

**TEORIA E CONCEITOS SOBRE A  
TRANSFORMAÇÃO DO REFERENCIAL  
GEODÉSICO PARA SIRGAS 2000**

**Superintendência de Geoprocessamento Corporativo  
Diretoria de Sistemas e Informação  
PRODABEL**

**Belo Horizonte 06 de abril de 2017**

# 1 - Contextualização Prefeitura de Belo Horizonte

A Prefeitura de Belo Horizonte mantém, por meio de banco de dados geoespacial corporativo, camadas de informações mapeadas sob diversos temas, como mapa urbano básico de Belo Horizonte, meio ambiente, transporte, limpeza urbana, saúde, planejamento urbano, patrimônio, entre outros. Dentre os temas, há diversas camadas, como por exemplo lote, endereço, trecho de logradouro, limites administrativos, bairros, imagens e fotos aéreas. Cada camada de informação possui um posicionamento geográfico, onde constam coordenadas com base em um sistema de referência espacial.

As camadas de informação mapeadas são normalmente disponibilizadas em bancos de dados, *desktops* e acessadas por meio de SIGs (sistemas geográficos de informações), *WebMaps* (Google Maps, por exemplo), sistemas ou outra aplicação. Os sistemas que consomem camadas geográficas podem utilizar os dados de forma espacializada e também como tabela alfanumérica para efetuar carga. O SIURBE e o GEOSIURBE são exemplos de sistemas da PBH que utilizam as duas formas da informação geoespacial.

A produção de camadas seja por meio de levantamento aerofotogramétrico ou de um SIG envolve o conhecimento da teoria em geodésia e cartografia. Toda camada produzida deve ter a atribuição de projeção, sistema de coordenada e referencial geodésico. Diante do exposto, este documento visa a apresentação de conceitos relacionados ao mapeamento cartográfico de forma a embasar e justificar a necessidade específica da PBH em relação à transformação geodésica.

## 2- Legislação

Para maior adequação à representação cartográfica de cada localidade cada país define seu referencial geodésico de forma a adequar da melhor maneira possível as informações mapeadas de acordo com o contexto local e global.

O IBGE, órgão responsável pela definição e manutenção do sistema geodésico brasileiro, definiu, por meio da Resolução da Presidência nº 1 de 2005, novo sistema de coordenadas para o Brasil, o SIRGAS 2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. Esta resolução definiu que o país teria um período de transição entre 2005 e 2015, aonde coexistiram como oficial o sistema SAD 69 (South American Datum) e o sistema Córrego Alegre em concomitância com o novo sistema de coordenadas, SIRGAS 2000. A partir de fevereiro de 2015 o SIRGAS 2000 passou a ser o sistema oficial exclusivo brasileiro.

### **3- Representação cartográfica: conceitos de projeções, sistema de coordenadas e datum**

Três principais conceitos sobre a representação cartográfica são fundamentais para o entendimento da transformação do referencial geodésico. São eles: projeção cartográfica, sistemas de coordenadas e datum (sistema de referência geodésico).

Cada camada georreferenciada, seja ela vetor (desenho) ou imagem, possui um sistema de referência geodésico, projeção e sistema de coordenadas de forma a ser possível localizar exatamente cada posição na Terra.

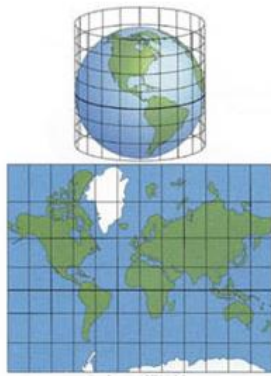
#### **3.1 Projeções cartográficas**

A projeção cartográfica compreende o método de representação da superfície terrestre (três dimensões) em um plano (duas dimensões). Dessa forma, cada ponto da superfície terrestre possui um ponto correspondente nas cartas.

O processo de representação de um objeto tridimensional em bidimensional necessariamente incorre em um determinado tipo de distorção. Na ausência de solução ideal para o “problema” cabe ao produtor das cartas definir o tipo de distorção que menos prejudica o seu objetivo, ou seja, o mapeamento da superfície. Assim, as projeções são subdivididas em três principais grupos:

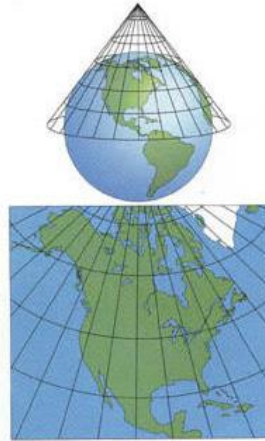
- conforme: manutenção da forma verdadeira das áreas representadas;
- equivalente: manutenção das áreas;
- equidistante: manutenção das relações entre distâncias dos pontos.

A projeção comumente utilizada para mapeamentos de grandes escalas (como é o caso da cartografia municipal) é a projeção Universal Transversa de Mercator. Nesta, a superfície utilizada para a projeção é um cilindro transversal (paralelo ao eixo de rotação da Terra) que permite o mapeamento de todas as longitudes.



Projeção Cilíndrica

Representação de áreas maiores da superfície.



Projeção Cônica

Representação de partes da superfície.



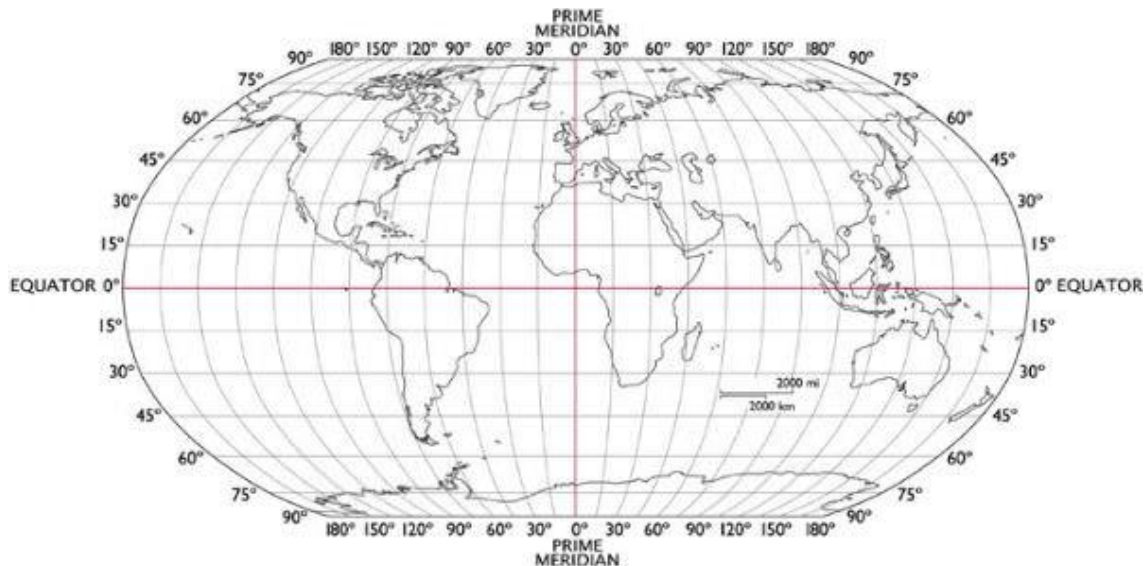
Projeção Plana ou Azimutal

Representação de regiões polares e na localização de países na posição central.

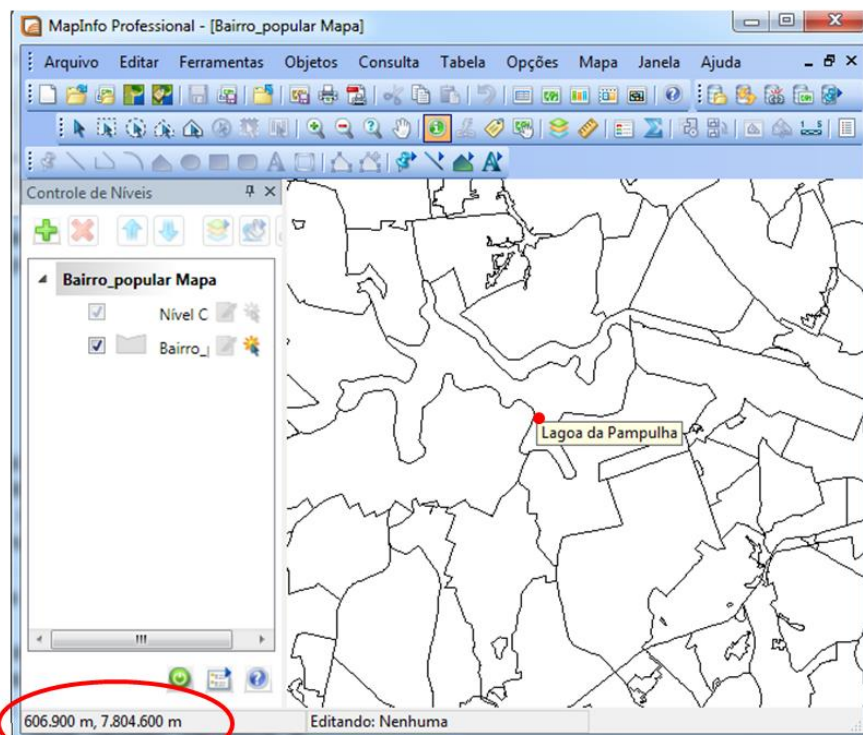
### 3.2 Sistema de coordenadas

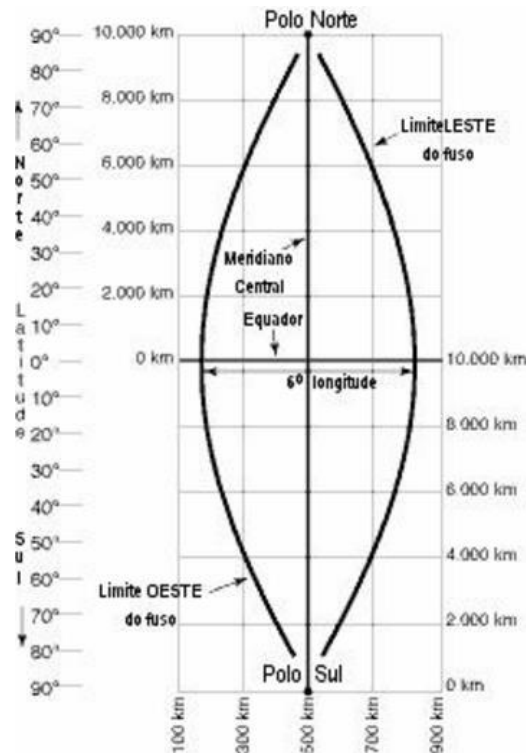
Os sistemas de coordenadas são modelos utilizados para expressar o posicionamento em uma superfície, permitindo a transcrição das informações dos levantamentos para os mapeamentos. Possibilitam a determinação inequívoca de localização de pontos na superfície terrestre, podendo ser geográfico, geodésico, cartesiano ou outro. Os Paralelos e Meridianos compõem o sistema de coordenadas geográfico, sendo os Paralelos círculos paralelos ao Equador, o qual divide o planeta nos hemisférios Norte e Sul; enquanto os meridianos são círculos máximos, perpendiculares ao Equador terrestre, dividindo o planeta em hemisférios Leste e Oeste.

A partir dos sistemas de coordenadas, a representação de um ponto da superfície terrestre pode ser, portanto, expressa por meio de um par de coordenadas. No caso do sistema de coordenadas geográfica, as coordenadas são expressas em graus, por meio da latitude e longitude. A latitude, consiste na distância em graus de qualquer ponto do globo em relação à Linha do Equador, enquanto a longitude, consiste na distância em graus de qualquer ponto em relação ao meridiano de Greenwich.



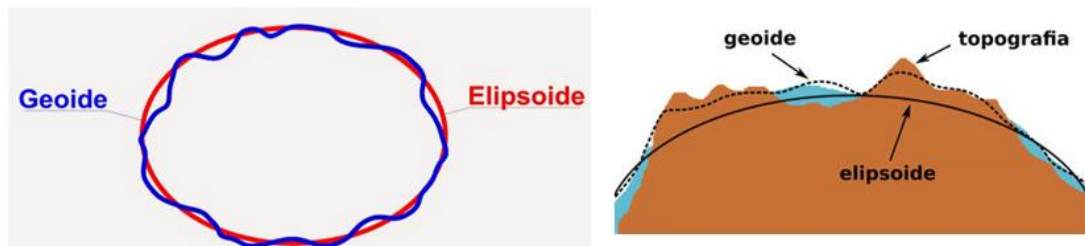
As coordenadas UTM são expressas a partir de dois eixos perpendiculares. Um dos eixos é a projeção do Meridiano Central do Fuso (a Terra é dividida em 60 fusos, cada um com 6° de longitude), enquanto o outro eixo coincide com a Linha do Equador. Na origem do fuso (interseção entre a linha do Equador e o meridiano central do fuso) é atribuído um sistema métrico de referência para atribuição das coordenadas x, y, com os valores 500.000 em relação à linha do Equador e 10.000.000 ao longo do meridiano central, a fim de evitar valores negativos. As coordenadas UTM são utilizadas como referência no mapeamento nacional devido à possibilidade de precisão de mapeamento de grande escala.





### 3.3 Datum

De forma simplificada, o datum (sistema geodésico de referência) pode ser entendido como o ponto de origem de um sistema para referência das coordenadas e está relacionado ao modelo matemático utilizado para representação da superfície terrestre. Isso ocorre pois a Terra não é uma esfera perfeita e por isso necessita de uma representação matemática simplificada para a representação da sua superfície (o elipsóide).



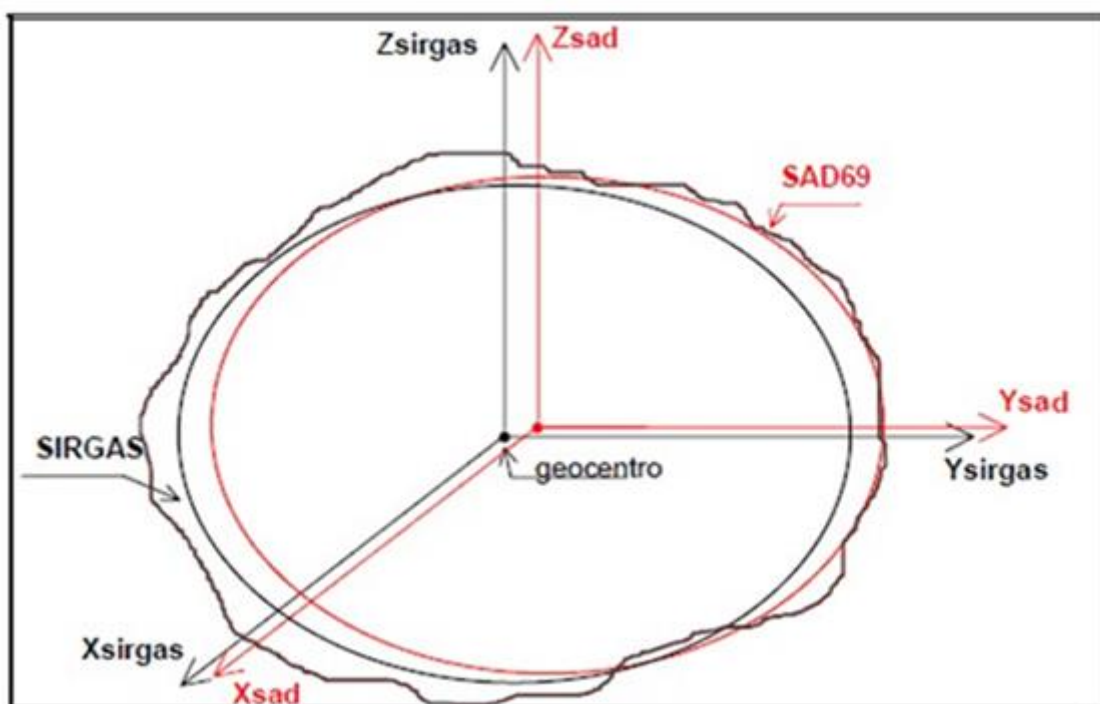
Uma vez que a superfície terrestre está sujeita a alterações (em função de fenômenos naturais como alteração no nível dos oceanos, soerguimento e erosão do relevo, entre tantos outros fenômenos), esse ponto de referência é alterado ao longo do tempo. Por esta razão, uma revisão periódica é necessária, para permitir mapeamentos com maior precisão.

Representar um ponto na superfície indicando apenas um par de coordenadas sem informar o datum é incompleto, pois para uma exata localização de um

ponto na superfície terrestre, é necessário indicar qual o sistema de origem foi utilizado.

Até o momento o datum utilizado pela Prodabel nos mapeamentos municipais foi o SAD69 (South American Datum, 1969). Trata-se de um datum local ou topocêntrico, ou seja, a origem do sistema está posicionada em um determinado ponto da superfície terrestre. Está adequado às necessidades de mapeamento do continente sul-americano, e isso equivale dizer que a sua utilização em outros continentes resultaria em mapeamentos distorcidos dessas superfícies.

O novo datum a ser utilizado será o SIRGAS2000, que consiste em um datum global, geocêntrico, ou seja, a origem do eixo de coordenadas coincide com o centro de massa terrestre.



#### 4 - Datum SAD69 X SIRGAS2000 - PBH

Conforme o IBGE, a motivação para a transformação geodésica está ligada à integração e compatibilização da cartografia com o padrão nacional adotado, bem como de outros países que utilizam sistemas compatíveis com o SIRGAS2000. A alteração pode parecer imperceptível em mapas de escala muito pequena, mas em mapeamentos cadastrais a diferença das coordenadas pode atingir a ordem de algumas dezenas de metros.

**Além da conhecida diferença de posicionamento entre os datums SAD69 e SIRGAS2000, há também uma questão específica relacionada à base de dados corporativa da PBH.**

A PBH, desde a década de 1970, realiza aerolevantamentos. A partir de 1989

começaram a surgir os primeiros produtos vetoriais em formato digital. A base vem sendo, portanto, atualizada constantemente pela Prodabel, realizando manutenções de forma periódica. Os dois últimos levantamentos ocorreram em 2007 e 2015.

Os levantamentos realizados em cada época na PBH utilizaram os recursos mais avançados disponíveis no momento, mantendo sempre o Padrão de Exatidão Cartográfica Classe A. Os aerolevantamentos realizados pela prefeitura de Belo Horizonte ao longo das últimas décadas foram, portanto, acompanhando o desenvolvimento tecnológico. Em 2007 e 2015, últimos aerolevantamentos realizados, além de incluídos novos elementos no mapa urbano básico do município (como quarteirões, lotes, trechos, entre outros), toda a base de dados foi atualizada em relação ao posicionamento geodésico para que elementos levantados por meio de uma determinada técnica tivessem posicionamento adequado com a nova tecnologia de GPS.

Os aerolevantamentos de 2007 e 2015 poderiam ter sido efetuados por meio da realização de um novo mapeamento municipal abrangendo toda a área municipal com a tecnologia GPS, mas isso equivale dizer que os levantamentos anteriores deveriam ser abandonados e não mais atualizados, o que aumentaria drasticamente os custos para a administração pública. A opção definida para as duas datas foi executar o levantamento somente para novos elementos, atualizando, assim a base existente e aumentando a precisão de posicionamento dos elementos pré-existentes.

O aerolevantamento de 2015 implicou no cumprimento de uma especificidade: a mudança do referencial geodésico brasileiro. Os elementos da atualização do mapeamento foram levantados em SIRGAS 2000 e o mapeamento pré-existente transformado de SAD 69 para SIRGAS 2000.

Considerando o exposto, ressalta-se que para a transformação das bases de dados geoespaciais corporativas (e todos seus subprodutos derivados) é necessária execução de procedimento específico, além da transformação clássica, para acréscimo de parâmetro estabelecido na PBH. Por esta razão, a conversão da base cartográfica municipal (e de todos os subprodutos dela derivados) não pode ser realizada com base somente em parâmetros de transformação disponíveis pelo IBGE de SAD69 para SIRGAS2000, ou seja, o processo deve ser customizado (vide *Manual Procedimentos SIG - Transformação Referencial Geodésico SIRGAS 2000*).

Todo o processo para atualização das bases de dados e dos referenciais geodésicos atendem as necessidades da PBH em termos de atualização cartográfica e adequação ao novo Datum SIRGAS 2000 e aprimora nossa precisão, por meio do uso da tecnologia GPS e manutenção do padrão de excelência cartográfica: classe A.