

# **Análise posicional comparativa entre Levantamento Cadastral Territorial por topografia (Estação Total) e GNSS e por LiDAR (SLAM) dos vértices de parcela urbana**

**Flavio BOSCATTO, Adolfo Lino de ARAÚJO, Rovane Marcos de FRANÇA, Brasil**

**Keywords:** LiDAR SLAM, Cadastro territorial, Levantamento Cadastral Territorial.

## **SUMMARY**

The publication of ABNT NBR 17047 in 2022 established normative guidelines for the cadastral survey of urban parcels in Brazil, defining positional accuracy standards for the parcel vertices. Although the standard refers to consolidated methods like GNSS and Total Station, laser scanning (LiDAR), a technique known for performing mass three-dimensional data acquisition across various areas, presents significant potential. This study aimed to evaluate the application of mobile laser scanning (SLAM) for obtaining parcel vertex coordinates and complying with NBR 17047. An experimental survey was conducted on an urban parcel with vertices previously georeferenced using traditional methods, namely Total Station and GNSS. The laser scanning was performed using the RTK-NTRIP method, connected directly to the IBGE's RBMC-IP. Following the data collection, which generated a 3D point cloud, the vertex coordinates were extracted directly from the point cloud and compared with the pre-existing coordinates. The planimetric deviations ranged between 3.2 cm and 15.8 cm, which is within the tolerance limits established by the technical standard. The preliminary results indicate that the use of SLAM technology is a viable alternative and should be tested on other parcels with varying vertex materialization conditions.

**Palavras-chave:** LiDAR SLAM, Cadastro Territorial, Levantamento Cadastral Territorial.

## **RESUMO**

A publicação da ABNT NBR 17047 em 2022 estabeleceu diretrizes normativas para o levantamento cadastral de parcelas urbanas no Brasil, definindo padrões de precisão posicional para os vértices das parcelas. Embora a norma remeta a métodos consolidados de GNSS e Estação Total, a varredura a laser (LiDAR), apresenta potencial, técnica conhecida por realizar o levantamento de dados tridimensionais em massa, em diversas áreas. Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicação da varredura a laser móvel (SLAM) para a obtenção de coordenadas de vértices de parcelas, e para o atendimento da NBR 17047. Foi realizado um levantamento experimental em uma parcela urbana com vértices previamente georreferenciados por métodos tradicionais com Estação Total e GNSS. A varredura a laser foi realizada com método RTK-NTRIP, conectado diretamente na RBMC-IP do IBGE. Após a coleta, que gerou uma nuvem de pontos 3D, as coordenadas dos vértices foram extraídas diretamente da nuvem de pontos e os valores comparados com as coordenadas pré existentes. Os desvios planimétricos apresentaram valores de 3,2 cm e 15,8 cm, dentro dos limites de tolerância estabelecidos pela

norma técnica. Os resultados preliminares indicam que o uso da tecnologia LiDAR SLAM se apresenta como uma alternativa e deve ser testado em outras parcelas com diversas condições de materialização dos vértices.

# **Análise posicional comparativa entre Levantamento Cadastral Territorial por topografia (Estação Total) e GNSS e por LiDAR (SLAM) dos vértices de parcela urbana**

**Flavio BOSCATTO, Adolfo Lino de ARAÚJO, Rovane Marcos de FRANÇA, Brasil.**

## **1. INTRODUÇÃO**

A norma ABNT NBR 17047:2022 estabelece o procedimento para o levantamento cadastral territorial destinado ao registro público. Seu escopo abrange casos de usucapião, parcelamento do solo, unificação e retificação de matrícula, processos bastante utilizados nas regularizações de imóveis e nos desdobramentos territoriais. A norma detalha os requisitos para a análise de documentos, a verificação e materialização dos limites de parcelas, o levantamento cadastral em si, o controle de qualidade das medições, a projeção cartográfica e a elaboração das peças técnicas, sempre considerando os aspectos técnico-legais envolvidos.

A materialização dos vértices da parcela é um requisito fundamental no Cadastro Territorial e a norma aborda o tema, colocando, que deve ser realizada em locais que permitam demarcações físicas e estáveis. A escolha do material é flexível, podendo incluir marcos de concreto, pedra ou material sintético, pinos ou parafusos metálicos, placas ou qualquer outro elemento que garanta estabilidade e perenidade, identificando claramente o limite do imóvel.

A norma prevê situações específicas para a materialização, como muros e edificações, cercas, solo nu e também aborda as questões de vértices inacessíveis.

Os critérios de precisão e tolerância foram publicados pela norma norteando de fato os trabalhos dos levantamentos cadastrais, até o ano de 2022 não havia parâmetro para os vértices urbanos fora das propostas acadêmicas.

Para as parcelas urbanas, a norma estipula uma precisão posicional planimétrica de 8 cm para o vértice. A tolerância posicional admissível é definida como três vezes a precisão posicional, ou seja, 24 cm. Isso significa que, ao comparar dois levantamentos distintos, diferenças posicionais de até 24 cm em um vértice são consideradas aceitáveis, mantendo-se as coordenadas do levantamento original.

Além das precisões e tolerâncias a norma técnica coloca também métodos a serem utilizados como controle de qualidade, um deles é a medição do vértice com técnicas ou métodos diferentes, justamente o utilizado neste artigo.

Os métodos de levantamentos elencados na NBR17047 apontam para outras duas normas técnicas, sendo a ABNT NBR13133 e a ABNT NBR16166. Apenas na NBR13133 existe menção ao uso de varredura a laser, até mesmo por que essa técnica não se aplica em redes cadastrais ou geodésicas, no entanto não se tem detalhamento de como essa técnica deve ser utilizada para os levantamentos topográficos, geodésicos e cadastrais, no entanto, existe a previsão de uso dessas técnicas frente a NBR13133, nesse contexto o método aqui apresentado se enquadra nas normativas.

Portanto, a proposta deste artigo é testar a utilização do Laser Scanner móvel (SLAM) para gerar nuvem de pontos e consequentemente extrair a coordenada do vértice em ambiente 3D.

## 2. UTILIZAÇÃO DO LIDAR SLAM EM ÁREAS DO CONHECIMENTO

A Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM) é uma tecnologia fundamental para sistemas autônomos, como robôs móveis, veículos aéreos não tripulados e veículos autônomos. A tecnologia permite que um dispositivo construa um mapa tridimensional enquanto simultaneamente rastreia sua própria localização dentro dele.

Tradicionalmente, os sistemas SLAM, operam sob a premissa de um ambiente estático. No entanto, ambientes reais são frequentemente dinâmicos, com a presença de objetos em movimento, como pessoas e veículos, o que pode degradar significativamente a precisão do posicionamento e a qualidade do mapa.

Além disso, a precisão do SLAM pode ser afetada por erros acumulados em trajetórias longas, desafios em terrenos irregulares ou a sensibilidade a condições de iluminação.

Para superar esses desafios, pesquisadores têm explorado diversas abordagens, incluindo a fusão de múltiplos sensores e o uso de técnicas avançadas de aprendizado profundo para filtrar interferências dinâmicas e otimizar o posicionamento.

Os vértices das parcelas urbanas não possuem características dinâmicas e sim estáticas o que leva a crer que as medições das feições onde os vértices estão localizados não sofrem parte dos erros possíveis no uso desta técnica.

O SLAM é utilizado e vem sendo testado em diversas áreas do conhecimento, como florestal, mineração, mapeamento de feições lineares entre outras aplicações. Existe pontencial também para a área da engenharia e arquitetura.

Atualmente, além dos equipamentos embarcados em automóveis, como se vê com os mapeamentos das feições do sistema viário, existem instrumentos que podem ser carregados manualmente e o operador se deslocar caminhando na região a ser mapeada.

Este capítulo do artigo apresenta dados comparativos de um experimento do LiDAR SLAM e Laser Scanning Terrestre, com objetivo de ilustrar a aplicação. Não foi encontrado artigo até o momento com o foco no mapeamento do limite de parcelas territoriais.

Štroner et al. (2025) realizaram um estudo comparativo para avaliar a precisão de scanners a laser baseados em SLAM em relação a scanners a laser estáticos terrestres, considerados padrão em trabalhos geodésicos. A pesquisa foi motivada pelo aumento do uso de sistemas SLAM portáteis, que oferecem maior velocidade e facilidade de operação, especialmente em espaços confinados como túneis subterrâneos.

O estudo foi conduzido em um túnel de mina de 120 metros, com superfícies rochosas altamente irregulares, um cenário desafiador para algoritmos SLAM. Os autores testaram quatro scanners SLAM (Geoslam Zeb Horizon RT, Navvis VLX 2, Emesent Hovermap ST-X, Faro Orbis) e dois scanners estáticos (Trimble X7, Faro Focus Premium 70).

Os scanners SLAM foram operados por um técnico da área da topografia caminhando pelo túnel (ida e volta), enquanto os scanners estáticos realizaram varreduras a partir de múltiplas posições fixas. As nuvens de pontos geradas foram georreferenciadas usando quatro alvos esféricos (GCPs) e comparadas com a nuvem de referência. A métrica principal foi o desvio quadrático médio (RMSD). Os resultados destacaram a excelente performance da nova geração de scanners SLAM, alcançaram um RMSD na faixa de 12–24 mm, enquanto os scanners estáticos ficaram entre 22–27 mm.

- Embora os scanners SLAM tenham apresentado maior ruído em nível local, os scanners estáticos mostraram maior deformação ao longo do túnel (efeito "banana"),

provavelmente devido ao acúmulo de pequenos erros no processo de união das múltiplas varreduras.

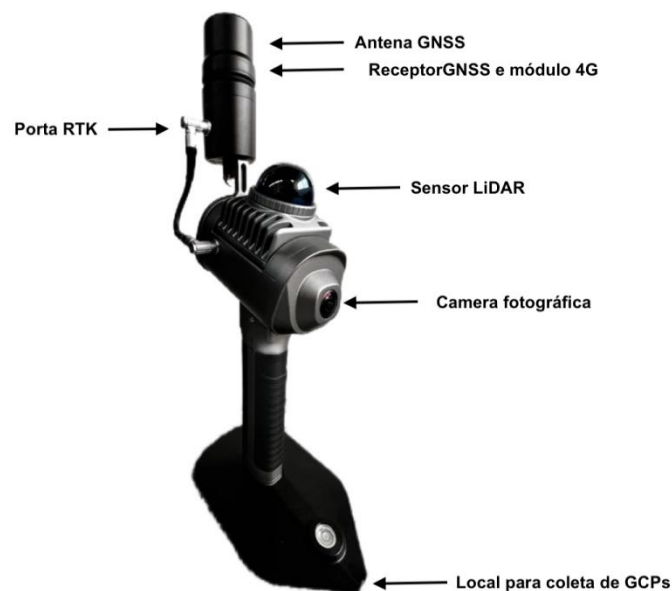
- Os scanners SLAM, por estarem em movimento contínuo, conseguiram capturar melhor as superfícies irregulares e com reentrâncias, enquanto os scanners estáticos deixaram "sombras" ou áreas sem dados.
- A aquisição de dados com os scanners SLAM levou cerca de 2 minutos, enquanto com os scanners estáticos o processo durou aproximadamente 2 horas. O estudo conclui que, para esse tipo de aplicação em ambientes confinados, os scanners SLAM de nova geração não apenas são ordens de magnitude mais rápidos, mas também podem oferecer uma precisão global comparável ou até superior à dos scanners estáticos.

No presente artigo similaridades ao estudo citado foram observadas, como a rapidez na coleta do dado, outro fato é que a mobilidade faz com que o operador alcance locais em que Laser Scanner Aerotransportado (LSA) não mapeiam de forma eficiente e com Laser Scanner Terrestre (LST) estático se necessitaria de diversas cenas para complementar certos detalhes, como por exemplo caminhar por debaixo de copas de árvores e aproximar-se da feição desejada.

### 3. LEVANTAMENTO CADASTRAL TERRITORIAL COM SLAM

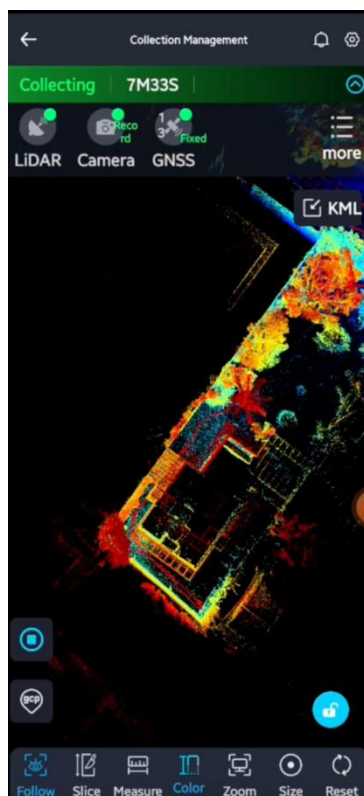
O SLAM, assim como os métodos de levantamentos cadastrais necessitam de um planejamento de campo, sobretudo na forma que será referenciada a nuvem. No presente estudo foi utilizado o equipamento LiGrip O1 Lite, da marca GreenValley e os dados foram processados no software LIDAR360MLS.

O equipamento está apresentado na Figura 1 com suas principais partes, onde indica o sensor LiDAR, câmera fotográfica, GNSS, módulo RTK, assim como o ponto a ser posicionado o equipamento para coleta de GCP (pontos de controle).



**Figura 1.** SLAM LiGripO1Lite e as principais partes

A operação do equipamento é realizada através de um aplicativo de gerenciamento dos dados, no aplicativo é possível criar um projeto, definir o Datum e projeção cartográfica e a coleta de pontos de controle (GCP). A conexão entre o smartphone com o aplicativo instalado e o equipamento se dá via wi-fi, em tempo real, no momento do levantamento é possível ver em tela a construção da nuvem de pontos, a Figura 2 mostra a tela do aplicativo com a nuvem de pontos, destaca-se também que a solução GNSS está fixa, sensor LiDAR e câmera fotográficas ativos.



**Figura 2.** Aplicativo durante a operação do equipamento

O equipamento utilizado permite três formas de coleta e processamento de dados com o objetivo de se trabalhar com a nuvem georreferenciada, RTK-NTRIP, PPK ou com pontos de controle. Para a utilização do RTK-NTRIP é necessário ter um chip de telefonia com pacote de dados móveis no equipamento para que se obtenha a conexão com o servidor do IBGE, a configuração de IP e porta é feita no aplicativo.

Para a utilização do método PPK, uma antena e receptor GNSS deve estar localizada nas proximidades do levantamento e ter suas coordenadas conhecidas no momento do processamento, neste caso, o arquivo RINEX é enviado ao software e a coordenada digitada no processamento.

Outra maneira de se georreferenciar a nuvem é coletar ao menos dois pontos com coordenadas georreferenciadas, para isso, posiciona-se o equipamento no ponto e informa ao aplicativo que deseja-se coletar os dados. Apesar de dois pontos se apresentarem suficiente em alguns casos, sugere-se uma quantidade maior de pontos para melhor ajuste, sendo que a partir de três pontos já é possível observar os desvios nos três eixos.

#### 4. EXPERIMENTOS E DISCUSSÕES

O presente experimento utilizou da técnica RTK-NTRIP para o gerreferenciamento da nuvem, a escolha se deu pela proximidade da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC e pela adequada conexão com a internet.

Foi utilizado o ponto IFSC da RBMC, essa base está cerca de 7,5 Km em linha reta, distância adequada para a correção relativa GNSS.

O levantamento em campo teve uma duração de 13 minutos, tempo bastante reduzido considerando que o levantamento cadastral dos quatro vértices, com implantação de pontos de apoio GNSS e uso de Estação Total durou aproximadamente duas horas.

Obviamente que a grande maioria dos dados LiDAR SLAM acabaram por não sendo utilizados no momento, pois o objetivo neste estudo foram os vértices da parcela.

O processamento dos dados para o ajuste final da nuvem durou aproximadamente 30 minutos e a nuvem foi exportada em formato LAS.

O programa Civil 3D da AutoDesk foi utilizado para a aquisição das coordenadas dos vértices, sendo assim o arquivo LAS foi importado no software ReCap e convertido ao formato RCS/RCP, desta forma inserido no Civil 3D.

A escolha do Civil 3D se deu, pois o mesmo possui ferramentas de planos, cortes e fatiamentos em nuvem de pontos, além de aderência 3D na nuvem de pontos. Ou seja, é possível achar uma faixa da feição onde está posicionado o vértice modificando altura do plano e espessura de fatias, desta forma pode-se cortar copas de árvores e até mesmo se aproximar do solo e visualizar as duas faces de um muro por exemplo.

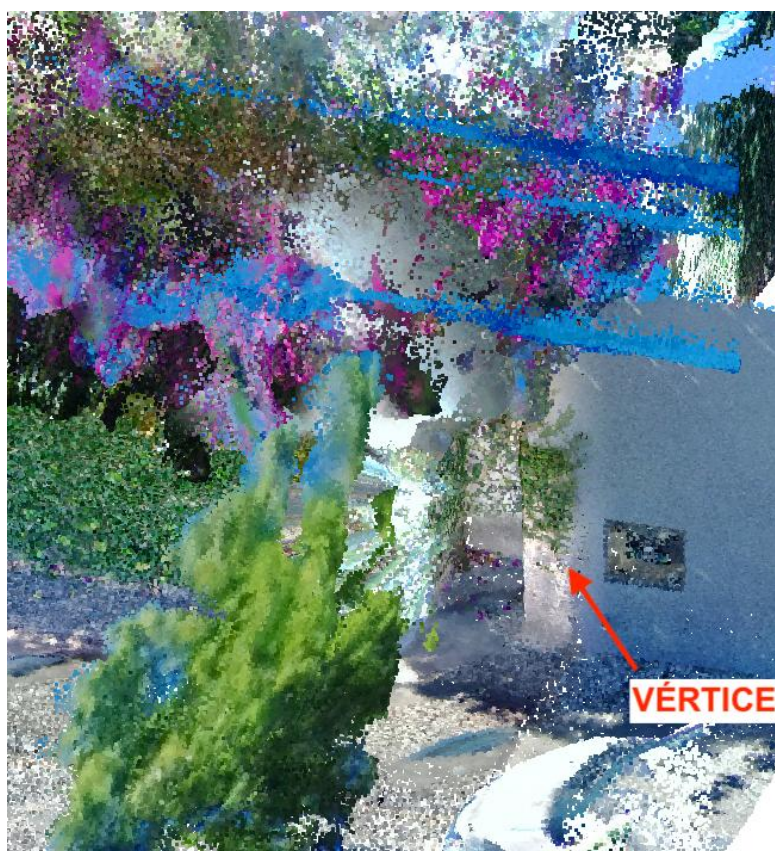
As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram a nuvem 3D no software Civil3D. A Figura 3 mostra a nuvem em vista superior, a Figura 4 mostra a nuvem em visualização 3D, a Figura 5 apresenta a nuvem no vértice V1 e a Figura 6 apresenta o vértice V2.



**Figura 3.** Visualização da nuvem de pontos em vista superior



**Figura 4.** Visualização da nuvem de pontos em 3D



**Figura 5.** Visualização da nuvem e o vértice V1



**Figura 6.** Visualização da nuvem e o vértice V2

A coleta das coordenadas dos vértices se deu diretamente na nuvem de pontos, para essa tarefa foi feita análise em vista superior e 3D, definido alinhamentos entres os vértices e por fim ao fechar o limite das parcelas se coletou os valores pontuais.

A Tabela 1 apresenta os valores das coordenadas UTM dos vértices, além de apresentar as diferenças com as coordenadas pré-existentis do levantamento com Estação Total e GNSS.

Os desvios horizontais dos vértices entre os levantamentos ficaram em 0,032m para o vértice V1, para o vértice V2 o valor de desvio ficou em 0,043m, já para o vértice V3 o valor de desvio foi de 0,158m e o V4 com 0,105m.

Todos os valores encontrados ficaram abaixo de 0,240m como preconiza a NBR17047.

**Tabela 1.** Coordenadas UTM e desvios do levantamento cadastral territorial e LiDAR SLAM

| Vértice | Levantamento Cadastral |             | LiDAR      |             | Desvios  |          |                  |
|---------|------------------------|-------------|------------|-------------|----------|----------|------------------|
|         | E                      | N           | E          | N           | Desvio E | Desvio N | <b>Desvio Hz</b> |
| V1      | 749214,108             | 6941201,926 | 749214,077 | 6941201,897 | 0,031    | 0,029    | <b>0,032</b>     |
| V2      | 749223,951             | 6941213,245 | 749223,908 | 6941213,245 | 0,043    | 0,000    | <b>0,043</b>     |
| V3      | 749257,254             | 6941183,967 | 749257,103 | 6941183,882 | 0,151    | 0,085    | <b>0,158</b>     |
| V4      | 749246,394             | 6941173,561 | 749246,491 | 6941173,649 | -0,097   | -0,088   | <b>0,105</b>     |

A técnica utilizada se mostrou bastante produtiva devido ao tempo de coleta, de processamento e de análise para este caso, no entanto algumas observações são importantes. No caso do LiDAR SLAM a movimentação de caminhada e movimentos de mudança de direção devem ser lentos, assim minimizar possíveis ruídos ou baixa densidade de pontos.

As feições onde estão localizados os vértices podem ser levantadas de diversos ângulos com objetivo de detalhar o objeto.

Sinalizar os vértices com fitas coloridas ao lado da materialização pode ajudar na interpretação do ponto na nuvem, uma vez que a nuvem é colorida RGB com as fotografias tomadas durante o levantamento.

Para vértices inacessíveis com limites construtivos a técnica pode ser empregada, no entanto deve-se observar a distância até o objeto.

Locais como rios, as margens devem ser mapeadas, uma vez que o espelho d'água não é um objeto que o LiDAR consiga mapear com precisão, até mesmo pelo motivo da água estar em movimento.

Para vértices com marcos em solo nu, deve-se testar objetos que possam elevar o ponto, como balizas ou bastões e analisar se a nuvem apresenta satisfatoriamente o ponto na extremidade desse acessório.

## 5. CONCLUSÕES

O uso do LiDAR SLAM se mostrou viável para os levantamentos cadastrais, novos testes devem ser realizados em diferentes tipos de materialização de vértices e em vértices inacessíveis em que seja possível o alcance do sinal laser e a interpretação da feição em nuvem.

## REFERÊNCIAS

ABNT. (2021). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133: Execução de Levantamentos Topográficos - Procedimento. Rio de Janeiro.

ABNT. (2022). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro.

ABNT. (2022). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17047: Levantamento Cadastral Territorial para Registro Público - Procedimento. Rio de Janeiro.

Cabral, C. R. et al. (2020). Uma proposta de Cadastro Territorial para o Brasil. Revista Brasileira de Cartografia, v. 72.

GREENVALLEY INTERNATIONAL. (n. d.) LiGrip O1 Lite: Lightweight 3D Laser Scanner, Quick Start Manual. Versão A.00. Guangzhou, China: GreenValley International, [s.d.]. Disponível em: <https://www.greenvalleyintl.com/gvi/web/us/file/EN-EN-LiGrip-O1-Lite-Quick-Start-Manual.pdf>. Acesso em: 30/09/2025.

Štroner, M., Urban, R., Křemen, T., Braun, J., Michal, O., & Jřirkovský, T. (2025). “Scanning the underground: Comparison of the accuracies of SLAM and static laser scanners in a mine tunnel,” *Measurement*, vol. 242, p. 115875, fev. 2025.

## NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

**Flavio Boscatto**, nasceu em São Paulo. Técnico em Geomensura (CEFET/SC, atual IFSC). Doutor e Mestre em Engenharia Civil na área de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial (UFSC). Engenheiro de Aquicultura (UFSC). Especialista e Licenciado em Docência para Educação Profissional (IFSC). Professor no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) no Curso Técnico de Agrimensura. Membro da Comissão de Estudos de Topografia da ABNT.

**Adolfo Lino de Araújo**. Técnico em Agrimensura (IFSC), Engenheiro Civil (UFPB), Mestre em Engenharia Cartográfica (UFPE), Doutor em Engenharia Civil (UFSC). Membro da Comissão Nacional de Cartografia, Grupo de Trabalho sobre Cadastro. Atuou como membro da Comissão de Revisão da Portaria 511 do Ministério das Cidades sobre Cadastro Territorial Multifinalitário. Professor do Curso Técnico em Agrimensura do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Membro da Comissão de Estudos de Topografia da ABNT.

**Rovane Marcos de França** nasceu em Tubarão (SC) em 1973. Técnico em Estradas pela ETFSC, Técnico em Geomensura pelo CEFETSC, Engenheiro Civil pela UNISUL, Mestre em Engenharia pela UFSC e Doutor em Ciências Geodésicas pela UFPR. Possui experiência e desenvolve pesquisa em Cadastro Territorial, Topografia, Escaneamento a Laser 3D, Fotogrametria e BIM para Infraestrutura. Atua como professor do IFSC no Curso Técnico de Agrimensura e no Curso Técnico em Geoprocessamento do IFSC no Campus Florianópolis (SC).

## CONTATOS

**Flavio Boscatto**

Email: [flavio.boscatto@ifsc.edu.br](mailto:flavio.boscatto@ifsc.edu.br)

**Adolfo Lino de Araújo**

Email: [adolfo.lino@ifsc.edu.br](mailto:adolfo.lino@ifsc.edu.br)

**Rovane Marcos de França**

Email: [rovane@ifsc.edu.br](mailto:rovane@ifsc.edu.br)

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)  
Avenida Mauro Ramos, 950, Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACC)  
Florianópolis  
BRASIL