UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PRISCILA INÊS DE CARVALHO CAMELO

ANÁLISE DA PRECISÃO DE DADOS DE POSICIONAMENTO OBTIDOS POR GPS/GNSS RTK E LASER SCANNER NA UFPE-CAA: um estudo comparativo

Caruaru
2023

PRISCILA INÊS DE CARVALHO CAMELO

ANÁLISE DA PRECISÃO DE DADOS DE POSICIONAMENTO OBTIDOS POR GPS/GNSS RTK E LASER SCANNER NA UFPE-CAA: um estudo comparativo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Topografia

Orientador(a): Profª. Drª. Shirley Minnell Ferreira de Oliveira

Caruaru

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha orientadora de TCC, professora Shirley Oliveira, pelo seu constante apoio, orientação e paciência durante toda a minha pesquisa. Seus comentários e sugestões perspicazes foram fundamentais para moldar meu trabalho e melhorar sua qualidade.

Também sou profundamente grata à Techmap, que forneceu os recursos e equipamentos necessários para que eu pudesse realizar minha pesquisa. Um agradecimento especial a Sabrina Gomes, pelo seu apoio e incentivo durante todo o meu estudo.

Gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, Maria do Carmo e Paulo Camelo, que sempre me encorajaram e me deram todo o apoio e suporte para que eu pudesse me dedicar aos meus estudos. Em grande parte, foram eles que tornaram esse momento possível. Agradeço também aos meus amigos de faculdade, Joyce, Luccas, Jafé, João Antônio, Erik, Mariana, Bruno, Renatha e, a todos os amigos que tornaram minha graduação mais alegre e menos difícil.

Agradeço ao GAMA (Grupo de Gestão Ambiental Avançada) e a Pórtis Júnior, que ajudaram imensamente na minha formação pessoal e profissional. Essas duas experiências foram responsáveis por expandir minha visão ao me proporcionar a oportunidade de participar de projetos de sustentabilidade, além de me ensinar habilidades práticas e conhecimentos teóricos que serão valiosos para minha carreira. Aos meus amigos de infância, Maíra Vilaça, João Vitor, Marina Muniz, Brenda Raquel, Laura Matos, Micaelle Pereira e Jade Katlen, que estiveram comigo a todo momento, sempre me incentivando e procurando me auxiliar da melhor forma possível, muito obrigada.

Por fim, gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que participaram e dedicaram seu tempo para me auxiliar de alguma forma. Sem a disposição deles para compartilhar suas experiências e percepções, essa pesquisa não teria sido possível.

Análise da precisão de dados de posicionamento obtidos por GNSS RTK e Laser Scanner na UFPE-CAA: um estudo comparativo

Accuracy Analysis of Positioning Data Obtained by GNSS RTK and Laser Scanner at UFPE-CAA: A Comparative Study

Priscila Inês de Carvalho Camelo[1]

RESUMO

A obtenção de coordenadas geográficas precisas é fundamental para diversas áreas, a exemplo da engenharia civil, arquitetura, topografia e agricultura. Existem diversas tecnologias no mercado que realizam tal captura, cada uma com suas vantagens e desvantagens em relação a fatores como precisão, velocidade de coleta, ambientação, custo etc. Diante disso, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre as coordenadas planialtimétricas obtidas tanto através do GNSS RTK (Sistema de Navegação por Satélite Global - Real Time Kinematic), quanto pela tecnologia LIDAR (Light Detection and Ranging), com o auxílio do laser scanner Alpha Air 450, e avaliar a precisão relativa destes. Para tanto, realizou-se um levantamento no Centro Acadêmico do Agreste (CAA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizado em Caruaru-PE. O levantamento iniciou com a instalação do GNSS i50 e o rastreio de um ponto durante aproximadamente 3 horas, para obter uma precisão planialtimétrica milimétrica. Posteriormente, as coordenadas foram corrigidas através do IBGE PPP (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Relatório de Posicionamento por Ponto Preciso). Paralelamente, foram materializados e cadastrados 19 pontos de checagem através do receptor GNSS i73, os quais foram utilizados para a análise comparativa. O levantamento foi concluído com o laser scanner CHC Alpha Air 450 embarcado no Drone DJI Matrice 300 RTK. Após finalizado o levantamento, foram utilizados softwares específicos para o processamento dos dados obtidos, como o CHCNav CoPre e o RiSCAN PRO. Para avaliar as discrepâncias planialtimétricas e verificar se o levantamento estava de acordo com o padrão de acurácia posicional brasileiro do Decreto-lei 89.817/ET-ADGV, foram realizadas análises, através da média, variância, desvio padrão e RMS. As disparidades encontradas foram mínimas e pode-se considerar que o uso do laser scanner CHC Alpha Air 450 produziu resultados tão precisos quanto um receptor GNSS, em termos de acurácia posicional, para a área selecionada.
Palavras-chave: Laser Scanner, topografia, GNSS RTK, análise comparativa.

ABSTRACT

Obtaining precise geographic coordinates is essential for several areas, such as civil engineering, architecture, topography, and agriculture. There are several technologies on the market that perform such task, each with its advantages and disadvantages in relation to factors such as accuracy, collection speed, setting, cost, etc. Therefore, we carried out a comparative analysis between the planialtimetric coordinates obtained through GPS/GNSS RTK (Global Positioning System - Global Satellite Navigation System - Real Time Kinematic), and LIDAR (Light Detection and Ranging) with the aid of the Alpha Air 450 laser scanner, and evaluated their relative accuracy. For that, we carried a survey at the Academic Center of Agreste (CAA) of the Federal University of Pernambuco (UFPE), located in Caruaru-PE. The survey started with the installation of the GNSS i50 and the tracking of a point for approximately 3 hours, in order to obtain millimetric planialtimetric accuracy. Subsequently, the coordinates were corrected using the IBGE PPP (Brazilian Institute of Geography and Statistics - Precise Point Positioning Report). At the same time, 19 control points were materialized and registered through the GNSS i73 receiver, which were used for the comparative analysis. The survey was completed with the CHC Alpha Air 450 laser scanner onboard the Drone DJI Matrice 300 RTK. After completing the survey, specific software was used to process the data obtained, such as CHCNav CoPre and RiSCAN PRO. To assess planialtimetric discrepancies and verify whether the survey was in accordance with the Brazilian positional accuracy standard of Decree-Law 89.817/ET-ADGV, we carried out analyzes of average, variance, standard deviation, and RMS. The disparities found were minimal and it can be considered that the use of the CHC Alpha Air 450 laser scanner produced results as precise as a GNSS receiver, in terms of positional accuracy, for the selected area.

Keywords: comparative analysis, GNSS RTK, Laser Scanner, topography.

DATA DE APROVAÇÃO: 08 de maio de 2023.

1 INTRODUÇÃO

A topografia é uma área que tem evoluído constantemente com o passar dos anos, acompanhando o desenvolvimento tecnológico. De acordo com Bertol *et al.* (2021), a topografia teve início na antiguidade, com a utilização de técnicas rudimentares para medir terras e delimitar propriedades. Com o passar dos anos, foram sendo desenvolvidos instrumentos cada vez mais precisos e sofisticados para a realização de medições topográficas, como o teodolito, o nível e a trena. A obtenção de coordenadas geográficas precisas é essencial para diversas áreas, como engenharia civil, arquitetura, topografia, cartografia, agricultura de precisão, dentre outras. Para tal, existem diversas tecnologias disponíveis no mercado, cada uma com suas vantagens e desvantagens em relação a diversos fatores, como precisão, velocidade de coleta, ambiente de operação, custo, entre outros.

Com a popularização do GPS na década de 1990, a topografia passou a contar com uma ferramenta poderosa para a obtenção de coordenadas geográficas precisas em tempo real. Segundo El-Rabbany (2019), o GPS revolucionou a forma como as medições topográficas eram realizadas, permitindo uma maior precisão e velocidade na coleta de dados. Além disso, surgiram tecnologias complementares ao GPS, como o GNSS, que utilizam satélites para a obtenção de coordenadas.

O GPS/GNSS RTK trata-se de um sistema de posicionamento por satélite que utiliza uma rede de estações de referência para corrigir as informações recebidas dos satélites e calcula as coordenadas em tempo real. É uma tecnologia relativamente simples de ser utilizada e apresenta uma alta precisão em ambientes abertos e sem interferência de obstáculos.

Segundo Li *et al.* (2020), o GPS/GNSS RTK é uma das técnicas mais utilizadas para coleta de dados de alta precisão em projetos de mapeamento e topografia. No entanto, a precisão do sistema pode ser afetada por diversos fatores, como a qualidade do sinal dos satélites, a presença de obstáculos, o ambiente de operação, entre outros.

Por outro lado, a tecnologia LIDAR é um sensor remoto ativo que emite feixes de laser na banda do infravermelho próximo (IV) e é capaz de capturar informações sobre a superfície, modelando-a tridimensionalmente (Singh *et al.*, 2017). Essa tecnologia permite gerar uma nuvem densa de pontos onde é possível detectar objetos, permitindo a modelagem tridimensional da superfície e a geração de produtos como o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) (Zhang *et al.*, 2020). De acordo com Wang *et al.* (2021), o LIDAR é uma tecnologia que tem se mostrado cada vez mais eficiente para a coleta de dados de alta precisão em ambientes complexos, como florestas e áreas urbanas. Porém, o

custo dos equipamentos e a necessidade de processamento pós-coleta podem ser fatores limitantes para a utilização da tecnologia em alguns projetos.

O GNSS e o LIDAR tem sido objeto de muitos estudos na área da topografia e mapeamento. Muitos estudos têm comparado o desempenho dessas duas tecnologias em termos de precisão, acurácia e custo-benefício. Biagini *et al.* (2015) compararam a precisão do LIDAR e do GNSS RTK em um levantamento topográfico em uma área montanhosa na Itália. Os resultados mostraram que o LIDAR produziu uma maior densidade de pontos, enquanto o GNSS RTK teve um melhor desempenho em áreas abertas. Os autores concluíram que o uso das duas técnicas em conjunto pode melhorar a qualidade dos dados coletados.

Ji *et al.* (2017) realizaram um estudo para comparar a precisão da tecnologia GNSS RTK e do LIDAR em um ambiente urbano. Os resultados mostraram que o LIDAR foi capaz de fornecer uma melhor resolução espacial, enquanto o GNSS RTK produziu uma cobertura mais ampla. Os autores sugeriram que o uso conjunto dessas duas tecnologias pode fornecer um conjunto de dados mais completo. Em outro estudo, Teixeira *et al.* (2021) compararam o desempenho do GNSS RTK e do LIDAR na geração de modelos digitais de elevação em uma área florestal na Amazônia. Os resultados mostraram que o LIDAR foi mais preciso na modelagem da topografia da área, enquanto o GNSS RTK foi mais eficiente em áreas com pouca cobertura florestal. Os autores destacaram que a escolha da técnica deve levar em consideração a cobertura vegetal da área de estudo. Esses estudos mostram que tanto o LIDAR quanto o GNSS possuem vantagens e desvantagens em diferentes ambientes e aplicações de levantamento topográfico.

Diante da existência de duas tecnologias distintas para obtenção de coordenadas geográficas precisas e dos estudos existentes sobre o tema, torna-se pertinente a realização de uma análise comparativa entre elas. Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a precisão relativa das coordenadas planialtimétricas obtidas através do GPS/GNSS RTK e da tecnologia LIDAR. Essa análise comparativa pode auxiliar na escolha da melhor tecnologia para aplicações específicas, além de permitir um maior entendimento sobre o funcionamento e limitações de cada uma delas.

Para alcançar o objetivo apresentado foi realizado um levantamento de campo na UFPE/CAA com o GNSS i50 e o laser scanner Alpha Air 450, o qual pode ser utilizado em diversos tipos de levantamento e possui precisão avançada. Foram comparados os resultados obtidos, avaliando a precisão a partir de uma análise seguindo o Decreto Lei 89.817, o qual estabelece normas que regulamentam a Cartografia Nacional e se destinam a estabelecer procedimentos e padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades

cartográficas, por fim, foi realizada a discussão dos dados obtidos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na UFPE-CAA localizado em Caruaru, Pernambuco. A área escolhida foi selecionada com base em suas características topográficas, visto que ela apresenta uma considerável variação de altitude, tornando-a adequada para a aplicação da metodologia. A área também é relativamente limpa, o que permite uma coleta de dados mais precisa e eficiente. A Figura 1 mostra a localização exata da área de estudo dentro do CAA, além de apresentar o posicionamento dos pontos de controle materializados.

Figura 1 – Área de estudo

Fonte: Autora (2023)

2.2 Rastreio da base

Para dar início ao estudo, foi realizada a instalação do GNSS modelo i50 para rastrear as coordenadas de um ponto materializado com tinta branca, o qual estava contido na poligonal de estudo, conforme apresentado na Figura 2. Durante cerca de 3 horas, o ponto foi rastreado com o objetivo de obter uma precisão planialtimétrica na ordem de milímetros, pois a técnica RTK requer que o receptor GNSS de referência rastreie os sinais dos satélites por um período suficiente para

estimar os erros sistemáticos e aleatórios, para então transmitir essas informações para o receptor móvel. Quando um ponto é deixado rastreando por algumas horas é possível obter uma solução mais precisa e estável, pois os erros são minimizados conforme o equipamento capta informação. Além disso, o tempo de rastreamento prolongado também ajuda a minimizar os efeitos de interferências eletromagnéticas, que podem afetar a qualidade dos sinais GNSS e, consequentemente, a precisão da solução obtida.

Após a coleta dos dados, foi realizada a correção da coordenada através do IBGE PPP como ilustrado na Figura 3. O PPP é um documento que apresenta informações sobre as correções orbitais utilizadas para processar dados de um receptor GNSS para determinar coordenadas precisas de posicionamento. Esse relatório é útil para obter informações de alta precisão em locais onde não há disponibilidade de estações de referência GNSS próximas. Tal etapa é fundamental para garantir a qualidade dos dados coletados.

Figura 2 – GNSS i50

Fonte: Autora (2023)

Figura 3 – Relatório de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 3487255

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2023/02/27 14:56:34,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2023/02/27 17:44:44,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CHCI50 NONE
Órbitas dos satélites:[1]	ULTRA-RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s)**:**	2,00
Sigma[2] **da pseudodistância**(m)**:**	5,000
Sigma da portadora(m)**:**	0,010
Altura da Antena[3](m)**:**	1,575
Ângulo de Elevação(graus)**:**	10,000
Resíduos da pseudodistância(m)**:**	2,21 GPS 2,38 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm)**:**	0,87 GPS 0,66 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada)[4]	-8° 13′ 35,8898″	-35° 58′ 53,4512″	567,23	9089423.142	171480.382	-33
Na data do levantamento[5]	-8° 13′ 35,8812″	-35° 58′ 53,4537″	567,23	9089423.406	171480.303	-33
Sigma(95%)[6] (m)	0,004	0,011	0,014			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA		
Fator para Conversão (m):	-5,67	**Incerteza (m):**	0,08
Altitude Normal (m):	572,90		

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

Fonte: IBGE (2023)

2.3 Pontos de checagem

A NBR 13133/2014 define que para a realização de aerolevantamentos, é necessário que sejam estabelecidos pontos de controle para permitir a correção geométrica das imagens. A norma estabelece que os pontos de controle devem ser distribuídos uniformemente na área, a fim de garantir uma cobertura adequada e representativa da área de interesse. No presente estudo foram materializados 19 pontos de checagem com tinta branca. Suas coordenadas foram obtidas através do Receptor GNSS i73, que atua em conjunto com o i50, sendo este a base e o i73 o Rover (Figura 4). Enquanto o i50 realizava o rastreio, foi utilizado o i73 para cadastrar as

coordenadas dos pontos materializados a partir das informações que o receptor recebia da base. Estes foram utilizados para realizar a análise de precisão entre as diferentes metodologias de levantamento.

Figura 4 – Ponto de controle e GNSS i73

Fonte: Autora (2023)

Figura 5 – Ponto de controle e GNSS i73

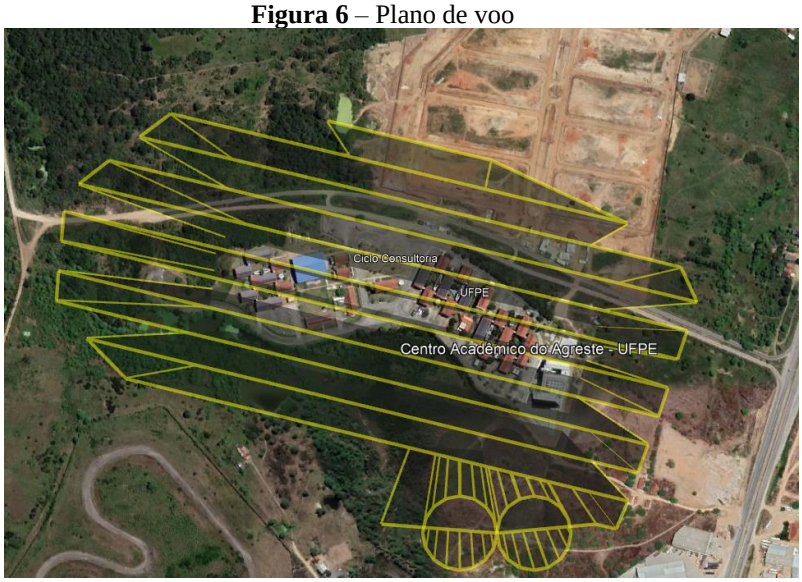
Fonte: Autora (2023)

2.4 Execução do voo para a coleta de dados LIDAR

Após a coleta dos pontos de checagem, foi iniciado o processo de montagem do Drone DJI Matrice 300 com o laser scanner CHC Alpha Air 450 embarcado. O Alpha Air 450 integra um scanner laser de alto desempenho, com uma câmera profissional de 24 MP e um sistema de navegação industrial. Possuindo um escaneamento eficiente, em uma altura de voo de 100 metros com velocidade de 10 $m \cdot s^{-1}$, o laser embarcado pode coletar dados que cobrem uma área de cerca de 2 km^2, resultando em uma densidade de 200 $pts \cdot m^{-2}$. As fichas técnicas dos equipamentos podem ser visualizadas no Anexo A.

A primeira etapa consistiu em realizar o planejamento do voo utilizando o software UgCS. O planejamento foi definido com base na sobreposição pré-definida e na altitude do drone em relação ao solo, a qual foi mantida constante em todos os pontos de voo utilizando dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), para compensar os desníveis do terreno. O SRTM foi uma missão da NASA (National Aeronautics and Space Administration) que foi lançada em fevereiro de 2000 com o objetivo de criar um modelo digital de elevação global em alta resolução da Terra. Isso garantiu que as faixas de escaneamento tivessem a mesma largura. Após a definição do plano de voo, o Drone foi montado e o laser scanner foi calibrado, sendo realizado com uma sobreposição lateral de 70%, uma velocidade de 7 $m \cdot s^{-1}$ e a uma altitude constante de 40 metros acima do nível do solo (AGL). A Figura 6 apresenta o plano de voo e a Figura 7 mostra o equipamento montado e pronto para decolar.

Figura 6 – Plano de voo



Fonte: Autora (2023)

Figura 7 – Laser Scanner AlphaAir 450 acoplado no Drone Matrice 300

Fonte: Autora (2023)

2.5 Processamento dos dados LIDAR para obtenção da nuvem de pontos

Após a execução do voo, a próxima etapa foi o processamento dos dados obtidos em campo, onde fez-se uso de alguns softwares específicos para tal. O software CHCNav CoPre foi utilizado para realizar o Pós-Processamento Cinemático (PPK) dos dados descarregados do Alpha Air 450. O equipamento é equipado com o receptor com o objetivo de melhorar a precisão dos dados de posicionamento. Essa unidade é instalada no drone e permite que os dados de posicionamento coletados durante o voo sejam pós-processados para obter precisão centimétrica ou até mesmo milimétrica.

De acordo com Ehsani *et al.* (2015), o PPK é um método eficiente para melhorar a precisão da posição, especialmente em áreas com obstáculos, como edifícios e vegetação densa. Além disso, esta é uma técnica útil para o levantamento de grandes áreas, pois permite coletar os dados brutos em um único arquivo, que pode ser processado posteriormente em um computador com software especializado (Chen *et al.*, 2019).

Para garantir a precisão no georreferenciamento da nuvem de pontos, o PPK foi realizado tendo como referência o arquivo hcn gerado pelo receptor GNSS i50 e as coordenadas obtidas anteriormente pelo IBGE PPP, considerando o DATUM SIRGAS 2000, o qual é um sistema de referência geodésico utilizado em diversos países da América Latina, incluindo o Brasil, sendo um datum geocêntrico que utiliza o elipsoide GRS 1980, o que permite maior precisão nos cálculos de coordenadas. A projeção da área de estudo é a UTM (Universal Transverse Mercator) ZONA 25S, a qual refere-se à faixa horizontal correspondente à longitude 52,5 a

58,5 graus oeste de Greenwich, que inclui a região sudeste do Brasil.

Durante o processamento da nuvem de pontos, o qual foi realizado através do software RiSCAN PRO, foram realizadas as etapas de registro e filtragem. Estas etapas consistem em alinhar a nuvem adquirida em diferentes posições e remover pontos que não fazem parte da superfície escaneada, como objetos móveis ou pontos de ruído. Posteriormente, foram realizadas as etapas de classificação e segmentação da nuvem de pontos, que consistem em identificar os diferentes elementos presentes na superfície escaneada, como edificações, árvores, vegetação, entre outros.

Por fim, a nuvem processada pode ser utilizada em diversas aplicações, como modelagem 3D, topografia, georreferenciamento, monitoramento de deslocamentos de estruturas, entre outras. O processamento é uma etapa fundamental para garantir a precisão e a qualidade das informações obtidas a partir dos dados LIDAR, permitindo a extração de dados úteis para diversas aplicações, como por exemplo, a geração de modelos digitais de superfície e terreno, cálculo de volumes e identificação de feições topográficas.

Com o processamento concluído, obteve-se uma nuvem de pontos georreferenciada da área levantada, contendo 73.045.434 pontos com espaçamento de 1,5 cm entre eles, na Figura 8 e 9 é possível observar a nuvem de pontos pós-processamento.

Figura 8 – Nuvem de pontos

Fonte: Autora (2023)

Figura 9 – Nuvem de pontos

Fonte: Autora (2023)

2.6 Identificação dos pontos de checagem na nuvem de pontos e análise das coordenadas

Para visualização tridimensional da nuvem de pontos e identificação dos pontos de checagem levantados em campo, foi utilizado o mesmo software do processamento. Com o auxílio das ferramentas geoespaciais deste, foram obtidas as coordenadas UTM dos centros destes.

Com a identificação dos pontos foi possível avaliar a precisão do aerolevantamento e a qualidade dos dados gerados. Além disso, a obtenção das coordenadas UTM dos centros dos pontos possibilitou a comparação com as coordenadas obtidas por meio do receptor GNSS, permitindo verificar a precisão entre os levantamentos.

Após a coleta das coordenadas através dos dois métodos foram realizadas comparações entre os pontos levantados. Para isso, foram realizadas análises para avaliar as discrepâncias planialtimétricas e se o levantamento em questão estava de acordo com o padrão de acurácia posicional brasileiro, o qual é definido pelo Decreto-lei n° 89.817 de 1984, de acordo com as tolerâncias definidas no Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erro-Padrão (EP). Tais

tolerâncias tem seus valores definidos em função da escala de avaliação dos dados espaciais e das classes A, B ou C, definidas por esse Decreto-lei. Em 2010, a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) publicou as Especificações Técnicas de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), documento este ligado à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) criada em 2008 pelo Decreto-lei nº 6.666.

Em um de seus itens, a ET-ADGV explica como deve ser a aplicação do Decreto-lei nº. 89.817 e cria uma classe mais restritiva destinadas para produtos cartográficos digitais (PEC-PCD). Assim, para o enquadramento de um dado espacial em uma determinada escala e classe, segundo o padrão de acurácia posicional do Decreto-lei 89.817/ET-ADGV, devem ser atendidas duas condições (BRASIL, 1984; DSG, 2010; SANTOS, 2010):

i. Noventa por cento (90%) dos pontos coletados no dado espacial, quando as suas coordenadas forem comparadas com as levantadas em campo, por método de alta precisão, ou levantadas em outro dado espacial de maior acurácia, deverão apresentar os valores de discrepâncias posicionais iguais ou inferiores ao valor da tolerância "PEC" em relação à escala e classe testada;

ii. O RMS (Raiz Quadrada Média) da amostra de discrepâncias posicionais deve ser igual ou inferior à tolerância "EP" definido pela norma, para a escala e classe testada.

A Tabela 1 apresenta um resumo dos valores de PEC e EP definidos pelo padrão Decreto-lei 89.817/ET-ADGV, onde "eq." significa equidistância da curva de nível e "esc." significa escala.

Tabela 1 - Valores de PEC e EP

CLASSE (PEC)	CLASSE (PEC-PCD)	PLANIMETRIA		ALTIMETRIA	
		PEC (mm x esc)	EP (mm x esc)	PEC	EP
-	A	0,28	0,17	0,27 eq.	1/6 eq.
A	B	0,5	0,3	1/2 eq.	1/3 eq.
B	C	0,8	0,5	3/5 eq.	2/5 eq.
C	D	1	0,6	3/4 eq.	1/2 eq.

Fonte: Autora (2023)

A análise foi realizada através da obtenção da média, variância, desvio padrão e RMS. A equação de cada uma respectivamente pode ser visualizada abaixo.

$$\bar{x} = (x1 + x2 + ... + xn) / n \quad (1)$$

$$s^2 = \Sigma(x - \bar{x})^2 / (n - 1) \quad (2)$$

$$s = \sqrt{(\Sigma(x - \bar{x})^2 / (n - 1))} \quad (3)$$

$$RMS = \sqrt{(\Sigma(x - \bar{x})^2 / n)} \quad (4)$$

Sendo:

$\bar{x}$ = Média;

s^2 = Variância;

s = Desvio padrão.

Os resultados numéricos e descritivos da análise estão apresentados na próxima seção. Todos os cálculos foram realizados com a ajuda de uma planilha elaborada no Microsoft Excel.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Comparativo dos dados planimétricos

A comparação dos dados planialtimétricos foi realizada a partir da análise mencionada anteriormente, efetuada primeiramente para as coordenadas planimétricas e posteriormente para as altimétricas. Para facilitar a identificação da origem dos dados, algumas siglas foram adotadas, sendo “NP” para se referir aos pontos extraídos da nuvem de pontos, ou seja, da tecnologia LIDAR e, “RTK” fazendo referência aos valores obtidos pelo GNSS. A primeira comparação entre os dados das duas técnicas foi a checagem da diferença entre suas coordenadas este e norte, as quais podem ser visualizadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Comparativo de dados planimétricos entre as coletas RTK e Nuvem de Pontos

PONTOS	NORTE RTK (m)	ESTE RTK (m)	NORTE NP (m)	ESTE NP (m)	ΔN |RTK - NP| (m)	ΔE |RTK - NP| (m)
1	9089487,443	171420,5604	9089487,443	171420,574	1,86265E-09	0,0136
2	9089486,099	171404,5794	9089486,143	171404,554	0,043999998	0,0254
3	9089521,495	171395,5994	9089521,507	171395,615	0,011999998	0,0156
4	9089532,829	171368,4084	9089532,831	171368,404	0,001999998	0,0044
5	9089567,09	171350,8514	9089567,097	171350,892	0,006999997	0,0406
6	9089566,598	171330,1334	9089566,668	171330,16	0,069999998	0,0266
7	9089575,795	171295,2734	9089575,763	171295,223	0,032000002	0,0504
8	9089587,577	171271,8064	9089587,623	171271,806	0,045999998	0,0004
9	9089587,873	171241,7324	9089587,892	171241,758	0,018999999	0,0256
10	9089612,053	171227,8184	9089612,056	171227,832	0,002999999	0,0136
11	9089664,793	171217,2504	9089664,784	171217,273	0,009000001	0,0226
12	9089692,022	171234,0414	9089692,056	171234,041	0,033999998	0,0004
13	9089674,643	171261,5244	9089674,663	171261,587	0,02	0,0626
14	9089672,714	171299,5884	9089672,773	171299,651	0,058999998	0,0626
15	9089653,318	171309,8764	9089653,347	171309,871	0,028999997	0,0054
16	9089660,842	171371,0564	9089660,841	171371,037	0,001000002	0,0194
17	9089640,183	171403,9814	9089640,237	171404,058	0,053999998	0,0766
18	9089628,401	171432,1614	9089628,397	171432,13	0,004000003	0,0314
19	9089592,96	171467,3164	9089593,022	171467,341	0,061999999	0,0246

Fonte: Autora (2023)

Tabela 3 - Comparativo de dados altimétricos entre as coletas RTK e Nuvem de Pontos

PONTOS	COTA RTK (m)	COTA NP (m)	ΔZ |RTK - NP| (m)
1	572,6714	572,656	0,0154
2	571,7984	571,776	0,0224
3	571,1174	571,1198	0,0024
4	569,3454	569,35	0,0046
5	567,6424	567,608	0,0344
6	566,6514	566,614	0,0374
7	564,8644	564,837	0,0274
8	564,2114	564,196	0,0154
9	563,5644	563,539	0,0254
10	563,7104	563,698	0,0124
11	564,8234	564,802	0,0214
12	565,7194	565,701	0,0184
13	565,9864	565,964	0,0224
14	566,4344	566,42	0,0144
15	565,8824	565,881	0,0014
16	567,9914	567,965	0,0264
17	569,7054	569,67	0,0354
18	570,8944	570,88	0,0144
19	573,4444	573,423	0,0214

Fonte: Autora (2023)

É possível observar através desse primeiro resultado que a variação ficou na ordem dos centímetros e milímetros, demostrando que os dois métodos apresentaram valores muito próximos e precisões similares. Porém a análise apenas através da diferença ainda é superficial e para obter uma visão mais abrangente das discordâncias entre os pontos foram realizadas mais algumas comparações, dessa vez, através da média, variância, desvio padrão, RMS e do maior e menor valor das diferenças. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Média, variância, desvio padrão, RMS e maior e menor valor das diferanças.

	ESTE (m)	**NORTE (m)**	**COTA (m)**
Média	0.027	0.027	0.020
s	0.021	0.023	0.010
s^2	0.0004	0.0005	0.000102
RMS	0.035	0.035	0.022
Menor valor	0.08	0.07	0.037
Maior valor	0.0004	1,86265E-09	0.001

Fonte: Autora (2023)

Através da análise das médias calculadas, pode-se observar que as discrepâncias entre os métodos foram mínimas, com médias de 2,7 cm na planimetria e de 2 cm na altimetria. O desvio padrão também foi próximo de 2 cm na planimetria, enquanto para a altimetria, o valor foi de 1 cm, sendo metade do desvio em X e Y. A variância apresentou valores abaixo do milímetro em ambos os estudos, e o RMS variou de 2,2 a 3,5 cm. A precisão das duas tecnologias pode variar dependendo de diversos fatores, como as condições atmosféricas, a qualidade dos equipamentos utilizados, metodologia de coleta e processamento dos dados, podendo variar do centímetro ao milímetro. Os valores obtidos se encontram nessa mesma ordem, demostrando que o levantamento foi realizado de forma correta e, que a precisão das observações feitas pelo laser scanner é tão confiável quanto a de um receptor GNSS.

Seguindo as normas técnicas existentes, a metodologia apresentada e os resultados obtidos, aplicando os conceitos de qualidade e estudo de acurácia posicional, o trabalho classifica-se na Classe A, para a planimetria em escala de 1/1000 quanto para altimetria com escala de 1/1000 e equidistância entre as curvas de 1 metro, de acordo com o Decreto/Lei 89.817/ET-CQDG. O que significa que o uso do equipamento CHC Alpha Air 450 permite a otimização do levantamento, dispensando a necessidade de pontos de controle e produzindo dados de alta qualidade, especialmente em áreas de difícil acesso e com vegetação densa. Esse avanço tecnológico aumenta a produtividade em campo e a confiabilidade das informações obtidas.

Porém é importante salientar que o resultado foi obtido no estudo em questão, em ambientes mais adversos como em áreas de vegetação densa, tais metodologias podem não obter o mesmo desempenho. As condições atmosféricas são outros fatores que influenciam na acurácia dos dados, como nuvens densas, chuva, neblina e ventos fortes, pois em alguma dessas circunstâncias pode ocorrer o bloqueio dos sinais GNSS e a redução da qualidade do sinal do LIDAR devido à reflexão e dispersão da luz, além de questões como a restrição da visibilidade e a estabilidade do equipamento.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pela análise, pode-se comprovar que o uso do laser scanner CHC Alpha Air 450 é tão preciso quanto a utilização de um receptor GNSS em termos de acurácia posicional. O uso de equipamentos de alta tecnologia como o CHC Alpha Air 450 permite a otimização do processo de levantamento topográfico, dispensando a necessidade de pontos de controle e produzindo dados mais precisos e confiáveis em áreas de difícil acesso e com vegetação densa. Isso aumenta a produtividade em campo e possibilita uma tomada de decisão mais precisa e assertiva em projetos de engenharia e arquitetura.

Portanto, conclui-se que a evolução tecnológica na área da topografia vem possibilitando um avanço significativo na qualidade e confiabilidade dos dados coletados, contribuindo para a otimização do processo de levantamento topográfico e aumentando a eficiência na execução de projetos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 13133:** Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 14166:** Rede de Referência Cadastral Municipal: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

BERTOL, D. *et al*. **Topografia. In:** Atlas digital de geotecnologias e geomática. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2021.

BIAGINI, D.; MANDRONE, A.; RONCHETTI, P.; MASETTI, G.; BITELLI, G. Comparison of LIDAR and GNSS techniques for terrain mapping in a mountainous area. **Remote Sensing**, v.7, 2015.

BRASIL. **Decreto nº 2.278** de 17 de julho de 1997. RAA - Regulamenta o Decreto-Lei nº 1177 de 21/06/1971 que dispõe sobre aerolevantamento no território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Decreto nº 5.334** de 6 de janeiro de 2005. Da nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. **Decreto nº 89.817**, de 20 de junho 1984. Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional quanto aos padrões de exatidão. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1984.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.177** de 21 de junho de 1971 - Dispõe sobre o aerolevantamento em território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1971.

BRASIL. **Decreto-lei nº 243/1967** de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1967.

BRASIL. **Lei nº 7.565** de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1986.

BRASIL. **Portaria nº 0637-SC-6/FA-61** de 05 de março de 1998. Aprova as Instruções Reguladoras de Aerolevantamento em território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1998.

CHEN, R.; ZHAO, Y.; CHEN, Z.; ZHANG, H. **An Effective Kinematic Positioning Method Based on PPK for UAV**. *In:* **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ITS APPLICATIONS**, nº 19, 2019, Saint Petersburg. Anais. Cham: Springer, 2019, p. 283-296.

EHSANI, A. H.; OMIDALIZARANDI, M.; SABETGHADAM, S. Study on positioning accuracy enhancement of low-cost GNSS receivers using RTK and PPK methods. **Measurement**, n. 65, p, 32-40, 2015.

ELAKSHER, A. F. Applications of LiDAR in Civil Engineering. **International Journal of Engineering Research and Technology**, n. 12, p. 1314-1318, 2019.

EL-RABBANY, A. **Introduction to GPS:** the global positioning system. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2019.

FERREIRA, I. O. **Controle de qualidade em levantamentos hidrográficos**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

JI, S.; CHEN, X.; CHEN, Z. **Comparison of GNSS and LIDAR techniques for 3D mapping in urban areas**. *In:* **INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMATICS AND GEOSPATIAL TECHNOLOGY (GGT)**, Anais. IEEE, 2017, p. 1-6.

OLIVEIRA, P. H. S. M.; ALBARICI, F. L.; OLIVEIRA, H. C.; RIBEIRO, L. H. R. Análise da integração de nuvens de pontos obtidas por varredura LASER terrestre estática e varredura de luz estruturada cinemática. **Revista Brasileira de Geomática**, vol. 9, p. 273-293, 2021.

RIO DE JANEIRO, IBGE. **RPR 1/2005: Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2005.

SINGH, P.; SINGH, P.; SINGH, A. Application of LiDAR for Digital Elevation Models (DEMs) generation and its accuracy assessment over different landform types. **Environmental Monitoring and Assessment**, n. 189, 2017

TEIXEIRA, B. P.; SILVA, R. D.; RAMOS, C. A.; LOPES, C. C. Comparison of GNSS RTK and LiDAR techniques for terrain modeling in forested areas of the Brazilian Amazon. **Geosciences**, n.11, 2021.

ZHANG, J.; SHAKER, A.; YANG, Y.; LI, B.; & LI, X. (2020). Applications of LiDAR technology in civil engineering. **Journal of Traffic and Transportation Engineering**, n.7, p. 747-755, 2020.

ANEXO A – FICHA TÉCNICA DOS EQUIPAMENTOS

SPECIFICATIONS

General system performance	
Absolute accuracy	<10 cm Hz <5 cm V
Accuracy conditions	Without control points, @50 m flight altitude AGL
Mounting	Skyport for DJI M300 External power source with the dedicated port for other UAVs (CHCNAV Alphaport interface)
Weight of instrument (1)	0.95 kg
Dimensions of instrument	12.8 × 12.8 × 6.75 cm 5.04" × 5.04" × 2.65"
Communications	1× port for GNSS antenna Skyport interface 1× USB Type-C, copy speed up to 160 Mb/s
Data storage	256 GB
Point density on UAV setup 5 m/s (18 km/h) speed	570 pts/sqm @ 50 m AGL 280 pts/sqm @ 100 m AGL
Covered area	2 km²area by 30 mins UAV flight
Operation	One-touch acquisition or remote control via DJI M300 Smart controller enterprise
Transport box	1× protected soft bag with custom precut foam
Laser scanner	
Laser class	1 (in accordance with IEC 60825-1:2014)
Max.range, reflectivity > 80% (2)	450 m
Max.range, reflectivity > 10% (2)	190 m
Max. returns supported	Up to 3
Accuracy (3)	20 mm @ 20 m 30 mm @100 m
Precision (4)	15 mm
Field of view	70.4° (Horizontal) × 4.5° (Vertical)
Scan rate	240 000 pts/sec (first or strongest return) 480 000 pts/sec (dual return) 720 000 pts/sec (triple return)
Positioning and orientation system	
GNSS system	Dual-frequency GNSS GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, sampling frequency 5 Hz
IMU update rate	500 Hz
Position accuracy NO GNSS outage	0.010 m RMS horizontal, 0.020 m RMS vertical, 0.01 degrees RMS pitch/roll, 0.04 degrees RMS heading
Imaging system	
Camera type	Built-in calibrated Camera
Resolution	6252 × 4168
Effective pixels	26 MP, 30 fps
Min. trigger interval	0.6 sec

Environmental	
Operating temperature	-20°C ~ +50°C
Storage temperature	-20°C ~ +65°C
IP rating	IP64
Humidity (operating)	80%, non-condensing
Electrial	
Input voltage	DC 12 ~ 14 V
Power consumption	32 W, min. 2A
Power source	Depending on UAV battery, or by Skyport from DJI M300

* Specifications are subject to change without notice.

(1) Weight calculated with integrated camera. (2) Typical values for average conditions. (3) Accuracy is the degree of conformity of a measured quantity to its actual (true) value. (4) Precision is the degree to which further measurements show the same results. Improved by CHCNAV COPre SW.

© 2021 Shanghai Huace Navigation Technology Ltd. All rights reserved. The CHC and CHC logo are trademarks of Shanghai Huace Navigation Technology Limited. All other trademarks are the property of their respective owners. Revision November 2021.

WWW.CHCNAV.COM | SALES@CHCNAV.COM

CHC Navigation Headquarter
Shanghai Huace Navigation Technology Ltd.
599 Gaojing Road, Building D,
Shanghai, 201702, China
+86 21 54260273

CHC Navigation Europe
Infopark Building , Sétány 1, 1117
Budapest, Hungary
+36 20 235 8248
+36 20 5999 369
info@chcnav.eu

CHC Navigation USA LLC
6380 S. Valley View Blvd Suite 246
Las Vegas, NV 89118 USA
+1 480 399 9533

CHC Navigation India
409 Trade Center, Khokhra Circle,
Maninagar East, Ahmedabad,
Gujarat, India
+91 90 99 98 08 02

Fonte: CHCNAV (2023)

ESPECIFICACIONES

Características del GNSS [1]	
Canales	624 canales, iStar: Tecnología GNSS de seguimiento, desarrollado por CHCNAV
GPS	L1, L2, L2C, L5
GLONASS	L1, L2
Galileo	E1, E5a, E5b
BeiDou	B1, B2, B3
SBAS	L1
QZSS	L1, L2, L5
Precisiones del GNSS [2]	
En tiempo real cinemática (PPK)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS Tiempo de inicialización: < 10 s Fiabilidad de la inicialización > 99.9%
Post - procesamiento cinemático (PPK)	Horizontal: 3 mm + 1 ppm RMS Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS
Post - procesamiento estática	Horizontal: 3 mm + 0.5 ppm RMS Vertical: 5 mm + 0.5 ppm RMS
Código diferencial	Horizontal: 0.4 m RMS Vertical: 0.8 m RMS
Autónomo	Horizontal: 1.5 m RMS Vertical: 3.0 m RMS
Tasa de posicionamiento	Hasta 10 Hz
Fijar a la primera vez [3]	Arranque en frío: < 45 s Arranque en caliente: < 10 s Reaparición de la señal: < 1 s
Hardware	
Tamaño (L x A x A)	140 mm x 130 mm x 106 mm (5.5 pulg × 5.1 pulg × 4.2 pulg)
Peso	1.29 kg (2.8 lb)
Medio Ambiente	En funcionamiento: -40°C a +65°C (-40°F a +149°F) Almacenamiento: -40°C a +75°C (-40°F a +167°F)
Humedad	100% de condensación
Protección contra el ingreso	IP67 a prueba de agua y polvo, protegido de la inmersión temporal a una profundidad de 1 m
Caída	Sobrevive a una caída de 2 metros de bastón
Sensor de inclinación	Nivelación de burbujas
Panel frontal	6 LED de estado
Certificaciones	
Marca CE, MIL-STD-810G Vibración	

Comunicaciones y almacenamiento de datos	
Módem de red	Módem 4G integrado LTE (FDD): B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B20 | DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS: B1, B2, B5, B8 | EDGE/GPRS/GSM 850/900/1800/1900 MHz
Wi-Fi	802.11 b/g/n, modo de punto de acceso
Bluetooth ®	V 4.1
Puerto	1 x puerto LEMO de 7 pines (alimentación externa y RS-232) 1 x puerto USB 2.0 (descarga de datos, actualización de firmware) 1 x puerto de antena UHF (TNC hembra)
Radio UHF	Rx/Tx interno: 410 - 470 MHz Transmita la energía: 0.5 W a 2 W Protocolo: CHC, Transparent, TT450 Tasa de enlace 9600 bps a 19200 bps Rango: Típico de 3 a 5 km
Formatos de datos	RTCM 2.x, RTCM 3.x, entrada / salida del CMR HCN, HRC, RINEX 2.11, 3.02 Salida NMEA 0183 NTRIP Client, NTRIP Caster
Almacenamiento de datos	8 GB de memoria interna
Eléctrico	
Consumo de energía	4.2 W (dependiendo de la configuración del usuario)
Capacidad de la batería de Li - ion	2 x 3400 mAh, 7.4 V
Tiempo de funcionamiento en batería interna [4]	Recepción/transmisión de UHF (0.5 W): 5 h a 7 h Sólo recepción celular: hasta 10 h Estática: hasta 12 h
Entrada de energía externa	9 V DC a 36 V DC

*Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.
(1) Cumplido, pero sujeto a la disponibilidad de la definición de servicio comercial de BDS ICD y Galileo. El BDS B3 y el Galileo E6 serán proporcionados a través de una futura actualización del firmware. (2) La precisión y la fiabilidad se determinan a cielo abierto, sin trayectos múltiples, con una geometría GNSS óptima y en condiciones atmosféricas. Las prestaciones asumen un mínimo de 5 satélites, seguimiento de las prácticas generales recomendadas de GPS. (3) Valores típicos observados. (4) La vida de la batería está sujeta a la temperatura de funcionamiento.

© 2021 Shanghai Huace Navigation Technology Ltd. Todos los derechos reservados. El CHC y el logo del CHC son marcas registradas de Shanghai Huace Navigation Technology Limited. Todas las demás marcas comerciales son propiedad de sus respectivos dueños. Revisión julio de 2021.

WWW.CHCNAV.COM | SALES@CHCNAV.COM

Sede de CHC Navigation
Shanghai Huace NavigationTechnology Ltd.
599, Gaojing Road, Building D
Shanghai, 201702, Chine
+86 21 54260273

CHC Navigation Europe
Infopark Edifício , Sétány 1, 1117
Budapest, Hungría
+36 20 235 8248 +36 20 5999 369
info@chcnav.eu

CHC Navigation USA LLC
6380 S. Valley View Blvd Suite 246
Las Vegas, NV 89118 USA
+1 480 399 9533

CHC NAVIGATION INDIA
409 Trade Center, Khokhra Circle,
Maninagar East, Ahmedabad,
Gujarat, India
+91 9099 9808 02

Fonte: CHCNAV (2023)

PRISCILA INÊS DE CARVALHO CAMELO

ANÁLISE DA PRECISÃO DE DADOS DE POSICIONAMENTO OBTIDOS POR GPS/GNSS RTK E LASER SCANNER NA UFPE-CAA: um estudo comparativo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Topografia

Aprovado em 08 de maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

_____

Profª. Drª. Shirley Minnell Ferreira de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. M.Sc. Renato Mahon Macêdo (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Me. Antônio José Prado Martins Santos (Avaliador)
Instituto Federal Baiano

_____

Engenheira Sabrina de Oliveira Gomes (Avaliadora)
Techmap Topografia e Engenharia