

Soluções em automação desenvolvidas para dispositivos móveis: perspectivas para ensino e pesquisas em levantamentos geodésicos e topográficos

RESUMO

Alan José Salomão Graça

alan.salomao@eng.uerj.br

orcid.org/0000-0002-0580-6746

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil.

Luis Augusto Koenig Veiga

knqveiga@ufpr.br

orcid.org/0000-0003-4026-5372

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil.

Andreas Jerke

andreas_jerke@gmail.com

orcid.org/0000-0002-9476-5201

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil.

A pandemia da COVID-19 impôs restrições significativas a profissionais cujas atividades demandam, essencialmente, práticas presenciais, como é o caso dos engenheiros cartógrafos, agrimensores e pós-graduandos envolvidos com levantamentos geodésicos. A necessidade de distanciamento social exigiu a adoção de estratégias alternativas para a continuidade das atividades acadêmicas e técnicas, especialmente aquelas que requerem práticas de campo e de laboratório, fundamentais nos processos de ensino-aprendizagem dessas áreas. Nesse contexto, o Laboratório de Geodésia Aplicada à Engenharia (GEENG) intensificou o desenvolvimento de soluções voltadas à automação de procedimentos em levantamentos topográficos e geodésicos, visando mitigar os impactos das restrições impostas. O presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão teórica acerca da automação em Levantamentos Geodésicos e Topográficos, com ênfase na aplicação de tecnologias emergentes e interfaces de programação em dispositivos móveis. São apresentadas inovações de cunho didático e científico, desenvolvidas no escopo da Indústria 4.0, bem como os resultados obtidos até o momento. A metodologia adotada baseou-se na utilização da plataforma *MIT App Inventor*, com processamento em nuvem e uso de algoritmos e linguagens de programação de código aberto, para o desenvolvimento de aplicativos móveis direcionados ao sistema operacional *Android*. Os resultados incluem interfaces baseadas em Internet das Coisas (IoT), capazes de acessar sensores e componentes lógicos embarcados em *smartphones*, fundamentados na tecnologia de Sistemas Microeletromecânicos (MEMS). As soluções desenvolvidas abarcam desde aplicativos simples e didáticos para a visualização de coordenadas, cadernetas eletrônicas de campo para disciplinas de Topografia e até aplicativos de aquisição de observações integrados a estações totais robóticas, voltados a aplicações práticas em levantamentos geodésicos.

PALAVRAS-CHAVE: Automação em Levantamentos. Indústria 4.0. Geodésia Aplicada. Topografia. Aplicativos para Dispositivos Móveis.

INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 impôs uma transição abrupta para o ensino remoto emergencial, desafiando instituições de ensino superior a adaptarem rapidamente suas metodologias pedagógicas (BOTTO *et al.*, 2023). Tecnologias educacionais pouco exploradas no âmbito brasileiro, como Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), Plataformas Corporativas de Ensino a Distância (*Moodle*), Seminários *Web* (*Webinars*), Aplicativos de Videoconferência, *Screencasts* e Canais de Vídeos Online, bem como o emprego de redes sociais para transmissões ao vivo (*Lives*), foram rapidamente incorporados nas práticas docentes diante das medidas de distanciamento social e *lockdown* parcial (DUBOIS *et al.*, 2022; ALESSANDRETTI *et al.*, 2020; LEVIN *et al.*, 2020; VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020).

Na área de Geociências, particularmente em cursos de graduação em Engenharia Cartográfica e Agrimensura (ECA) e pós-graduações que versam em Ciências Geodésicas (PPGCG), essa adaptação revelou-se complexa devido à natureza prática e empírica de suas disciplinas, que demandam atividades de campo e laboratoriais para o desenvolvimento de competências técnicas essenciais (BOTTO *et al.*, 2023; DUBOIS *et al.*, 2022; ALESSANDRETTI *et al.*, 2020). A eficácia dessas ferramentas citadas, em replicar experiências práticas de Geodésia e Topografia foi limitada, carecendo de soluções tecnológicas mais específicas para o contexto aplicado às Geociências e Engenharias.

A combinação de abordagens teóricas e práticas desempenha um papel crucial nos cursos de graduação mencionados, seja focando em técnicas de levantamento ou no gerenciamento/processamento de dados espaciais (DUBOIS *et al.*, 2022). Essas áreas envolvem diversas competências específicas. Entre elas: treinamentos em coleta de observações em campo; métodos de posicionamento e mensuração envolvendo o domínio prático de instrumentação geodésica (estações totais, níveis digitais, receptores GNSS etc.); ajustamentos de observações; análises minuciosas de incertezas utilizando métodos probabilísticos ou determinísticos para a estimação de erros; quantificação e extração precisa de medidas; controle de qualidade de produtos cartográficos; e modelagem 2D ou 3D (BOTTO *et al.*, 2023; KARSZNIA; OSADA; MUSZYŃSKI, 2023; SAMPAIO; VEIGA; ALVES, 2023; GLUEER *et al.*, 2021; WEGEN, 2021; LEVIN *et al.*, 2020).

Nesse cenário, emergiram iniciativas voltadas para o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis e sistemas automatizados que pudessem simular ou complementar atividades de campo (BAUER; LIENHART, 2023; SAMPAIO; VEIGA; ALVES, 2023; RESTIKA; NIRWANA; ASRIYADI, 2021; LEVIN *et al.*, 2020). A utilização de *Micro Electro Mechanical Systems* (MEMS) e sensores embarcados em *smartphones*, como câmeras, acelerômetros, magnetômetros, giroscópios e receptores GNSS, associados a plataformas de desenvolvimento de aplicativos como o *MIT App Inventor*, possibilitou a criação de ferramentas educacionais interativas e acessíveis (SAMPALIO *et al.*, 2022; CHIDHAMBARAM *et al.*, 2019; JAMALUDDIN *et al.* 2015). Essas soluções alinham-se às tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, promovendo a integração entre dispositivos móveis, Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem para aprimorar o ensino e a prática profissional em Geomática (BOTTO *et al.*, 2023; DUBOIS *et al.*, 2022; STAIGER, 2023; ELIJAH *et al.*, 2021; GRAÇA *et al.*, 2021; LI; SHEN; WANG, 2018).

Este artigo apresenta uma revisão teórico-metodológica sobre processos de automação em levantamentos topográficos e geodésicos, convergindo com o uso

de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 voltadas para aplicações em dispositivos móveis. Três soluções metodológicas, desenvolvidas pelo Laboratório de Geodésia Aplicada à Engenharia (GEENG) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), são apresentadas como alternativas para o uso de *smartphones* em levantamentos. São discutidas as abordagens adotadas para integrar linguagens de programação de código aberto, sensores de dispositivos móveis e equipamentos geodésicos, como níveis digitais e estações totais robóticas, visando à criação de ferramentas educacionais e experimentais de baixo custo. Os resultados discutidos incluem o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, com diferentes níveis de interação com usuário e integração com outros equipamentos de levantamentos. Trata-se de aplicativos para o sistema operacional *Android* que possibilitam: a visualização de coordenadas geográficas; a aquisição de observações através do nivelamento geométrico; e o controle remoto de estações totais robotizadas (ETR) via protocolos e sensores de comunicação (Leica GeoCOM e *Bluetooth* respectivamente).

Ao explorar essas soluções, busca-se contribuir para o ensino de Geociências e Engenharias, oferecendo alternativas viáveis para a realização de atividades práticas de levantamentos topográficos e geodésicos. O intuito foi promover a integração de tecnologias emergentes da Indústria 4.0 com o processo de formação de profissionais das áreas mencionadas.

REVISÃO TEÓRICA

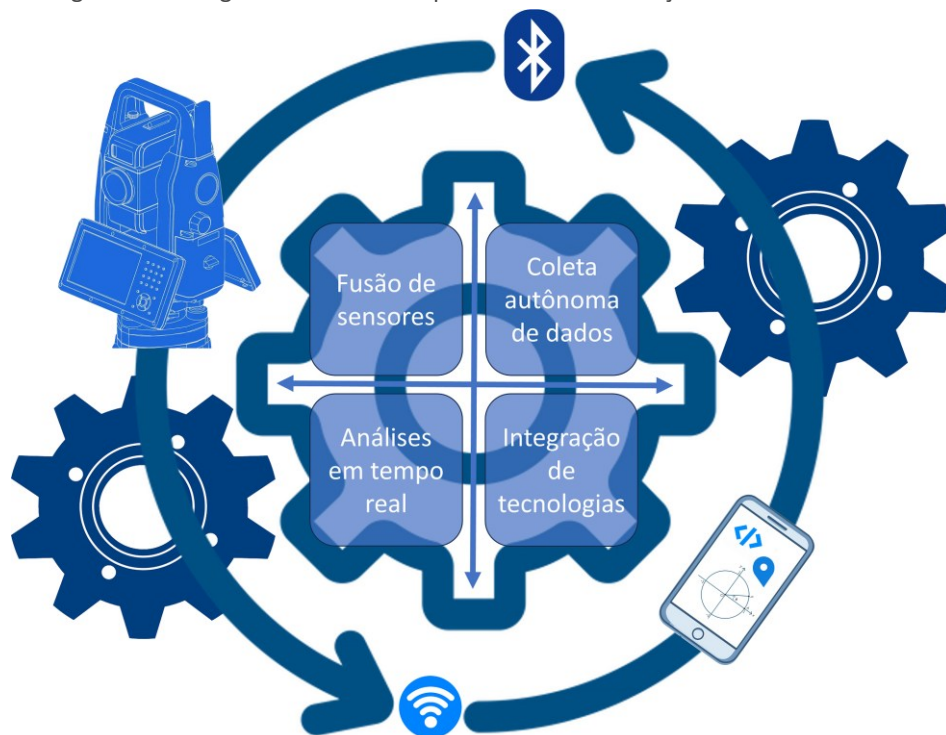
AUTOMAÇÃO EM LEVANTAMENTOS: PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA 4.0

O avanço tecnológico no campo da instrumentação geodésica tem possibilitado a automação de diversos procedimentos, resultando em melhorias na precisão nominal, na aquisição remota de observações, na redução da propagação de erros e no aumento da produtividade (FRANÇA; KLEIN; VEIGA, 2023; STAIGER, 2023; MEDEIROS; FAGGION; ALVES, 2020; SCHWIEGER; KERKES; LERKE, 2020; RODRIGUEZ; VEIGA, 2019; EHRHART; LIENHART, 2017; LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017; LAMBROU, 2014). Concomitantemente a esses avanços tecnológicos, observa-se o desenvolvimento de soluções em *softwares* livres e de código aberto (FOSS), bem como a implementação de algoritmos em plataformas gratuitas voltadas ao desenvolvimento de aplicativos móveis (BORAH; KHANAL; SUNDARAVADIVEL, 2024; KARSZNIA; OSADA; MUSZYŃSKI, 2023; JERKE *et al.*, 2022; LEVIN *et al.*, 2020; CHIDHAMBARAM *et al.*, 2019; JAMALUDDIN *et al.* 2015).

De modo geral, os projetos de automação envolvem tecnologias que utilizam sistemas mecânicos, eletrônicos e/ou computacionais para a execução de tarefas simples ou complexas. A automação refere-se às funcionalidades de um sistema automático, no qual os próprios mecanismos integrados (*hardware* e *software*) controlam seu funcionamento, dispensando, em grande parte, a interferência humana (BORAH; KHANAL; SUNDARAVADIVEL, 2024; VEIGA, 2002; VEIGA, 2000). De forma abrangente às Geociências, os níveis de automação envolvem sistemas multi-sensores de medição digital, robotização, aquisição de dados de forma contínua, programas para processamento e fusão das observações em tempo real, integração entre tecnologias e plataformas, promovendo mudanças significativas na rotina dos operadores (BORAH; KHANAL; SUNDARAVADIVEL, 2024; KARSZNIA;

OSADA; MUSZYŃSKI, 2023; GLUEER *et al.*, 2021; MIRANDA; VEIGA, 2016). De forma resumida, a Figura 1 expressa as sinergias entre esses níveis de automação.

Figura 1 – Sinergias envolvidas nos processos de automação em levantamentos

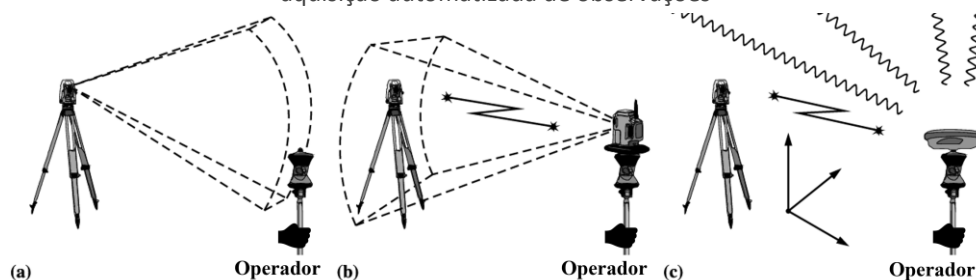


Fonte: Autoria própria (2025).

Nas aplicações topográficas, os processos de automação estão presentes em diferentes estágios de trabalho, com graus variados de implementação. Com o devido nível de conhecimento técnico do operador, torna-se possível extrair dados com maior robustez, operar os sistemas remotamente, ajustar observações em tempo real e gerar representações topográficas digitais diretamente em campo (KARSZNIA; OSADA; MUSZYŃSKI, 2023; VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020; LAMBROU, 2014). Exemplos incluem: a interconexão entre instrumentos de levantamento; o reconhecimento automatizado de alvos; os sistemas inerciais de compensação de inclinação; a aquisição e o processamento conjunto de pontos, pixels e nuvens de pontos; o cálculo automatizado e a geração em tempo real dos produtos dos levantamentos; e o envio de dados para uma interface de saída, registrando observações em um terminal remoto ou em nuvem (SCHWIEGER; KEREKES; LERKE, 2020; EHRHART; LIENHART, 2017; NADAL *et al.*, 2017; GARRÉ; WEYMAR, 2016; MIRANDA; VEIGA, 2016; LAMBROU, 2014; VEIGA, 2000).

Atualmente, é possível realizar levantamentos em campo com apenas um operador, utilizando soluções robotizadas operadas remotamente (Figura 2). Quanto maior o grau de automação e a integração de sistemas e sensores, mais viável se torna a busca e a pontaria automática de alvos passivos, com auxílio de câmeras acopladas às ETRs (Figura 2a), a comunicação ativa e a transmissão síncrona de dados — provenientes dos módulos de medição, codificadores de ângulos e sistemas ATR — entre ETRs (Figura 2b), bem como a comunicação entre ETRs e receptores GNSS (Figura 2c), possibilitando a transmissão de coordenadas geodésicas em tempo real (EHRHART; LIENHART, 2017).

Figura 2 – Ilustração exemplificando diferentes métodos remotos e robotizados de aquisição automatizada de observações



Fonte: Adaptado de Ehrhart e Lienhart (2017).

Em suma, a automação contribui para reduzir o tempo de resposta a eventos, minimizar erros de observação — sobretudo os humanos — e padronizar operações e rotinas de aquisição de dados espaciais (BAUER; LIENHART, 2023; MEDEIROS; FAGGION; ALVES, 2020; EHRHART; LIENHART, 2017; NADAL *et al.*, 2017; LAMBROU, 2014). A incorporação de processos automatizados aos levantamentos permite ainda a adição de dados auxiliares, coletados por MEMS, às observações geodésicas convencionais, resultando em medições mais robustas (RODRIGUEZ; VEIGA; SOARES, 2021; CHIDHAMBARAM *et al.*, 2019).

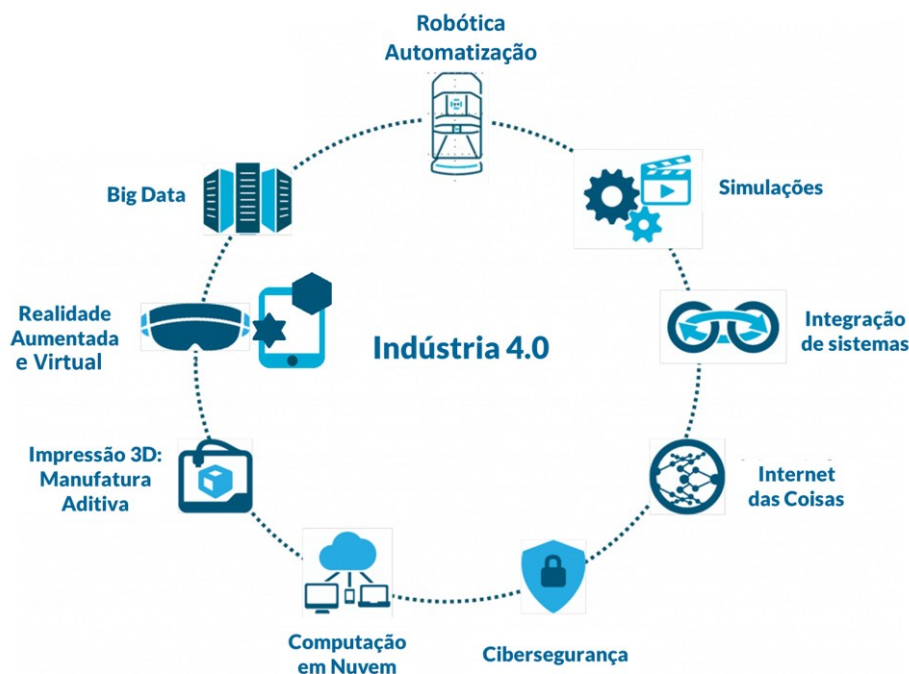
De forma utilitarista, a automação estabelece uma conexão direta entre os processos de coleta, processamento e armazenamento de dados (JERKE; FAGGION, 2020; RODRIGUEZ; VEIGA, 2019; NADAL *et al.*, 2017; MIRANDA; VEIGA, 2016). Os avanços tecnológicos nessa área proporcionam maior eficiência na aquisição de dados geoespaciais, permitindo: fusão em tempo real das observações; abrangência em diferentes escalas; acompanhamento de projetos de engenharia em distintos níveis de detalhe (*Level of Details – LoD*); realização simultânea de múltiplas operações em campo; e redução no tempo de processamento de grandes volumes de dados (BAUER; LIENHART, 2023; KARSZNIA; OSADA; MUSZYŃSKI, 2023; STAIGER, 2023; LEVIN *et al.*, 2020; VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020; LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017; LAMBROU, 2014).

A evolução dos métodos automatizados, impulsionada pela Indústria 4.0, exige do profissional da Agrimensura um planejamento eficaz, mobilidade em campo, flexibilidade na adoção de diferentes tecnologias e compreensão das limitações dos equipamentos em função das demandas específicas de medição (BAUER; LIENHART, 2023; SAMPAIO; VEIGA; ALVES, 2023; STAIGER, 2023; LEVIN *et al.*, 2020; MEDEIROS; FAGGION; ALVES, 2020; LAMBROU, 2014). Nesse contexto, melhorar a eficiência e produtividade por meio da automação implica lidar com grandes volumes de dados em tempo real, capturados remotamente por múltiplos sensores e processados por soluções robustas, operando localmente ou na nuvem (KARSZNIA; OSADA; MUSZYŃSKI, 2023; STAIGER, 2023; LI; SHEN; WANG, 2018; MIRANDA; VEIGA, 2016; LAMBROU, 2014).

As tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 (Figura 3) — como Internet das Coisas (IoT), Robótica e Automação, Computação em Nuvem, Realidade Aumentada (RA) e Virtual (RV), *Big Data*, Manufatura Aditiva, Integração de Sistemas e Simulações — vêm impulsionando e otimizando as atribuições dos profissionais da área de levantamentos (ELIJAH *et al.*, 2021; GRAÇA *et al.*, 2021). Aliados a conhecimentos em inteligência artificial, sistemas especialistas e transmissão remota de dados, esses profissionais são capazes de gerenciar

projetos com mais eficácia, definindo estratégias de aquisição de dados com base em restrições técnicas, normas de segurança e viabilidades econômicas (STAIGER, 2023; LI; SHEN; WANG, 2018).

Figura 3 – Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Elijah *et al.* (2021).

Em geral, os equipamentos de levantamento não foram projetados para uso por leigos. No entanto, a integração com dispositivos móveis equipados com MEMS (Figura 4) permite a realização de medições — como ângulos, distâncias, direções, áreas, posições e volumes — de forma mais acessível a usuários não especialistas (SAMPAIO; VEIGA; ALVES, 2023; SAMPAIO *et al.*, 2022; LEVIN *et al.*, 2020; LI; SHEN; WANG, 2018; SHOUSHARI; SADEGHI-NIARAKI, 2014). Essa integração pode ser viabilizada por meio da programação de interfaces que ativam funcionalidades de sensores de comunicação, como *Bluetooth* e *Wi-Fi* (JERKE, 2023; SOON *et al.*, 2020; JAMALUDDIN *et al.*, 2015). Ademais, a tecnologia MEMS é empregada no desenvolvimento de sensores como o giroscópio (utilizado para determinar a orientação por meio da medição de ângulos), o acelerômetro (capaz de medir forças de aceleração) e o magnetômetro (que estima a intensidade do campo magnético terrestre, fornecendo dados para componentes como a bússola digital), todos operando nos três eixos do dispositivo móvel (SAMPAIO *et al.*, 2022; SHOUSHARI; SADEGHI-NIARAKI, 2014). As redes móveis de nova geração (5G) aceleram e aumentam a precisão em tempo real dos sensores inerciais dos *smartphones*, cenário fortuito para aplicações geoespaciais (ELIJAH *et al.*, 2021).

Figura 4 – Sistemas operacionais, movimentos da plataforma e múltiplos sensores dos *smartphones*



Fonte: Autoria própria (2025).

Os *smartphones* são equipados com receptores GNSS, comumente referidos como receptores GPS, capazes de processar sinais de múltiplas constelações como GPS, GLONASS, Galileo e BeiDou. Esses receptores, integrados ao *chipset* do dispositivo, permitem a determinação da posição do usuário com base na trilateração de sinais de satélites, por meio da medição indireta das diferenças de tempo entre os relógios atômicos dos satélites e os relógios internos dos receptores (ZANGENEHNEJAD; GAO, 2021; GABRYSZUK, 2020). A partir da versão *Android 7.0*, passou a ser possível acessar dados brutos de GNSS, incluindo informações da fase da onda portadora, o que possibilita a aplicação de técnicas avançadas de posicionamento, como o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) (GOMES; DE OLIVEIRA JÚNIOR; KRUEGER, 2022; ZANGENEHNEJAD; GAO, 2021).

A tecnologia A-GPS complementa o funcionamento dos receptores GNSS em *smartphones*, especialmente em ambientes urbanos ou com obstruções, onde o sinal dos satélites pode ser fraco ou intermitente (GABRYSZUK, 2020; VALLINA-RODRIGUEZ *et al.*, 2013). Utiliza informações provenientes de redes de dados móveis (3G, 4G ou 5G) e *Wi-Fi* para fornecer dados auxiliares, que aceleram o tempo de aquisição da posição inicial (*Time To First Fix – TTFF*) e aprimoram a acurácia dos módulos de posicionamento GPS e GLONASS (GOMES; DE OLIVEIRA JÚNIOR; KRUEGER, 2022; GABRYSZUK, 2020; SOON *et al.*, 2020; VALLINA-RODRIGUEZ *et al.*, 2013).

Embora compactas e energeticamente eficientes, essas soluções de posicionamento em *smartphones* geralmente apresentam menor precisão em comparação com receptores geodésicos de alta performance (ZANGENEHNEJAD; GAO, 2021). Porém, com os avanços recentes na integração de sistemas, computação em nuvem e IoT, as redes móveis de nova geração ou 5G,

proporcionam um ganho de performance para soluções de posicionamento em *smartphones* (ELIJAH *et al.*, 2021; LI; SHEN; WANG, 2018). A integração de dados GNSS + IMU + redes móveis, processados em nuvem e em tempo real, permitem obter uma localização contínua e acurada do aparelho móvel, mesmo com perdas temporárias do sinal GNSS (ZANGENEHNEJAD; GAO, 2021).

Para atividades de menor complexidade, essas soluções de automação podem utilizar recursos de baixo custo, tanto em *hardware* quanto em *software*, sem comprometer os resultados esperados (GOMES; DE OLIVEIRA JÚNIOR; KRUEGER, 2022; SAMPAIO *et al.*, 2022; RODRIGUEZ; VEIGA; SOARES, 2021). Mesmo entre especialistas em Geodésia e Topografia, nem todos os levantamentos exigem exatidão milimétrica. O fundamental é alcançar a precisão requerida pelos objetivos de cada projeto (STAIGER, 2023; EHRHART; LIENHART, 2017; SHOUSHARI; SADEGHI-NIARAKI, 2014). Assim, os *smartphones* também podem ser considerados ferramentas viáveis para a coleta e o processamento de observações no contexto da Geodésia e da Topografia (SAMPALIO *et al.*, 2022; RESTIKA; NIRWANA; ASRIYADI, 2021).

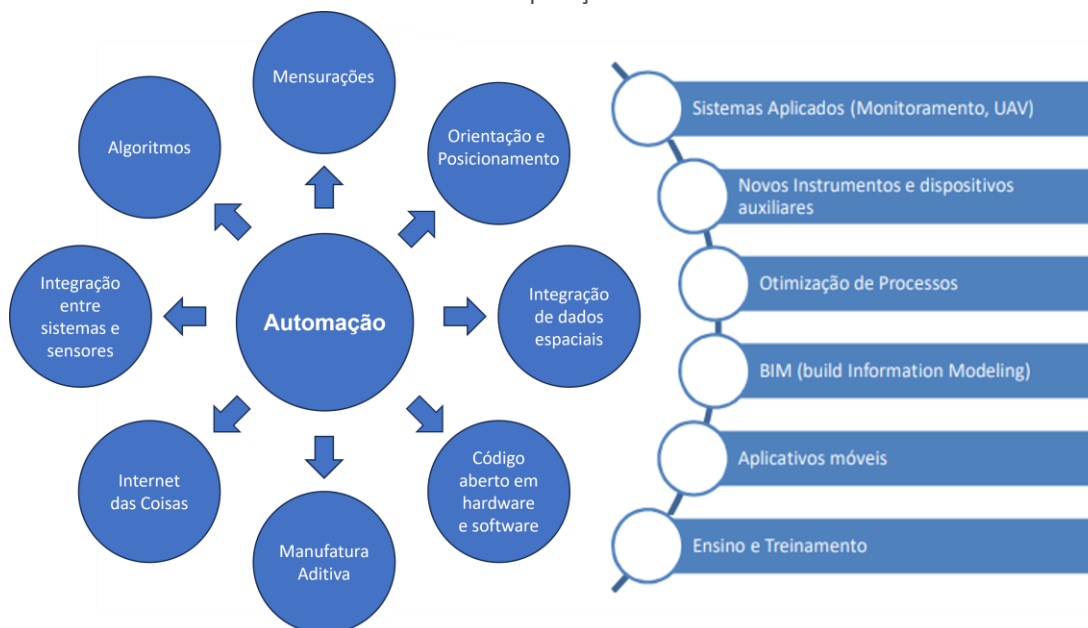
BREVES NOTAS SOBRE ENSINO E PESQUISAS EM AUTOMAÇÃO: O CONTEXTO ACADÊMICO DO GEENG

O Laboratório de Geodésia Aplicada à Engenharia (GEENG) constitui um dos mais recentes espaços dedicados à produção científica em automação, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (PPGCG-UFPR) e do Departamento de Geomática (ALVES; VEIGA; MEDINA, 2022; SAMPAIO *et al.*, 2022). Localizado no Bloco VI, sala PI-03, do Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR) (LIMA *et al.*, 2021), o laboratório também atende a demandas relacionadas à iniciação científica, ao desenvolvimento tecnológico e à elaboração de trabalhos de conclusão de curso em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Com foco no uso de soluções em automação aplicadas aos métodos e procedimentos dos levantamentos geodésicos e topográficos, o GEENG desenvolve projetos classificados como de evolução e inovação. Os projetos de evolução consistem na aplicação de soluções voltadas ao aprimoramento de fluxos de trabalho existentes, com base em métodos geodésicos consolidados, para atender demandas específicas. Já os projetos de inovação implicam, necessariamente, na criação de novos fluxos metodológicos, resultando no desenvolvimento de equipamentos auxiliares para levantamentos, aplicativos para dispositivos móveis, soluções robustas de *software* para monitoramento e produtos derivados de levantamentos executados pela equipe do laboratório. Como consequência, as descobertas científicas provenientes desses projetos têm contribuído para o avanço da pesquisa tecnológica, a criação de registros de propriedade intelectual e a disponibilização de soluções livres de código aberto.

A Figura 5 ilustra os diferentes elementos-chave de automação envolvidos nos projetos do GEENG, aplicáveis tanto em contextos didáticos quanto na resolução de demandas específicas de pesquisa nas áreas de Engenharias e Geociências. Observa-se que tais elementos estão em consonância com tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

Figura 5 – Elementos-chave envolvidos nos projetos de automação do GEENG e suas aplicações



Fonte: Autoria própria (2025).

A ênfase atual conferida a essas linhas de pesquisa estrutura fluxos de trabalho baseados na utilização de tecnologias da Indústria 4.0, as quais têm possibilitado novas abordagens operacionais para atender demandas diversas de mensurações no ensino de graduação e pós-graduação. No contexto educacional, os planos de trabalho têm buscado ampliar a compreensão dos estudantes nas disciplinas de levantamentos, promovendo avanços nos métodos de ensino com especial atenção ao impacto da tecnologia sobre os estilos de aprendizagem. Aplicativos móveis para fins de educação e treinamento, possibilitam:

- a) explorar as imprecisões dos sensores embarcados, comparando-os com equipamentos de levantamentos convencionais, e o que isso ensina sobre erros sistemáticos e aleatórios (GOMES; OLIVEIRA JÚNIOR; KRUEGER, 2022; SAMPAIO *et al.*, 2022; GABRYSZUK, 2020);
- b) discutir como MEMS podem ser utilizados para simular bússolas, medidores eletrônicos de distâncias, estações totais simplificadas etc. (SAMPAIO; VEIGA; ALVES, 2023; RESTIKA; NIRWANA; ASRIYADI, 2021; SULISTYO; ACHMAD; GIARTO, 2019; SHOUSHARI; SADEGHI-NIARAKI, 2014);
- c) desenvolver interfaces de comunicação, que possibilitam operar remotamente equipamentos robustos de levantamentos (JERKE *et al.*, 2022; NADAL *et al.*, 2017; LAMBROU, 2014; VEIGA, 2002; VEIGA, 2000);
- d) uma aprendizagem baseada em problemas, onde simuladores podem ser usados para criar cenários reais de campo, nos quais os alunos resolvem problemas de medição, cálculo de áreas, nivelamento etc. (BAUER; LIENHART, 2023; KANCHANA; SINDHYA, 2021; LEVIN *et al.*, 2020; GARRÉ; WEYMAR, 2016).

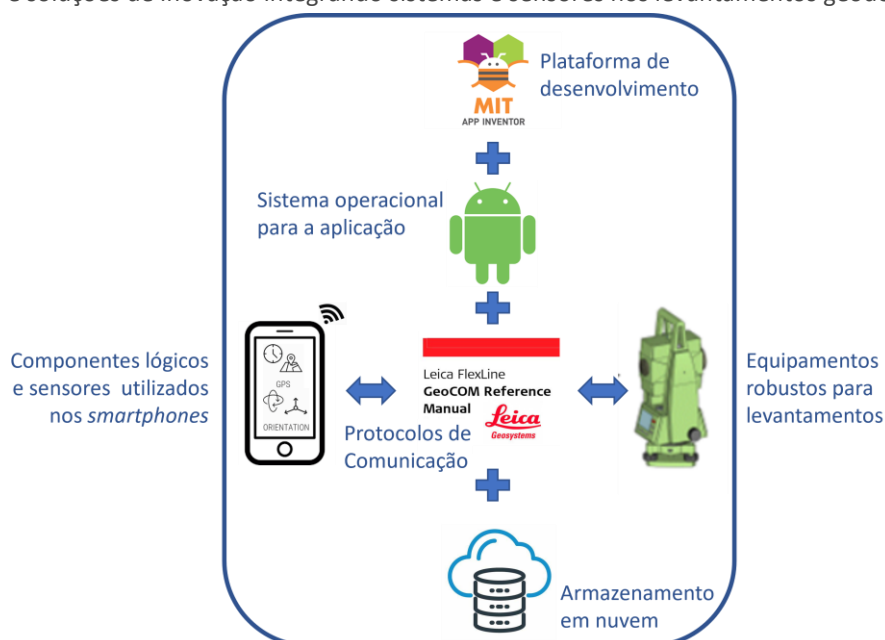
Esses objetivos estão alinhados com as diretrizes do grupo *Young Surveyors Network*, da Comissão 2 da *International Federation of Surveyors* (FIG), intitulado

Learning Styles in Surveying Education (FIG, 2023). Isso estabelece uma aproximação explícita com as metas propostas pelos grupos de trabalho 5.5 *Multi-Sensor-Systems* e 5.6 *Cost Effective Positioning*, da FIG, que visam promover iniciativas de trabalhos científicos que avaliem, de forma teórica e prática, algoritmos para a integração de sistemas de medições multi-sensores, bem como o desenvolvimento de novos algoritmos de integração para sistemas de medição baseados em dispositivos ubíquos (FIG, 2023). Esse ponto elencado na comissão 5 da FIG, estabelece uma aproximação explícita com o grupo de trabalho 4.1.1 da IAG, *Multi-Sensor Systems*, que possui diversos objetivos relacionados à integração de sistemas de posicionamento (IAG, 2013).

O objetivo do *Working Group 5.5* é gerar parâmetros formais que descrevem o desempenho das tecnologias de posicionamento atuais e emergentes que podem informar os membros da FIG e da *International Association of Geodesy* (IAG) (FIG, 2023). Esse grupo de trabalho da IAG apresenta como propostas de trabalho a caracterização do desempenho dos sensores de posicionamento e tecnologias que possam desempenhar um papel no desenvolvimento de sistemas de posicionamento ubíquos; a avaliação teórica e prática de algoritmos atuais de integração de medição dentro de sistemas de posicionamentos integrados; e o desenvolvimento de novos algoritmos de integração de medição baseados em técnicas de modelagem inovadoras em outros domínios de investigação, tais como aprendizado de máquina, algoritmos genéticos, cognição espacial etc. (IAG, 2013).

Com base nesse cenário de pesquisas internacional, foi proposto o fluxo de trabalho genérico apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxo de trabalho adotado pelo GEENG para o desenvolvimento de aplicativos e soluções de inovação integrando sistemas e sensores nos levantamentos geodésicos



Fonte: Autoria própria (2025).

Em consonância com essas diretrizes internacionais, e visando atender às demandas específicas das práticas de ensino em Geodésia e Topografia, o GEENG adotou como solução a criação de aplicativos em código aberto, utilizando a plataforma *MIT App Inventor* no desenvolvimento de soluções voltadas ao sistema

operacional *Android* (PATTON; TISSENBAUM; HARUNANI, 2019). Para obter observações a partir de MEMS com essa plataforma, foram consultadas pesquisas bem-sucedidas a nível internacional, como Soon *et al.* (2020), Chidhambaram *et al.* (2019) e Jamaluddin *et al.* (2015), que inspiraram essas soluções.

Desenvolvida pela *Google Inc.* em parceria com o *Massachusetts Institute of Technology*, essa plataforma on-line gratuita permite a criação de aplicativos para os sistemas *Android* e *iOS* por meio de uma interface gráfica em blocos, com suporte à programação visual e armazenamento em nuvem (PATTON; TISSENBAUM; HARUNANI, 2019; JAMALUDDIN *et al.*, 2015). A programação é simplificada, os blocos são encaixados para construir estruturas condicionais, bem como sequências lógicas que exploram as funcionalidades operacionais de componentes presentes nos dispositivos móveis (PATTON; TISSENBAUM; HARUNANI, 2019). Ela visa à produção de soluções educacionais baseadas na programação orientada a design, possibilitando a exploração das funcionalidades, interfaces de conexão, componentes lógicos e sensores dos dispositivos móveis empregados para fins de mensuração (JERKE *et al.*, 2022; SAMPAIO *et al.*, 2022; SOON *et al.*, 2020; MLENEK *et al.*, 2017; JAMALUDDIN *et al.*, 2015).

Durante o desenvolvimento de aplicativos e interfaces de controle, é importante verificar o protocolo específico para cada instrumento, que contenha os comandos específicos para determinar a execução de rotinas (RODRIGUEZ; VEIGA, 2019; LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017). A adoção do protocolo de comunicação GeoCOM, da Leica Geosystems, permite criar interfaces computacionais que interagem com um instrumento de medição, possibilitando a integração com sensores externos conectados a um mesmo *software* de controle (MEDEIROS; FAGGION; ALVES, 2020; RODRIGUEZ & VEIGA, 2019; LEICA, 2006).

O Leica GeoCOM é um protocolo de comunicação serial, que permite o desenvolvimento de aplicações para o controle remoto de ETRs da Leica (JERKE *et al.*, 2022). Baseia-se na tecnologia de chamada de procedimento remoto (RPC), que permite a interação entre dois terminais ponto a ponto, definindo uma comunicação síncrona na qual existem solicitações e respostas, enviadas como códigos de caracteres no formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) e, não permitem o envio de múltiplas mensagens codificadas ao mesmo tempo (SCHWIEGER; KERES; LERKE, 2020; RODRIGUEZ; VEIGA, 2019).

Seja para o controle operacional, ou para a obtenção dos dados brutos coletados (observações), existem protocolos de comunicação específicos que fornecem códigos que podem ser inseridos nas operações de automação. Para instrumentos do fabricante Leica Geosystems (pertencente ao grupo Hexagon) adotados nas atividades de ensino e pesquisa do GEENG, os principais protocolos utilizados, estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Protocolos de comunicação para automatizar funcionalidades dos equipamentos da Leica Geosystems

Equipamento	Protocolos de Comunicação
Estações totais robóticas - ETR (TS12, TS15, TCA1201, TS16, MS50, MS60, ...)	GeoCOM – protocolo ASCII via serial/Bluetooth para automação e controle remoto das operações; GSI Online (GSI8/GSI16) – formato ASCII para saída de dados brutos (ângulos, distâncias).
Níveis digitais (LS10, LS15)	GSI Online – comandos ASCII para configuração e obtenção de observações
Medidores eletrônicos de distâncias - MED (D810 Touch, D330i, ...) MED Disto S910	Bluetooth HID – envia medições como entradas de teclado em apps e planilhas; Wi-Fi hotspot – permite transferência de medições, imagens e modelos DXF via app.
Receptores GNSS móveis (GS05, GS07, GS08, GS15, GS18, ...)	NMEA-0183 – saída de posicionamento para aplicativos e controladores externos; CMR, CMR+ – correções DGPS/RTK.
Receptores GNSS de referência (GR30, GR50, ...)	SNMP (v1/v2p/v2c) – monitoramento remoto via rede IP; HxGN SmartNet / Leica RTKplus – correções do posicionamento cinemático de alta precisão via rede.

Fonte: <https://nexus.hexagon.com/>.

METODOLOGIAS DE TRABALHO E SOLUÇÕES DESENVOLVIDAS

Os projetos de evolução foram inspirados na necessidade de gerar exercícios práticos para alunos de graduação, prezando pelos protocolos de distanciamento social empregados na UFPR. Estes aplicativos gerados foram projetados somente no sistema *Android*. O processo de instalação é bastante simples, uma vez que o usuário escaneia o *QR Code* com a câmera de seu *smartphone*, clica-se no arquivo com extensão *.apk* e realiza a instalação. Deve-se fazer o *download* do arquivo no celular, uma vez que ele se encontra compactado no formato *.rar*, devendo o mesmo ser descompactado antes da instalação. Seu uso é apenas para fins didáticos, com o intuito de estimular o educando em levantamentos a realizar leituras de observações.

Em termos de projetos de inovações, criar aplicações para o controle de ETRs, que comandam servomotores, sensores e sistemas operacionais, e coleta de dados remotamente, que adquirirem observações em tempo real de estações totais robotizadas, foi um dos propósitos desse trabalho. O processo de instalação é similar, porém requer permissões de acesso (ou pareamento) para estabelecer a comunicação *Bluetooth* com a ETR. Esses aplicativos ganham maior robustez ao inserir e processar de forma integrada dados capturados por: sensores e componentes lógicos de *smartphones*; MEMS prototipados em plataformas eletrônicas de código aberto (Arduino, RaspBerry Pi, ...); ou mesmo por outros equipamentos conectados via *BlueTooth* ou *Wi-Fi* (JERKE *et al.*, 2022; SAMPAIO *et al.*, 2022; RODRIGUEZ; VEIGA; SOARES, 2021; JERKE; FAGGION, 2020).

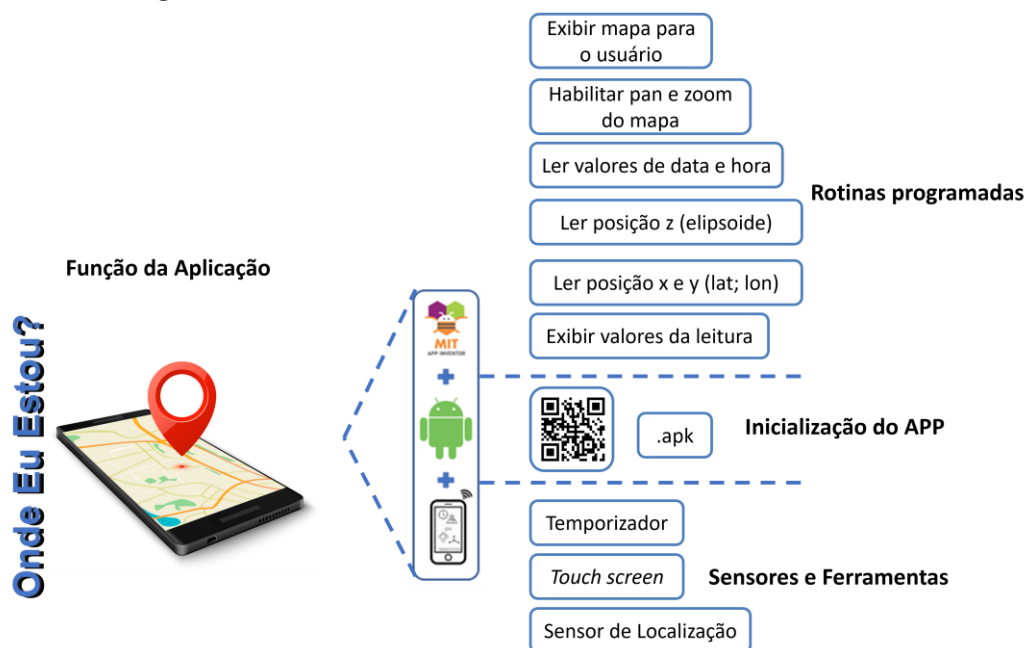
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DIDÁTICOS

Projetos de evolução, voltaram-se para aprimorar práticas didáticas em disciplinas que carecem de prática com instrumentos topográficos. Foi possível executar atividades simuladas de obtenção de coordenadas geográficas posicionadas no mapa e nivelamento geométrico, ambas mantendo o distanciamento social (WEGEN, 2021). Os *layouts* configurados no *MIT App Inventor* foram responsivos para telas sensíveis ao toque (PATTON; TISSENBAUM; HARUNANI, 2019). Ferramentas como botões, exibição de menus interativos, rótulos, imagens, e outros recursos que ativam sensores e componentes lógicos programadas no sistema operacional dos dispositivos móveis, foram configurados nos blocos de programação. Ambas as aplicações estão em suas versões BETA ou 1.0, razão pela qual elas ainda não estão disponíveis para *download* na *Play Store*.

O primeiro desses aplicativos foi batizado de “Onde Eu Estou?”. Nele o aluno pode verificar a posição de seu *smartphone* com base nas leituras de observações do GPS de seu *chipset* ou por intermédio dos códigos de posicionamento transmitidos de forma assistida (GOMES; DE OLIVEIRA JÚNIOR; KRUEGER, 2022; ZANGENEHNEJAD; GAO, 2021; GABRYSZUK, 2020).

O discente pode observar sua posição relativa em um *pin point* situado sobre um mapa disponibilizado por um serviço de mapeamento *web* (no caso, uma camada base do *OpenStreetMap*). Ao acionar o botão “Minha Localização” o usuário irá obter os últimos valores de coordenadas de latitude, longitude e altitude elipsoidal registrados pelo GPS de seu dispositivo móvel. O acionamento do mesmo botão apresenta a data e hora registrados pelo componente lógico *clock* (temporizador) do aparelho. A Figura 7, apresenta esquematicamente as funcionalidades propostas para esse Aplicativo.

Figura 7 – Fluxo de trabalho adotado no APP “Onde eu Estou?”

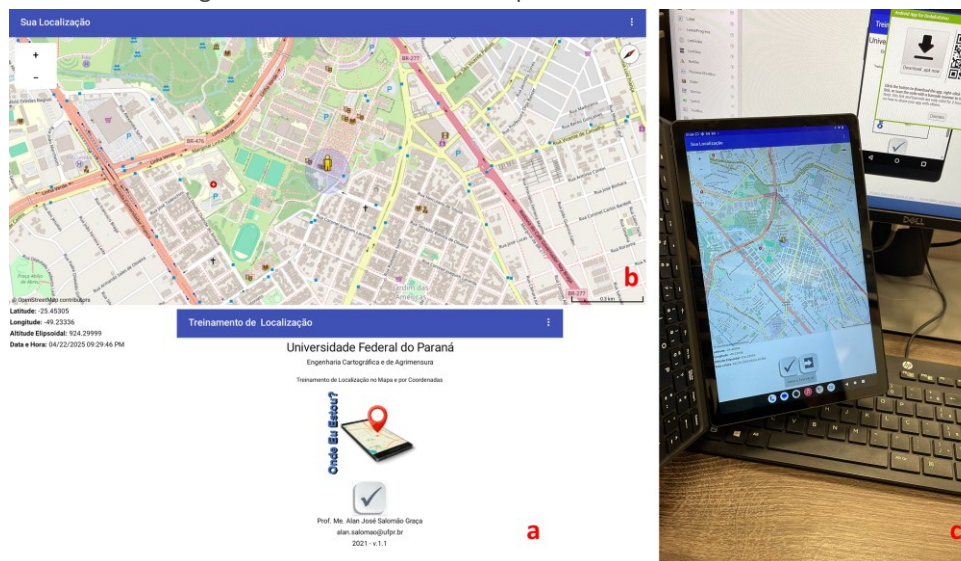


Fonte: Autoria própria (2025).

Foi proposto como uma solução simples para apresentar recursos de posicionamento de um *smartphone* ou *tablet* com *chip* de comunicação, exibindo

para o usuário sua posição em um mapa, apresentando os valores de suas coordenadas tridimensionais, bem como o momento da coleta dessas coordenadas (Figura 8). O sensor de localização empregado utiliza a tecnologia A-GPS, obtendo observações a partir da integração de dados GNSS + redes móveis (VALLINA-RODRIGUEZ *et al.*, 2013). Unicamente é um visualizador da posição relativa do usuário, não estabelece comunicação com receptores GNSS externos. Não é recomendado para finalidades que demandem por maior acurácia para fins de posicionamento.

Figura 8 – Funcionamento do aplicativo “Onde eu Estou?”



Fonte: Autoria própria (2025).

Docentes podem explorar essa solução em exercícios didáticos. Acessando a plataforma do *MIT App Inventor* podem modificar suas funcionalidades nos blocos de programação ou no design dos *layouts*, adaptando-o às suas demandas. Por exemplo, explorando funcionalidades do sensor de localização como: acurácia planimétrica para a localização; intervalo de coleta das observações (em milissegundos); fornecer a velocidade estimada (m/s) no deslocamento do usuário.

O aplicativo “Topo Nivelamento”, desenvolvido para a disciplina de Topografia II, parte de Altimetria, do curso ECA da UFPR. Nele os alunos podem configurar os parâmetros do instrumento utilizado, registrar e armazenar suas observações de campo em uma caderneta de nivelamento eletrônica (Figura 9). Trata-se de uma solução aplicada ao método de nivelamento geométrico.

Figura 9 – Operações gerais do aplicativo “Topo Nivelamento”

The image shows two screenshots of a mobile application. The left screenshot, labeled 'a', is the 'Configuração dos parâmetros para a realização do nivelamento geométrico' screen. It contains a list of parameters with input fields: Tolerância de Leitura dos Fios Estadimétricos (m) set to 0.003, Constante Estadimétrica do Nivel set to 100, Comprimento Máximo do Lance (m) set to 60, Constante Aditiva (m) set to 0, Limite de Leitura Superior da Mira (m) set to 4, Limite de Leitura Inferior da Mira (m) set to 0.5, and Diferença máxima entre Ré e Vante (m) set to 2. There are 'Confirma' and 'Default' buttons at the bottom. The right screenshot, labeled 'b', is the 'Leituras dos Fios Estadimétricos' screen. It has input fields for 'Fio Superior' (fio superior em metros), 'Fio Inferior' (fio inferior em metros), and 'Fio Médio' (fio médio ou nivelador). Below these are 'Verificar', 'Calcular', and 'Limpar' buttons. At the bottom, there is a 'Distância:' label and a 'Valor Calculado' field, along with a 'Voltar ao Menu' button.

Fonte: Autoria própria (2025).

Suas funcionalidades possibilitam que os alunos, leiam as instruções sobre o trabalho de campo, verifique suas leituras registradas no nível topográfico, calculem as distâncias do instrumento até as miras (Equação 1), façam o cálculo de um único lance altimétrico (Equação 2) e, busquem informações sobre os marcos de referência de nível (RNs) da rede de nivelamento do campus Centro Politécnico da UFPR. A Figura 10 apresenta o fluxo de trabalho proposto para esse aplicativo.

$$D_{nm} = C * S \quad (1)$$

onde:

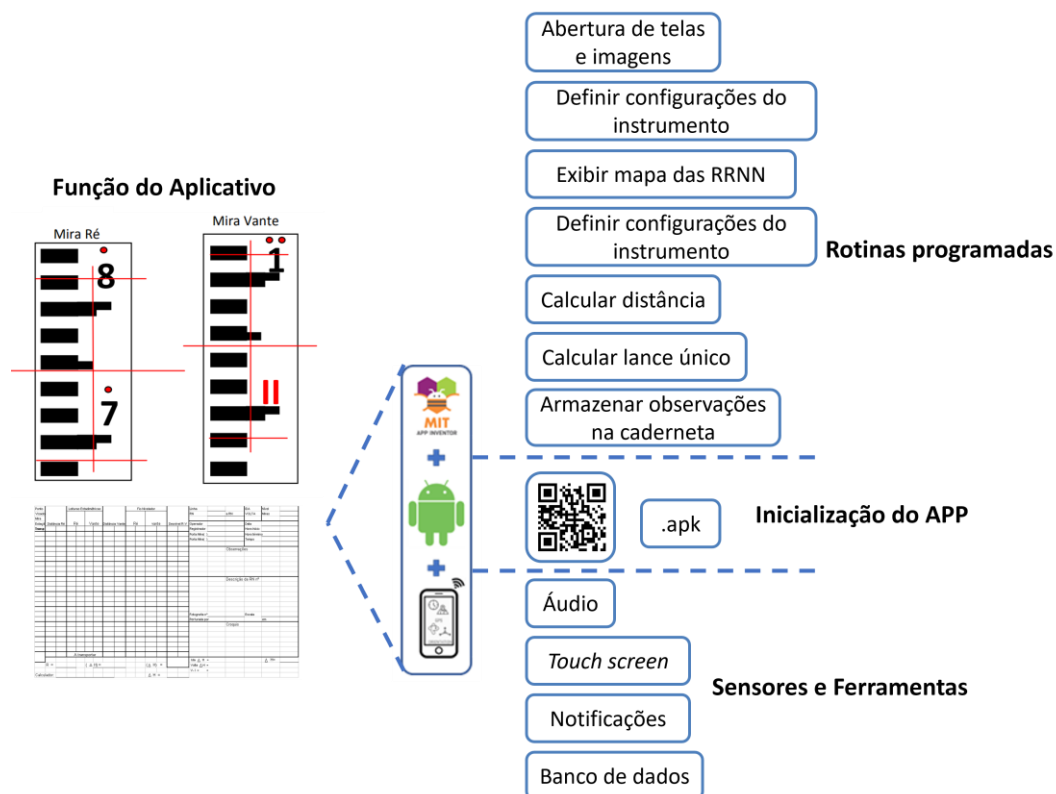
- D_{nm} corresponde à distância nível-mira;
- C é a constante estadimétrica do equipamento, a qual consta no seu manual; e
- S é a diferença entre a leitura do fio superior e fio inferior da luneta.

$$\Delta_h = L_r - L_v \quad (2)$$

onde:

- Δ_h representa a variação de altura entre dois pontos consecutivos do circuito;
- L_r é a leitura da mira posicionada sobre o ponto de visada a ré; e
- L_v é a leitura da mira posicionada sobre o novo ponto de visada a vante.

Figura 10 – Fluxo de trabalho adotado no APP “Topo Nivelamento”



Fonte: Autoria própria (2025).

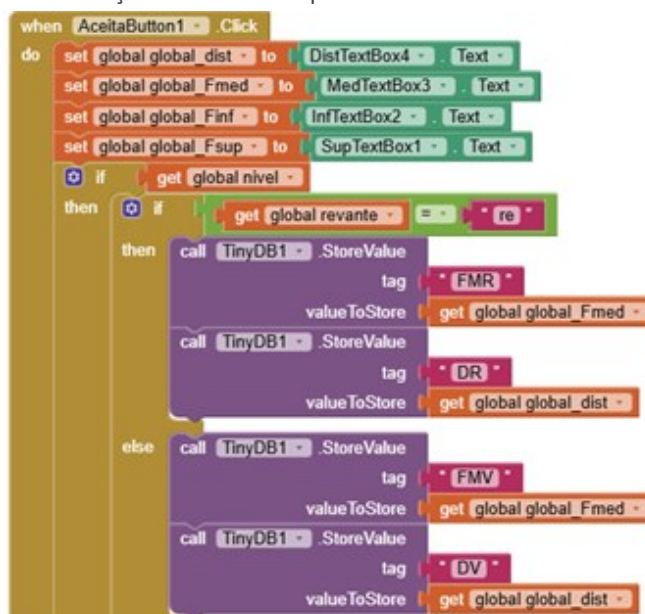
No emprego de níveis automáticos ópticos o ganho de produtividade tende a ser maior, uma vez que as observações em níveis digitais, são gravadas na memória interna do equipamento e, os valores D_{nm} são calculados automaticamente no processo de leitura eletrônica da mira codificada. Porém ao trabalhar com níveis digitais os docentes podem verificar e auxiliar os alunos a evitarem erros grosseiros no processo e registro na caderneta eletrônica. Para executar as rotinas oferecidas pelo aplicativo, inicialmente os operadores devem configurar os parâmetros de leitura instrumento utilizado no nivelamento geométrico, conforme os parâmetros solicitados na Figura 9a. A opção *default*, apresenta gravada na memória, os parâmetros referentes ao nível digital *Leica Sprinter 150M*, equipamento mais usual na disciplina de Topografia II.

Algumas limitações inerentes ao uso do app devem ressaltadas. Não é um aplicativo para o cálculo do Nivelamento Geométrico Métodos das Visadas Iguais. Não há uma interface de comunicação com níveis digitais até o presente momento, logo os valores lidos (fios médio, superior e inferior) na graduação de uma mira topográfica convencional ou mira codificada através da luneta do instrumento, serão digitados pelo usuário (Figura 9b). As ferramentas de áudio servem para notificar alertas sonoros aos usuários, junto com telas *pop-up* de confirmação das operações. Isto torna o app mais intuitivo para seus usuários, mesmo que suas rotinas programadas sejam altamente técnicas (Figura 10).

Enquanto uma eficiente caderneta de campo eletrônica, o Topo Nivelamento emprega do componente lógico de armazenamento local *TinyDB*, que permite salvar as observações no dispositivo Android. O *TinyDB* grava pares chave-valor localmente na memória interna do dispositivo, onde cada valor armazenado fica

associado a uma *tag* (chave), usada para recuperá-lo posteriormente, mesmo que o aparelho seja desligado ou reiniciado. Na estrutura programada, cada lance único calculado é armazenado (Figura 11), podendo ser exportado para o formato .csv. São operações reversíveis que possibilitam novas edições do usuário, o que explicada a estrutura condicional do processo de gravação dos dados.

Figura 11 – Codificação em blocos do processo de armazenamento no aplicativo

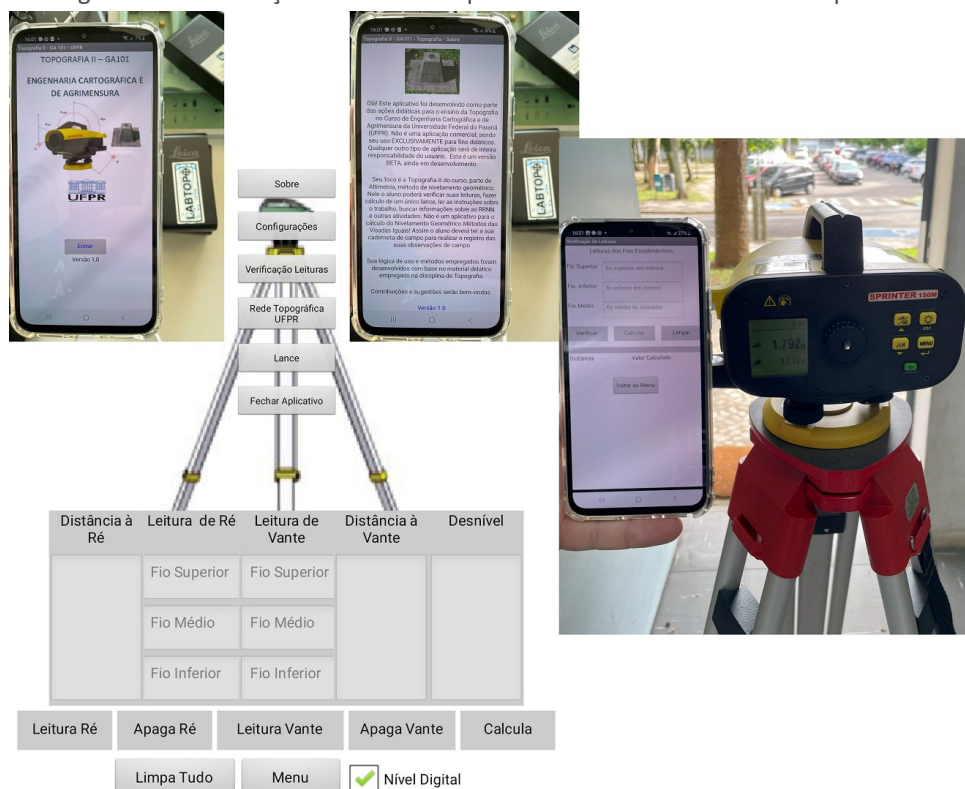


Fonte: Autoria própria (2025).

Os experimentos propostos durante os protocolos de distanciamento social envolveram um docente ou instrutor para cada discente, onde o primeiro posicionava as miras a vante (L_v) enquanto o discente operava o equipamento e registrava as observações em seu dispositivo móvel por meio do app. As miras posicionadas a ré (L_r), estavam sustentadas sobre um bipé, mantendo sua verticalidade a partir bolhas circulares afixadas. Em condições didáticas atuais, uma equipe de um operador e dois auxiliares (três discentes), pode ser instruída por um docente para a realização dessa prática de nivelamento.

As informações mapeadas acessadas através do botão “Rede Topográfica UFPR” apresentam um *link* direto para os marcos cadastrados na base do geoserviço *UFPR Campus map* (LIMA *et al.*, 2021). Isso facilita o planejamento em gabinete dos circuitos nivelamento que serão executados nas práticas de campo. Nas operações de campo, após estacionar o equipamento óptico ou digital sobre o tripé, os alunos seguem a sequência de botões apresentada na tela inicial, que vão desde às instruções básicas de uso da solução, aquisição das observações, geração da caderneta de nivelamento eletrônico, até o encerramento do aplicativo. A Figura 12 apresenta brevemente as funcionalidades do aplicativo em operações de campo empregando o método de nivelamento geométrico.

Figura 12 – Codificação em blocos do processo de armazenamento no aplicativo



Fonte: Autoria própria (2025).

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES EM AUTOMAÇÃO PARA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS EM LEVANTAMENTOS

As pesquisas em projetos de inovação do GEENG estão alinhadas com os grupos de trabalho da FIG e da IAG mencionados, buscando soluções em sistemas e sensores integrados. Sejam essas soluções, de baixo custo ou não, almeja-se que elas possam prover alto rendimento nos processos de aquisição de observações, possibilitando a otimização dos levantamentos geodésicos e topográficos para usuários especialistas.

Um dos pontos de destaque nos projetos de inovação, refere-se ao emprego de rotinas de automação em levantamentos, integração de sistemas e IoT com ETRs, os quais visam a obtenção de observações de fenômenos físicos por mais de um sensor, sincronizando processos de coleta de dados geoespaciais (JERKE *et al.*, 2022; RODRIGUEZ; VEIGA, 2019; LI; SHEN; WANG, 2018). Assim torna-se possível associar sensores inerciais (acelerômetros, giroscópios e magnetômetros), sensores meteorológicos (anemômetros, barômetros, higrômetros, pluviômetros e termômetros) a instrumentos geodésicos robustos como receptores GNSS multifrequências e ETRs. Durante o monitoramento geodésico, a aquisição dessas múltiplas observações auxilia no estudo do comportamento dinâmico de grandes estruturas e na determinação de possíveis deslocamentos em tempo real (GLUEER *et al.*, 2021; RODRIGUEZ; VEIGA; SOARES, 2021; JERKE; FAGGION, 2020; MEDEIROS; FAGGION; ALVES, 2020; LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017).

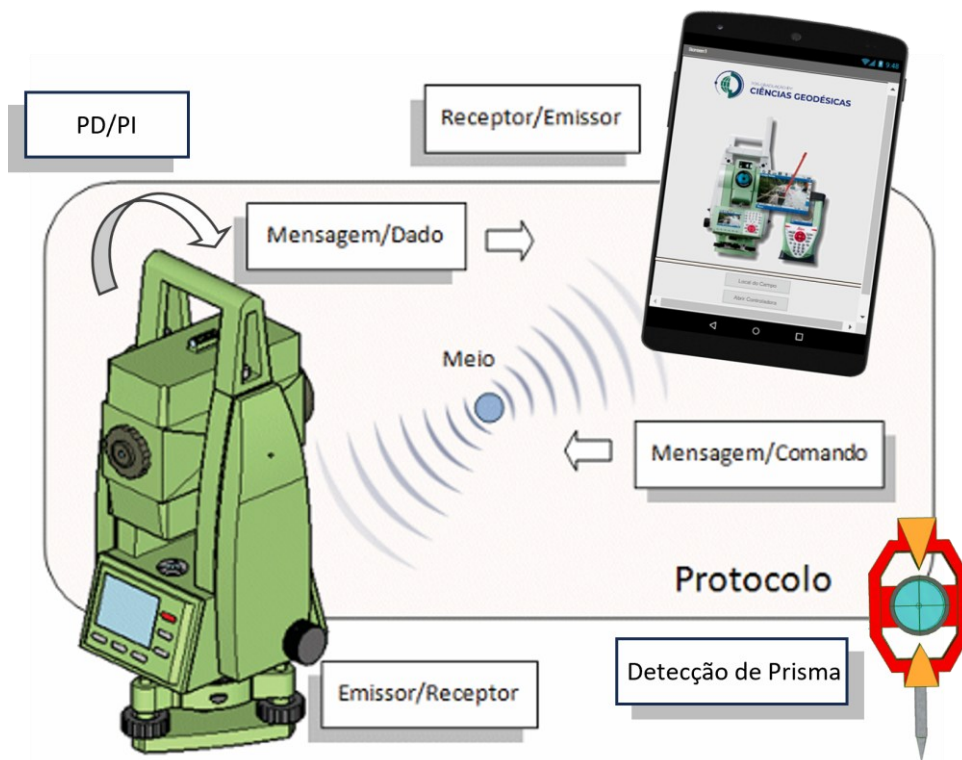
Esses projetos foram iniciados por Veiga (2000), e ampliados para fins de monitoramento como mostram os trabalhos de Nadal *et al.* (2017) e Miranda e Veiga (2016). Essas pesquisas aplicadas envolveram o desenvolvimento de rotinas

programadas em linguagem C e códigos ASCII, transmitidos via cabo de um sistema informatizado para uma estação total, armazenando as observações em ambas as soluções de *hardware*.

Recentemente, empregando os sensores de comunicação sem fio de *smartphones* e *tablets*, que operam com o sistema Android foi possível estabelecer rotinas de comando extraídas do manual operacional do protocolo GeoCOM (LEICA, 2006). A troca de informações utilizou a tecnologia *Bluetooth*, que opera por meio da faixa de frequência de rádio aberta de 2,4 GHz, definida como *piconet*, trabalhando em modo *full-duplex* (transmissão e recepção alternadas de comandos) recomenda para curtas distâncias entre os dispositivos conectados (JERKE; GRAÇA; VEIGA, 2024; SOON *et al.*, 2020). Essa comunicação, fora parametrizada através do GeoCOM, permitindo o envio dos códigos de ativação das funcionalidades da ETR Leica Viva TS15, sua posterior decodificação e o registro das observações, na interface de controle do aplicativo. Esse aplicativo, nomeado “TS15 Operator”, mostrou-se funcional com um design responsivo para operar remotamente a ETR, com o emprego simplificado da programação em blocos na plataforma do MIT (JERKE *et al.*, 2022; SOON *et al.*, 2020).

O “TS15 Operator” foi implementado em sua versão 1.0, nos experimentos iniciais discutidos por Jerke *et al.* (2022). Os resultados dessa pesquisa mostraram-se satisfatórios para executar rotinas de medições de um ponto com o auxílio de um prisma ou miniprisma Leica. O aplicativo contempla as funções de: ativar/desativar a conexão remota (RODRIGUEZ; VEIGA, 2019; LAMBROU, 2014); movimento (ou giro) em relação aos eixos horizontal e vertical (GLUEER *et al.*, 2021; EHRHART; LIENHART, 2017); ativação da ferramenta de *Automated Target Recognition* (ATR) para a localização automática do prisma (SCHWIEGER; KEREKES; LERKE, 2020; EHRHART; LIENHART, 2017; LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017); medição dos ângulos e distâncias em Pontaria Direta (PD) e Pontaria Inversa (PI) (FRANÇA; KLEIN; VEIGA, 2023; MEDEIROS; FAGGION; ALVES, 2020); gravação das observações (RODRIGUEZ; VEIGA, 2019; LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017). De forma esquemática, a Figura 13 mostra o processo de comunicação remota com a ETR e a realização das operações de medições de um ponto, propostos pelo aplicativo “TS15 Operator”.

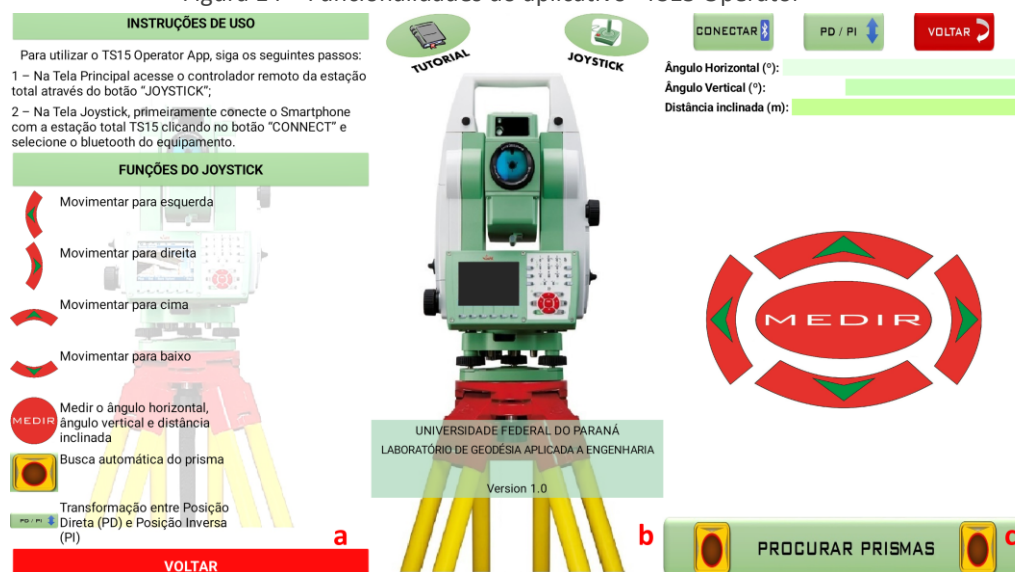
Figura 13 – Interface de comunicação entre a ETR e o dispositivo móvel



Fonte: Adaptado de Jerke *et al.* (2022).

O aplicativo foi desenvolvido com o objetivo de ser intuitivo, apresentando rótulos e botões redigidos com termos técnicos usuais de para profissionais com conhecimentos em Geodésia e Topografia. Visando uma interação direta entre o usuário especialista e a estação total, de forma resumida, a Figura 14 apresenta as telas do aplicativo e suas funções de controle para a ETR TS15.

Figura 14 – Funcionalidades do aplicativo “TS15 Operator”

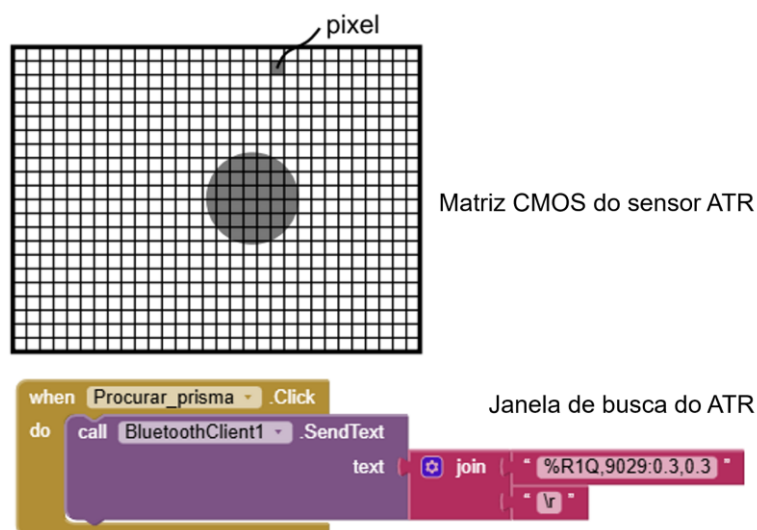


Fonte: Adaptado de Jerke *et al.* (2022).

A primeira tela (Figura 14a), apresenta um breve “TUTORIAL”, acessado através do botão no canto superior esquerdo da tela inicial (Figura 14b). Ao clicar nele o operador pode visualizar as instruções sobre o aplicativo (Figura 14a). No canto superior direito da tela inicial (Figura 14b) o botão “JOYSTICK” permite exibir a tela em que o operador estabelece às rotinas de comando com a ETR (Figura 14c). Na Figura 14c, a comunicação entre o dispositivo móvel e a ETR foi implementada com o botão “CONECTAR”, que abre uma nova tela para definir o emparelhamento via *Bluetooth*. Estabelecida a comunicação, o operador pode acionar a TS15 livremente através dos botões disponíveis na tela da Figura 14c.

Ao clicar em “PROCURAR PRISMAS” a estação ativa seu sensor ATR. Desde a série TPS1200+, o sensor ATR da Leica baseia-se em uma matriz CMOS, onde um pixel corresponde a uma resolução angular de aproximadamente 3mgon (LIENHART; EHRHART; GRICK, 2017). Seguindo experimentos efetuados por Ehrhart e Lienhart (2017), ao trabalhar com o ATR da Leica Viva TS15 no modo dinâmico, para alvos passivos do tipo prisma circular, adotou-se na codificação do app, uma resolução na janela de busca de 0,3mgon para o campo de visada (*Field of View - FoV*) do sensor imageador da ETR (Figura 15).

Figura 15 – Princípios gerais e codificação do ATR no MIT App Inventor



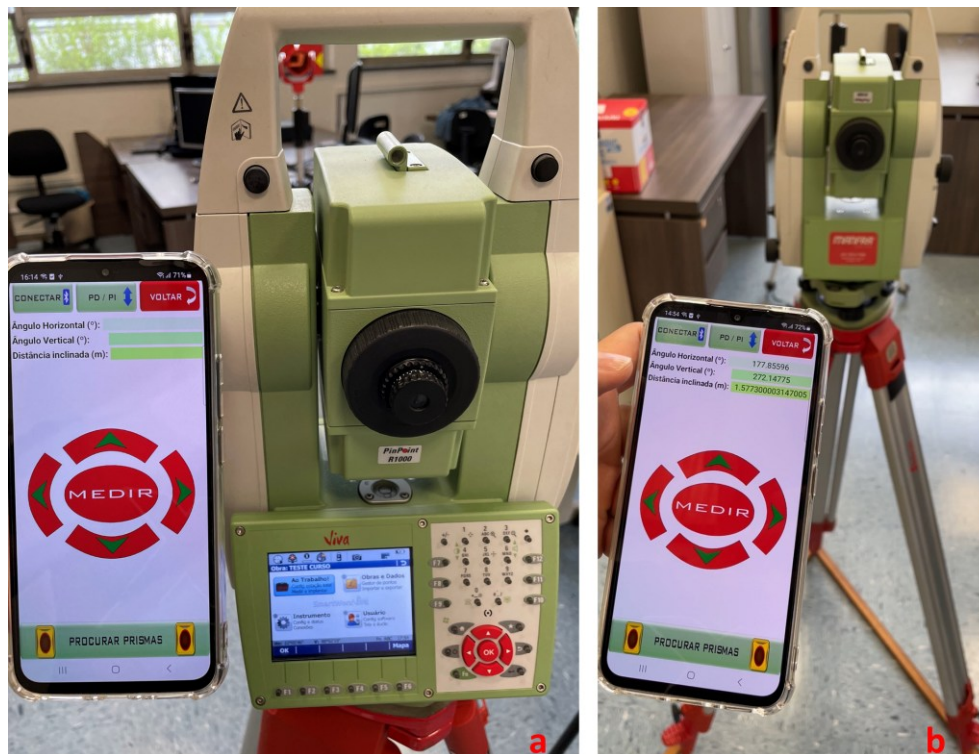
Fonte: Autoria própria (2025).

O aperfeiçoamento das funcionalidades do sensor ATR foi realizado na pesquisa de Jerke (2023), aprimorando a solução para seu uso com sistema operacional Android 13. Como o aplicativo encontra-se em processo de desenvolvimento, sua instalação em *smartphones* ou *tablets* é realizada após a compilação do app na plataforma on-line do *MIT App Inventor*. Isto permite: corrigir eventuais *bugs*, decorrentes da versão do Android utilizada; exportar o arquivo executável no formato .apk; e gerar um *QR Code* de instalação dentro da própria plataforma.

Realizada a pontaria automática pelo sensor ATR em direção ao centro de prisma, ao clicar no botão “MEDIR” são registrados os valores das observações de ângulo horizontal, ângulo vertical e distância inclinada medidos pela TS15. O tombamento da luneta (posições direta e inversa) dá-se através do botão específico “PD / PI”, que viabiliza a aquisição dessas observações pelo método dos pares conjugados. Com a ETR estacionada sobre um tripé em laboratório, foi

estabelecida uma conexão com um *smartphone* (Figura 16a), o prisma circular foi detectado dentro do FoV do instrumento via ATR, e as medições foram realizadas em PI, como apresenta a Figura 16b.

Figura 16 – Medições em ambiente controlado com uso do “TS15 Operator”



Fonte: Autoria própria (2025).

No contexto das pesquisas em Ciências Geodésicas, esta solução foi aplicada na pesquisa de Jerke (2023), para auxiliar nas operações de monitoramento da barragem da Usina Hidrelétrica (UHE) de Mauá (PR). Como apontado por Jerke, Graça e Veiga (2024), novas versões do aplicativo estão sendo desenvolvidas para implementar funcionalidades como comunicação via *Wi-Fi*, armazenamento em nuvem das observações coletadas e, a coleta síncrona de dados provenientes dos sensores inerciais e meteorológicos presentes no dispositivo móvel.

Possíveis finalidades didáticas para esse app têm sido testadas durante as aulas da disciplina de pós-graduação Automação em Levantamentos Geodésicos, no âmbito do PPGCG. Esse aplicativo não está disponível para *download* na plataforma da *Play Store*, dado que sua documentação está sendo registrada e homologada para fins de patente de código aberto.

A operação remota de uma ETR traz como benefícios a redução da influência do operador no instrumento. Evita-se a transmissão de vibrações ao conjunto tripé/estação, decorrente de movimentações involuntárias desse operador ao realizar medições e, atenuam-se os efeitos da variação de temperatura próxima ao instrumento em virtude da transferência de calor corporal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de ferramentas inovadoras para dispositivos móveis, que demandam mobilização mínima de pessoal em campo, estimula engenheiros e pesquisadores em levantamentos geoespaciais a “pensarem fora da caixa”, promovendo a criação de soluções automatizadas personalizadas. No contexto da Indústria 4.0, essa abordagem se mostra essencial para enfrentar as adversidades inerentes à execução de atividades topográficas e geodésicas, ao mesmo tempo em que impulsiona a transformação digital dessas práticas.

As soluções discutidas neste artigo de revisão evidenciam a viabilidade de se gerar aplicações com diferentes níveis de automação, compatíveis tanto com objetivos didáticos quanto com operações técnicas. A adoção de lógicas de programação simplificadas, em ambientes de código aberto, voltadas para sistemas operacionais amplamente acessíveis, e capazes de integrar protocolos de comunicação com hardwares robustos, está em consonância com diretrizes e investigações promovidas por instituições internacionais como a e a IAG.

Mesmo após o período pandêmico, o GEENG manteve o foco no desenvolvimento e aprimoramento de soluções automatizadas para levantamentos, conforme evidenciado nos trabalhos recentes de Jerke, Graça e Veiga (2024), Jerke (2023), Sampaio, Veiga e Alves (2023), e Sampaio *et al.* (2022). Tais iniciativas demonstram que, seja para fins pedagógicos, projetos de pesquisa ou qualificação profissional, o uso dessas tecnologias amplia significativamente o valor agregado à formação de engenheiros e profissionais das Geociências, atribuindo-lhes também o papel de desenvolvedores de tecnologias aplicadas.

No âmbito das Ciências Geodésicas, a aplicação de plataformas livres e de código aberto para soluções em automação cria oportunidades de investigação científica e tecnológica. Graduandos, mestrandos e doutorandos podem inovar na construção de seus próprios protótipos de software e hardware, fomentando um ambiente propício à geração de produtos tecnológicos originais, como patentes e ferramentas computacionais, bem como ao aperfeiçoamento de sistemas existentes no decorrer de suas pesquisas aplicadas.

Para investigações futuras, algumas soluções vêm sendo estudadas como: a programação com outros protocolos padronizados de automação, que possibilitem o controle integrado de diferentes instrumentos geodésicos (estações totais, GNSS, níveis digitais, entre outros); a ampliação do uso de sensores MEMS e dispositivos móveis em levantamentos geodésicos, com validações comparativas com equipamentos tradicionais ou complementando às observações desses equipamentos (SAMPAIO *et al.*, 2022; RODRIGUEZ; VEIGA; SOARES, 2021); investigações sobre integração entre aplicativos desenvolvidos via *MIT App Inventor* e plataformas de computação em nuvem para transmissão, armazenamento e análise em tempo real; e o desenvolvimento de aplicativos educacionais para aulas de Topografia, que possam ser adaptadas para diferentes níveis de ensino técnico e superior.

Automation solutions developed for mobile devices: perspectives for education and research in geodetic and topographic surveying

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic imposed significant constraints on professionals whose activities are inherently dependent on fieldwork and in-person operations, such as geodetic engineers, land surveyors, and graduate students engaged in geodetic surveying. Social distancing requirements called for alternative approaches to ensure the continuity of academic and research activities, particularly those involving field and laboratory-based practical training, which are essential for teaching and learning in Geomatics. In this context, the Laboratory of Applied Geodesy to Engineering (GEENG) intensified the development of automated solutions for geodetic and topographic surveys as a means to overcome the challenges imposed by the health crisis. This article presents a theoretical review of automation in geodetic and topographic data acquisition, focusing on emerging technologies and programming interfaces implemented in mobile devices. Didactic and scientific innovations developed within the framework of Industry 4.0 are discussed, along with the results achieved to date. The proposed methodology involved the use of cloud-based coding on the MIT App Inventor platform, employing open-source algorithms and programming languages to develop mobile applications for the Android operating system. The outcomes include IoT-based interfaces capable of accessing embedded sensors and logical components in smartphones, utilizing Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) technology. The developed solutions encompass didactic simulators for surveying education as well as data acquisition applications integrated with robotic total stations for geodetic surveying purposes.

KEYWORDS: Surveying Automation. Applied Geodesy. Engineering Surveying. Industry 4.0. Mobile Applications.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à CAPES pelo financiamento de suas respectivas pesquisas de doutorado no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Os autores agradecem a equipe do LabTopo, do Departamento de Geomática da UFPR, pela colaboração com as atividades práticas de levantamentos utilizando os aplicativos.

REFERÊNCIAS

ALESSANDRETTI, L.; DA SILVA, M. A. D.; NANNINI, F.. Ensino e Extensão em Geociências versus COVID-19. **Revista Extensão & Cidadania**, v. 8, n. 14, p.383-398, 2020. <http://dx.doi.org/10.22481/recuesb.v8i14.7843>.

ALVES, S. de S. O.; VEIGA, L. A. K.; MEDINA, A. S.. Avaliação da qualidade posicional de varreduras laser terrestre para aplicações em arquitetura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 13, p.e022012, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v13i00.8659734>.

BAUER, P.; LIENHART, W.. 3D concept creation of permanent geodetic monitoring installations and the a priori assessment of systematic effects using Virtual Reality. **Journal of Applied Geodesy**, v. 17, n. 1, p.1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2022-0020>.

BORAH, S. S.; KHANAL, A.; SUNDARAVADIVEL, P.. Emerging Technologies for Automation in Environmental Sensing. **Applied Sciences**, v. 14, n. 8, p. 3531, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14083531>.

BOTTO, M.; FEDERICI, B.; FERRANDO, I.; GAGLIOLO, S.; SGUERSO, D.. Innovations in geomatics teaching during the COVID-19 emergency. **Applied Geomatics**, v. 15, n. 3, p.551-564, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00416-4>.

CHIDHAMBARAM, K.; KUMAR, S. A.; KUMAR, T. M.; DHANASEKAR, D.. Design Analysis of Land Surveying Robot Using Arduino Uno. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 6, n. 5, p. 6208-6214, 2019.

DUBOIS, C.; VYNOHRADOVA, A.; SVET, A.; ECKARDT, R.; STELMASZCZUK-GÓRSKA, M.; SCHMULLIUS, C.. Impact of COVID-19 on eLearning in the Earth Observation and Geomatics Sector at University Level. **Education Sciences**, v. 12, n. 5, p.334, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci12050334>.

EHRHART, M.; LIENHART, W.. Object tracking with robotic total stations: Current technologies and improvements based on image data. **Journal of Applied**

Geodesy, v. 11, n. 3, p.131-142, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2016-0043>.

ELIJAH, O.; LING, P. A.; RAHIM, S. K. A.; GEOK, T. K.; ARSAD, A.; KADIR, E. A.; ABDURRAHMAN, M.; JUNIN, R.; AGI, A.; ABDULFATAH, M. Y. A survey on industry 4.0 for the oil and gas industry: upstream sector. **IEEE Access**, v. 9, p. 144438-144468, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3121302>.

FIG - INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS. **Homepage**. Disponível em: <https://fig.net/index.asp>., Acessado em 22 de maio de 2023.

FRANÇA, R. M. de; KLEIN, I.; VEIGA, L. A. K. Horizontal Reference Network Densification by Multiple Free Stations. **Journal of Surveying Engineering**, v. 149, n. 4, p. 04023018, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1061/JSUED2.SUENG-1461>.

GABRYSZUK, J.. The Potential to Use Smartphone-based GNSS Receivers for Surveying. **Geomatics and Environmental Engineering**, v. 14, n. 2, p. 49-57, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7494/geom.2020.14.2.49>.

GARRÉ, S O.; WEYMAR, G. J.. Automatização do sistema de cálculo de áreas topográficas através do uso combinado de programas de computador. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p.83-95, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15210/rbes.v2i2.9635>.

GOMES, A.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, P. S.; KRUEGER, C. P.. Posicionamento pelo GNSS via smartphones: breve histórico e contextualização de novas ferramentas e tecnologias. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/revbrascartogr>.

GRAÇA, A. J. S.; FOSSE, J. M.; VEIGA, L. A. K.; BOTELHO, M. F.. A Impressão 3D no Âmbito das Representações Cartográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 3, p.809-826, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv73n3-56659>.

GLUEER, F.; LOEW, S.; SEIFERT, R.; AARON, J.; GRÄMIGER, L.; CONZETT, S.; LIMPACH, P.; WIESER, A.; MANCONI, A.. Robotic total station monitoring in high alpine paraglacial environments: Challenges and solutions from the Great Aletsch region (Valais, Switzerland). **Geosciences**, v. 11, n. 11, p. 471, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences11110471>.

IAG - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY.. **Sub-Commission 4.1: Emerging Positioning Technologies and GNSS Augmentations**. Disponível em: <http://iag-comm4.survey.ntua.gr/index.php/sub-commission-4-1/>., Acessado em 22 de maio de 2023.

JAMALUDDIN, A.; LISTIANA, F.; RAHARDJO, D. T.; RAHMASARI, L.; HARJUNOWIBOWO, D.. Simple method for non contact thickness gauge using ultrasonic sensor and android smartphone. **TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering**, v. 15, n. 1, p. 191-196, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.11591/telkomnika.v15i1.7187>.

JERKE, A.; GRAÇA, A. J. S.; VEIGA, L. A. K.. Automatização da operação de estação total robotizada por meio de aplicativo de celular. *In*: Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas (CBCG), XIII., 2024, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2024, novembro 26, v. 1., 4p. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14057542>.

JERKE, A.; FAGGION, P. L.. Análise do Monitoramento Geodésico de barragem com Equipamentos de Diferentes Precisões e Diferentes Softwares de Processamento. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p.310-318, 2020. DOI: https://doi.org/10.11137/2020_4_310_318.

JERKE, A.; RODRIGUEZ, F. A. C.; MEDEIROS, L. Í. B.; SAMPAIO, L. F.; ALVES, S. D. S. O.; VEIGA, L. A. K.; FAGGION, P. L.. Desenvolvimento de aplicativo para o controle e operação remota de estações totais. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p.102-113, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID28882>.

JERKE, A.. **Proposta de metodologia para a automação do monitoramento geodésico de estruturas**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2023. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/81373>.

KARSZNIA, K.; OSADA, E.; MUSZYŃSKI, Z.. Real-Time Adjustment and Spatial Data Integration Algorithms Combining Total Station and GNSS Surveys with an Earth Gravity Model. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, p. 9380, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13169380>.

LAMBROU, E.. Remote Survey: Alternative Method for Capturing Data. **Journal of Surveying Engineering**, v. 140, n. 1, p.60-64, 2014. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000115](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000115).

LEICA.. **Leica TPS1200-GeoCOM Getting Started Manual**. Version 1.0. Suíça: Leica Geosystems AG, 2006.

LEVIN, E.; SHULTS, R.; HABIBI, R.; AN, Z.; ROLAND, W.. Geospatial virtual reality for cyberlearning in the field of topographic surveying: Moving towards a cost-effective mobile solution. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 7, p.433, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijgi9070433>.

LI, D.; SHEN, X.; WANG, L.. Connected Geomatics in the big data era. **International Journal of Digital Earth**, v. 11, n. 2, p. 139-153, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2017.1311953>.

LIENHART, W.; EHRHART, M.; GRICK, M.. High frequent total station measurements for the monitoring of bridge vibrations. **Journal of Applied Geodesy**, v. 11, n. 1, p.1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2016-0028>.

LIMA, M. C.; DELAZARI, L. S.; ERCOLIN FILHO, L.; ANTUNES, A. P.. Development of a webgis for university campus using an approach based on user-centred design techniques. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 27, p. e2021002, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1982-21702021000100002>.

MEDEIROS, L. I. B.; FAGGION, P. L.; ALVES, S. S. O.. Análise do Desempenho de ETR no Monitoramento Dinâmico de Estrutura Metálica por Leitura Contínua de Direções. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 2, p. 280-293, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/revbrascartogr>.

MIRANDA, F. D. A.; VEIGA, L. A. K.. Sistema semi-automatizado para monitoramento topográfico. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 4, n. 1, p. 15-21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbgeo.v4n1.5466>.

MLENEK, D. C.; VEIGA, L. A. K.; PALAZZO, D. R.; SILVA, L. F.. Monitoramento dinâmico de estruturas: Estudo comparativo entre técnicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, RJ: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2017. v. 1. 5 p.

NADAL, M. A. D.; VEIGA, L. A. K.; FAGGION, P. L.; NADAL, C. A.; SOARES, M. A.. Emprego de estações totais robotizadas na automação, controle e aquisição de dados, voltado ao monitoramento de barragens. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 5, n. 1, p. 18-30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbgeo.v5n1.5509>.

PATTON, E. W.; TISSENBAUM, M.; HARUNANI, F.. MIT App Inventor: Objectives, design, and development. In: KONG, S. C.; ABELSON, H. **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer-Verlag, p.31-49, 2019.

RESTIKA, A. P.; NIRWANA, H.; ASRIYADI, A.. Implementasi augmented reality sebagai media pembelajaran untuk pengenalan komponen total station. In: **Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)**. 2021. p. 208-214.

RODRIGUEZ, F. A. C.; VEIGA, L. A. K.. Desenvolvimento de Interface para Automação da Coleta de Temperatura Baseada em Redes Multiestação Aplicada ao Monitoramento de Estruturas Empregando-se Estações Totais. **Revista**

Brasileira de Cartografia, v. 71, n. 3, p.781-805, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv71n3-48782>.

RODRIGUEZ, F. A. C.; VEIGA, L. A. K.; SOARES, W. A.. Temperature acquisition system for real time application of first velocity correction by EDM (Electronic Distance Measurement). **Geopanning**, v. 8, n. 1, p.61-74, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.14710/geopanning.8.1.61-74>.

SAMPAIO, L. F.; VEIGA, L. A. K.; ALVES, S. D. S. O. Using Smartphones as a Measurement Platform in Geoscience Applications. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 46, p.1-16, 2023. DOI: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_56179.

SAMPAIO, L. F.; ITO, A. L. B.; VEIGA, L. A. K.; ALVES, S. D. S. O.; LEANDRO, F. A. C. R.; MEDEIROS, L. I. B.. Feasibility of Using Data From Sensors Embedded in Smartphones to Measure Angles and Distances. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 4., p.805-818, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv74n4-65814>.

SCHWIEGER, V.; KEREKES, G.; LERKE, O. Image-Based Target Detection and Tracking Using Image-Assisted Robotic Total Stations. SERGIYENKO, O.; FLORES-FUENTES, W.; MERCORELLI, P. (Orgs.). **Machine Vision and Navigation**. Gewerbestrasse: Springer Nature Switzerland, 2020. p.133-169.

SHOUSHTARI, M. A.; SADEGHI-NIARAKI, H.. Ubiquitous Total Station Development using Smartphone, RSSI and Laser Sensor providing service to Ubi-GIS. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 40, n. 2, p.237-241, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W3-237-2014>.

SOON, C. F.; TENG, B. H.; TEE, K. S.; JONG, S. L.; MORSIN, M.; RAHMAN, N. A.. Bluetooth embedded digital ammeter with Android app data logging. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, v. 18, n. 3, p. 1400-1407, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.11591/ijeecs.v18.i3.pp1400-1407>.

STAIGER, R.. The Surveyor 4.0. **GIM International**, v. 37, n. 1, p.22-25, 2023. Disponível em: [The Surveyor 4.0 | GIM International \(gim-international.com\)](http://gim-international.com).

VALLINA-RODRIGUEZ, N.; CROWCROFT, J.; FINAMORE, A.; GRUNENBERGER, Y.; PAPAGIANNAKI, K.. When assistance becomes dependence: characterizing the costs and inefficiencies of A-GPS. **ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review**, v. 17, n. 4, p.3-14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1145/2557968.2557970>.

VAZ, J. A.; CINTRA, J. P.; ALMEIDA FILHO, F. G. V.. A Evolução do Ensino de Topografia e Áreas Afins na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. Especial 50 anos, p.1051-1068, 2020. <https://doi.org/10.14393/revbrascartogr>.

VEIGA, L. A. K.. **Sistema para mapeamento automatizado em campo: conceitos, metodologia e implantação de um protótipo**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001129538>.

VEIGA, L. A. K.. Homogeneização de dados provenientes de diferentes níveis digitais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 1., 2002, Presidente Prudente. **Anais [...]**. Presidente Prudente, SP: Universidade Estadual Paulista, 2002. v. 1. 4 p.

WEGEN, W. V.. Geospatial Industry Cautiously Optimistic Despite Pandemic. **GIM International**, v. 35, n. 1, p.8-11, 2021. Disponível em: [Outlook for Geospatial Industry Grows Even Brighter as COVID-19 Restrictions Are Eased | GIM International](#).

ZANGENEHNEJAD, F.; GAO, Y.. GNSS smartphones positioning: Advances, challenges, opportunities, and future perspectives. **Satellite Navigation**, v. 2, p. 1-23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43020-021-00054-y>.

Recebido: 06 jun. 2025

Aprovado: 06 jun. 2025

DOI: 10.3895/rbgeo.v13n1.12656

Como citar: SALOMÃO GRAÇA, A. J.; VEIGA, L. A. K.; JERKE, A. Soluções em automação desenvolvidas para dispositivos móveis: perspectivas para ensino e pesquisas em Levantamentos Geodésicos e Topográficos. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 114-143, jan./jun. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Alan José Salomão Graça

Rua São Francisco Xavier, 524, CEP 20550-900, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

