

Grupo de Pesquisa: Georreferenciamento de Imóveis Rurais e Urbanos

Título: Tecnologias de Georreferenciamento e Escaneamento 3D Aplicadas ao Planejamento Urbano e Infraestrutura

CARVALHO, Francisco de Sales Vieira de (Orientador)

CENA, Jânio Rodrigues de

JÚNIOR, Osvaldo Paladini

MOREIRA, Thalia Carvalho

SANTOS, Erivaldo Esteves

SILVA, Gleison Cleber Soares de Oliveira

Resumo

O avanço das tecnologias geoespaciais tem ampliado significativamente a capacidade de análise, planejamento e gestão do espaço urbano. Ferramentas como laser scanner terrestre, sistemas de georreferenciamento, GNSS e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido aplicadas em diversas áreas da engenharia, incluindo infraestrutura urbana, saneamento básico e regularização fundiária. Este artigo apresenta uma análise integrada sobre o uso dessas tecnologias em três contextos distintos: monitoramento de túneis urbanos por meio de escaneamento a laser 3D, identificação de imóveis com soleira negativa para planejamento de redes de esgoto e análise dos desafios enfrentados por proprietários de terrenos urbanos adquiridos por contratos informais no processo de regularização fundiária. A metodologia baseia-se em revisão bibliográfica e análise de estudos de caso desenvolvidos em pesquisas acadêmicas na área de Engenharia de Agrimensura e Cartografia. Os resultados demonstram que o uso de geotecnologias contribui para maior precisão na coleta de dados espaciais, melhoria no planejamento urbano e apoio à tomada de decisões técnicas e administrativas. Conclui-se que a integração dessas tecnologias representa uma ferramenta estratégica para promover o desenvolvimento urbano sustentável, ampliar o acesso ao saneamento e fortalecer políticas públicas de regularização territorial.

Palavras-chave: Georreferenciamento, Laser Scanner 3D, Regularização Fundiária, Saneamento Básico, Geotecnologias.

Introdução

A crescente complexidade das cidades modernas exige o uso de tecnologias capazes de coletar, analisar e interpretar informações espaciais com elevada precisão. Nesse contexto,

a Engenharia de Agrimensura e Cartografia desempenha papel fundamental no levantamento e na análise de dados territoriais, contribuindo para o planejamento urbano, infraestrutura e gestão ambiental.

Entre as tecnologias atualmente utilizadas destacam-se o Laser Scanner Terrestre (LST), o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o georreferenciamento aplicado à análise espacial. Essas ferramentas permitem a geração de modelos tridimensionais, mapas temáticos e bases de dados geoespaciais fundamentais para projetos de engenharia e políticas públicas.

O escaneamento a laser, por exemplo, permite a geração de densas nuvens de pontos tridimensionais, possibilitando a representação precisa de estruturas complexas, como túneis urbanos e obras subterrâneas. Essa tecnologia oferece alta velocidade de coleta e grande nível de detalhamento, sendo amplamente utilizada em projetos de infraestrutura.

Paralelamente, o georreferenciamento tem se consolidado como ferramenta essencial para o planejamento urbano e o saneamento básico, permitindo a identificação precisa de problemas estruturais, como áreas com soleira negativa, que dificultam a ligação de imóveis à rede pública de esgoto.

Outro desafio presente nas cidades brasileiras é a regularização fundiária, especialmente em áreas urbanas ocupadas informalmente. Muitos proprietários adquiriram seus terrenos por meio de contratos de compra e venda sem a formalização legal da propriedade, enfrentando obstáculos burocráticos, financeiros e sociais para a regularização.

Diante desse cenário, este artigo busca integrar diferentes aplicações das geotecnologias no contexto urbano, destacando sua contribuição para o monitoramento de infraestrutura, o planejamento sanitário e a regularização territorial.

1. Referências Teórico

1.1. Laser Scanner Terrestre

O Laser Scanner Terrestre (LST) é um sistema de sensoriamento remoto ativo que utiliza pulsos de laser para medir distâncias entre o equipamento e os objetos do ambiente. A

partir dessas medições é possível gerar uma nuvem de pontos tridimensional, composta por milhões de coordenadas espaciais que representam com elevada precisão a geometria do ambiente levantado (Weitkamp, 2005; González-Jorge et al., 2012).

Essa tecnologia tem sido amplamente aplicada em levantamentos topográficos, engenharia civil, mineração, arqueologia e monitoramento de estruturas subterrâneas, principalmente em contextos onde é necessário obter grande quantidade de dados espaciais em curto período de tempo (Popescu, 2011; Bordin et al., 2013). A alta densidade de pontos coletados permite a geração de modelos tridimensionais detalhados, possibilitando análises geométricas, inspeções estruturais e comparações entre projetos e obras executadas.

O princípio de funcionamento do laser scanner baseia-se na emissão de feixes de luz laser que são refletidos pela superfície dos objetos e retornam ao sensor do equipamento. O tempo que o pulso leva para percorrer o trajeto entre o emissor e o objeto permite calcular a distância com elevada precisão. A partir dessas distâncias, associadas aos ângulos horizontais e verticais do sistema de varredura, é possível determinar as coordenadas espaciais dos pontos capturados (Dalmolin, 2004; Weitkamp, 2005).

Os dados gerados pelo escaneamento são geralmente armazenados em forma de nuvem de pontos, composta por coordenadas tridimensionais (x, y, z), além de atributos adicionais como intensidade do retorno do laser e, em alguns casos, informações de cor (RGB) obtidas por câmeras acopladas ao equipamento. Esses conjuntos de dados permitem a criação de representações digitais altamente detalhadas de estruturas físicas, sendo amplamente utilizados na modelagem tridimensional e na análise espacial (Bordin et al., 2013; González-Jorge et al., 2012).

De acordo com Habib (2007), uma das principais vantagens do uso do laser scanner em comparação com métodos tradicionais de levantamento é a capacidade de capturar grandes quantidades de dados em curto intervalo de tempo, com elevada precisão e sem a necessidade de contato direto com o objeto analisado. Essa característica torna a tecnologia especialmente útil em ambientes de difícil acesso ou em locais que apresentam riscos operacionais, como túneis, minas subterrâneas e estruturas industriais complexas.

Além disso, o avanço tecnológico dos equipamentos de varredura a laser permitiu aumentar significativamente a velocidade de aquisição de dados. Atualmente, alguns scanners são capazes de registrar centenas de milhares ou até milhões de pontos por segundo, possibilitando a coleta de dados altamente detalhados em grandes áreas (Borges, Fonseca Júnior e Dal Poz, 2024). Essa capacidade tem impulsionado o uso da tecnologia em diversas áreas da engenharia e da geociência.

No contexto da engenharia de infraestrutura, o uso do laser scanner terrestre tem se mostrado particularmente relevante para o monitoramento de obras subterrâneas, como túneis urbanos. A geração de modelos tridimensionais detalhados permite comparar o estado real da estrutura com o projeto original, identificar deformações, avaliar deslocamentos e detectar possíveis irregularidades construtivas (Telling et al., 2017).

Outra aplicação importante está relacionada à elaboração de modelos as-built, que representam a condição real da estrutura após sua construção. Esses modelos são fundamentais para atividades de manutenção, planejamento de intervenções e gestão de ativos de infraestrutura, contribuindo para aumentar a segurança e a eficiência operacional das obras (Gonçales, 2007).

Apesar das diversas vantagens, a tecnologia de escaneamento a laser também apresenta alguns desafios. Entre eles destacam-se o alto custo dos equipamentos, a necessidade de mão de obra especializada para operação e processamento dos dados e o grande volume de informações geradas, que exige capacidade computacional significativa para armazenamento e análise (Oliveira et al., 2022).

Outro aspecto importante refere-se à necessidade de calibração periódica dos equipamentos. Com o tempo, fatores como desgaste mecânico, variações de temperatura e transporte frequente podem provocar alterações nos parâmetros internos do sensor, afetando a precisão das medições. Por essa razão, recomenda-se a realização de procedimentos de verificação e calibração regulares para garantir a confiabilidade dos dados coletados (Qiao e Butt, 2023).

Dessa forma, o Laser Scanner Terrestre consolidou-se como uma das tecnologias mais avançadas para levantamento tridimensional de ambientes complexos. Sua capacidade de

gerar representações digitais altamente detalhadas tem contribuído significativamente para o desenvolvimento de soluções inovadoras nas áreas de engenharia, planejamento urbano e monitoramento de infraestrutura.

1.2. Georreferenciamento e Sistemas de Informação Geográfica

O georreferenciamento consiste no processo de atribuição de coordenadas geográficas precisas a elementos do espaço físico, permitindo sua localização exata na superfície terrestre e sua representação em mapas, bases cartográficas e modelos digitais do terreno. Esse processo possibilita relacionar dados espaciais a sistemas de coordenadas conhecidos, permitindo que diferentes informações geográficas sejam integradas e analisadas de forma conjunta (Li, 2004; Câmara et al., 2001).

A utilização do georreferenciamento tornou-se essencial em diversas áreas do conhecimento, especialmente no planejamento urbano, na engenharia, no saneamento básico e na gestão territorial. Ao permitir a identificação precisa da posição de objetos, estruturas e fenômenos no espaço, essa tecnologia contribui para o desenvolvimento de análises espaciais mais detalhadas e para a elaboração de projetos de infraestrutura com maior nível de precisão (Braga et al., 2005).

Quando os dados georreferenciados são integrados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), torna-se possível realizar análises espaciais complexas, cruzando informações provenientes de diferentes fontes, como levantamentos topográficos, imagens de satélite, fotografias aéreas e dados cadastrais. Essa integração permite visualizar padrões espaciais, identificar áreas críticas e apoiar processos de tomada de decisão em políticas públicas e projetos de engenharia (Burrough; McDonnell, 1998).

Os SIG funcionam como plataformas capazes de armazenar, processar, analisar e representar informações geográficas em diferentes formatos. A partir dessas ferramentas, é possível produzir mapas temáticos, realizar análises de proximidade, modelagem espacial e simulações territoriais, contribuindo para uma melhor compreensão da dinâmica espacial das cidades e do meio ambiente (Câmara et al., 2001).

Entre as principais tecnologias utilizadas no processo de georreferenciamento destacam-se os sistemas de posicionamento por satélite, os levantamentos

aerofotogramétricos com drones, as técnicas de fotogrametria digital e a geração de modelos digitais do terreno. Essas tecnologias, quando utilizadas de forma integrada, permitem a obtenção de dados espaciais altamente precisos e atualizados, fundamentais para o planejamento e a gestão do território (Li, 2004).

GNSS (GPS)

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) é uma tecnologia baseada em constelações de satélites que transmitem sinais utilizados para determinar a posição de um receptor na superfície terrestre. Entre os sistemas mais conhecidos estão o GPS (Estados Unidos), o GLONASS (Rússia), o Galileo (União Europeia) e o BeiDou (China). Esses sistemas permitem determinar coordenadas geográficas com elevada precisão, sendo amplamente utilizados em levantamentos topográficos, geodésia, navegação e monitoramento ambiental (Hofmann-Wellenhof; Lichtenegger; Wasle, 2008).

No contexto da engenharia e da cartografia, o uso de receptores GNSS com correção em tempo real, como o RTK (Real Time Kinematic), permite obter precisão centimétrica na determinação das coordenadas dos pontos levantados. Essa tecnologia tem sido amplamente utilizada em levantamentos planialtimétricos, georreferenciamento de imóveis e mapeamento urbano (Leick, Rapoport; Tatarnikov, 2015).

Drones

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, têm revolucionado os processos de coleta de dados espaciais. Equipados com câmeras de alta resolução e sistemas de posicionamento GNSS, esses equipamentos permitem realizar levantamentos aerofotogramétricos com grande rapidez e precisão (Colomina; Molina, 2014).

O uso de drones possibilita a obtenção de imagens aéreas detalhadas, que podem ser processadas posteriormente para gerar ortomosaicos, modelos tridimensionais e modelos digitais do terreno. Essa tecnologia tem sido amplamente aplicada em estudos ambientais, planejamento urbano, monitoramento de obras e levantamentos topográficos em áreas de difícil acesso (Eisenbeiss, 2009).

Além disso, a utilização de drones permite reduzir significativamente os custos e o tempo necessários para a coleta de dados espaciais, quando comparada aos métodos tradicionais de aerofotogrametria realizados por aeronaves tripuladas.

Fotogrametria

A fotogrametria é uma técnica que permite obter informações métricas de objetos e superfícies a partir da análise de fotografias. Por meio de processos de triangulação fotogramétrica, é possível determinar coordenadas tridimensionais dos pontos presentes nas imagens, possibilitando a reconstrução digital de superfícies e estruturas (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014).

Com o avanço da fotogrametria digital e o desenvolvimento de softwares especializados, tornou-se possível processar grandes volumes de imagens capturadas por drones ou câmeras terrestres, gerando modelos tridimensionais altamente detalhados. Esses modelos são utilizados em diversas aplicações, como levantamento arquitetônico, documentação patrimonial, engenharia civil e planejamento territorial (Remondino; El-Hakim, 2006).

Modelos Digitais do Terreno (MDT)

Os Modelos Digitais do Terreno (MDT) representam a superfície terrestre por meio de dados altimétricos organizados em formato digital. Esses modelos são gerados a partir de dados coletados por diferentes métodos, como levantamentos topográficos, fotogrametria, escaneamento a laser e imagens de satélite (Li, 2004).

Os MDTs permitem representar variações de relevo e são fundamentais para diversas análises geográficas e ambientais, como estudos de drenagem, planejamento de redes de infraestrutura, análise de risco de inundação e projetos de engenharia. Além disso, esses modelos são amplamente utilizados no planejamento de sistemas de saneamento básico, pois permitem identificar áreas com desníveis desfavoráveis que podem comprometer o funcionamento adequado das redes de esgoto (Braga et al., 2005).

Dessa forma, a integração entre georreferenciamento, SIG e tecnologias de aquisição de dados espaciais tem ampliado significativamente a capacidade de análise e planejamento

territorial. O uso dessas ferramentas permite compreender melhor a dinâmica espacial das cidades, contribuindo para a implementação de soluções mais eficientes e sustentáveis para os desafios urbanos contemporâneos.

1.3. Regularização Fundiária Urbana

A regularização fundiária pode ser definida como o conjunto de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais destinadas à formalização da posse ou da propriedade de imóveis ocupados de forma irregular, garantindo segurança jurídica aos ocupantes e promovendo a integração dessas áreas ao ordenamento urbano formal (Brasil, 2017; Fernandes, 2002). Esse processo envolve não apenas a titulação da propriedade, mas também a implementação de infraestrutura urbana, acesso a serviços públicos e melhoria das condições de habitabilidade.

No Brasil, a regularização fundiária tornou-se uma temática central nas políticas públicas de desenvolvimento urbano devido à elevada presença de assentamentos informais. Estima-se que uma parcela significativa da população urbana resida em áreas sem registro formal da propriedade, situação que compromete o acesso a direitos básicos, como financiamento imobiliário, serviços públicos e segurança jurídica da posse (IBGE, 2020; IPEA, 2022).

A informalidade fundiária é resultado de diversos fatores históricos e socioeconômicos, entre os quais se destacam a rápida urbanização, a insuficiência de políticas habitacionais e o elevado custo do mercado imobiliário formal. Segundo Rolnik (2015), o crescimento acelerado das cidades brasileiras ao longo do século XX ocorreu de forma desigual, resultando na expansão de ocupações irregulares em áreas periféricas ou ambientalmente vulneráveis.

A ausência de regularização da propriedade gera impactos significativos tanto para os moradores quanto para a gestão urbana. Para os ocupantes, a falta de documentação formal pode gerar insegurança jurídica, dificultar a realização de investimentos na moradia e limitar o acesso a crédito e financiamento. Para o poder público, a informalidade territorial dificulta o planejamento urbano, a implementação de infraestrutura e a arrecadação tributária (Fernandes, 2002).

Entre os principais obstáculos enfrentados no processo de regularização fundiária destacam-se:

- **Burocracia administrativa**

A burocracia administrativa é frequentemente apontada como um dos principais entraves à regularização fundiária. O processo de formalização da propriedade envolve diversas etapas legais e técnicas, incluindo levantamento topográfico, análise documental, aprovação de projetos urbanísticos e registro cartorial. Essas etapas podem se tornar complexas e demoradas, especialmente para famílias de baixa renda que possuem pouco acesso à informação ou assistência técnica especializada (Silva, 2024; Fernandes, 2002).

Além disso, a existência de diferentes legislações municipais e estaduais pode tornar o processo ainda mais difícil, exigindo que os proprietários atendam a uma série de requisitos legais que muitas vezes são pouco compreendidos pela população.

- **Altos custos do processo**

Outro fator relevante são os custos associados à regularização, que podem incluir taxas cartoriais, custos de levantamento topográfico, projetos técnicos e honorários profissionais. Esses custos frequentemente representam uma barreira significativa para famílias de baixa renda, impedindo que muitos proprietários iniciem ou concluam o processo de regularização (Pereira, 2020).

Segundo estudos sobre políticas habitacionais no Brasil, a ausência de programas públicos que subsidiem ou facilitem o processo de regularização contribui para a permanência de grande parte da população em situação de informalidade fundiária (IPEA, 2022).

- **Falta de informação técnica**

A falta de informação técnica também constitui um obstáculo importante. Muitos proprietários desconhecem os procedimentos necessários para regularizar suas propriedades, bem como os benefícios associados à formalização da posse. Essa falta de conhecimento pode levar à perpetuação da informalidade e à reprodução de práticas de ocupação irregular (Souza; Carvalho, 2019).

Nesse contexto, a atuação de profissionais da área de engenharia, arquitetura e agrimensura torna-se fundamental para orientar os moradores e auxiliar na elaboração dos levantamentos técnicos necessários para a regularização.

- **Desigualdades socioeconômicas**

As desigualdades socioeconômicas presentes nas cidades brasileiras também influenciam diretamente os processos de regularização fundiária. Populações de baixa renda, frequentemente localizadas em áreas periféricas ou em regiões com infraestrutura precária, enfrentam maiores dificuldades para acessar serviços técnicos, assistência jurídica e programas públicos de regularização (Rolnik, 2015).

Além disso, a informalidade fundiária muitas vezes está associada a contextos de exclusão social e vulnerabilidade econômica, o que reforça a necessidade de políticas públicas integradas que considerem não apenas a titulação da propriedade, mas também a melhoria das condições urbanas e sociais dessas comunidades.

Dessa forma, a regularização fundiária deve ser compreendida como um processo multidimensional, que envolve aspectos legais, técnicos, sociais e urbanos. A adoção de políticas públicas mais inclusivas, aliadas ao uso de tecnologias de georreferenciamento e levantamento territorial, pode contribuir significativamente para tornar esses processos mais eficientes e acessíveis, promovendo o direito à moradia e a construção de cidades mais justas e sustentáveis (Brasil, 2017; Fernandes, 2002).

2. Metodologia

A pesquisa apresenta caráter exploratório e qualitativo, baseada na análise integrada de estudos de caso desenvolvidos em trabalhos acadêmicos na área de Engenharia de Agrimensura e Cartografia.

Foram analisados três contextos de aplicação das geotecnologias:

1. Monitoramento de túneis urbanos utilizando laser scanner.
2. Identificação de imóveis com soleira negativa para planejamento de redes de esgoto.
3. Análise dos desafios enfrentados por proprietários na regularização fundiária.

A metodologia envolveu revisão bibliográfica, análise documental e comparação dos resultados obtidos nas pesquisas.

3. Resultados e Discussão

Os resultados evidenciam que as geotecnologias contribuem significativamente para a melhoria da gestão urbana e da infraestrutura.

No caso do monitoramento de túneis, o uso do laser scanner permitiu a geração de modelos tridimensionais detalhados, possibilitando a comparação entre o projeto e a execução da obra, além da identificação de possíveis deformações estruturais.

No planejamento de redes de esgoto, o uso de georreferenciamento e levantamentos topográficos permitiu identificar áreas com soleira negativa, condição em que o ponto de saída do esgoto do imóvel encontra-se abaixo do nível da rede coletora, dificultando o escoamento por gravidade.

Já no contexto da regularização fundiária, a análise revelou que muitos proprietários enfrentam dificuldades relacionadas à burocracia e aos custos do processo, evidenciando a necessidade de políticas públicas mais acessíveis e integradas.

Conclusão

A aplicação de tecnologias geoespaciais representa um avanço significativo para o planejamento e a gestão das cidades contemporâneas. O uso integrado de ferramentas como laser scanner terrestre, georreferenciamento, sistemas GNSS e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita maior precisão na coleta de dados espaciais, melhoria na análise territorial e maior eficiência nos processos de tomada de decisão relacionados ao planejamento urbano e à infraestrutura (Câmara et al., 2001; Li, 2004).

A evolução dessas tecnologias tem permitido a obtenção de informações espaciais cada vez mais detalhadas e confiáveis, possibilitando a geração de modelos tridimensionais, mapas temáticos e bases de dados georreferenciadas que auxiliam no monitoramento de obras, no planejamento de sistemas de saneamento e na gestão do território. Nesse contexto, o laser scanner terrestre destaca-se pela sua capacidade de capturar milhões de pontos em poucos segundos, permitindo a representação tridimensional precisa de estruturas complexas e

contribuindo para o monitoramento de obras de engenharia e infraestrutura urbana (Weitkamp, 2005; González-Jorge et al., 2012).

Da mesma forma, o georreferenciamento aliado aos Sistemas de Informação Geográfica tem se mostrado uma ferramenta essencial para a análise espacial e o planejamento territorial. A integração de dados provenientes de diferentes fontes — como levantamentos topográficos, imagens de satélite, drones e modelos digitais do terreno — permite identificar áreas críticas, analisar padrões espaciais e apoiar o desenvolvimento de soluções técnicas mais eficientes para problemas urbanos (Burrough; McDonnell, 1998; Braga et al., 2005).

Os resultados discutidos neste estudo demonstram que essas tecnologias podem contribuir tanto para o monitoramento de obras de infraestrutura, como túneis e redes de saneamento, quanto para a identificação de problemas urbanos, como áreas com desníveis desfavoráveis para sistemas de esgotamento sanitário ou regiões com ocupações irregulares que demandam processos de regularização fundiária. Nesse sentido, a utilização de geotecnologias amplia a capacidade de diagnóstico e planejamento das intervenções urbanas, proporcionando maior eficiência na alocação de recursos e na execução de projetos de engenharia.

Além disso, o uso dessas ferramentas também pode contribuir significativamente para os processos de regularização territorial, uma vez que o levantamento georreferenciado de imóveis e a geração de bases cartográficas precisas facilitam a identificação de limites, a elaboração de cadastros técnicos e a formalização da propriedade. Dessa forma, as geotecnologias podem atuar como instrumentos importantes para reduzir a informalidade fundiária e promover maior segurança jurídica para os ocupantes de áreas urbanas (Fernandes, 2002; Rolnik, 2015).

Portanto, a integração das geotecnologias às políticas públicas urbanas constitui um instrumento fundamental para promover o desenvolvimento sustentável das cidades. A utilização dessas ferramentas possibilita ampliar o acesso ao saneamento básico, melhorar o planejamento territorial e fortalecer os processos de gestão urbana, contribuindo para a construção de cidades mais organizadas, inclusivas e resilientes.

Diante dos desafios enfrentados pelas cidades brasileiras, especialmente no que se refere à expansão urbana desordenada, à deficiência de infraestrutura e à informalidade territorial, torna-se cada vez mais necessário investir no desenvolvimento e na aplicação de tecnologias geoespaciais. O fortalecimento dessas ferramentas, aliado à formação de profissionais capacitados e à implementação de políticas públicas integradas, pode contribuir significativamente para o aprimoramento da gestão territorial e para a melhoria da qualidade de vida da população.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João; MIERZWA, José; BARROS, Mário. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017**. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.

BORDIN, Fabiano; CINTRA, Jorge Pimentel; GONÇALES, João Alberto. Aplicações do laser scanner terrestre na modelagem tridimensional de ambientes urbanos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 2, p. 275-287, 2013.

BORGES, Paulo A.; FONSECA JÚNIOR, Edvaldo S.; DAL POZ, Aluir P. **Sensoriamento remoto e aplicações do laser scanner em engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2024.

BURROUGH, Peter A.; MCDONNELL, Rachael A. **Princípios dos sistemas de informação geográfica**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.

COLOMINA, Ismael; MOLINA, Pere. Sistemas aéreos não tripulados para fotogrametria e sensoriamento remoto: uma revisão. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 92, p. 79-97, 2014.

DALMOLIN, Quintino. **Uso do laser scanner terrestre em levantamentos topográficos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.

EISENBEISS, Henri. **Fotogrametria com veículos aéreos não tripulados**. Zurique: ETH Zurich – Instituto de Geodésia e Fotogrametria, 2009.

FERNANDES, Edésio. **Regularização fundiária urbana no Brasil: avanços e desafios**. Belo Horizonte: Del Rey, 2002.

GONÇALES, João Alberto. Aplicações do escaneamento a laser em levantamentos de engenharia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 1, p. 45-56, 2007.

GONZÁLEZ-JORGE, Higinio; RIVEIRO, Belén; ARMESTO, Jacobo; ARIAS, Pedro. Avaliação metrológica de sistemas de laser scanner terrestre. **Sensors**, v. 12, n. 7, p. 9045-9066, 2012.

HABIB, Ayman. **Integração entre fotogrametria digital e escaneamento a laser terrestre**. Calgary: Universidade de Calgary, 2007.

HOFMANN-WELLENHOF, Bernhard; LICHTENEGGER, Herbert; WASLE, Elmar. **GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite: GPS, GLONASS, Galileo e outros**. Viena: Springer, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico e levantamento de aglomerados subnormais no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Habitação e desenvolvimento urbano no Brasil: diagnóstico e desafios**. Brasília: IPEA, 2022.

LEICK, Alfred; RAPOPORT, Lev; TATARNIKOV, Dmitry. **Levantamentos com GPS e GNSS**. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

LI, Zhilin. **Modelagem digital do terreno: princípios e metodologias**. Boca Raton: CRC Press, 2004.

POPOESCU, Sorin. Estimativa de biomassa vegetal utilizando LiDAR e dados multiespectrais. **Remote Sensing of Environment**, v. 95, n. 1, p. 44-56, 2002.

POPOESCU, Sorin. Sensoriamento remoto LiDAR aplicado à estrutura da vegetação. **Journal of Forestry Research**, v. 22, p. 89-97, 2011.

REMONDINO, Fabio; EL-HAKIM, Sabry. Modelagem tridimensional baseada em imagens: revisão de métodos. **Photogrammetric Record**, v. 21, n. 115, p. 269-291, 2006.

ROLNIK, Raquel. **Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças**. São Paulo: Boitempo, 2015.

SILVA, José Carlos. Desafios da regularização fundiária em áreas urbanas brasileiras. **Revista de Direito Urbanístico**, v. 12, n. 2, p. 55-70, 2024.

SOUZA, Marcelo Lopes de; CARVALHO, Inaiá Maria Moreira de. **A cidade e o urbano no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019.

TELLING, Jon; GLASSER, Neil; BRADLEY, Sophie. Aplicações do laser scanner terrestre em estudos geomorfológicos. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 42, p. 1-14, 2017.

WEITKAMP, Claus. **LIDAR: sensoriamento remoto óptico para medição de distâncias e análise atmosférica**. Nova York: Springer, 2005.

WOLF, Paul; DEWITT, Bon; WILKINSON, Benjamin. **Elementos da fotogrametria com aplicações em sistemas de informação geográfica**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.