

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E SOLOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

GISELLE LEMOS MOREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RECEPTORES GNSS NO
LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO**

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA

2014

GISELLE LEMOS MOREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RECEPTORES GNSS NO
LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB/Campus de Vitória da Conquista - BA, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof.^o D.Sc. Odair Lacerda Lemos.

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E SOLOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Campus de Vitória da Conquista – BA.

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Titulo: Análise Comparativa entre Receptores GNSS no levantamento e mapeamento topográfico

Autor: Giselle Lemos Moreira

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pela Banca Examinadora:

Prof.º D.Sc. Odair Lacerda Lemos - UESB
Presidente

Prof.º Esp. Everardes Públio Junior – UESB
Membro

Prof.ª M.Sc. Rita de Cássia Antunes de Paula – UESB
Membro

Data de realização: 20 de Janeiro de 2014

UESB – Campus Vitória da Conquista, Estrada do Bem Querer, Km 04
Telefone: (77) 3424-8600
Telefax: (77) 3424-1059 CEP: 45083-900
Email: ccflorestal@uesb.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo, a Deus, pela vida saudável e feliz a qual me destinou.

Aos meus pais, Adailze Maria Lemos Moreira e Josezilton Pires Moreira, por todo amor, apoio e por acreditarem na minha vitória. Sem eles nada disso seria possível.

As minhas irmãs, Rosyane e Dayane, pelo apoio e ajuda a todo o momento.

A toda a minha família pela força e garra transmitida, me fazendo acreditar que tudo valeria a pena.

A minha prima e irmã de coração, Alexia Lemos, minha companheira de horas de estudo, de diversão, gargalhadas, choros e que me fez mais feliz aqui, por todos os bons momentos vividos, compreendendo a minha ausência em diversos momentos.

Aos grandes amigos que fiz durante esse tempo, Jefferson, Isaac, Larissa, Liliane, Kellen, Maida, Mayana, que acompanharam toda essa trajetória, desde o grito na aprovação do vestibular até a conclusão desse sonho.

A minha amiga Isabel, que esteve presente nos momentos de alegria, de descontração, de gargalhadas e até mesmo nos mais difíceis de minha vida.

A turma 2010.1, família que levarei no meu coração eternamente, pela amizade, diversão e carinho durante todos esses 4 anos juntos. E a todos os outros bons amigos feitos pelos corredores e salas de aula.

Ao meu orientador, Prof.º D.Sc Odir Lacerda Lemos, pelo conhecimento transmitido, paciência e pela amizade.

Aos amigos de laboratório pela ótima convivência e pela ajuda nas coletas realizadas.

Aos professores deste curso que contribuíram para minha formação.

A Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por me ajudar a crescer como pessoa e profissionalmente e por ter me proporcionado belos e inesquecíveis anos de vida.

Meu muito obrigada!

"Não se mede o valor do homem pelas suas roupas ou pelos bens que possui. O verdadeiro valor do homem está no seu caráter, nas suas ideias e na nobreza dos seus ideais."

(Charles Chaplin)

RESUMO

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) tem se tornado um dos principais instrumentos utilizados no setor agrícola e florestal, sendo disponibilizados no mercado inúmeros modelos de receptores para o uso desse sistema. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise comparativa do desempenho de diferentes receptores GNSS no levantamento e mapeamento topográfico. A comparação foi realizada em uma área pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, na cidade de Vitória da Conquista – BA, utilizando os receptores Geodetic GNSS Receiver, Mobile Mapper 10, GPSmap 76CSx e Etrex Legend H. Após a coleta de dados, as coordenadas coletadas pelos receptores Geodetic GNSS Receiver e Mobile Mapper 10 foram pós-processadas com auxílio dos softwares Topcon Tools 8.2 e MobileMapper Office 4.5. Foram calculadas as diferenças entre coordenadas (ΔE , ΔN), as áreas e os perímetros das poligonais obtidas por cada receptor. Os resultados indicaram que na análise das diferenças entre coordenadas e diferenças de área o receptor Mobile Mapper 10 (pós-processado), obteve os melhores resultados e os receptores de navegação obtiveram os maiores erros de posicionamento, assim como estão entre os receptores que tiveram as maiores diferenças de área em relação à testemunha. Na comparação entre perímetro a maior diferença foi obtida pelo receptor Mobile Mapper 10 sem pós-processamento de dados e a menor foi do receptor Geodetic GNSS Receiver sem pós-processamento. Na análise das diferenças ocasionadas pela correção diferencial, o pós-processamento de dados proporcionou melhorias no posicionamento, destacando a importância da aplicação desse método para levantamento que exijam alta precisão.

Palavras-chave: GPS. Posicionamento. Navegação por Satélite. GNSS.

ABSTRACT

The Global Navigation Satellite System (GNSS) has become one of the main instruments used in the agriculture and forestry sector, with numerous models available on the market for receivers to use this system. The objective of this study was to perform a comparative analysis of the performance of different receptors in survey and topographic mapping. The comparison was performed in an area belonging to the State University of Southwest Bahia, in Vitória da Conquista - BA, using receivers Geodetic GNSS Receiver, Mobile Mapper 10, GPSmap 76CSx and eTrex Legend H. After collecting data, the coordinates collected by receivers Geodetic GNSS Receiver and Mobile Mapper 10 were post-processed with the aid of software Topcon Tools 8.2 and 4.5 MobileMapper Office. The differences between coordinates (ΔE , ΔN), the area and perimeter of the polygon obtained by each receptor were calculated. The results indicated that the analysis of differences and coordinate differences between the area of Mobile Mapper 10 (post-processed) receptor and achieved the best results navigation receivers had the highest position errors, and are among the receivers that had the major differences compared to the control area. In comparing the perimeter biggest difference was obtained by the Mobile Mapper 10 receiver without post-processing of data and the lowest was Geodetic GNSS Receiver receiver without post-processing. In the analysis of the differences caused by differential correction, the post-processing data provided enhancements in place, highlighting the importance of the application of this method to survey requiring high precision.

Keywords: GPS. Positioning. Satellite Navigation. GNSS.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Histórico do GNSS (Global Navigations Satellite System)	10
2.1.1 GPS.....	11
2.1.2 GLONASS	15
2.1.3 GALILEO	16
2.1.4 BEIDOU/COMPASS.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Localização da Área de Estudo.....	19
3.2 Equipamentos e Softwares Utilizados	20
3.3 Levantamento Topográfico dos Pontos.....	20
3.4 Análise dos Dados	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXO A – Tabela com as Coordenadas Obtidas Através dos Levantamentos Realizados pelos Receptores GNSS na Área de Estudo – Vitória da Conquista-BA, 2013	38

1 INTRODUÇÃO

O surgimento do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), sem dúvidas, é uma das tecnologias arquitetadas mais significativas que vem sendo empregadas no levantamento terrestre. Atualmente, é crescente a demanda de levantamentos que fazem o uso de receptores GNSS para obtenção do posicionamento 3-D (latitude, longitude e altitude), bem como, da velocidade e do tempo.

No setor florestal e agrícola, os receptores GNSS têm múltiplas aplicações, tais como: o georreferenciamento, amostragem de solo, uso e ocupação do solo, auxílio em manejo e inventário florestal, agricultura de precisão, delimitação de bacias hidrográficas, mapeamento de produtividade, dentre muitas outras.

Em algumas dessas atividades o receptor de navegação poderá ser usado, uma vez que, não exigem precisões altas, já nos levantamentos topográficos, a precisão requerida é maior e o fato de haver uma grande oferta de receptores GNSS, classificados por seus fabricantes, como eficientes e precisos, cria certa dúvida no momento da escolha do equipamento correto (CAPPELLI et al., 2006; CARVALHO et al., 2008).

Segundo Carvalho et al. (2008) nos levantamentos geodésicos com finalidade topográfica, os receptores GPS (Global Positioning System) são bem eficientes, apresentando a vantagem da dispensa de visibilidade entre os vértices.

Visando aumentar a precisão dos dados coletados, algumas das atividades citadas anteriormente podem fazer uso de receptores GNSS através de correções em tempo real do seu posicionamento ou com correção diferencial pós-processada (CAPPELLI et al., 2006).

Entretanto, o uso de equipamentos desta tecnologia sem observar as características técnicas quanto ao limite de precisão de cada aparelho, tem gerado inúmeros erros podendo até comprometer todo o resultado do trabalho realizado.

Dentro desse contexto, é possível verificar a necessidade de trabalhos que avaliem a capacidade dos diferentes tipos de receptores para execução de levantamentos de ponto, área e perímetro.

Desde modo, a realização deste estudo tem como objetivo comparar o desempenho de diferentes receptores no levantamento e mapeamento topográfico, analisando as diferenças entre coordenadas (N, E), área e perímetro, bem como

avaliar as diferenças de coordenadas ocasionadas pelo pós-processamento de dados nos receptores que são passíveis desse método de correção diferencial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico do GNSS (Global Navigations Satellite System)

Desde as remotas eras o homem se questionava sobre seu posicionamento sobre a superfície da Terra. De início, o interesse era a vizinhança, depois o alvo estendeu-se para os locais de comércio e por fim, com a expansão marítima, o interesse ampliou-se para todo o mundo (MONICO, 2008).

Saber ir e voltar de um lugar para o outro, se tornou importante para a conquista de novas fronteiras na época das grandes navegações, dessa forma, o Sol, planetas e estrelas foram utilizados como fontes de referência para localização por muito tempo (MONICO, 2008).

Em seguida, no início da era moderna, Machado (2009) relatou que foram criados a bússola magnética e o sextante, instrumentos que deram impulso às grandes navegações e foram por muitos anos os principais instrumentos de navegação. Segundo o mesmo autor, no início do Século XX, iniciou-se o desenvolvimento de diversos sistemas de navegação com base em radiocomunicações enviados de estações estabelecidas em pontos conhecidos, e ao passar do tempo, esses sistemas foram aperfeiçoados e fortemente empregados para a navegação de navios e aeronaves, entretanto um inconveniente desses sistemas é que, ou ofereciam grande alcance, mas de baixa precisão ou então, grande precisão, mas de baixo alcance.

Neste contexto, surgiram sistemas com base em tecnologia espacial, que possibilitam a combinação entre máxima cobertura (alcance) e alta precisão (MACHADO, 2009). Segundo Fontes (2005) o NNSS/TRANSIT (Navy Navigation Satellite System) foi o primeiro sistema idealizado com a finalidade específica para geoposicionamento, composto por oito satélites artificiais ativos e órbitas polares elípticas, numa altitude média de 1.100 km.

Esse sistema, ativo até meados de 1993, apresentava algumas limitações, pois não permitia a cobertura mundial total e apresentava um lapso entre as sucessivas passagens do satélite ao mesmo ponto da superfície terrestre (FONTES, 2005).

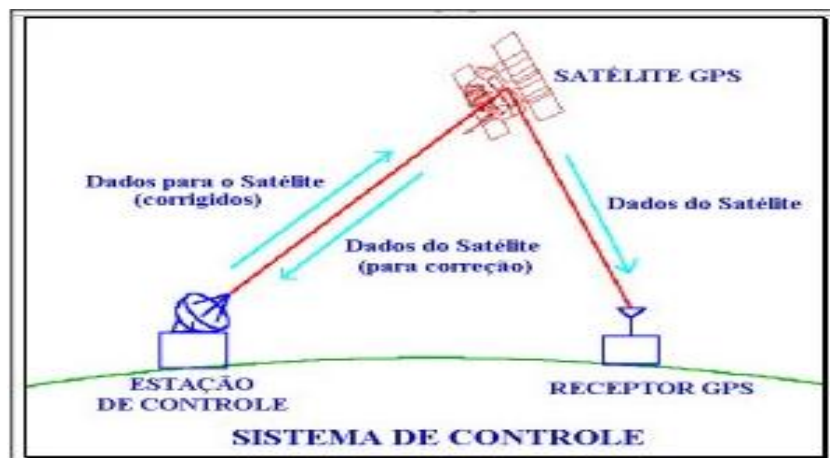
Na década de 1970, surgiu um novo sistema de navegação e posicionamento, o NAVSTAR/GPS (NAVigation System with Timing And Ranging/Global Positioning

System), ou apenas GPS, como é mais conhecido, inicialmente para fins militares, sendo desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – DoD (Department of Defense) com o propósito de fornecer a posição instantânea, assim como a velocidade de um ponto qualquer sobre a superfície terrestre ou bem próxima a ela. (MONICO, 2008; PAZ; CUGNASCA, s/d).

2.1.1 GPS

O sistema GPS é composto basicamente por três componentes: o componente espacial, composto por uma constelação de satélites artificiais em órbita terrestre, que emitem sinais eletromagnéticos; o componente de controle que é composto por estações espalhadas pelo globo terrestre que mantêm os satélites em funcionamento através do rastreamento, atualizações das posições orbitais e a calibração e sincronização de seus relógios; e o componente dos usuários, composto pelos receptores, que recebem e convertem os sinais enviados pelos satélites e, com eles, calculam sua posição, velocidade e tempo (RODRIGUES, D., 2003) (Figura 1).

Figura 1 – Estação de rastreamento ou controle em que o satélite e o receptor interagem entre si.



Fonte: RODRIGUES, D. (2003).

Para a determinação de uma posição em três dimensões, é necessário que o receptor determine as distâncias entre ele e, pelo menos 4 satélites (pseudorange), bem como as posições desses satélites, assim, através do método de trilateração, o

receptor obtêm suas coordenadas geográficas e sua altitude, podendo ainda determinar o instante atual (PAZ; CUGNASCA, s/d).

Machado (2009) afirmou que para resolver o erro de tempo entre o relógio dos satélites (atômicos) e o relógio do receptor GPS (quartzo) é necessário a obtenção de sinais de, no mínimo, 4 satélites.

Segundo Silva (2002) sinais de rádio-frequência são emitidos por cada satélite com base em uma frequência fundamental (f_0) de 10,23 Megahertz (MHz), e a partir dessa, é possível obter 2 novas frequências ao multiplicá-la pelas constantes 154 e 120 gerando ondas portadoras da banda L: L1 (Link one) e L2 (Link two). Assim, as frequências e os comprimentos de ondas de L1 e L2 são:

$$L1 = 154 \times f_0 = 1575,42 \text{ MHz} \quad \lambda \cong 19,04 \text{ cm}$$

$$L2 = 120 \times f_0 = 1227,60 \text{ MHz} \quad \lambda \cong 24,44 \text{ cm}$$

Marques et al. (2013) relataram que atualmente, com a atualização do GPS, já se tem 4 satélites no bloco IIF, que transmitem dados na terceira onda portadora, L5. Essa onda possui frequência de 1176,45 MHz ($115 \times f_0$) e comprimento de onda $\cong 25,5$ cm (MONICO, 2008).

Tanto Monico (2008) como Timbó (2000) relataram que os códigos, sequências binária de +1 e -1, que integram o PRN (Pseudo Random Noise – Ruído Falsamente Aleatório), são modulados em fases com as ondas portadoras L1 e L2 e transmitidos nas frequências:

- Código C/A (Coarse Acquisition): $f_0/10 = 1,023$ MHz.
- Código P(Y) (Precision Code): $f_0/1 = 10,23$ MHz.

O código C/A é conhecido também por código civil, pois pode ser acessado por qualquer receptor GPS comum em todo o mundo, sendo que seu serviço oferecido é denominado de serviço de posicionamento padrão (SPS) (MACHADO, 2009).

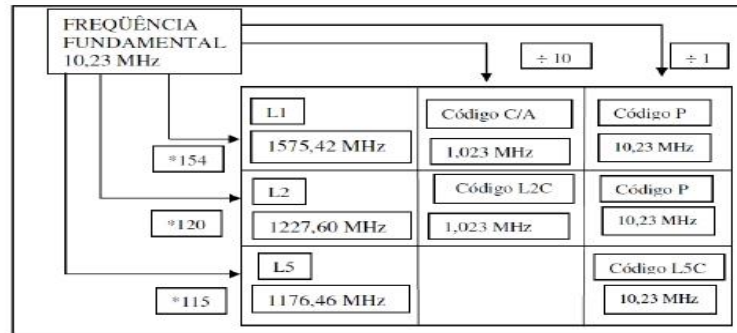
O código P é um código de uso restrito para militares e usuários autorizado pelo Governo dos EUA, que opera numa frequência maior que o código C/A obtendo medidas mais precisas, que mesmo assim, é criptografado quando o sistema opera em AS (Anti-spoofing), passando a ter denominação código Y, também não disponível para uso civil (MONICO, 2008).

Os satélites lançados a partir de Setembro de 2005 já possuem um novo código civil na portadora L2, código L2C (MONICO, 2008). Em comparação com o

código C/A, este novo código é menos propenso a interferências e multicaminhos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2008).

Os sinais considerados básicos do sistema GPS são mostrados na Figura 2, incluindo o novo código na portadora L2 (L2C) e a recente portadora L5.

Figura 2 – Estrutura básica do sinal GPS

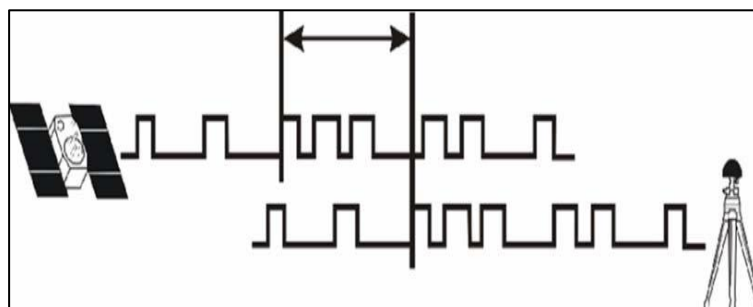


Fonte: MONICO (2008).

Segundo Seben et al. (2010) a distância entre o receptor e o satélite pode ser obtida de duas maneiras:

- Tempo de Propagação - Código C/A ou P: proporciona de forma indireta a pseudo-distância entre o satélite e o receptor. O receptor calcula o intervalo de tempo em que o sinal emitido pelo satélite, leva pra chegar até ele, e só após multiplicar esse tempo pela velocidade de deslocamento do sinal (velocidade da luz), é que o receptor obtém a sua distância até o satélite. Este tempo é obtido por meio da comparação entre o código emitido pelo satélite e a reprodução deste feita pelo receptor (Figura 3). A defasagem entre os dois códigos permite determinar o intervalo de tempo do sinal emitido pelo satélite, após o perfeito sincronismo entre os relógios do satélite e do receptor.

Figura 3 – Defasagem do código C/A



Fonte: SEBEM (2010).

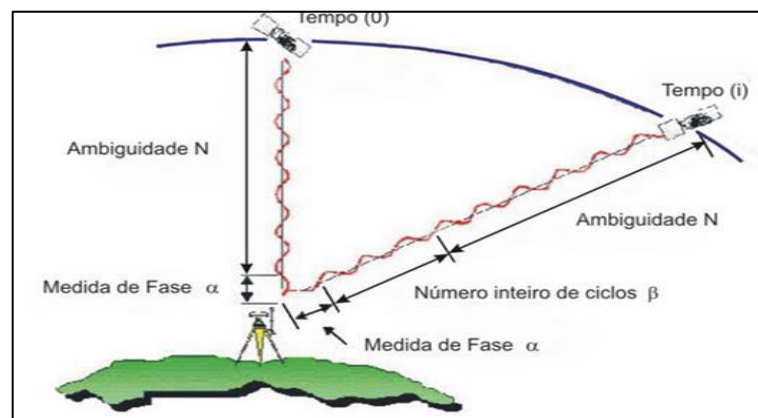
De acordo com Timbó (2000) o relógio atômico do satélite é mais preciso que o relógio do receptor que é de quartzo, gerando assim distâncias com erros e por isso são denominadas de pseudo-distâncias.

o Diferença de Fase - Portadora L1 ou L2: (Figura 4) também fornece indiretamente a distância entre o receptor e o satélite, onde essa distância é determinada pela medida da fase α (parte fracionária do comprimento de onda λ) acrescida à contagem de ciclos inteiros do comprimento (β) e o número inteiro de ciclo de onda desconhecido (N), denominado ambiguidade, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Distância: } R = (\varphi + N) \cdot \lambda$$

Onde, $\varphi = \alpha + \beta$.

Figura 4 – Posicionamento pela portadora



Fonte: SEBEM (2010).

O comprimento de onda da portadora é bem mais curto do que o do código C/A e por isso a medição da fase de batimento da onda portadora proporciona um nível de precisão superior à precisão obtida para a distância através da pseudo-distância (ROSA, 2004).

Rosa (2004) relatou que o Departamento de Defesa implementou técnicas de limitação da precisão do sistema aos usuários autorizados, classificando-os em:

o Acesso Selectivo (SA - Selective Availability) - Manipulação da mensagem de navegação, degradando a informação do relógio do satélite e às efemérides transmitidas, sendo removido em 1 de Maio de 2000.

- Anti-Sabotagem (AS - Anti-spoofing) – Tem o objetivo de recusar, aos usuários civis e potências hostis, o acesso ao código P, sendo os receptores militares os únicos que conseguem decodificar esse código.

Segundo Seben et al. (2010) os receptores GPS podem ser classificados de acordo a sua finalidade em:

- Navegação – receptores que fornecem posicionamento em tempo real, sendo observadas as pseudo-distâncias derivadas do código C/A ou P. Precisão de ordem métrica.

- Topográfico – receptores que rastreiam onda portadora L1 e o código C/A. Possui precisão métrica, porém, proporciona um posicionamento mais preciso chegando a centímetro, após o pós-processamento dos dados em software apropriado.

- Geodésico – receptores de duas frequências (L1, L2), que rastreiam o código C/A e o código P alcançando alta precisão e competem com as atualizadas estações totais na locação de obras.

2.1.2 GLONASS

O GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema) é um sistema similar ao NAVISTAR-GPS, concebido também na década de 70, para uso militar, pela antiga União Soviética, com o intuito de oferecer o posicionamento 3-D, velocidade e informações de tempo, em quaisquer condições climáticas a nível local, regional e global, sendo desenvolvido e executado atualmente pela Russian Federation Space Forces (MONICO, 2008).

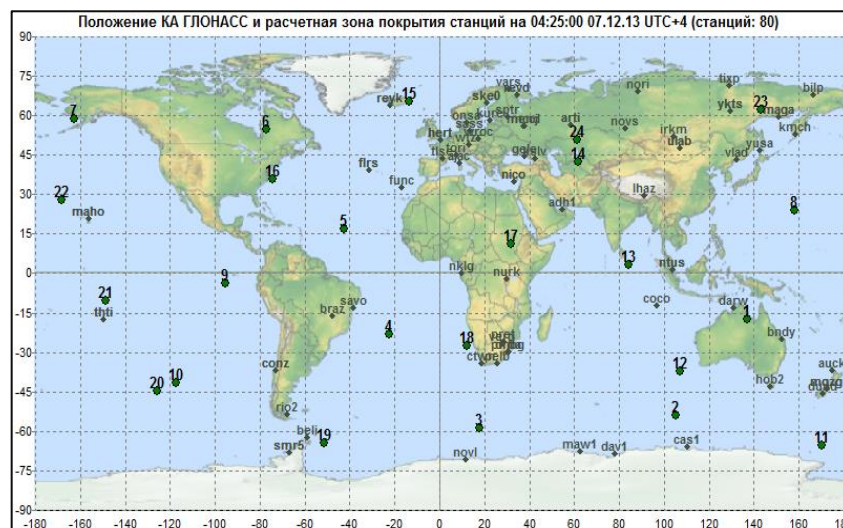
Assim como o GPS, o GLONASS é dividido nos segmentos espacial, controle e de usuários, sendo que os seus satélites estão distribuídos em 3 planos orbitais, numa altitude de 19.100 km (POLEZEL, 2010).

Gonçalves et al. (s/d) ao comparar o GLONASS com o GPS, afirmaram que o GLONASS possui planos com inclinação ($64,8^\circ$) maior que a do GPS (55°), o que significa melhor cobertura para altas latitudes, e que os satélites do GLONASS orbitam a uma altitude (19.100 km) mais baixa, com período orbital de 11 horas e 15 minutos, tornando sua disponibilidade mais constante se comparadas às 11 horas e 58 minutos para as órbitas do GPS (20.200 km).

Monico (2008) afirmou que no final de 1995, o GLONASS foi declarado totalmente operacional com 24 satélites, porém em razão do breve período de vida útil dos satélites, este número reduziu significativamente, restando em 2007, depois do lançamento de 15 satélites entre 2004 a 2007, apenas 18 satélites, dos quais 5 apresentavam algum tipo de problema.

De acordo a Agência Espacial Federal Russa/Roscosmos (2013) atualmente o sistema GLONASS inclui um total de 28 satélites: 24 operacional, 3 peças e 1 está em fase de teste de voo e opera em nível global, possuindo estações espalhadas pelo globo terrestre (Figura 5).

Figura 5 – Estações de transmissão de informações do sistema GLONASS



Fonte: Agência Espacial Federal Russa/Roscosmos (2013).

2.1.3 GALILEO

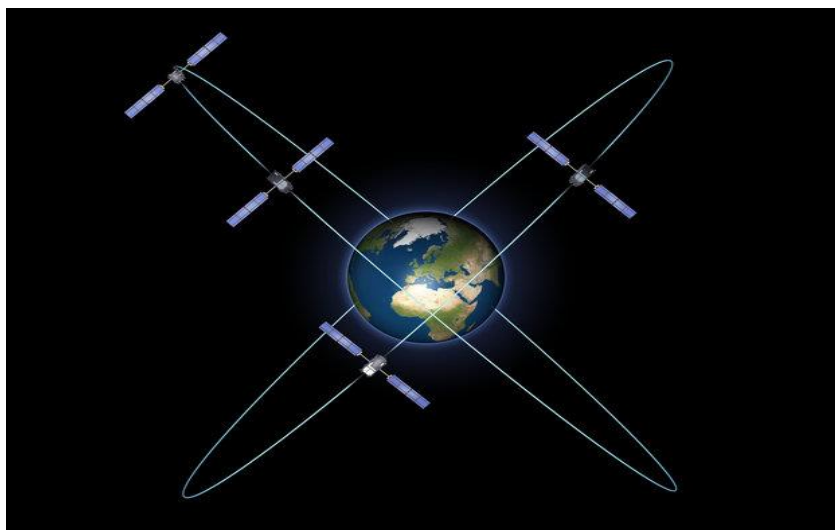
O GALILEO é um sistema de posicionamento desenvolvido pela Comunidade Europeia (Commission European/CE) em conjunto com a Agência Espacial Europeia (European Space Agency/ESA) e ao contrário do GPS (americano) e do GLONASS (russo), seu objetivo, desde a criação do projeto, é o controle civil e não militar (GONÇALVES, 2011; POLEZEL, 2010).

Assim como os sistemas anteriores, o GALILEO também possui três segmentos: o segmento espacial, com uma constelação de satélites prevista para ter 3 planos orbitais com inclinação de 56° a 23.616 km de altitude, com um total de 27 satélites em operação; o segmento controle que consistirá de 2 centros de controle,

com aproximadamente 30 estações localizadas globalmente (POLEZEL, 2010) e; o segmento usuários, que de acordo com Monico (2008) compreenderá, assim como os demais sistemas, de vários tipos de receptores, alguns já desenvolvidos, como é o caso do receptor GGG da Topcon que está preparado para rastrear dados dos três sistemas (GPS, GLONASS, GALILEO).

Segundo a Agência Espacial Europeia/ESA (2013) a constelação completa do GALILEO será composta por 30 satélites: 27 satélites operacionais e três reservas, sendo que, foram lançados 2 satélites experimentais, em 2005 (GIOVE-A) e em 2008 (GIOVE-B), para testes e validação dos sinais, e atualmente, o GALILEO possui 4 satélites em órbita (Figura 6), 2 lançados em outubro de 2011 (primeiro plano orbital) e mais 2 em outubro de 2012 (segundo plano orbital).

Figura 6 – Configuração da constelação GALILEO IOV (In-Orbit Validation)



Fonte: Agência Espacial Europeia/ESA (2013).

O GALILEO é um sistema interoperável com GPS (EUA) e GLONASS (Russo), ou seja, seus sinais podem também ser combinados com outro sistema de GNSS. Para fornecer a capacidade operacional inicial desse sistema, até 2015, 14 novos satélites se juntarão a estes 4 satélites e quando atingir sua capacidade operacional plena, previsão para 2020, o GALILEO oferecerá serviços de ampla variedade aos usuários em todo o mundo (Agência Espacial Europeia/ESA, 2013).

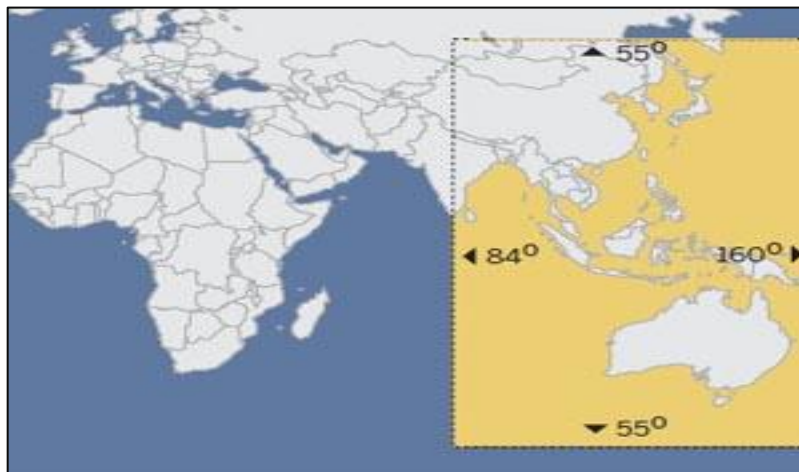
2.1.4 BEIDOU/COMPASS

Segundo o Monico (2008) a China vem desenvolvendo seu próprio sistema GNSS, conhecido como Compass ou Beidou, iniciado em 1983, tendo seu primeiro satélite lançado em 2000.

Ao contrário do GPS, GLONASS e GALILEO que utilizam satélites de órbita média, o BEIDOU posicionará 5 de seus satélites em órbitas geoestacionárias e os demais (cerca de 30) em órbita similar às dos demais sistemas (Sistema de Navegação por Satélite Beidou, 2013).

Segundo o Sistema de Navegação por Satélite Beidou (2013) esse sistema tem o seu segmento de controle formado por mais de 30 estações distribuídas globalmente, e o segmento usuário incluem vários terminais de usuário Beidou e terminais compatíveis com outros sistemas de navegação por satélite (GNSS). Atualmente o sistema Beidou é composto por 14 satélites, capaz de prestar serviço para a China e seus arredores (Figura 7), com previsão de em 2020, tornar-se um sistema de navegação por satélite global.

Figura 7 – Serviço operacional para a China e seus arredores



Fonte: Agência Espacial Brasileira/AEB (2013).

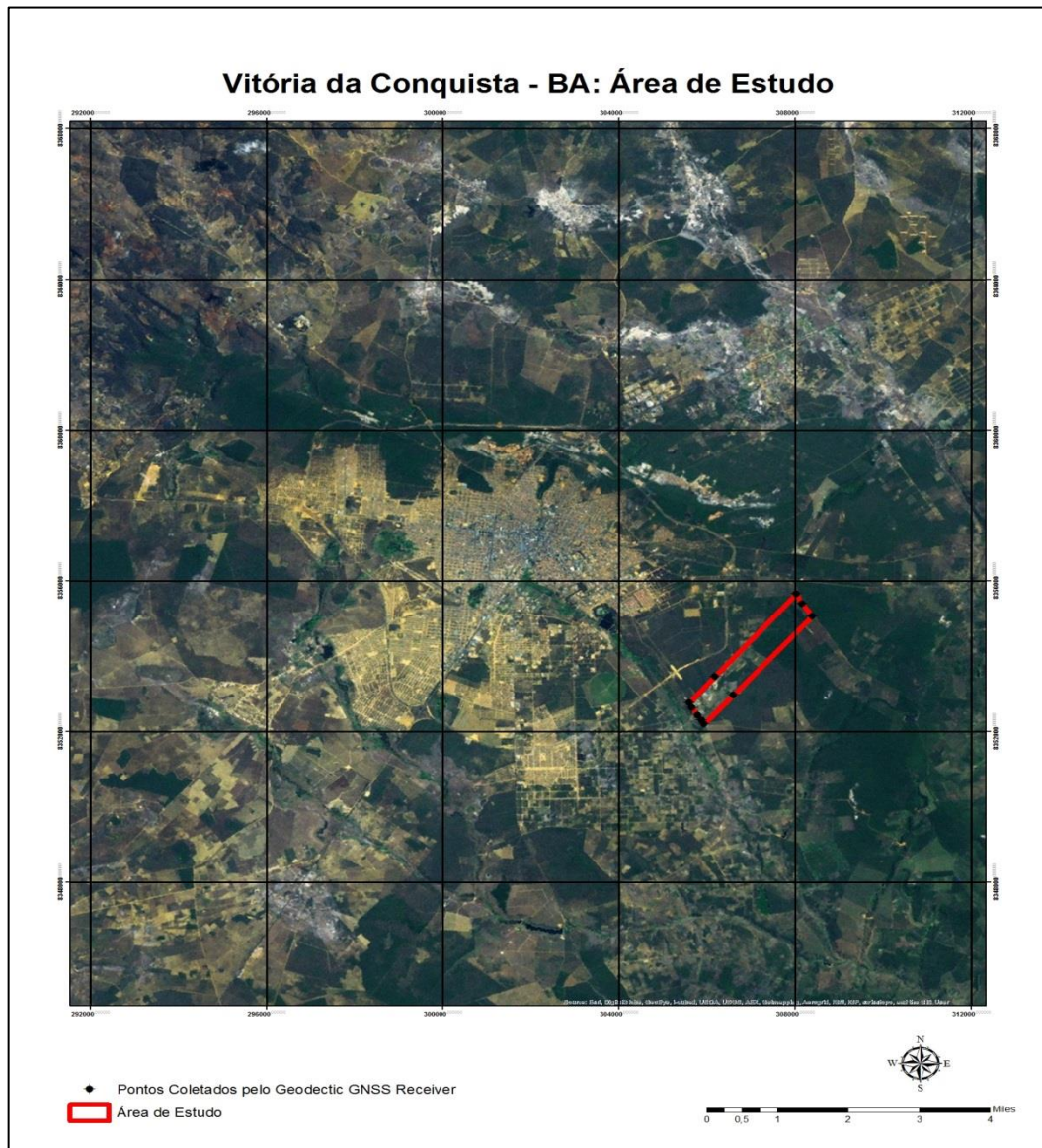
De forma geral, esses são os sistemas que compõem o então chamado GNSS (Global Navigation Satellite System – Sistema Global de Navegação por Satélite). Entretanto, ainda que existam outros sistemas de navegação por satélite similares, o GPS ainda é o mais usado mundialmente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área de Estudo

A área de estudo encontra-se na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, no município de Vitória da Conquista – BA (Mapa 1). De acordo com a classificação de Köppen o Clima do município é do tipo tropical de Altitude (Cwb), com precipitações anuais girando em torno de 700 mm. A altitude, nas escadarias da Igreja Matriz, é de 923 metros podendo atingir mais de 1.000 metros nos bairros mais altos (SANTOS; GONDIM, 2008).

Mapa 1 – Área de estudo georreferenciada pelo receptor Geodetic GNSS Receiver



Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

3.2 Equipamentos e Softwares Utilizados

Para a análise comparativa do desempenho no levantamento e mapeamento, foram utilizados os seguintes receptores:

- ✓ Geodetic GNSS Receiver modelo X900: receptor com ampla gama de aplicações da CHC, possuindo 120 canais de rastreamento de sinal. Recebe sinal das ondas portadoras L1, L2, L2C e L5 para o sistema GPS e L1 e L2 para o sistema GLONASS. Precisão de centímetros.
- ✓ Mobile Mapper 10: receptor topográfico da Ashtech, com antena interna (20 canais) e com conector para antena externa. É capaz de receber os sinais da onda portadora L1 e do código C/A, possuindo precisão de 1 a 2 m, alcançando 0,5 m de precisão no pós-processamento.
- ✓ GPSmap 76CSx: receptor de navegação da Garmin com 12 canais. É capaz de receber sinal do código C/A e habilitado a receber sinal WAAS. Sua precisão é de 10 metros podendo atingir 3-5 metros com ajuste diferencial (DGPS).
- ✓ Etrex Legend H: receptor de navegação da Garmin, com antena embutida e possui 12 canais. Recebe sinal do código C/A e sua precisão é de 15 metros.

Com o auxílio de um computador os dados coletados pelo receptor Geodetic GNSS Receiver e pelo receptor Mobile Mapper 10 passaram por uma correção diferencial através do pós-processamento de dados utilizando os softwares Topcon Tools 8.2 e MobileMapper Office 4.5, respectivamente, tendo como referência (base) a estação BAVC da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) localizada nas coordenadas planas (UTM) 8.353.243,043 m N e 306.067,834 m E. Já os dados coletados pelos receptores GPSmap 76CSx e Etrex Legend H foram baixados com o auxílio do software MapSource.

Para análise e elaboração dos resultados foram empregados os softwares ArcGIS 10.1 e a planilha eletrônica Excel.

3.3 Levantamento Topográfico dos Pontos

A coleta de dados para a análise comparativa foi realizada no mês de Dezembro de 2013, onde foram coletadas as coordenadas de cada vértice de uma

área pré-selecionada, de forma a fazer o mesmo levantamento com os quatro receptores utilizados no estudo (Fotografia 1).

Fotografia 1 – Coleta de dados com os receptores Geodetic GNSS Receiver, Mobile Mapper 10, GPSmap 76CSx e Etrex Legend H



Foto: Larissa Santos Rocha (2013).

Para a delimitação da poligonal da área foram alocados 10 pontos, identificados por piquetes de madeira, de forma a envolver uma área pertencente à UESB.

Os dados obtidos a partir do receptor Geodetic GNSS Receiver, com o pós-processamento de dados, foram considerados testemunha do posicionamento geodésico do polígono, bem como da área e do perímetro.

3.4 Análise dos Dados

De posse dos dados coletados pelos quatro receptores GNSS, os mesmos foram analisados em coordenadas plano-retangulares no sistema de projeção UTM (Universal Transversal de Mercator), segundo o referencial geodésico WGS-84.

Na determinação das diferenças entre coordenadas e obtenção do Erro de posicionamento entre os receptores GNSS usados no estudo, utilizou-se a metodologia proposta por Ângulo Filho (2001) com os seguintes parâmetros:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

$$\Delta N = N_1 - N_2$$

$$\text{Erro} = \sqrt{(E_1 - E_2)^2 + (N_1 - N_2)^2}$$

Em que:

ΔE = Diferença de coordenada plana no eixo X;

ΔN = Diferença de coordenada plana no eixo Y;

E_1 = coordenada plana obtida pelo receptor geodésico (testemunha) no eixo X;

E_2 = coordenada plana obtida pelos demais receptores no eixo X;

N_1 = coordenada plana obtida pelo receptor geodésico (testemunha) no eixo Y;

N_2 = coordenada plana obtida pelos demais receptores no eixo Y.

Erro = Erro Posicional (deslocamento) entre o levantamento efetuado pelo receptor geodésico (testemunha) e pelo levantamento efetuado pelos demais receptores (Topográfico e Navegação).

Além disso, foi realizada uma análise estatística com a determinação da média e desvio padrão de cada erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse primeiro momento, foram comparados apenas os dados obtidos com o receptor Mobile Mapper 10 com o pós-processamento de dados e com os receptores GPSmap 76CSx e Etrex Legend H.

As coordenadas obtidas através dos levantamentos realizados pelos receptores GNSS utilizados são detalhadas no anexo A.

A Tabela 1 contém os indicadores de qualidades de posicionamento planimétrico obtidos a partir de diferentes receptores GNSS. Esses indicadores estão expressos na forma de diferenças entre coordenadas (ΔN , ΔE), erros de posicionamentos (EP), bem como a média e o desvio padrão dos erros.

Tabela 1 – Indicadores de qualidade de posicionamento planimétrico, em metros, obtidos pelos diferentes receptores na área de estudo – Vitória da Conquista-BA, 2013

Vértices	Mobile Mapper 10 (Pós-processado)			GPSmap 76CSx			Etrex Legend H		
	ΔN (m)	ΔE (m)	EP (m)	ΔN (m)	ΔE (m)	EP (m)	ΔN (m)	ΔE (m)	EP (m)
1	0,26	-0,03	0,26	-0,26	-0,11	0,28	0,86	2,04	2,21
2	-0,12	-0,79	0,80	-2,68	-0,18	2,69	-0,46	0,87	0,99
3	0,28	0,71	0,76	-6,46	-2,45	6,91	-2,00	1,82	2,70
4	0,75	0,00	0,75	-2,02	-3,84	4,33	-4,17	3,72	5,58
5	-0,18	-0,25	0,31	-3,61	-1,59	3,95	-1,37	1,62	2,12
6	1,05	0,70	1,26	-2,27	0,89	2,44	-0,06	0,88	0,88
7	0,25	0,21	0,33	-2,23	1,35	2,61	-2,24	0,28	2,25
8	-0,04	0,33	0,34	-4,29	3,21	5,36	-2,10	1,04	2,34
9	-0,14	0,49	0,51	-2,61	-0,22	2,62	-1,48	3,00	3,35
10	0,84	0,04	0,84	-2,39	-0,04	2,39	-1,28	1,02	1,64
Média	0,29	0,14	0,62	-2,88	-0,30	3,36	-1,43	1,63	2,41
D.Padrão.	0,44	0,46	0,32	1,64	1,98	1,85	1,38	1,06	1,34

Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

Os resultados obtidos indicam que o receptor topográfico Mobile Mapper 10 com correção diferencial (pós-processamento), apresentou os melhores resultados, visto que as diferenças entre coordenadas, erro de posicionamento e seu desvio padrão são inferiores aos encontrados pelos demais receptores. Isso se deve ao fato de se tratar de um receptor mais evoluído tecnologicamente em comparação com os receptores de navegação utilizados, bem como da correção diferencial a que foi submetido.

Souza et al. (2006) em um estudo realizado relataram que após o pós-processamento de dados obtiveram precisões relativas de ordem centimétrica, fato que foi possível observar neste trabalho com o receptor Mobile Mapper 10, que obteve 90% de seus dados com precisões centimétricas.

Esse receptor obteve um erro de posicionamento médio de 0,62 m e desvio padrão de 0,32 m, com maior erro de posicionamento encontrado no ponto 6, com 1,26 metros distante da coordenada testemunha, e o menor encontrado no ponto 1, com 0,26 metros de deslocamento.

Em relação ao receptor de navegação GPSmap 76CSx na Tabela 1 é possível constatar que este receptor apresentou maiores diferenças entre coordenadas e maiores erros de posicionamento se comparado ao receptor Mobile Mapper 10 (pós-processado).

O erro de posicionamento médio foi 3,36 m e o desvio padrão de 1,85 m, com o maior erro de posicionamento encontrado no ponto 3, com 6,91 m de deslocamento, já o menor erro, igualmente ao receptor anterior, foi encontrado no ponto 1, com 0,28 metros distante da coordenada testemunha.

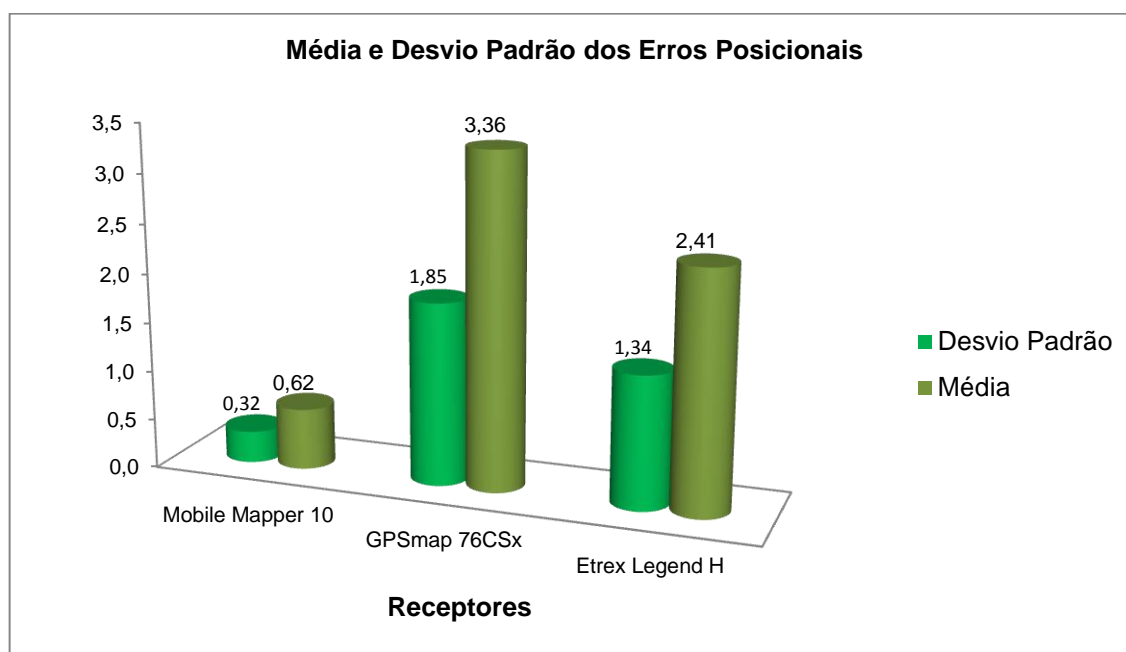
O receptor de navegação Etrex Legend H, assim como o receptor de navegação anterior (GPSmap 76CSx) apresentou erros de posicionamentos elevados, obtendo erro médio de 2,41 m e um desvio padrão de 1,34 m. O erro de posicionamento mais elevado foi encontrado no ponto 4, com 5,58 metros de deslocamento em relação à testemunha, apresentando os dois eixos (N, E) com diferenças altas de coordenadas e o menor erro foi encontrados no ponto 6, com 0,88 m de deslocamento.

Ferraregi et al. (2013) em uma análise comparativa entre o uso de receptores GNSS preciso e de navegação para levantamentos de corpos d'água, também obtiveram erros de posicionamentos elevados para o receptor de navegação, chegando a uma média de 7,006 metros de deslocamento entre coordenadas,

concluindo-se que o uso de receptor de navegação não é recomendado para uso de cadastro de cursos d'água.

No gráfico a seguir são apresentados os valores da média e do desvio padrão em relação aos erros de posicionamentos obtidos pelos diferentes receptores utilizados no estudo.

Gráfico 1 – Média e Desvio Padrão dos erros de posicionamentos ocasionados pelos diferentes receptores

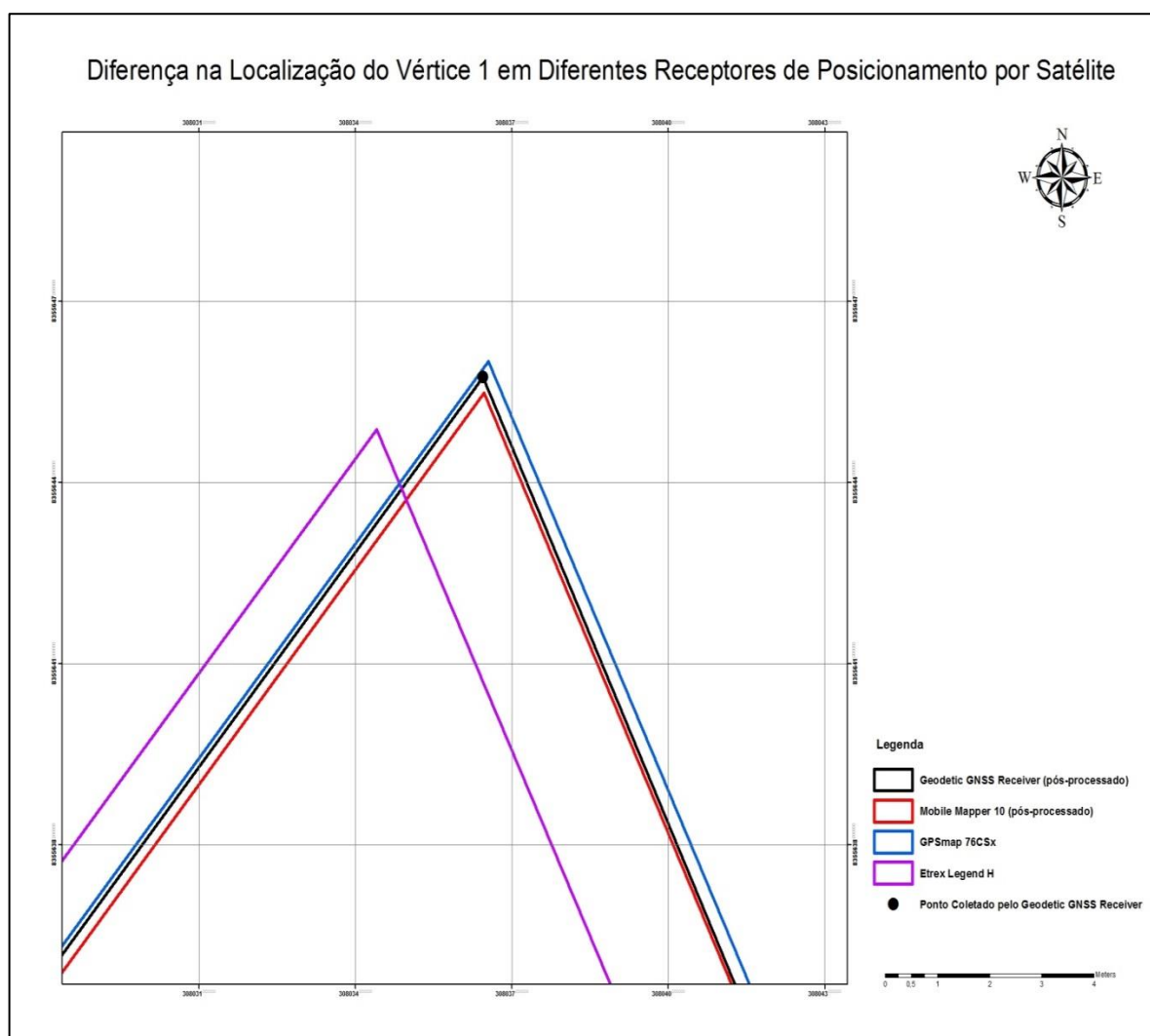


Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

Como é possível observar através do Gráfico 1, o receptor Mobile Mapper 10 com pós-processamento de dados obteve o melhor resultado, pois apresentou uma média de erro posicional bem inferior às obtidas pelos receptores de navegação que tiveram médias consideradas altas. O desvio padrão obtido pelo Mobile Mapper 10 com pós-processamento indica que na amostra, os dados analisados são mais homogêneos, variando pouco em relação à média. O contrário acontece com os receptores de navegação, que tiveram desvio padrão alto, indicando que os valores da amostra são heterogêneos, variam muito em relação à média. O GPSmap 76CSx, por exemplo, obteve valores variando de 0,28 m a 6,91 m de erro posicional.

Um comparativo entre as poligonais obtidas, evidenciando os deslocamentos de alguns vértices, podem ser observados nos Mapas 2 e 3.

Mapa 2 – Área de Estudo Georreferenciada pelos Diferentes Receptores em Estudo: Vértice 1

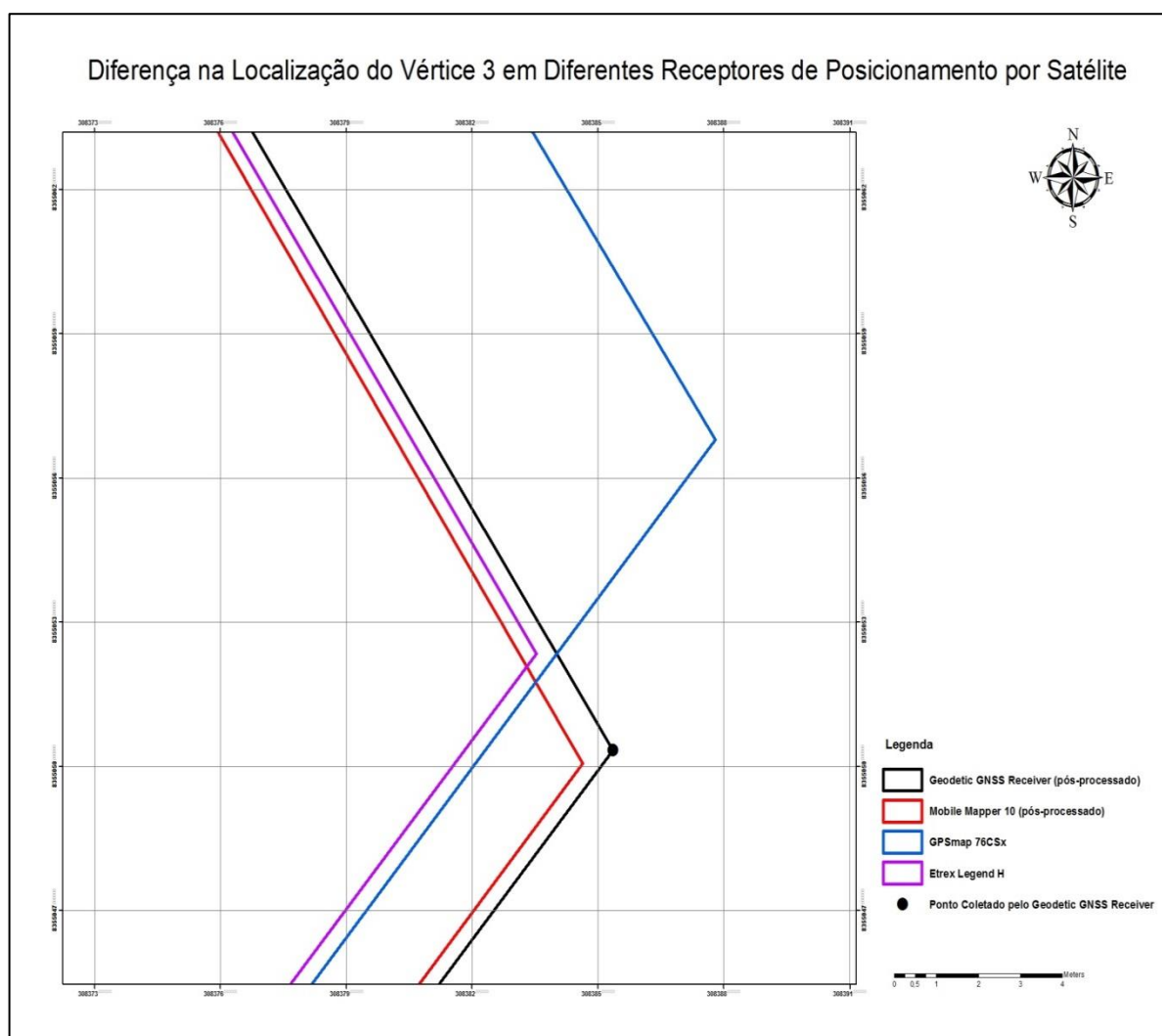


Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

O Mapa 2 apresenta os deslocamentos obtidos pelos diferentes receptores no vértice 1. Esse foi o vértice que apresentou os menores erros posicionais para os receptores Mobile Mapper 10 com correção diferencial e GPSmap 76CSx, com respectivamente 0,26 m e 0,28 metros de deslocamento em relação à coordenada testemunha.

Como é possível observar, o maior erro posicional foi obtido pelo receptor de navegação Etrex Legend H, com 2,21 metros distante da coordenada testemunha, sendo o componente E quem mais contribuiu para elevar o erro, com 2,04 m de deslocamento.

Mapa 3 – Área de Estudo Georreferenciada pelos Diferentes Receptores em Estudo: Vértice 3



Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

No Mapa 3 são apresentados os erros posicionais obtidos no vértice 3. Este foi o vértice que obteve o maior erro posicional do estudo de 6,91 metros de deslocamento, obtido pelo receptor de navegação GPSmap 76CSx. Os receptores Etrex Legend H e Mobile Mapper 10 obtiveram respectivamente, 2,70 m e 0,76 metros de erro posicional.

Em uma nova categoria de avaliação foram comparados entre si os dados referentes aos receptores Geodetic GNSS Receiver e Mobile Mapper 10 com e sem a correção diferencial realizada pelo método de pós-processamento de dados.

A primeira comparação é realizada para o receptor Geodetic GNSS Receiver. Na Tabela 2 são apresentados os valores de coordenadas e os erros de

posicionamentos obtidos pelo receptor GNSS Geodetic GNSS Receiver antes e após a realização do pós-processamento de dados.

Tabela 2 – Coordenadas UTM e erros de posicionamentos obtidos pelos receptores Geodetic GNSS Receiver e Mobile Mapper 10 com e sem o pós-processamento de dados – Vitória da Conquista-BA, 2013

ID	Geodetic GNSS Receiver (Pós-proces.)		Geodetic GNSS Receiver		Erro EP (m)
	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	
1	8355645,75	308036,44	8355646,28	308035,12	1,42
2	8355384,29	308162,20	8355385,72	308161,86	1,48
3	8355050,34	308385,35	8355052,41	308385,72	2,10
4	8352955,68	306600,34	8352956,41	306601,88	1,71
5	8352198,47	305939,33	8352198,18	305941,11	1,80
6	8352299,94	305872,14	8352300,57	305873,40	1,41
7	8352428,78	305788,69	8352429,23	305789,41	0,85
8	8352623,72	305658,74	8352624,78	305659,69	1,42
9	8352763,32	305604,69	8352764,05	305605,83	1,35
10	8353448,76	306182,60	8353450,23	306183,23	1,60
Média					1,51
D. Padrão					0,33
ID	Mobile Mapper 10 (Pós-proces.)		Mobile Mapper 10		Erro EP (m)
	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	
1	8355645,49	308036,47	8355640,49	308034,94	5,23
2	8355384,40	308162,99	8355383,49	308165,01	2,22
3	8355050,06	308384,64	8355047,60	308389,31	5,28
4	8352954,94	306600,34	8352952,64	306605,67	5,80
5	8352198,64	305939,58	8352197,43	305942,08	2,78
6	8352298,89	305871,43	8352300,50	305873,07	2,29
7	8352428,53	305788,48	8352430,60	305790,14	2,65
8	8352623,76	305658,40	8352627,00	305660,23	3,72
9	8352763,45	305604,20	8352767,77	305605,29	4,45
10	8353447,92	306182,55	8353451,11	306183,23	3,26
Média					3,77
D. Padrão					1,34

Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

Em relação ao receptor Geodetic GNSS Receiver nota-se na Tabela 2 que 90% dos pontos levantados tiveram erros de posicionamentos superiores a 1 metro, alcançando uma média de 1,51 m e um desvio padrão de 0,33 m.

Já em relação aos dados obtidos pelo receptor Mobile Mapper 10 os resultados mostram que 100% dos pontos levantados apresentaram erros de

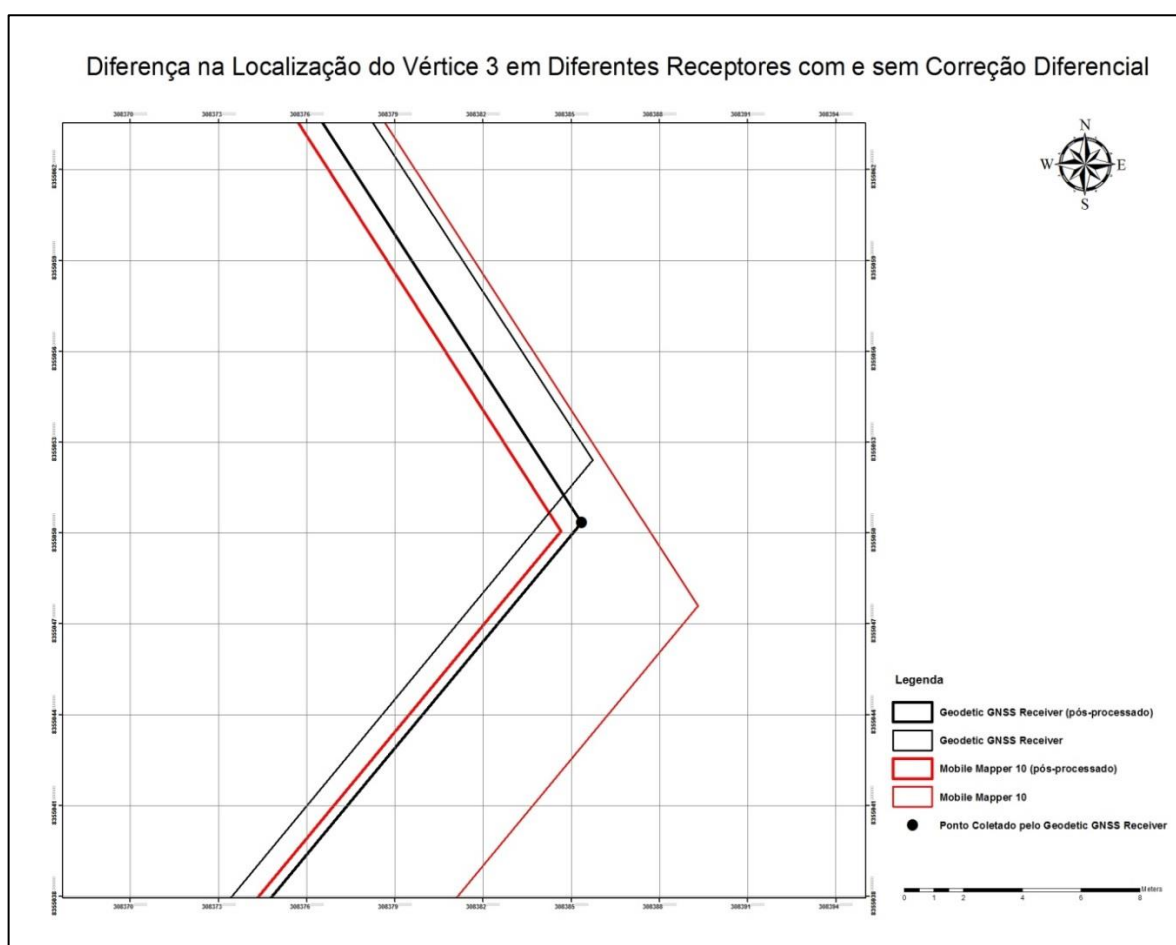
posicionamentos elevados, superiores a 2 metros de deslocamento, o que ocasionou a obtenção de uma média alta, com 3,77 m e um desvio padrão de 1,34 m.

Analisando-se os resultados obtidos, observa-se, ainda que o pós-processamento de dados reduziu consideravelmente os erros de posicionamento. Isso se deve ao fato de que o pós-processamento de dados proporciona a posição precisa dos pontos coletados.

Ferrari (2012) em uma avaliação da acurácia horizontal de receptores GPS e GPS/GLONASS, com e sem correção diferencial concluiu que correção diferencial pós-processada permitiu incrementos de acurácia e de precisão na determinação das coordenadas dos pontos de forma significativa.

A seguir é apresentado um mapa de uma dos vértices da área georreferenciada pelos receptores operando com e sem correção diferencial.

Mapa 4 – Área de Estudo Georreferenciada pelos Diferentes Receptores com e sem correção diferencial: Vértice 3



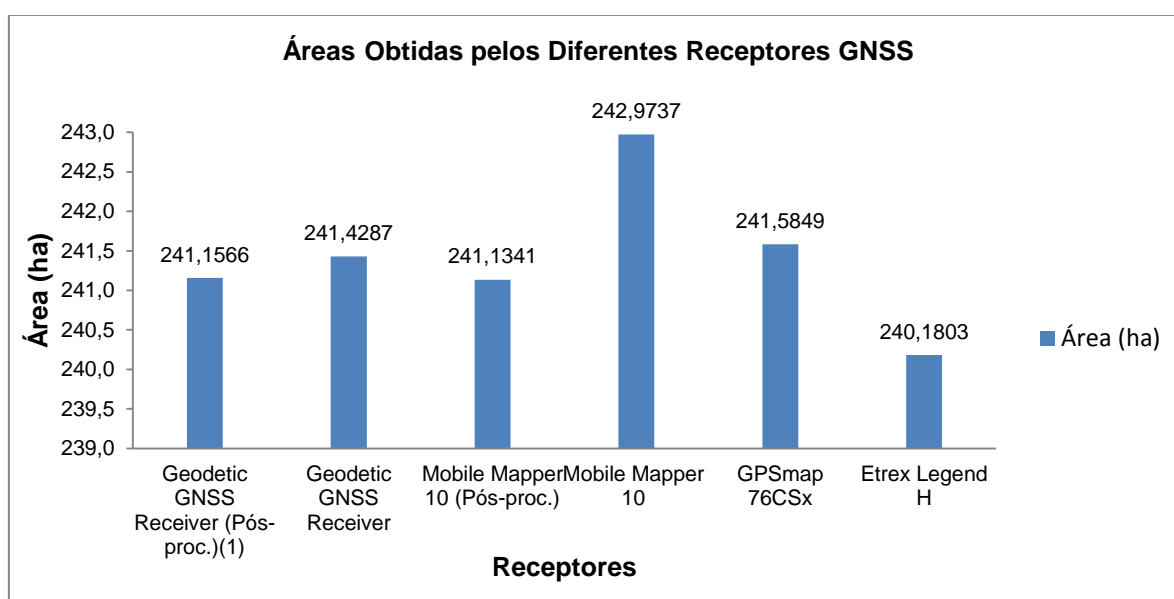
Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

O vértice 3, mostrado no Mapa 4, apresentou valores elevados de erro posicional, onde o receptor Geodetic GNSS Receiver obteve erro de 2,10 m de deslocamento na comparação de suas coordenadas com e sem pós-processamento e o receptor Mobile Mapper 10 obteve um erro posicional de 5,28 m.

Em uma nova linha de avaliação os receptores foram comparados em relação à área e ao perímetro das poligonais obtidas por cada receptor, incluído os receptores Geodetic GNSS Receiver e Mobile Mapper 10 com e sem correção diferencial pelo método do pós-processamento de dados.

As áreas das poligonais obtidas a partir dos dados coletados com os diferentes receptores GNSS podem ser vistos no Gráfico 2, sendo a área do receptor Geodetic GNSS Receiver com correção diferencial considerada como testemunha, calculada em 241,1566 ha.

Gráfico 2 – Áreas obtidas pelos diferentes receptores GNSS utilizados no estudo



Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

(1) Dado considerado como testemunha.

Conforme pode ser observado no Gráfico 1, as diferenças de área variam entre -0,9763 a 1,8171 ha, sendo que, três das medidas foram superiores e duas inferiores à área considerada como testemunha.

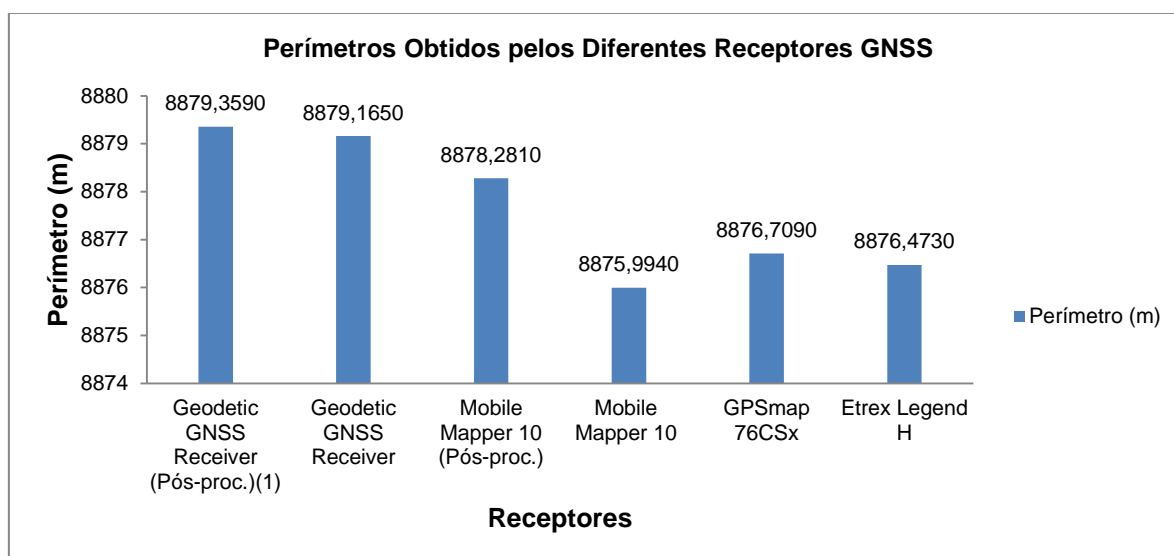
O receptor Mobile Mapper 10 (pós-processado) foi quem mais se aproximou da área testemunha, apresentando 0,0225 ha a menos. A segunda área mais próxima da testemunha foi obtida com Geodetic GNSS Receiver sem o pós-processamento de dados, calculada em 241,4287 ha, valor que apresenta uma diferença de 0,2721

ha a mais. O receptor GPSmap 76 CSx foi o terceiro receptor a apresentar área mais próxima à testemunha, com 0,4283 ha a mais.

Como era esperando o Etrex Legend H, receptor de 12 canais, obteve uma diferença de área das mais elevadas, com 0,9763 ha a menos que a área testemunha. Entretanto, essa diferença ainda é menor que a obtida pelo receptor de 20 canais Mobile Mapper 10 sem pós-processamento de dados, que apresentou uma diferença correspondente a 1,8171 ha a mais que a área testemunha.

As poligonais também foram comparadas quanto à sua extensão, correspondendo ao perímetro da área estudada (Gráfico 2). Da mesma forma que a área, foi considerado o perímetro testemunha o obtido pelo receptor Geodetic GNSS Receiver pós-processado, com 8879,3590 metros.

Gráfico 3 – Perímetros obtidos pelos diferentes receptores GNSS utilizados no estudo



Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

(1) Dado considerado como testemunha.

Todos os receptores apresentaram perímetros inferiores ao perímetro testemunha. A maior diferença encontrada foi obtida pelo receptor Mobile Mapper 10 sem pós-processamento de dados, com 3,3650 m a menos que o perímetro testemunha.

O receptor Geodetic GNSS Receiver sem pós-processamento de dados foi o que obteve a menor diferença, com 0,1940 m a menos, seguido do receptor Mobile Mapper 10 (pós-processado), com 1,0780 a menos que o perímetro testemunha.

Os receptores de navegação GPSmap 76CSx e Etrex Legend H também apresentaram grandes variações, com respectivamente 2,6500 m e 2,8860 metros a menos em relação à testemunha.

Segundo Silva (2002), Tragueta e Cardoso (2009) em seus estudos os receptores de navegação demonstraram grandes oscilações em relação à área e ao perímetro, não sendo adequados para levantamentos que exijam maior precisão.

Rodrigues, V. (2003) ao utilizar em seu estudo diferentes tipos de receptores GPS (geodésico, topográfico e navegação) verificou a potencialidade do receptor geodésico para atividades com maior precisão como na planimetria e altimetria de área, podendo ser utilizado em projetos de irrigação, drenagem e engenharia; o receptor topográfico também pode ser utilizado na planimetria de área e altimetria para a obtenção de anteprojetos; o receptor de navegação por não ser muito preciso poderá ser utilizado na confecção de croqui de área.

5 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada e os resultados obtidos, pode-se concluir que:

Na análise das diferenças entre coordenadas o receptor Mobile Mapper 10 com pós-processamento de dados, obteve o melhor resultado, já os receptores de navegação GPSmap 76CSx e Etrex Legend H apresentaram os maiores erros de posicionamentos, com média e desvio padrão altos. Esse resultado indica que os receptores de navegação não são recomendados para levantamentos que exijam alta precisão.

Com relação à diferença de área o receptor Mobile Mapper 10 (pós-processado) obteve o resultado mais próximo da área testemunha e o receptor Etrex Legend H obteve uma diferença elevada, entretanto, essa diferença foi menor que a obtida pelo receptor Mobile Mapper 10 sem pós-processamento de dados. Quanto ao perímetro a maior diferença foi obtida pelo receptor Mobile Mapper 10 sem pós-processamento de dados, seguido dos receptores de navegação GPSmap 76CSx e Etrex Legend H e do receptor Mobile Mapper 10 (pós-processado). O receptor Geodetic GNSS Receiver sem pós-processamento de dados obteve a menor diferença.

Na análise das diferenças ocasionadas pelo pós-processamento de dados os erros posicionais obtidos foram elevados para os dois receptores. Esse resultado indica a importância da aplicação desse método de correção diferencial em posicionamentos de alta precisão.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO FILHO, R. **Avaliação da Exatidão de Posicionamento Planimétrico de um Receptor GPS Operando sob Diferentes Condições de Cobertura Vegetal**. 2001. 70 f. Tese (Livre-docência)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-31052006-111657/pt-br.php>>. Acesso em: 20 de Nov. de 2013.

Agência Espacial Brasileira. **China Lança GPS Próprio e Avança como Potência Espacial**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/2013/01/china-lanca-gps-proprio-e-avanca-como-potencia-espacial/>>. Acesso em: 15 de Nov. de 2013.

Agência Espacial Federal Russa (Roscosmos): Centro de Informação Analítica. **Estado constelação GLONASS**. Korolev, Rússia, 2013. Disponível em: <<http://glonass-iac.ru/GLONASS/>>. Acesso em: 23 de Nov. de 2013.

Agência Espacial Federal Russa (Roscosmos): Centro de Informação Analítica. **Estado constelação GPS**. Korolev, Rússia, 2013. Disponível em: <<http://www.glonass-center.ru/GPS/index.php>>. Acesso em: 6 de Dez. de 2013.

CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K. SILVEIRA, A. C. da; GARCIA, A. P. Nota Técnica: Desempenho Comparativo entre Receptores GPS. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 8, n. 1, p.63-77, 2006. Disponível em: <<http://www.sbiagro.org.br/pdf/revista/rbiagro-v8n1-artigo5.pdf>>. Acesso em: 1 de Dez. de 2013.

CARVALHO, G; MODESTI, L. G.; BARROS JUNIOR, N. **Comparativo de Coordenadas Geográficas Coletadas Através de Diferentes Receptores de Sistema de Posicionamento Global (GPS)**. 2008. 18 f. Relatório Técnico (Pós-graduação)-Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://tcconline.utp.br/wp-content/uploads//2011/08/comparativo-de-coordenadas.pdf>>. Acesso em: 1 de Dez. de 2013.

ESA: Agência Espacial Europeia. **Galileo: uma constelação de 30 satélites de navegação**. Paris, França, 2013 Disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Galileo_a_constellation_of_30_navigation_satellites>. Acesso em: 22 de Nov. de 2013.

FERRAREGI, R. B.; SANTOS, F. C dos; FAXINA, R. R.; VITTI, D. M. de C. Análise do Uso de Posicionamento de Navegação para Mapeamento Ambiental. In: 5º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2013, Jahu. **Anais eletrônicos** ...Jahu: FATEC, 2013. Disponível em: <http://www.rimaeditora.com.br/20_5SIMAR.pdf>. Acesso em: 5 de Dez. de 2013.

FERRARI, J. L. **Avaliação da Acurácia Horizontal de Receptores GPS e GPS/GLONASS, com e sem Correção Diferencial: Uma Proposição**

Metodológica. 2012. 230 f. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Goytacazes, 2012. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/TesesMonografias/Tese_Site/Tese_J%C3%A9ferson_Luiz_Ferrar%20i.pdf>. Acesso em: 20 de Dez. de 2013.

FONTES, L. C. A. de A. **A Evolução Histórica e Tecnológica do Instrumental Topográfico.** 2005. Disponível em: <<http://www.topografia.ufba.br/apresentacao.htm>>. Acesso em: 30 de Out. de 2013.

GONÇALVES, R. P.; MAROTTA, G. S.; ANDRADE, R. J. de O.; ASSIS, L. C. de. **Projeto UFV Geocapacitar: Sistema de Posicionamento Global – GPS.** Universidade de Viçosa. s/d. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ufv.br%2Fnugeo%2Fpag%2FPROEXT%2FUFVGeocapacitar_GPS.doc&ei=WBPHUt6sHsaokQf8rIDADw&usg=AFQjCNHWm56dTt24WPNNzA0eFGeVGU6EnQ&sig2=NxfOkILWRU_D0eY3dc-2XA>. Acesso em 13 de Out. de 2013.

GONÇALVES, L. F. S. **Desenvolvimento de Sistema de Navegação por GNSS.** 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072011-162537/pt-br.php>>. Acesso em 14 de Out. de 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS.** 2008. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C8QFjAA&url=ftp%3A%2F%2Fgeofp.ibge.gov.br%2Fdocumentos%2Fgeodesia%2Fpdf%2Frecom_gps_internet.pdf&ei=ooOkUatHMW6kQen-IHwAg&usg=AFQjCNGv_e94kQTR3n2qP1qd73h2-gWerg&sig2=vA9WJUe7V8eCwF0LH2wRqQ>. Acesso em: 10 de Nov. de 2013.

MACHADO, W. **Introdução ao Sistema de Posicionamento Global - GPS.** 2009. Disponível em: <<http://www.sntp.org.br/introducaoogps.pdf>>. Acesso em: 31 de Out. de 2013.

MARQUES, H. A.; MONICO, J. F. G.; AQUINO, M. Avaliação dos Efeitos Ionosféricos de Ordem Superior no Posicionamento GNSS. In: VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2013, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: UFPR, 2013. Disponível em: <http://www.cbcbg.ufpr.br/home/wpcontent/uploads/2013/11/G114_CBCG13_V0109.pdf>. Acesso em: 5 de Dez. de 2013.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008. 29-91p.

PAZ, S. M.; CUGNASCA, C. E. **O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas Aplicações.** s/d. Disponível em: <<http://www.lps.usp.br/lps/arquivos/conteudo/grad/dwnld/ApostilaGPS.pdf>>. Acesso em: 28 de Ago. de 2013.

POLEZEL, W. G. C. **Investigações sobre o Impacto da Modernização do GNSS no Posicionamento**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Estado de São Paulo, Presidente Prudente, 2010. Disponível em:

<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bpp/33004129043P0/2010/polezel_wgc_me_prud.pdf>. Acesso em: 1 de Dez. de 2013.

RODRIGUES, D. A. **Evolução dos Equipamentos Topográficos Aliados a Qualidade na Construção Civil**. 2003. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-03/civil-31.pdf>>. Acesso em: 31 de Out. de 2013.

RODRIGUES, V. A. **Uso do Sistema de Posicionamento Global na Caracterização Planialtimétrica para Projetos de Irrigação e Drenagem**. 2003. 117 f. Dissertação (mestrado)-Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2003. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064038P7/2003/rodrigues_va_me_botfca.pdf>. Acesso em: 30 de Nov. de 2013.

ROSA, R. **Cartografia Básica**. Uberlândia, MG. Laboratório de Geoprocessamento da UFF, 2004. Disponível em: <<http://www.uff.br/cartografiabasica/cartografia%20texto%20bom.pdf>>. Acesso em: 20 de Nov. de 2013.

SANTOS, A.; GONDIM, P. **Proposta de Plano Estratégico para a Cidade de Vitória Da Conquista – Ba: Etapa: 2009/2013**. Vitória da Conquista, 2013. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/10185129/Proposta-de-Plano-Estrategico-Vitoria-Da-Conquista>>. Acesso em: 23 de Nov. de 2013.

SEBEN, E.; CATEN, A. T.; ROBAINA, A. D.; MOREIRA, A. L. L.; PELLEGRINI, G. C. de. **Fundamentos de Cartografia e o Sistema de Posicionamento Global GPS**. RS, 2010. Disponível em: <http://200.132.36.199/ppgap/downloads/Fundamentos_Cartografia_e_GPS.pdf>. Acesso em 20 de Nov. de 2013.

Sistema de Navegação por Satélite Beidou. **A construção e desenvolvimento de Beidou sistema de navegação por satélite**. Disponível em: <<http://www.beidou.gov.cn/2013/09/29/2013092903db7281fa3f43b9aaeb1cb65d606b1a.html>>. Acesso em: 23 de Nov. de 2013.

SILVA, S. T. **Análise Comparativa entre Equipamentos Eletrônicos (GPS) para Levantamento de Dados Topográficos**. 2002. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/SERGIO%20TEIXEIRA%20DA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 28 de Out. de 2013.

SOUZA, E. C. B de; KRUEGER, C. P.; RIBEIRA, S. R. A.; BOTELHO, M. F. **Integração de Dados GPS de Diferentes Precisos Mediante a Técnica de Redes**

Neurais Artificiais para a Geração de MDT. **ENGEVISTA**, v. 8, n. 1, p. 27-36, 2006.
Disponível em:
<<http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/viewArticle/169>>.
Acesso em: 1 de Dez. de 2013.

TRAGUETA, N. L.; CARDOSO, L. G. Desempenho de Receptores GPS de Navegação no Cálculo de Área e Perímetro Segundo Diferentes Configurações. **Revista Energia na Agricultura**, vol. 24, n.1, p.105 -120, Botucatu, 2009.
Disponível em:<http://200.145.140.50/html/CD_REVISTA_ENERGIA_vol24n1/vol24n12009/Neiva%20Luciana%20Tragueta%20final.pdf>. Acesso em: 2 de Dez. de 2013.

TIMBÓ, M. A. **Levantamento Através do GPS. Belo Horizonte**, MG. Departamento de Cartografia da UFMG, 2000. Disponível em:
<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Lev_gps.pdf>. Acesso em: 20 de Out. de 2013.

ANEXO A – Tabela com as Coordenadas Obtidas Através dos Levantamentos Realizados pelos Receptores GNSS na Área de Estudo – Vitória da Conquista-BA, 2013

Vértices	Geodetic GNSS Receiver (pós-proc.) ⁽¹⁾		Mobile Mapper 10 (pós-proc.)		GPSmap 76CSx		Etrex Legend H	
	N(m)	E(m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)
1	8355645,75	308036,44	8355645,49	308036,47	8355646,01	308036,55	8355644,89	308034,40
2	8355384,29	308162,20	8355384,40	308162,99	8355386,97	308162,39	8355384,75	308161,33
3	8355050,34	308385,35	8355050,06	308384,64	8355056,80	308387,80	8355052,34	308383,53
4	8352955,68	306600,34	8352954,94	306600,34	8352957,70	306604,18	8352959,85	306596,63
5	8352198,47	305939,33	8352198,64	305939,58	8352202,08	305940,93	8352199,84	305937,72
6	8352299,94	305872,14	8352298,89	305871,43	8352302,21	305871,24	8352300,00	305871,26
7	8352428,78	305788,69	8352428,53	305788,48	8352431,00	305787,34	8352431,01	305788,41
8	8352623,72	305658,74	8352623,76	305658,40	8352628,01	305655,53	8352625,82	305657,70
9	8352763,32	305604,69	8352763,45	305604,20	8352765,93	305604,91	8352764,79	305601,69
10	8353448,76	306182,60	8353447,92	306182,55	8353451,15	306182,64	8353450,04	306181,57

Fonte: Giselle Lemos Moreira, 2013.

(1) Dados considerados como testemunha.