

## **IMPLANTAÇÃO DE OBRAS EM SISTEMAS TMs COM ESTAÇÃO TOTAL**

### *Engineering construction stackout with Total Station using map projection Transverse Mercator*

**Rovane Marcos de França**  
**Instituto Federal de Santa Catarina**  
Curso Técnico de Agrimensura  
Av. Mauro Ramos 950, Florianópolis, SC  
rovane@ifsc.edu.br

**Cesar Rogério Cabral**  
**Instituto Federal de Santa Catarina**  
Curso Técnico de Agrimensura  
Av. Mauro Ramos 950, Florianópolis, SC  
ccabral@ifsc.edu.br

**Markus Hasenack**  
**Instituto Federal de Santa Catarina**  
Curso Técnico de Agrimensura  
Av. Mauro Ramos 950, Florianópolis, SC  
hasenack@ifsc.edu.br

#### **Resumo:**

A necessidade do Georreferenciamento está consolidada no cadastro técnico, mas ainda não é realidade em obras de engenharia e levantamentos topográficos urbanos no Brasil. A topografia no Brasil historicamente sempre foi tratada sobre um plano topográfico horizontal e muitos profissionais ainda o fazem desta forma. Com a popularização dos sistemas GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) e dos aplicativos de processamento de dados no Brasil, o georreferenciamento de informações pôde ser aplicado em áreas da engenharia que não detém conhecimento de geodésia ou cartografia. Nos projetos de engenharia passou-se a adotar o sistema de projeção Transversa de Mercator, mas que trouxeram erros de posicionamento nas execuções das obras em virtude da falta de profissionais capacitados em geodésia. Se o tratamento geodésico necessário para a implantação das obras georreferenciadas não for realizado, as deformações passam a se transformar em erros na obra, podendo causar transtornos durante e após a sua execução. Através de uma metodologia prática e bastante simplificada para tratamento dos dados geodésicos em campo para implantação de obras de engenharia, é possível garantir a qualidade mínima exigida para as obras, evitando assim prejuízos financeiros e de tempo.

**Palavras-chave:** obras de engenharia, projeções cartográficas, georreferenciamento.

#### **Abstract**

The need of Georeferencing is consolidated in the technical cadastre, but it is still not reality on engineering construction and urban survey in Brazil. Historically the survey in Brazil has always been treated over a Topographical Horizontal Plan and many workers still do this way. Since the GNSS (Global Navigation Satellite System) system and softwares in Brazil is becoming more popular, the georeferencing of information could be

**Anais do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016**

applied in areas of engineering that does not contain the knowledge of geodesy or cartography. In the projects of engineering was started to use the map projections Transverse Mercator, but that brought errors of positioning on executions of constructions caused by not enough people qualified in geodesy in the market. If the needed treatment geodetic for the implantation in the georeferenced construction does not get completed, the deformations start to become in construction errors, which could cause problems before and after its execution. Through a simple methodology and very simplified for the treatment of data geodesic in field for the implantation of engineering construction, it's possible to guarantee the minimum quality required in constructions, avoiding financial losses and time.

**Keywords:** engineering constructions, map projections, georeferencing.

## 1 INTRODUÇÃO

As vantagens de informações georreferenciadas já não são novidades nem tampouco desconhecidas dos profissionais de engenharia. Durante o desenvolvimento de Projetos de Engenharia georreferenciados, é possível analisar estudos e interferências com equipamentos urbanos, gasodutos, oleodutos, redes de transmissão, rodovias e demais obras civis já existentes, assim como as que estiverem em fase de projeto.

Atualmente, a forma mais precisa, rápida e economicamente interessante de se georreferenciar um ponto, é com o posicionamento via satélites. No Brasil, a popularização do sistema GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélites) trouxe a necessidade emergente da disseminação dos conhecimentos de geodésia. As medições feitas por GNSS foram incluídas nos levantamentos topográficos, nos quais os procedimentos foram se popularizando, mas os conhecimentos teóricos não. A formação de profissionais que atuam em topografia no Brasil, historicamente sempre foi voltada ao uso de um plano topográfico horizontal tratado de forma totalmente isolado de outros levantamentos. A necessidade de tratamento geodésico adequado e uso de projeção cartográfica, acabavam sendo aplicadas apenas na elaboração de bases cartográficas de áreas extensas.

Este comportamento se justificava por diversos motivos, dentre os quais pode-se citar a dificuldade em realizar transporte de coordenadas geodésicas de marcos de precisão, via de regra implantados em locais de difícil acesso situados a consideráveis distâncias da região onde os trabalhos eram realizados, bem como a pequena escala normalmente adotada nas cartas convencionais disponíveis em nosso país (Azambuja, 2007). Além disso, o desenvolvimento científico foi tardio no país, sendo notório somente nas últimas décadas. A necessidade de uma rede de referência surgiu juntamente com a popularização do georreferenciamento mais preciso de informações.

As inconsistências de dados georreferenciados em obras de engenharia é fato observável na execução. Termos são recorrentes na execução da obra como “o projeto não bate”, onde são detectadas diferenças na implantação quando se utiliza procedimentos não apropriados para o georreferenciamento. Silva e Frederico (2014) comentam que é normal o uso de “falso UTM”, onde um ponto do início do projeto tem suas coordenadas determinadas em UTM e todo o levantamento planimétrico é transladado de acordo com aquela coordenada, sem as devidas transformações. Neste caso se for realizada uma verificação de ponto na outra extremidade do projeto a coordenada falsa UTM transladada não coincidirá com a coordenada UTM real medida

em campo, devido a propagação dos erros produzidos pela falta de transformação adequada do sistema de projeção.

Projetos georreferenciados implantados erroneamente gerarão num futuro próximo problemas territoriais, principalmente para empreendimentos que geram mudanças nos registros de imóveis, como rodovias, linhas de transmissão, oleodutos, gasodutos, barragens, loteamentos, entre outros, através da desapropriação.

## 2 O USO DE ESTAÇÕES TOTAIS

Com o avanço e proliferação das técnicas espaciais de posicionamento, especialmente o GNSS, os métodos topográficos clássicos (poligonação, nivelamento geométrico, etc.) foram substituídos pelas técnicas de posicionamento por satélites, com os benefícios da precisão, simplicidade operacional, rapidez e baixo custo (Gonçalves *et al.*, 2010; Tanajura *et al.*, 2011; Santos, 2011; Amaro *et al.*, 2012a *apud* Ferreira *et al.* 2014). Na grande maioria de obras de infraestrutura, poderão ser adotadas as técnicas de posicionamento GNSS, pois é comum termos o céu livre de obstáculos permitindo que os sinais transmitidos pelos satélites cheguem diretamente às antenas receptoras sem obstruções ou multicaminhamentos. Porém não são em todas as obras que a adoção destas técnicas é possível. Obras que possuem proximidade com árvores, edifícios, pontes, montanhas, dentro de túneis, são susceptíveis à graves problemas que resultam num posicionamento errado, como multicaminhamento e interrupção de sinais provocando soluções não confiáveis (SEGANTINE, 2005).

Para a implantação de obras de engenharia, o uso do GNSS só foi possível com a popularização dos sistemas de processamento em tempo real totalmente automatizado, utilizando fase da portadora (RTK – Real Time Kinematic), que ocorreu nos últimos anos.

A solução para casos onde existam obstáculos para os sinais GNSS, é a adoção da topografia convencional, fazendo uso de ângulos e distâncias. O equipamento adotado atualmente para esta finalidade é a estação total. Porém as medições executadas com a estação total são realizadas fisicamente em campo, utilizando como referência o plano horizontal para a projeção das distâncias e ângulos. Existe portanto, a necessidade de tratamento geodésico quando o trabalho em campo é para implantação de um projeto georreferenciado. Hoje no mercado existem poucos modelos de estações totais que executam este processamento automatizado. Devido ao alto custo de sua comercialização, ainda não é o padrão do mercado brasileiro e de outros países em desenvolvimento. Resta então para o profissional que está implantando a obra em campo, conhecido popularmente como topógrafo, executar os cálculos de forma apropriada. Para isso ele necessita de conhecimentos específicos de geodésia para uma aplicação prática, evitando erros no georreferenciamento das obras. (FRANÇA, 2015)

Uma das limitações para a implantação topográfica com estação total é o conhecimento de geodésia e suas equações complexas ou de difícil aplicação em campo sem sofisticados equipamentos com programas específicos.

Buscou-se uma forma prática e simplificada de desenvolver o cálculo das distâncias no sistema de projeção, sem perder a qualidade no posicionamento.

O desenvolvimento das equações na geodésia busca há séculos a formulação matemática da forma da terra, obviamente para atender todos os casos, independente de equipamentos ou de aplicações específicas. Porém, grande parte das obras de engenharia possui algumas características que permitem a simplificação do processo para adoção de estações totais na sua implantação. Com o exemplo pode-se citar:

- precisão posicional de poucos centímetros;
- áreas com ausência de obstáculos, permitindo o apoio com GNSS;
- estações totais que permitem a adoção de fatores de escala.

### 3 REDUÇÃO DAS DISTÂNCIAS

Na implantação de uma obra de engenharia, as distâncias comumente medidas são de poucas centenas de metros, pois o processo de implantação com estação total exige visibilidade e constante comunicação. Quando muito chegam a 1 ou 2 km para os casos de poligonais visando a densificação de pontos de apoio. A partir dos pontos de apoio considerar-se-á uma distância limite de 500m para implantação.

Observa-se na equação (1) conforme Cintra (2004), que para a redução das distâncias são necessários a altitude em que a distância está sendo medida e também o raio da Terra na latitude média do alinhamento.

$$D_n = DH \cdot \frac{R - H_m}{R} \quad (1)$$

Sendo:

$D_n$  = distância sobre o geoide [m]

$DH$  = distância sobre o plano horizontal [m]

$R$  = raio médio local da Terra na latitude média [m]

$H_m$  = altitude média da medição [m]

Para analisar se o valor teórico do raio médio da Terra de 6378000m recomendado pela NBR 13133/1994 é apropriado, foram calculadas as variações dele para do raio da Terra em função das latitudes fazendo uso das equações do Apêndice A. Foram adotados para análise o SGR SIRGAS2000 e a distância de 500m, nas altitudes de 500m, 1000m, 2000m e 3000m. Pode-se observar na Figura 1 que mesmo numa altitude de 3000m tem-se variação de insignificantes  $\pm 0,8$ mm nas latitudes extremas de  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Portanto a equação (1) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$D_n = DH \cdot \frac{6378000 - H_m}{6378000} \quad (2)$$

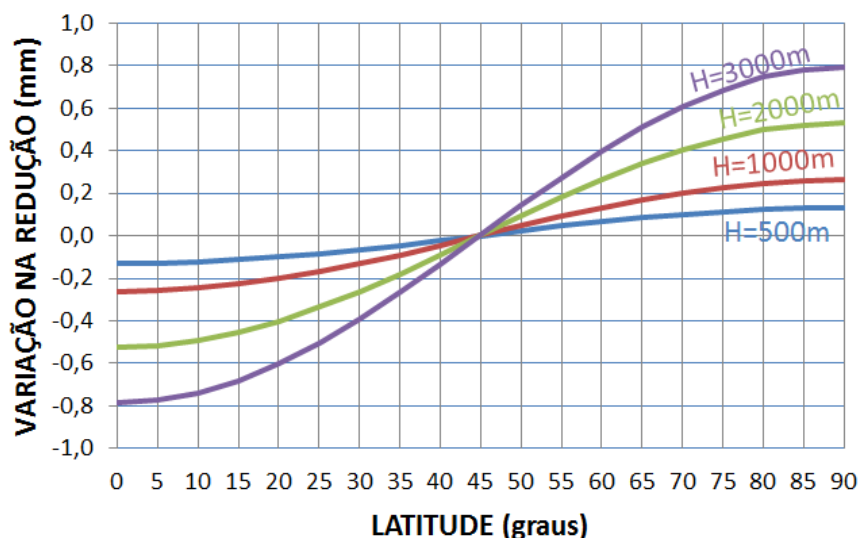


Figura 1: Erro na redução adotando o raio teórico de 6378000m para DH=500m  
Fonte: os autores

Com um tratamento algébrico pode-se ainda reescrever a equação (2) na forma da equação (3).

$$Dn = DH \left( 1 - \frac{Hm}{6378000} \right) \quad (3)$$

Adotando o termo multiplicativo nomeado de Fr na equação (4):

$$Fr = 1 - \frac{Hm}{6378000} \quad (4)$$

Substituindo a equação (4) na (3) tem-se a equação (5):

$$Dn = DH \cdot Fr \quad (5)$$

Pode-se observar na equação (4) que o Fr (fator de redução) varia com a altitude. O gráfico da Figura 2 mostra os valores de redução em função da altitude para distâncias horizontais de 100, 200, 500 e 1000 metros, adotando a equação (6).

$$Redução = DH \cdot \left( 1 - \frac{Hm}{6378000} \right) - DH \quad (6)$$

Considerando uma distância máxima de 500m para a implantação de obras de engenharia, a variação de 250m na altitude já produz uma deformação de -20mm. Portanto, para obras não se pode adotar uma altitude média, pois obras em encostas atingem facilmente variações na altitude da ordem de muitas centenas de metros. É importante frisar que a adoção de uma altitude média gerará um erro sistemático que poderá se propagar ao longo da obra até chegar num ponto de apoio.

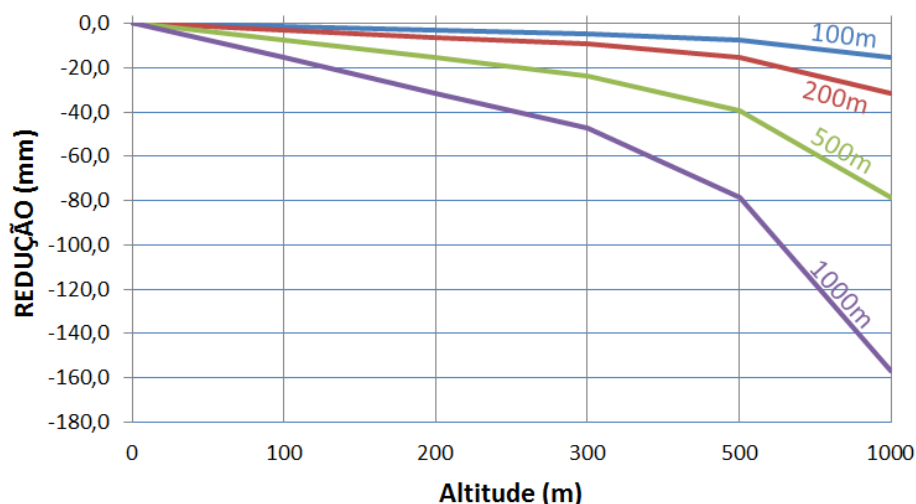


Figura 2: Redução da DH em função da altitude

Fonte: os autores

Como a distância horizontal medida está projetada no plano horizontal local no ponto em que a estação total está calada, será necessário adotar a altitude deste ponto de estação e não a média do levantamento. A altura do equipamento (cerca de 1,50m) é insignificante para este cálculo, podendo ser adotada diretamente a altitude do ponto. Portanto pode-se reescrever a equação (4) da seguinte forma:

$$Fr = 1 - \frac{H}{6378000} \quad (7)$$

Para finalizar a redução das distâncias, é necessário projetar a distância sobre o elipsoide fazendo uso da equação (8) apresentada por Silveira (1990).

$$De = Dn + (1,027 \cdot Dn^3 \cdot 10^{-15}) \quad (8)$$

Onde:

De = distância sobre o elipsoide [m]

Dn = distância sobre o geoide [m]

A redução do Geoide para o Elipsoide aplicando a equação (8) é imperceptível na prática, pois apresenta valor inexpressivo, devendo ser considerado em distâncias individualmente medidas maiores que 10 km (Sherrer 1985, *apud* Moraes 2004), conforme pode-se visualizar na Figura 3. Observa-se nesta figura que as dimensões do elipsoide e sua posição em relação ao geoide não tem influência prática para a redução das distâncias, pois sempre estará próximo do geoide e as distâncias medidas em campo para implantação de obras maiores que 500 metros são incomuns.

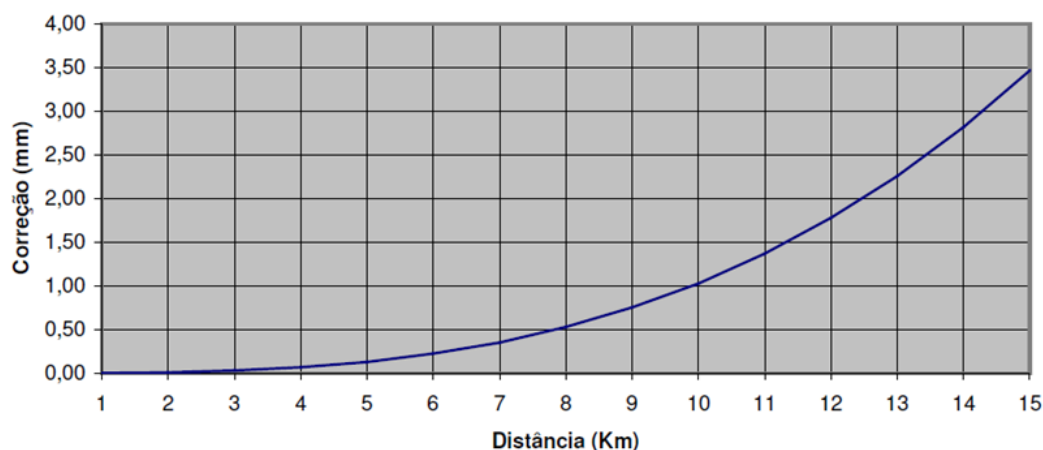


Figura 3: Deformação da Dn para reduzi-la à De  
Fonte: Morais, 2004

Portanto pode-se adotar:

$$De = Dn \quad (9)$$

Considerando a equação (5) e (9), tem-se:

$$De = DH.Fr \quad (10)$$

#### 4 DEDUÇÃO DO FATOR DE ESCALA K

O fator de escala que deformará as distâncias elipsoidais (De) poderá ser calculado pela equação (11), conforme Oliveira e Silva (2012), que faz uso das coordenadas geodésicas médias do alinhamento, considerando que o fator de escala K varia ao longo do alinhamento. O cálculo do fator de escala K é função das coordenadas geodésicas do ponto médio do alinhamento formado entre a estação total e o ponto a ser implantado.

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 - [\cos \varphi_m \cdot \text{sen}(\lambda_m - MC)]^2}} \quad (11)$$

Sendo:

K = fator de escala da De para a projeção

K0 = fator de escala no Meridiano Central

$\varphi_m$  = Latitude média do alinhamento

$\lambda_m$  = Longitude média do alinhamento

MC = Meridiano Central

Os projetos de engenharia trazem as coordenadas numa projeção TM e não as geodésicas. Isso torna necessária a transformação das coordenadas TM em geodésicas, que é um processo matematicamente complexo e moroso, sendo utilizados na prática programas geodésicos para esta finalidade. O problema é que não têm-se disponíveis estes programas em campo, o que exigirá que estas transformações sejam feitas preteritamente. Mas em campo ainda poderá ser necessário o cálculo de um novo ponto não previsto utilizando as informações do projeto. Mesmo tendo as coordenadas geodésicas em campo, o cálculo é moroso, prejudicando a produtividade.

Philips (1997) apresenta uma formulação simplificada para calcular o fator K apenas com a coordenada X:

$$K = K_0 \cdot \left( 1 + \frac{(X - X_0)^2}{2 \cdot Rm^2} \right) \quad (12)$$

Sendo,

X – coordenada *Este*

X<sub>0</sub> – coordenada *Este* do Meridiano Central

Adotando o Rm = 6378000m e tratando algebricamente a equação (12), pode-se escrevê-la da seguinte maneira:

$$K = K_0 + \frac{K_0 \cdot (X - X_0)^2}{81357768000000} \quad (13)$$

Observa-se que K<sub>0</sub> está sendo dividido por um divisor muito maior que ele, o que significa que mesmo K<sub>0</sub> variando nos sistemas UTM, RTM e LTM, o resultado será igual para efeitos práticos, conforme pode-se observar na equação (14).

$$\frac{0,9996 \cdot (X - X_0)^2}{81357768000000} \cong \frac{0,999995 \cdot (X - X_0)^2}{81357768000000} \cong 1,23 \cdot 10^{-14} \cdot (X - X_0)^2 \quad (14)$$

Portanto, podemos escrever a equação 13 da seguinte forma:

$$K = (X - X_0)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + K_0 \quad (15)$$

Desta forma, para calcular o fator de escala K em função da coordenadas Este, tem-se as seguintes equações para a projeção UTM, RTM e LTM:

$$K_{UTM} = (X - 500000)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + 0,9996 \quad (16)$$

$$K_{RTM} = (X - 400000)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + 0,999995 \quad (17)$$

$$K_{LTM} = (X - 200000)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + 0,999995 \quad (18)$$

## 5 FATOR DE ESCALA COMBINADO

A USACE (1994) na EM 1110-1-1005, afirma que na prática os fatores de redução da elevação e o fator de escala da projeção são combinados. Daí resulta o termo de “fator combinado”.

Portanto, fazendo a unificação do fator de escala K e do fator de redução Fr, chega-se no fator de escala combinado Kr:

$$Kr = K \cdot Fr \quad (19)$$

Considerando a equação (19), logo pode-se calcular a distância sobre qualquer projeção TM a partir da Distância Horizontal aplicando a seguinte equação:

$$D_{TM} = DH \cdot Kr \quad (20)$$

## 6 A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

A partir das coordenadas planas na projeção TM pode-se calcular a DTM que deverá ser demarcada em campo para a implantação dos pontos georreferenciados. Como a Estação Total mede a DH sobre o plano topográfico local será necessário transformar a DTM em DH, para então demarca-la. Adotando a equação (20), isolou-se a DH:

$$DH = \frac{D_{TM}}{Kr} \quad (21)$$

De maneira geral, as estações totais tiveram um desenvolvimento tardio, em se tratando dos programas internos. Os fabricantes desenvolveram programas bastante poderosos, porém eles estão embarcados em estações totais que possuem valor de comercialização acima do padrão de mercado. Com isso, se perdura ainda no mercado de países em desenvolvimento, como padrão, equipamentos que não fazem o processamento geodésico apropriado de forma automatizada, exigindo do usuário conhecimento geodésico para poder entender e alimentar o programa adequadamente.

Com os pontos notáveis de projeto introduzidos na estação total, através de suas coordenadas georreferenciadas num determinado sistema de projeção, será necessário identificar no manual a forma que a estação total processa os dados, transformando a DTM em DH. Para a finalidade de cálculos geodésicos, existem no mercado basicamente duas categorias de estações totais:

- **modelos sofisticados:** exige a configuração do datum e sistema de projeção para a obra e a ET calcula as deformações automaticamente para cada coordenada, comparando as distâncias de forma adequada. Operacionalmente os cálculos são transparentes para o usuário, onde fica bastante simples a operação de campo. Estes modelos normalmente possuem um custo maior no mercado e ainda não são padrão de mercado.

- **modelos básicos:** exige do profissional a introdução dos fatores de escala (K e Fr, ou diretamente o Kr) para cada estação ocupada. Desta forma a estação total poderá calcular a DTM e transformar automaticamente em DH para comparar com a distância medida. Estes são os modelos padrão de mercado, porém muitos profissionais que atuam em obras não possuem conhecimento para o tratamento geodésico adequado. Os fatores de escala podem ser aplicados diretamente nas distâncias ou somente ao calcular as coordenadas no sistema de projeção, dependendo de cada modelo e fabricante. Fazendo uso das equações (6), (10) ou (16), o profissional poderá alimentar adequadamente a estação total para que ela possa aplicar os fatores de escala e com isso executar a locação correta do ponto georreferenciado.

## 7 VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Para validar o método proposto utilizou-se os dados do estudo de caso do loteamento. Para identificar as diferenças do cálculo das distâncias a serem locadas, aplicou-se as equações propostas do Fr (equação (7)), do  $K_{UTM}$  (equação (16)) e do Kr (equação (19)), simulando a implantação a partir do vértice 142. A Tabela 1 mostra alguns resultados obtidos

Tabela 1: Diferenças do método proposto

PONTO	N [m]	E [m]	DUTM [m]	DH A LOCAR [m]	DH PROPOSTA [m]	DIFERENÇA [m]
72	6933884,653	744882,499	1111,028	1110,659	1110,654	-0,005
93	6933870,720	744630,859	1047,250	1046,905	1046,899	-0,006
78	6933759,919	744762,503	958,482	958,167	958,160	-0,007
23	6933553,426	744768,058	760,696	760,446	760,440	-0,006
60	6933444,881	744774,970	660,293	660,074	660,072	-0,003
111	6933281,915	744508,149	455,821	455,672	455,669	-0,003
108	6933229,051	744497,131	404,172	404,040	404,037	-0,003

Fonte: os autores

Pode-se observar que as diferenças foram de no máximo 7mm em 958,160m, totalmente admissível para o posicionamento da grande maioria das obras de engenharia. É importante ressaltar que as distâncias a serem locadas numa obra são sempre muito menores do que as apresentadas na Tabela 1, o que gerará menor diferença, pois ela é proporcional a distância. A exemplo desta obra, com certeza ela não seria locada inteira a partir de um único vértice com uma estação total. A prática é de implantar uma poligonal de apoio e a partir destes pontos efetuar a locação dos pontos de projeto a poucas dezenas de metros, quando muito algumas centenas.

Outro importante detalhe é que a propagação destes erros não comprometerá as obras, pois serão erros muito menores que os gerados por centragem, visadas, verticalidades de acessórios, variações de temperatura e pressão, entre outros. Além disso, o método propõe a implantação de uma poligonal para densificar os pontos de apoio, seja com GNSS ou Estação Total com processamento de poligonais.

## 8 CONCLUSÃO

Adotando o método proposto por este artigo para implantação de obras com estação total, os cálculos são simples e práticos até mesmo para execução deles em campo com calculadora comum. Estas simplificações atendem a grande maioria das obras de engenharia. Obras que exigem precisão posicional de poucos milímetros, devem obrigatoriamente refazer a análise descrita nesta pesquisa para subsidiar a tomada de decisão de uso ou não das simplificações.

A deformação não implica em erro. Pouco importa a projeção adotada, pois isso não afetará a qualidade do trabalho. O erro passa a existir quando a deformação não é aplicada, e a propagação deste pode comprometer o georreferenciamento de toda a obra. Uma dimensão, seja ela linear, de superfície ou volume, não aumenta nem diminui de tamanho por causa do sistema de projeção. Não há ganho ou perda. Apenas é um outro referencial quando compara-se com o plano topográfico, plano este que impede o seu uso em grandes áreas como é o caso da extensão territorial do Brasil.

De maneira geral, não existem normas técnicas que especifiquem a precisão posicional para obras de engenharia. Quando muito especificam a precisão relativa, mas esta não garante a precisão posicional. Os erros são proporcionais às distâncias. É necessário que a precisão posicional tome importância nas obras de engenharia.

## Referências Bibliográficas

- AZAMBUJA, J. L. F.; MATSUOKA, M. T. **Topografia e GPS – conquistas e desafios**. II Seminário Anual de Pesquisas em Geodésia na UFRGS, Porto Alegre, p16-21, 2007.
- CINTRA, J. P. **Sistema de Projeção UTM. Informações Espaciais II – Notas de Aula**. 11ª ed. p. 41-102, 2004.
- FERREIRA, A. T. S.; AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T. **Geodésia aplicada à integração de dados topográficos e batimétricos na caracterização de superfícies de praia**. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, número 66/1, p. 167-184, 2014.
- FRANÇA, R. M. **Uso de sistemas de projeção transversa de mercator em obras de engenharia**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Florianópolis, SC, 2015. 120 p.
- MORAIS, R. V. **Estudo de projeções geodésicas no cadastro técnico urbano - análise de fechamento de poligonais**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Florianópolis, SC, 2004. 87p.
- OLIVEIRA, R. N. Q.; SILVA, D. C. **Sistemas de projeção transversa de mercator no georreferenciamento de imóveis rurais**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012.
- PHILIPS, J. **As Projeções de Gauss e as Coordenadas UTM**. Revista Eletrônica Geodésia Online, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br>>. Acesso em 10/05/1998.
- SEGANTINE, P. C. L. **GPS: sistema de posicionamento global**. EESC/USP, São Carlos, 2005. 381p.
- SILVA, D. C.; FREDERICO, L. N. S. **Cálculo de fator de escala UTM para medições com estações totais**. V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, p455-462, 2014.
- SILVEIRA, L. C. **Cálculos geodésicos no sistema UTM aplicados a topografia**. Ed. Luana, 2a Ed. 166p. Morro da Fumaça, 1990.
- USACE. **Control and Topographic Surveying EM 1110-1-1005**. US Army Corps of Engineers. 1994. Disponível em: <<https://www.novaregion.org/DocumentCenter/Home/View/756>> Acesso em 15/10/2014).