



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2024



“A Hidrografia no contexto da Economia do Mar Brasileiro”

COMPARATIVO ENTRE A CORREÇÃO LEO E A CORREÇÃO C2.5 NA ESTABILIDADE DOS SINAIS DOS RECEPTORES GNSS OFFSHORE

Speroto, A.T. ¹; Santos, F.C.M. ²; Carvalho, V.A. ³; Azevedo, L.A.P. ⁴

¹Oceaneering; ² Oceaneering; ³Oceaneering; ⁴Oceaneering

asperoto@oceaneering.com ; fsantos5@oceaneering.com ; vcarvalho1@oceaneering.com ; lazevedo@oceaneering.com ;

Os satélites de baixa órbita da Terra, conhecidos como LEO (*low-Earth orbit*), circulam próximo ao nosso planeta. Diferentemente dos satélites geossíncronos, que permanecem em posições fixas em relação à superfície terrestre, os satélites LEO viajam em altitudes que variam de 160 a 2.000 quilômetros. Devido à sua proximidade com a Terra, apresentando menor latência, o que resulta em uma transmissão de dados mais veloz. Além disso, a implantação de vários satélites LEO possibilita uma cobertura mais eficiente do terreno como comprovado em Deng et al (2021). Sua órbita mais baixa facilita a logística de lançamento, com distâncias menores a percorrer para a entrada em órbita, o que torna a criação de redes de satélites LEO mais simples e econômica. Os satélites LEO contribuem para aprimorar a acurácia e a confiabilidade de um sistema global de posicionamento por satélites (GNSS, *Global Navigation Satellite System*), disponibilizando sinais mais frequentes e variados (Li et al., 2019). Por estarem mais próximos da Terra, a latência do sinal é reduzida e a vulnerabilidade a interferências é minimizada. Esse avanço no funcionamento do sistema GNSS facilita o nosso cotidiano, assegurando uma navegação precisa, serviços de localização confiáveis e horários mais acurados para uma ampla gama de atividades, que vão desde transporte, sincronização de sistemas de energia, operações de emergência, etc. Neste artigo, abordaremos a solução GNSS da Cnav e realizaremos o comparativo entre o modelo mais antigo Cnav 3050 que recebe correções dos tradicionais satélites geoestacionários versus o novo Cnav X1 que usa correções baseadas em satélites tipo LEO – constelação Iridium.

A indústria do petróleo e gás no Brasil é particularmente significativa, respondendo por 13% do PIB nacional e 50% da oferta interna de energia (ANP, 2020). O Brasil é um dos maiores mercados de águas profundas do mundo e possui uma quantidade substancial de unidades FPSO (Floating Production Storage and Offloading) instaladas em seu litoral, com expectativa de crescimento contínuo nos próximos cinco anos (Nicolosi et al., 2024). A equipe de pesquisa e desenvolvimento da Oceaneering no Brasil define e executa projetos de desenvolvimento tecnológico em parceria com operadoras de petróleo e gás, com infraestrutura para atender às regulamentações da ANP, a fim de fornecer soluções inovadoras nas áreas de robótica, inspeção, intervenção e gestão de dados.

De maneira geral, a solução Cnav é responsável por um posicionamento preciso em alto mar, inferior a 8cm (95%) em tempo real para o Cnav 3050 e inferior a 5cm (95%) para o Cnav X1 (Cnav, 2024). Ambos os receptores foram configurados para trabalhar todas as frequências disponíveis das constelações GPS e Glonass, porém o Cnav X1 também se valeu do Galileo no cálculo da solução. O Cnav 3050 utiliza a tecnologia C2.5, que recebe correções dos satélites INMARSAT 446 (ID I3-F5, 54°W) e/ou 402 (ID I4-F3, 98W). Já o Cnav X1 recebe correções de satélites constelação Iridium, o que em teoria promete trazer enormes ganhos em diversos aspectos associados a estabilidade, geometria, potência de sinal, maior rapidez nas comunicações. A cobertura INMARSAT offshore no Brasil está longe do ideal e depende muito do satélite INMARSAT 446. A cobertura Iridium é muito mais robusta com melhor imunidade ao sombreamento do que os sistemas de entrega baseados em INMARSAT. (Benzerrouk et al., 2019).

O experimento consistiu em realizar o rastreamento de ambos os receptores (3050 e X1), posicionados lado a lado, em uma embarcação em alto mar no campo de Albacora, a mais de 100km da costa do RJ, por aproximadamente 48 horas ininterruptas. Cada receptor registrou as coordenadas em relação à origem do sistema local da embarcação, isto é, a partir do CRP (*Common Reference Point*) da embarcação. Desta forma, os receptores coletaram uma série de dados transmitidos em mensagens GGA (*Global Positioning System Fix Data*), contendo informações de tempo, posição, elevação, HDOP (*Horizontal Dilution of Precision*) e outras informações pertinentes para a espacialização planimétrica. Como uma das formas comparativas, o estudo utilizou o HDOP fornecido por cada receptor para avaliar não só a precisão e acurácia de cada modelo, mas também a estabilidade na garantia de redundância para determinar suas posições e a qualidade das informações adquiridas.

O HDOP é uma medida da geometria dos satélites usados para determinar a posição, onde valores mais baixos indicam melhor precisão e maior confiança na precisão das coordenadas registradas. Valores de HDOP abaixo de 1 são considerados excelentes, entre 1 e 2 bons, e acima de 2 progressivamente piores. A Figura 1 apresenta a plotagem do HDOP registrado durante as 48 horas de gravação dos dados do Cnav 3050 (azul) e Cnav X1 (laranja).

A análise da Figura 1 revela uma discrepância notável entre os dois receptores, especialmente na quantidade de picos de HDOP. O gráfico mostra que o receptor Cnav 3050 apresenta picos de HDOP que frequentemente ultrapassam o valor de 2, chegando a valores acima de 8 em alguns momentos. Em contraste, o receptor Cnav X1 demonstra uma estabilidade maior, com HDOP consistentemente abaixo de 2 durante a maior parte do período, indicando uma precisão mais confiável e estável. A ausência de grandes picos no HDOP do Cnav X1 sugere uma melhor qualidade na geometria dos satélites e, consequentemente, uma melhor acurácia na determinação das coordenadas.



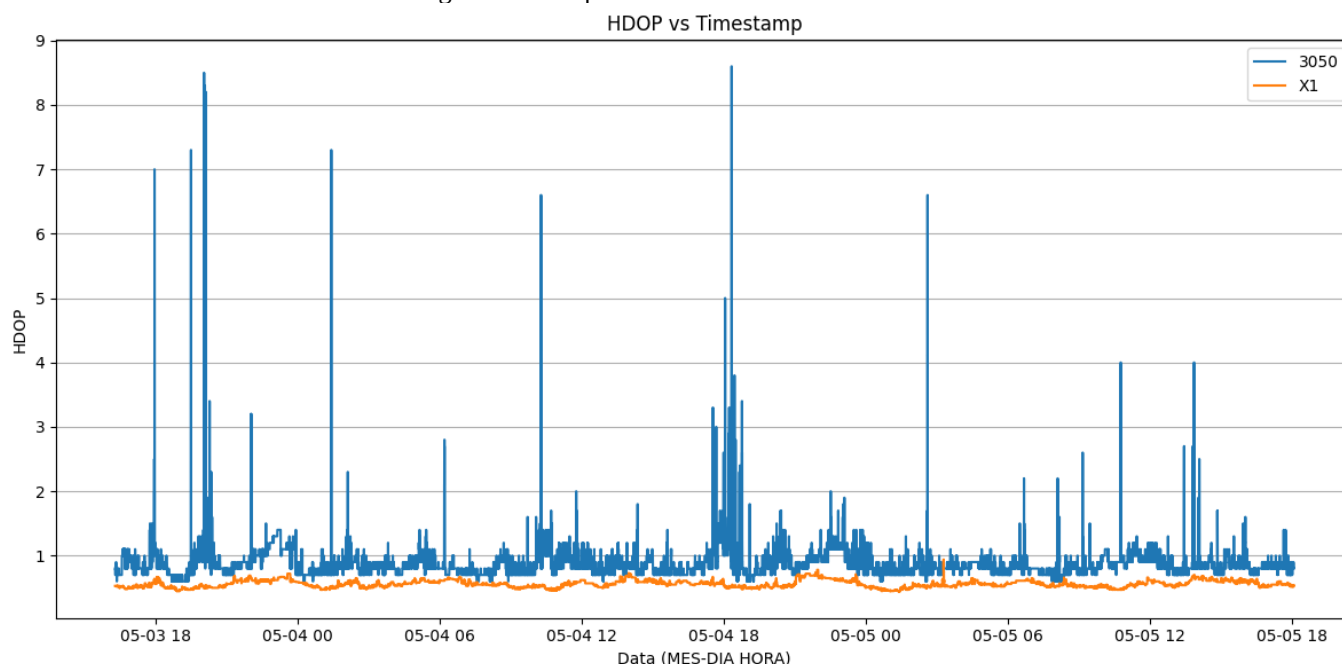
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2024



"A Hidrografia no contexto da Economia do Mar Brasileiro"

A menor quantidade de picos no HDOP do receptor X1 pode ser atribuída à utilização da constelação Galileo, cuja qual é mais nova e possivelmente mais estável, melhorando consideravelmente a geometria celeste. Porém a utilização da Iridium está associada a outros fatores como cintilação, multicaminhamento, estabilidade no recebimento de correções entre outros, que podem ser causadores da instabilidade percebida pelo receptor 3050, que parece ser mais sensível às variações na constelação de satélites disponíveis, resultando em uma distribuição geométrica menos ideal. Por outro lado, a análise do HDOP indica que o Cnav X1 oferece uma qualidade superior dos dados coletados, com menor variação na precisão horizontal. Isso é crucial para aplicações que requerem alta precisão e estabilidade na coleta de dados geoespaciais.

Figura 1 – Comparativo HDOP 3050 x HDOP X1



Fonte: Autores (2024)

Em conclusão, a comparação do HDOP entre os receptores Cnav 3050 e Cnav X1 revela que ambos os modelos oferecem um desempenho robusto e confiável para operações de posicionamento em alto mar. No entanto, o Cnav X1 representa uma evolução do Cnav 3050, trazendo maior estabilidade e acurácia na coleta de dados geoespaciais. A menor variabilidade e a ausência de picos elevados de HDOP no Cnav X1 indicam uma maior confiabilidade nas medições, tornando-o uma escolha mais adequada para aplicações que exigem maior estabilidade. Ambos os receptores são excelentes ferramentas, mas o Cnav X1 provou ter vantagens adicionais devido ao uso de correções baseadas em satélites Iridium, proporcionando melhorias significativas em diversas áreas operacionais.

Palavras-chave: GNSS; Low-Earth Orbit; Acurácia; Cintilação; Navegação; INMARSAT;

REFERÊNCIAS:

1. ANP - AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Especial ANP 20 anos**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/especial-anp-20-anos>. Acesso: 11 maio 2024.
2. Benzerrouk, H., Nguyen, Q., Xiaoxing, F., Amrhar, A., Nebylov, A. V., & Landry, R. **Alternative PNT based on Iridium Next LEO satellites Doppler/INS integrated navigation system**. In 2019 26th Saint Petersburg international conference on integrated navigation systems (ICINS) (pp. 1-10). IEEE. 2019. DOI: 10.23919/ICINS.2019.8769440
3. CNAV. **GNSS Receiver Comparison**. 2024.
4. Deng, R., Di, B., Zhang, H., Kuang, L., & Song, L. **Ultra-dense LEO satellite constellations: How many LEO satellites do we need?**. IEEE Transactions on wireless communications, 20(8), 4843-4857. 2021. DOI: 10.1109/TWC.2021.3062658
5. Li, B., Ge, H., Ge, M., Nie, L., Shen, Y., & Schuh, H. **LEO enhanced Global Navigation Satellite System (LeGNSS) for real-time precise positioning services**. Advances in space research, 63(1), 73-93. 2019.
6. Nicolosi, E. R., Dutra, E. S. S., Guerra, L. C. F., de Freitas, L. R., Filho, E. L. V. C., Prado, D. D., ... & Fernandes, A. A. F. **Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations in Campos Basin-Brazil: Main Challenges and Achievements**. In Offshore Technology Conference (p. D011S002R006). OTC. (2024, April).