

- **(MDS): Modelo Digital de Superfície:** São modelos digitais que representam os elementos e formas existentes capturados e digitalizados na superfície terrestre sujeitos ao processo, como edifícios, ou o relevo do próprio terreno, como montanhas, e elementos que os compõem, como árvores.
- **(MDT): Modelo Digital do Terreno:** São modelos digitais que representam a forma do terreno, uma vez que elementos extraordinários como a vegetação ou as infraestruturas foram removidos, eliminando qualquer elemento que não faça parte do próprio terreno.

Com estes modelos digitais de alta informação também é possível gerar ortomosaicos retificados fotogrametricamente para a análise de diferentes estudos ou intervenções sobre o terreno.

5.3- Trabalho de campo de Georreferenciação

O trabalho de captura e recolha de dados e coordenadas no terreno, pode ser feito com várias ferramentas, para realizar estes trabalhos de campo, é necessário que o técnico em questão apareça no terreno para realizar as diferentes ações.

Os dados recolhidos podem ser escritos manualmente numa folha ou papel, ou digitalmente estes dados podem ser armazenados num cartão de memória que pode ter o dispositivo utilizado para esta operação.

Planeamento: A operação de captação de dados deve começar com um conhecimento do terreno onde vai ser realizado, pelo que é bom ter estudado o relevo e disposição dos elementos geológicos, topográficos ou estruturas civis do terreno, uma vez que o procedimento da captura de dados dependerá deles, um processo necessário para selecionar localizações estratégicas do terreno e obter pontos de controlo. Estes pontos de controlo, são dotados de coordenadas e devem ser marcados por sinais como alvos ou ser facilmente reconhecíveis dentro do modelo, como por exemplo, uma rachadura, ou um elemento único facilmente reconhecível, de preferência perto de uma borda bem marcada ou um vértice.

Sinalização: Após a elaboração do plano de ação, procedemos à intervenção física da sinalização com diferentes elementos, tais como sinais permanentes ou semipermanentes. Os permanentes são aqueles que exigem uma maior intervenção para aumentar a sua vida e permanecer visíveis, têm um carácter de interesse após o estudo, enquanto os semipermanentes só têm interesse nos momentos de realização do estudo, podem ser construídos ou simplesmente marcados com diferentes elementos como esperas de trabalho, ancoragem de hastes metálicas ou marcação com pintura especial.

Captação de dados: é o último dos processos realizados no campo com intervenção humana, neste passo com a ajuda de diferentes ferramentas, o técnico pode pegar os dados nas posições selecionadas, apontar os dados importantes para além das coordenadas, como por exemplo, o desnível, inclinação, clima ou tempo atmosférico.



5.4- Ferramentas para Georreferenciação Moderna

A georreferenciação tornou-se uma disciplina da primeira ordem com a implementação de novas tecnologias, desde a utilização de bússolas geográficas e o teodolite até hoje com complexas ferramentas de medição de cálculo computadorizadas.

5.4.1- Métodos tradicionais

Método rudimentar de coordenadas próprias criadas para guardar o volume, escala e proporção do modelo. É necessário que a realização destas coordenadas utilize as qualidades físicas do objeto e do espaço para marcar diferentes pontos físicos claramente reconhecíveis em caso de não ter alvos de reconhecimento automático.

Uma vez selecionados os pontos, utilizamos o medidor de distância laser ou uma fita métrica. Esta tomada de medidas terá um erro maior em valores de centímetro do que as metodologias modernas milimétricas. Mas a utilização de ferramentas comuns de campo, torna-a reconhecida como uma metodologia útil que tem no seu desenvolvimento um erro tolerável.

Assim, procedemos para marcar o primeiro ponto, este ponto deve ser fornecido com valores X, Y, Z; por isso é necessário medir a altura deste e dar-lhe o valor de 0.000, este *Ponto 1* será o nosso ponto de origem, a partir dele, vamos medir a distância entre os diferentes seguintes pontos que queremos tomar, utilizando o medidor de distância laser ou uma fita métrica.

5.4.2- Estação total

Captura de dados para fotogrametria terrestre, é possível capturar pontos georreferenciados com uma estação total, este dispositivo eletrônico funciona através de um medidor de distância que calcula e um microprocessador que processa as informações obtidas desde a primeira em referência a um teodolite eletrônico.

A seleção de pontos é preferível a ser tomada por 2 técnicos para acelerar o trabalho e diversificar as tarefas, desta forma, um é responsável por tomar pontos com o recetor móvel, enquanto outro cuida do recetor fixo.

A estação como elemento fixo, emite um sinal ao elemento móvel que é o prisma circular para facilitar a receção do sinal e o retorno deste à própria estação.

Uma vez que o caminho correto do sinal tenha sido alcançado, a estação quantifica o tempo decorrido entre a ida e a volta deste sinal e com base nesse tempo quantifica a distância entre ambos os elementos, quantificando e localizando a localização exata da própria base da estação total, que atua como recetor.



Para realizar o procedimento corretamente, devem ser levados em conta diversos fatores que podem dificultar o trabalho, como as condições climáticas e, preferencialmente, sua operação por 2 operadores.

5.4.3- Dispositivo GPS

Um dispositivo GPS, é um dispositivo que recebe sinal de satélite recolhido por estações terrestres através de sinais eletromagnéticos para coordenar diferentes valores e localizar a sua localização, existem diferentes tipos de dispositivos GPS e a sua precisão pode variar de acordo com o seu preço.

O dispositivo para documentação topográfica GPS, tem uma antena que deve ser colocada no ponto em questão, isto funciona em conjunto com um Pda ou um portátil eletrónico, a precisão pode depender de fatores físicos ou climáticos que possam obstruir o sinal de transmissão ou receção, bem como pode variar dependendo do número de satélites que podem ser captados.

5.4.4- RTK

O sistema de captura de coordenadas RTK, provém de um diminutivo de Real Time Kinematic, este sistema pode funcionar com os diferentes navegadores de sinal, como o europeu Galileo ou o famoso GPS, por isso fornece informações em tempo real sobre o estado das coordenadas.

É necessário para o bom funcionamento do equipamento e para a obtenção dos melhores resultados possíveis, a ligação ao sistema de localização através de pelo menos três satélites, a fim de coordenar as distâncias entre os diferentes satélites. O sistema utiliza o dispositivo RTK como um recetor da estação de base que se conecta com diferentes unidades móveis que comparam as suas distâncias e triangulam com a estação base, este sistema utiliza modems UHF entre outros sensores para capturar a informação em tempo real.

O sistema de recolha de dados com RTK tem uma taxa de erro inferior a 1%, respetivamente 1 centímetro \pm 2 ppm horizontalmente e 2 centímetros \pm 2 ppm verticalmente.

5.4.5- Drone

Dentro da técnica fotogramétrica aérea devemos distinguir vários aspetos em relação à georreferenciação, uma vez que pela própria natureza da fotogrametria aérea esta disciplina será um dos seus principais pontos de apoio à obtenção de resultados sub-centimétricos na captura de grandes superfícies.

Por isso, prestaremos especial atenção a vários aspetos de interesse que são feitos durante a missão de captura de dados, tais como: O modelo de drone, tipo de voo ou a

utilização de pontos de controlo georreferenciados físicos ou posteriormente implementados no modelo como pontos de referência.

- **Modelo de drone:** Por regra geral, os drones podem obter bons resultados na captura de dados independentemente do seu modelo. Os drones mais modernos estão equipados com uma maior tecnologia, como os seus próprios modos de voo, sensores de colisão ou melhores câmaras, que são de grande interesse para a realização da ciência fotogramétrica. Entre as melhorias que um drone moderno pode possuir é a georreferenciação das imagens capturadas, cada imagem captada pela missão de voo será atribuída com as coordenadas em que o drone estava no momento da captura, esta ferramenta que fornece a cada imagem com certas coordenadas, ajudará a realizar a operação com a maior precisão possível do percurso, para além de processos futuros à composição do modelo nas primeiras fases, como o alinhamento de fotografias, ordenando de forma mais eficaz e rápida as imagens submetidas ao processamento de dados de acordo com as suas coordenadas. Caso o próprio drone gere coordenadas nas suas fotos e localização de GPS, deve atentar-se ao tipo destas, porque usá-las no programa de criação e gestão de nuvem de pontos pode gerar um erro que não torna viável a elaboração do produto tridimensional.
- **Tipo de missão de voo:** Muitos drones atuais vêm com opções de voo predefinidas, tais como pontos de interesse ou rastreio de alvos ou fotografias 360º, que podem ser úteis para trabalhos de manutenção e controlo, usando o drone como uma ferramenta de trabalho multiusos, também é possível adicionar maior valor com a utilização de um software de controlo especializado em missões, este tipo de software utilizado em terminais móveis, como smartphones ou tablets, utiliza a geolocalização obtida pelo próprio dispositivo de controlo que está ligado ao comando, para funcionar como um gerador de sinal GPS do próprio piloto como recetor de sinal GPS do drone. Este tipo de programa utiliza aplicações de mapeamento para orientar as rotas e missões atribuídas ao drone, concordando com perímetros, distâncias e rotas dentro das áreas sujeitas ao processo de captura de dados.
- **Pontos de Controlo Físico:** Para adicionar maior precisão à captura de dados para a sua implementação em melhores resultados nos seguintes processos, podem ser tomadas coordenadas precisas através de dispositivos topográficos e sinalizadas nele através de vários elementos como alvos. Uma vez realizados os primeiros processos de trabalho de escritório, gerando dados, as referidas marcas são procuradas visualmente dentro da nuvem de pontos e através das ferramentas fornecidas pelo programa, são selecionadas as diferentes posições para lhes dar os valores das coordenadas extraídas anteriormente; uma vez que



as coordenadas correspondentes tenham sido atribuídas às suas posições, o processo de alinhamento deve ser repetido, para corrigir o erro que pode ter sido capturado durante a amostra de nuvem de ponto anterior.

- **Pontos de Referência Digital:** Os programas de gestão da nuvem de ponto têm várias ferramentas, como a vista anteriormente para corrigir e aplicar alterações precisas no modelo com a maior confiança possível; depois de gerar a nuvem de pontos, o utilizador pode selecionar ou criar pontos homólogos que não teriam sido recolhidos através de uma marcação visual destes em todas as fotografias que aparecem, este ponto será dotado de maior precisão nas coordenadas dentro da nuvem de pontos, quando o processo de implementação das alterações e correções for reiniciado.

5.5- Trabalho de Escritório de Georreferenciação

Após a obtenção dos dados físicos, quer por pontos de controlo, imagens ou ambos os casos, os dados devem ser submetidos a vários processos para poderem conceder valor, podendo realizar-se graças às referidas coordenadas através da sua implementação em diferentes programas, diferentes ações de georreferenciação e concretização dos resultados nos recursos 2D e 3D que pretende criar com o seu apoio.

O desenho assistido por computador é um dos principais usos das coordenadas, para criar documentação bidimensional do terreno capturado, muito útil para a criação de planimetria e mapeamento.

O avanço tecnológico significa que graças a vários programas e disciplinas como a fotogrametria, estas coordenadas podem ser implementadas ou obtidas de diferentes formas. Ser capaz de georreferenciar imagens que foram tiradas sem qualquer valor, ou fornecer valor geográfico a vários pontos que podem compor a nuvem de pontos de um recurso fotogramétrico tridimensional, entre outras opções.

Podemos encontrar vários programas de fotogrametria que nos permitem fornecer as imagens com coordenadas, esta ferramenta é usada por um grande número de programas profissionais como Pix4D, Metashape ou Reality Capture, através dos quais as coordenadas implícitas podem ser incluídas nas próprias fotografias desde o primeiro momento de processamento, como é o caso das fotografias capturadas por missões com drones.

É possível, utilizando uma ferramenta simples semelhante a um bloco de notas com tabelas em branco, inserir os valores anotados ou digitalmente documentados na aquisição de dados do terreno. Este processo é aplicável tanto a fotografias como a uma seleção de pontos.

Em caso de ter inserido no programa fotografias já georreferenciadas, o programa começará a trabalhar com estes valores, escalando o modelo de acordo com as



proporções que os pontos de controlo marcam entre si em termos da distância em contrário, se algum tipo de processo tiver sido realizado e a inserção manual das coordenadas no programa for realizada, os processos devem ser novamente efetuados para ajustar os valores de acordo com o ajustamento fornecido pelas coordenadas, obtendo um modelo tridimensional dimensionado e orientado.

5.6- Georreferenciação com o Google Earth

Um dos métodos mais acessíveis para georreferenciar um projeto é o uso de aplicações do Google Earth ou Maps. Embora tenhamos aconselhado a utilização do sistema europeu de georreferenciação ETRS89, o Google Earth apenas funciona com coordenadas geográficas de latitude/longitude WGS84 baseadas no sistema GPS. É um sistema global que gere *datum* globais e estima um cálculo de erro inferior a 20 m.

6. Anexos

Georreferenciar: Processo pelo qual um elemento é dotado de coordenadas dentro de uma entidade cartográfica ou espacial onde a sua localização exata é conhecida e marcada.

Escalar: Processo pelo qual um elemento com as suas próprias medidas e volumes é submetido a uma correção de medidas e volumes superiores ou inferiores, até que o resultado desejado seja alcançado.

Orientar: Processo pelo qual um elemento é enquadrado no espaço em direções e parâmetros específicos.

Geotecnia: Ciência que estuda a mecânica dos solos.

Coordenadas: Referências, dotadas com valores numéricos que marcam elementos de interesse dentro de sistemas de mapeamento, referenciação ou modelo tridimensional.

Datum: Sistema de coordenadas abstrata com uma superfície de referência (como geoide, elipsoide, nível do mar) que serve para fornecer locais conhecidos para iniciar pesquisas e criar mapas

SIG (GIS): Abreviação para Sistema de Informação Geográfica (*Geographical Information System*), são ferramentas eletrónicas integradas em software que facilitam o trabalho em dados geográficos.

Ortomosaico: Produto obtido através da retificação e correções visuais de distorção geométrica aplicada a um modelo tridimensional a partir do qual foi possível obter um mosaico contínuo que compõe uma única imagem.



Levantamento: Refere-se ao levantamento topográfico, em referência ao conjunto de atividades de recolha geográfica de dados, datum-coordenadas que podem ser aplicadas neste processo juntamente com as suas metodologias e a utilização de ferramentas especializadas.

Sistema de navegação: Refere-se à geolocalização por satélite de um elemento através da troca de gamas de sinais de qualquer zona do planeta que esteja localizado num ponto da litosfera, hidrosfera ou ambiente aéreo.

Pontos de controlo: Pontos dotados de coordenadas usadas para orientar e escalar o modelo tridimensional obtido pela ciência fotogramétrica.

Pontos de controlo em Alvos: Elementos físicos portáteis que podem ser reutilizados ou não, onde as coordenadas desse ponto são marcadas in situ por ferramentas especializadas.

Pontos de Controlo Naturais: Estes são pontos de controlo que ajudarão a escalar e orientar o modelo, mas que são obtidos tomando e fornecendo elementos de coordenadas que compõem o próprio modelo, como uma pedra singular ou o topo de uma construção.

Ruído: São elementos que não foram capturados em bom estado porque não foi realizado um trabalho de campo correto, ou são elementos que não interessam para a composição do modelo, mas que aparecem em segundo plano na imagem. Estes podem aparecer como manchas soltas, protuberâncias, deformações, etc.

Curvas de nível: São linhas que se ligam locais com os mesmos valores dentro de um plano. Dentro dos estudos que podem ser realizados ao modelo fotogramétrico, podemos encontrar temperatura ou altitude.

Histogramas: Representação de dados sob a forma de um diagrama de barra que dá grande informação sobre o modelo.

Medidor de distância a laser: Ferramenta eletrónica presente em vários formatos, independente e integrada noutras ferramentas, lança um raio laser visível com o qual mede a distância a que está a ser apontado.

Drone: Aparelho aéreo não tripulado, operado a partir do solo.

Missão de Voo: Conjunto de elementos que compõem um voo automático pré-estabelecido, como a rota, altitude, número de fotografias a serem tiradas, velocidade ou tempo de realização.



7. Entregáveis

O aluno deve ser submetido a um questionário. Cada questão tem 3 opções, onde apenas 1 está correta.

8. O que aprendemos?

O aluno obteve os conhecimentos básicos sobre coordenadas e tipo de coordenadas usadas na georreferenciação moderna, além de aprender sobre diferentes ferramentas com variação preço/resultados que são possíveis de usar para fazê-la e ser capaz de fornecer realismo geométrico e tipológico ao modelo 3D.