

**X - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS
X - COBREAP**

**USO DE GPS (GLOBAL POSITIONING SISTEM) COMO FERRAMENTA NA ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES – POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO PRECISO DE IMÓVEIS**

Autor : Coelho, Mauro Celso Vicente
Engenheiro Civil e Segurança
CREA/SP – 060.104.352.6
Rua Tonelero, 790 – CEP 05056-001 – São Paulo – SP
Tel (0xx11) 263-7755 – Fax (0xx11) 3871-4179
E-mail – macel@zaz.com.br

RESUMO DO TRABALHO

No desenvolvimento dos trabalhos de engenharia de avaliações uma questão de fundamental importância é a localização precisa do imóvel que se está avaliando bem como dos elementos que se pretende utilizar como comparativo.

Em determinadas circunstâncias tal mister nem sempre é alcançado com facilidade, pois frequentemente depara-se com uma série de dificuldades como, inexistência de mapas, ou existentes porém fora de escala, falta de sinalização nas vias dificultando a locação dos elementos na planta.

Tal barreira pode ser resolvida com facilidade com o uso de um simples e acessível equipamento manual de navegação do tipo GPS?

A sigla GPS, significa : Global Positioning Sistema, tratando-se de um sistema de rádio navegação, baseado em satélite, desenvolvido e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. O GPS permite a usuários terrestres, marítimos ou aeronáutico a determinação de sua posição tridimensional, que é convertida para coordenadas geodésicas de latitude e longitude.

Enfim, fazendo uso dos recursos oferecidos pelos equipamentos de GPS, torna-se facilitada uma série de tarefas da engenharia de avaliações, que resumidamente podemos elencar:

- ENCONTRANDO O IMÓVEL AVALIANDO

As empresas de Telecomunicações, de águas, eletricidade, e outras, já há muito fazem constar de seus levantamentos topográficos algumas referências com relação à coordenadas geodésicas (latitude e longitude). Programa-se a coordenada de destino, e, acionada a rotina de navegação, o aparelho nos fornece a direção a seguir e a distância que nos encontramos do ponto alvo.

- DEMARCANDO A POSIÇÃO DOS COMPARATIVOS

As anotações das coordenadas feitas à frente de cada imóvel utilizado como referência, para posterior localização em mapa ou tratamento direto com cálculos de distâncias..

- DEMARCANDO PONTOS DE REFERENCIA PARA PROPICIAR CALCULO PRECISO DE DISTÂNCIAS À POLOS DE VALORIZAÇÃO (REGIÕES CENTRAIS) OU VIAS DE ACESSO

As hipóteses são inúmeras e dependendo unicamente da intenção do engenheiro avaliador, como por exemplo: utilização de distância à polo, distância à eixo de valorização, etc, em especial quando trabalhamos com determinação de modelos matemáticos por técnicas de econometria.

ABSTRACT OF WORK

In the development of the works of engineering of evaluations a question of basic importance is the necessary location of the property that if this evaluating as well as of the elements that if it intends to use as comparative.

In determined condition such necessity nor always it is reached with easiness, therefore frequently it is come across with a series of difficulties as, absent of maps, or existing however it are of scale, lack of signalling in the ways making it difficult the location of the elements in the plant.

Such barrier can be decided with easiness with the manual equipment use simple and accessible of navigation of type GPS?

Acronym GPS, means: Global Positioning System, being about a system of radio navigation, based on satellite, developed and operated for the Department of Defense of the United States of America. The GPS allows to the terrestrial, maritime users or aeronautical the determination of its three-dimensional position, that is converted

At last, making use of the features offered for the GPS equipment, one becomes facilitated a series of tasks of the engineering of evaluations, that synthetize we can list:

□ FINDING the PROPERTY EVALUATING : the companies of Telecommunications, of waters, electricity, and others, already have very make to consist of its topographical surveys some reference with relation to the geodesic coordinates (latitude and longitude).

It of destination is programmed coordinate, and, defandant the navigation routine, the device in supplies the route to them to follow in the distance and that in we find them of the white point.

□ DEMARCATING THE POSITION OF THE COMPARATIVE DEGREES

The notations of the done coordinates to the front of each used property as reference, for posterior location in map or direct handling with calculations of pitches.

□ DEMARCATING REFERENCE POINTS TO PROPITIATE I CALCULATE NECESSARY OF PITCHES TO THE POINTS OF VALUATION OR WAYS OF ACCESS

The hypotheses are innumerable and depending solely on the intention on the engineer appraiser, as for example: use of pitch to polo, pitch to the valuation axle, etc, in special when we work with determination of mathematical models for econometry

CURRICULUM VITAE

MAURO CELSO VICENTE COELHO, engenheiro Civil e de Segurança formado pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie (1.981), membro titular do IBAPE - INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (EM 1.991 / 92, INTEGRADO À CÂMARA DE VALORES), sócio diretor da empresa PERITENG ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS S/C LTDA (CREA/SP: 039.313-4), atuando no ramo de perícias e avaliações desde o ano de 1983, onde iniciou no escritório do Eng. Irineu Vicente Coelho, já tendo atuado como Perito Judicial em inúmeras Varas Cíveis de Comarcas da grande São Paulo, Assistente técnico de instituições como : Cia do Metropolitano de São Paulo, Telesp – Telecomunicações de São Paulo, Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo e diversos escritórios de advocacia, já tendo realizado aproximadamente 2.000 laudos entre avaliações de imóveis residenciais, comerciais e industriais, engenharia econômica de empreendimentos - Shopping Center; calculo de locativos residenciais e não residenciais para fins de revisão ou renovação de contratos, avaliações em massa com uso de estatística inferencial, através do programa REGRE, perícias e análise de anomalias construtivas. Autor da planilha PC_REG - Lotus 123, desenvolvida para avaliação de imóveis por inferencia estatística, programa este apresentado em palestra proferida no Ibape em 13/10/92

1) PRELIMINARES

No desenvolvimento dos trabalhos de engenharia de avaliações, constitui-se numa questão de fundamental importância a localização precisa do imóvel que se está avaliando, bem como dos elementos que utilizamos como comparativo.

Um correto posicionamento geográfico é fundamental na determinação precisa de valores fiscais, restrições de uso, recuos especiais, enfim, elementos que devem ter sua influência verificada e que dependem essencialmente da perfeita locação dos dados coletados no campo em mapas ou plantas.

Na aplicação de metodologia científica, ou estatística inferencial, constantemente utilizam-se as distâncias como forma de variável independente, na tentativa de expressar a variação do valor de mercado em função de longevidade à pólos de valorização (centros), ou linhas representadas por avenidas, praia, etc.

Nas cidades mais importantes, dispomos de farto material cartográfico, guias, mapas, etc, com as ruas, em via de regra bem sinalizadas, com indicação de sua denominação a cada esquina, tornando, desta forma, a localização dos elementos pesquisados uma tarefa bem fácil, bastando a elaboração de simples croquis indicativo das vias posicionadas antes e depois do local.

Em outras localidades, no entanto, tal mister nem sempre é alcançado com facilidade, pois freqüentemente depara-se com uma série de dificuldades, como podemos exemplificar:

- Muitas cidades não possuem planta, total ou parcial, dificultando, muitas vezes, até a localização do próprio bem avaliando;
- Outras, pode-se adquirir mapas ilustrativos das vias, que, porém são elaborados sem escala;
- Em pesquisa no entorno do imóvel para coleta de amostras comparativas, nos deparamos com ruas que não possuem indicativo de nome, dificultando posterior marcação dos locais das mesmas em mapa;
- Em avaliações rurais, mostra-se igualmente dificultosa a marcação de sua localização em mapas, exigindo muitas vezes, o uso da rudimentar e impreciso da marcação do odômetro do veículo.

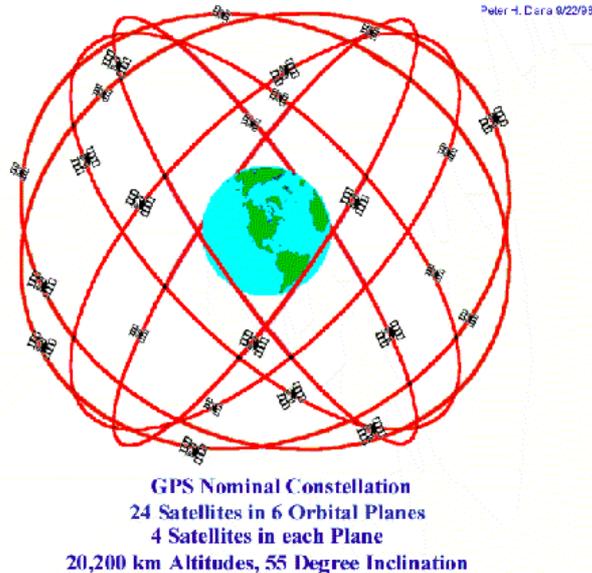
Vejamos como podemos resolver esta questão com o uso de um simples e acessível equipamento manual de navegação do tipo GPS?

2) O QUE É UM GPS?

A sigla GPS, significa : *Global Positioning Sistema*, tratando-se de um sistema de rádio navegação, baseado em satélite, desenvolvido e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. O GPS permite a usuários: terrestre, marítimo ou aeronáutico, determinar sua posição tridimensional, velocidade e horário, 24 horas por dia, sob qualquer condição climática e em qualquer local do mundo, com uma precisão e acurácia muito melhor do que qualquer outro sistema de rádio navegação disponível hoje.

O sistema GPS consiste de três componentes:

- **Componente Espacial:** São 24 satélites operacionais em 6 órbitas circulares à 20.200 km acima da terra com um ângulo de inclinação de 55 graus e um período de 12 horas. Os satélites estão em órbitas espaçadas de tal forma que em qualquer momento, pelo menos 6 satélites estarão visíveis ao usuário, em qualquer lugar do mundo. Os satélites transmitem continuamente ondas de rádio com informações sobre posição e horário para usuários em qualquer lugar do mundo.



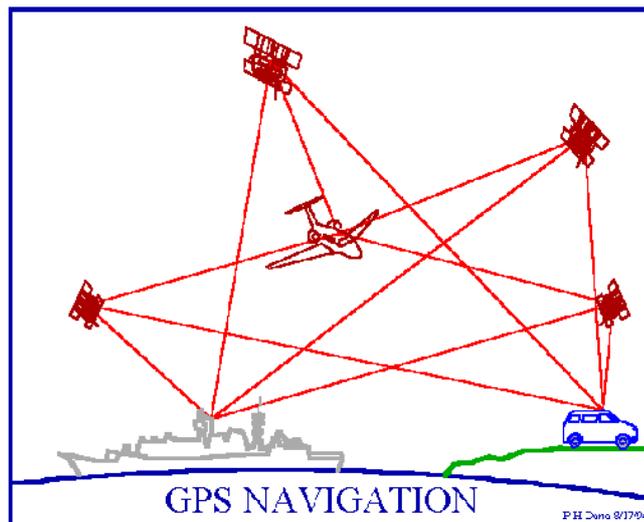
- Componente de Controle:** Todos os 24 satélites são controlados pelo Segmento de Controle em Terra. Este controle é feito por uma estação *Master*, localizada no Colorado, nos Estados Unidos. Essa é responsável por monitorar o rastro dos satélites com o auxílio de 5 estações de monitoramento espalhados pela Terra, processando todos os dados e então enviando a correção e sinais de controle para os satélites. O segmento de controle monitora a performance total do sistema, corrige posições do satélite e reprograma o sistema com o padrão necessário;

A determinação desse número de satélites circulando o globo, mais os planos de órbita dos satélites, junto com a estrutura de comando e controle, faz com que o GPS assegure que um número mínimo de 4 satélites sempre esteja disponível para oferecer, seja de dia ou de noite, em qualquer lugar da superfície da Terra, uma posição precisa de determinado objeto (através de um receptor - um GPS Receiver). O mesmo aspecto de precisão espacial com o mínimo de recurso necessário oferecendo uma informação segura, é assegurado na localização de cada estação de monitoramento, assegurando a posição exata de cada satélite, supervisionando-o a todo momento

Estes dois fatores são necessários para assegurar uma precisão tridimensional na determinação da posição - localização geográfica.
- Componente do usuário:** Consiste dos GPS *Receivers*, aparelho que converte os sinais dos satélites em posição, velocidade, e tempo estimado. Quatro satélites, no mínimo, são requeridos para computar as quatro dimensões: x , y , z (posição) e t (tempo).

O conceito da operação GPS é baseado na distância do satélite. O usuário determina sua posição na terra medindo a distância que se encontra do grupo de satélites no espaço. Os satélites atuam como pontos precisos de referência.

Cada satélite GPS transmite um sinal acurado de posição e horário. O receptor do usuário mede o tempo que o sinal demora para atingir o receptor; que é a medida direta da distância exata em relação ao satélite. Medidas coletadas simultaneamente de 4 satélites são processadas para determinar as 4 dimensões de posição (X , Y , Z) e o horário.



3) COMO O GPS É USADO?

O receptor GPS recebe sinais dos satélites visíveis. Eles mostram a posição, a velocidade e o horário do usuário conforme necessidade de seu uso terrestre, marítimo ou aeronáutico. Alguns mostram dados adicionais como a distância e direção para pontos demarcados (Waypoints) ou mapas digitais.

4) O QUE AFETA A EXATIDÃO DO GPS?

O GPS oferece dois modos de operação, um mais simples para usuários civis comuns (SPS – Sistema de posicionamento Standard) e outro mais preciso de uso reservado(PPS – Sistema de posicionamento preciso).

Mesmo no SPS, o resultado final da exatidão do GPS pode ser alterado por diversas fontes de erros. A contribuição de cada fonte pode variar dependendo das condições atmosféricas e do equipamento.

Além do mais, a exatidão do GPS pode ser de propósito degradada pelo Departamento de Defesa utilizando um modo operacional chamado "Disponibilidade Seletiva" ou S/A", no intento de negar às forças militares hostis as vantagens táticas do posicionamento pelo GPS.

A ionosfera e atmosfera da terra causam atrasos do sinal do GPS, o que podem traduzir-se em erros de posição. Alguns desses erros podem ser eliminados com matemática e modelagem.

Sabemos que o sinal refratado na ionosfera é inversamente proporcional ao quadrado de suas frequências. Isto significa que a alta frequência oferece uma menor refração, induzindo um erro menor no cálculo da distância real.

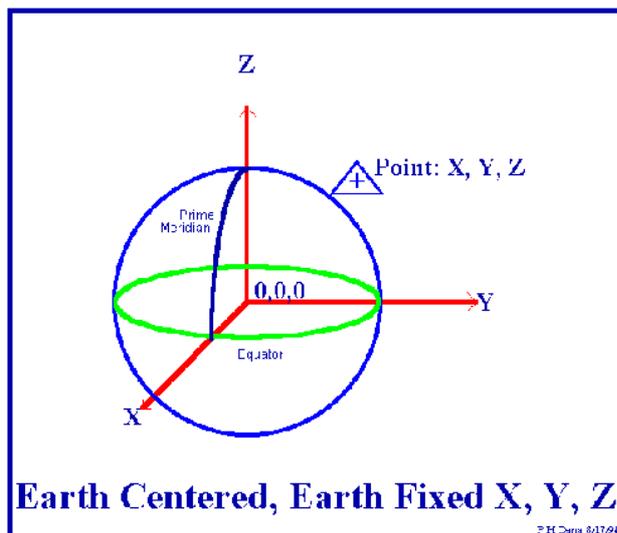
Os satélites GPS transmitem em duas frequências UHF diferentes, 1.575,42 MHz e 1.227,60 MHz, onde cada frequência será afetada (refratada) de forma diferente pela ionosfera e pela atmosfera em suas diversas camadas - evitando problemas de distorção de distância para uma aeronave que está a 40.000 pés de altitude ou para um navio que está em alto-mar ou um carro no deserto; condições diferentes e sinais de satélites que atravessam variável número de camadas sujeitas a refração.

Comparando a distorção entre as duas frequências, o valor da distorção da ionosfera pode ser calculado diretamente. Conhecendo o valor da distorção que foi induzida, o fator de correção é introduzido no sistema e efetivamente é corrigido o erro de propagação na ionosfera, levantando a distância real em relação ao satélite.

Para a presente aplicação, no entanto, a margem de erro média verificada, se mostra plenamente satisfatória para enquadramento dos imóveis em planta e cálculo de distâncias.

5) COMO UTILIZAMOS O GPS NA ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES

Na prática o dado que nos interessa é a obtenção, com precisão satisfatória, do posicionamento dos imóveis, da indicação, ou seja, a posição XYZ que é convertida para coordenadas geodésicas de latitude e longitude.



Vale aqui deixar consignado as definições do significado correto dos termos Latitude e longitude, ou vejamos:

LATITUDE : É o ângulo vertical formado no centro do geóide entre os planos do equador e a vertical que contém sua posição variando de 0° a 90° Norte ou de 0° a -90° Sul.

LONGITUDE : É o ângulo horizontal formado também no centro do geóide entre um meridiano (perpendicular ao equador) que passa no limbo do telescópio do observatório de Greenwich e o meridiano (também perpendicular ao equador) que passa pela nossa posição. A longitude varia de 0° (Greenwich) a $+180^{\circ}$ para leste ou a -180° para oeste, indo até uma linha no oceano Pacífico que denominamos de antimeridiano de Greenwich.

Enfim, fazendo uso dos recursos oferecidos pelos equipamentos de GPS, torna-se facilitada uma série de tarefas da engenharia de avaliações, que resumidamente podemos elencar:

- **ENCONTRANDO O IMÓVEL AVALIANDO**

As empresas de Telecomunicações, de águas, eletricidade, e outras, já há muito fazem constar de seus levantamentos topográficos algumas referências com relação à coordenadas geodésicas (latitude e longitude).

Assim, dirigir-se à uma destas áreas para vistoria, tarefa que muitas vezes tornava-se quase que impossível, por falta de denominação de nomes de estradas e referências físicas, com o uso do GPS e seus recursos de navegação, o trabalho fica bem simplificado.

Programa-se a coordenada de destino, e, acionada a rotina de navegação, o aparelho nos fornece a direção a seguir e a distância que nos encontramos do ponto alvo.

- **DEMARCANDO A POSIÇÃO DOS COMPARATIVOS**

Ao iniciarmos a vistoria rumo ao encontro de comparativos segue-se com o aparelho ligado, pois freqüentemente pode-se demorar alguns minutos para o GPS captar o mínimo de quatro satélites e estar apto para informar as coordenadas de onde nos encontramos.

As anotações das coordenadas são feitas à frente de cada amostra candidata a ser utilizada como referencia, podendo-se, inclusive, fazer uso dos recursos dos equipamentos que permitem a memorização dos pontos.

- **DEMARCANDO PONTOS DE REFERENCIA PARA PROPICIAR CALCULO PRECISO DE DISTÂNCIAS À POLOS DE VALORIZAÇÃO (REGIÕES CENTRAIS) OU VIAS DE ACESSO**

Se a planta que dispomos do bairro ou cidade, já consta as coordenadas de latitude e longitude, a plotagem das localização demarcadas em campo é feita com facilidade, podendo-se posteriormente extrair informações diversas, como distâncias, bairros, etc.

Porém se não dispomos de planta ou então esta não é tecnicamente confiável (sem escala) ou até por falta de indicação das coordenadas, podemos registrar pontos para serem utilizados como referencia de distância, para determinação precisa desta variável em modelo de estatística inferencial.

As hipóteses são inúmeras e depende de decisão do avaliador, como por exemplo:

- Distância à polo: Muitas vezes valores apresentam alteração de valor conforme nos aproximamos da região central do município. Neste caso, podemos extrair, por exemplo, a coordenada de uma praça central e obter, no próprio aparelho GPS, as distancias de todos os comparativos à este ponto de referencia.
- Distância à Eixo : Algumas vezes nos deparamos com a valorização dependendo de uma distância à uma avenida ou praia, e, na região em estudo tal eixo de valorização pode ser expressa por um segmento de reta. Neste caso basta a obtenção das coordenadas de dois pontos espaçados para termos definida a equação da reta, que facilmente permitira a determinada das distâncias mínimas de cada comparativo à esse segmento.

6) EXEMPLOS SIMPLES DE APLICAÇÃO

Os aparelhos de GPS possuem capacidade de armazenamento de inúmeros pontos (Ex o GPS II da Garmin armazena 250 pontos), sendo possível a leitura de distancias entre quaisquer pontos diretamente no display do mesmo.

De qualquer forma, se pretendermos operar numericamente com as coordenadas, o melhor e mais pratico é fazermos uso do sistema UTM (*UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID*), onde as coordenadas já estão expressas no sistema métrico, podendo-se operar cálculos de distâncias, determinar equação de polos de valorização em segmentos de reta, etc.

No primeiro exemplo, pretendemos calcular as distâncias entre elementos comparativos com relação à um polo de valorização representado por um ponto.

1º EXEMPLO – DISTANCIA A PONTO

POLO DE VALORIZAÇÃO

Praça Panamericana

Coordenada (UTM) :

X = 325.592,62

Y = 7.394.156,76

As coordenada UTM dos comparativos são:

PONTO	Xn	Yn
P01	325870,1	7393863,18
P02	326248,2	7393692,39
P03	326173,4	7394045,02
P04	326433,4	7393854,69
P05	326616,1	7393956,65
P06	325000,8	7394559,1
P07	324657,5	7394337,32
P08	325357,7	7394634,72
P09	325243,8	7395172,59

FORMULAÇÃO – DISTANCIA PONTO A PONTO

$$D = ((X_n - X)^2 + (Y_n - Y)^2)^{0,5}$$

Para os pontos acima temos:

	DISTANCIA
P01	403,93
P02	803,36
P03	591,42
P04	893,41
P05	1.042,86
P06	715,64
P07	952,38
P08	532,59
P09	1.074,05

2º EXEMPLO – DISTANCIA A RETA

Nesse exemplo, tomamos uma avenida como polo de valorização, sendo a mesma em linha reta, encontraremos sua equação com a tomada de dois pontos. Posteriormente, os comparativos terão calculadas a menor distância à reta, através de formulas de derivada, assim:

POLO DE VALORIZAÇÃO = AV. IBIRAPUERA

P1 = AV IBIRAPUERA X RUA EUCALIPTO

P2 = AV IBIRAPUERA X AV REPUBLICA DO LIBANO

COORDENADAS

	X	Y
P1	329777,1	7387922,21
P2	330761,6	7389087,55

A equação da reta que passa pelos dois pontos acima é determinada por minimos quadrados, a saber:

$$Y = aX + b = 1,183698 X + 6.997.565,69$$

Os comparativos apresentam as seguintes coordenadas UTM:

	Xn	Yn
E01	329632,2	7388178,52
E02	330033,4	7387831,19
E03	329605,8	7388354,57
E04	329955,6	7388370,14
E05	330591,5	7388159,35
E06	330253,8	7388276,73
E07	330576	7388321,04
E08	331040,7	7388515,06
E09	330868,2	7388820,47

A menor distancia entre um ponto e uma reta é definido pela coordenada X_i ; Y_i , calculada pelas formulas:

$$X_i = (X_n + a \cdot Y_n - b \cdot a) / (1 + a^2)$$

$$Y_i = X_i \cdot a + b$$

Para os pontos acima temos os seguintes valores de X_i ; Y_i e as respectivas distâncias calculadas, a saber:

	Xn	Yn	Xi	Yi	DIST
E01	329.632,18	7.388.178,52	329.843,10	7.388.000,33	276,12
E02	330.033,40	7.387.831,19	329.838,97	7.387.995,44	254,52
E03	329.605,83	7.388.354,57	329.918,92	7.388.090,07	409,86
E04	329.955,55	7.388.370,14	330.072,24	7.388.271,56	152,76
E05	330.591,52	7.388.159,35	330.233,19	7.388.462,07	469,09
E06	330.253,77	7.388.276,73	330.150,39	7.388.364,07	135,33
E07	330.575,95	7.388.321,04	330.306,41	7.388.548,75	352,85
E08	331.040,65	7.388.515,06	330.595,59	7.388.891,05	582,62
E09	330.868,18	7.388.820,47	330.674,32	7.388.984,24	253,78

7) OBSERVAÇÕES FINAIS

Convém lembrar que os aparelhos de GPS, em geral, possuem a capacidade de fornecer as coordenadas tanto no sistema “latitude / longitude” quanto no sistema UTM.

Os exemplos acima são algumas possibilidades que se pode obter para calculo de distancias com utilização de coordenadas, existindo inúmeras outras formulações que podem ser utilizadas – distancia a múltiplos pontos, curvas, etc, inclusive tomada de distâncias diretamente no aparelho.

8) CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A consignação em laudo das coordenadas do imóvel avaliando, não consiste somente de um refino das informações prestadas no trabalho de avaliação, mas trata-se de um registro definitivo e técnico para caracterizar, com exatidão, o bem que esta sendo objeto de estudo, enterrando de vez as costumeiras informações inexatas que os avaliadores se vêm obrigados a constar de seus trabalhos, tal como: Rua sem denominação, ou, imóvel sem numero, ou, vizinho da casa numero xx, ou, em frente da rua tal, etc.

O fornecimento da latitude e longitude de um imóvel, permite que qualquer pessoa, de posse de um aparelho GPS, proceda à localização do mesmo com excelente grau de precisão.

Diretamente, com relação à técnica avaliatória, influi na qualidade do trabalho, visto que a exata localização dos elementos permite melhor precisão nos cálculos de distancia à pólos de valorização, com melhor acuraria nos modelos matemáticos quando da utilização da estatística inferencial.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- FREITAS, LUIS DA ENCARNAÇÃO DE, MONOGRAFIA DE FORMATURA- FATEC - SP
- FRENCH, GREGORY T.
ONWORD PRESS
UNDERSTANDING THE GPS
- GARMIN
MANUAL – GPS II
- KAPLAN, ELLIOT
ARTECH HOUSE, INC.
UNDERSTANDING GPS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS
- LAWRENCE LETHAM;
GPS MADE EASY : USING GLOBAL POSITIONING SYSTEMS IN THE OUTDOORS –
- L. CASEY LARIJANI;
HOW THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM CAN WORK FOR YOU

SITES NA INTERNET :

<http://wwwhost.cc.utexas.edu/ftp/pub/grg/gcraft/notes/gps/gps.htm/>
<http://ourworld.compuserve.com/homepages/wingps/history.htm>
<http://www.garmin.com/>
<http://www.microcad.com.br/gps/>
<http://www.gps.com.br>
<http://www.barretos.com.br/gps/>