

A IMPORTÂNCIA DA AGRIMENSURA NAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA

The importance of surveying in road infrastructure works

André Rebouças Pagel¹

Resumo: O tema do presente trabalho foi a importância da agrimensura nas obras de infraestrutura viária. Por meio da revisão bibliográfica, buscou-se identificar as atribuições da Engenharia de Agrimensura para que a legislação ambiental seja atendida na execução das obras rodoviárias. Para tanto, empregou-se a revisão narrativa de literatura, em livros, artigos científicos e textos das leis. As obras rodoviárias representam um conjunto de iniciativas necessárias para o progresso econômico e social. No entanto, essas obras trazem impactos ambientais significativos. As mudanças nos padrões de drenagem podem, entre outros aspectos, resultarem em erosão do solo, inundações e sedimentação de corpos d'água, trazendo prejuízos aos ecossistemas locais. Diante dessa realidade, o desmatamento e a perda de biodiversidade passam a representar consequências diretas, com áreas florestais sendo prejudicadas para a abertura de passagem para novas vias, trazendo ameaças aos habitats e espécies. As estradas, inclusive, são fontes de poluição do ar e da água, desde sua construção à operação, liberando gases e partículas que danificam o meio ambiente. As leis ambientais regulamentam a construção de estradas no Brasil, inclusive quanto ao licenciamento ambiental, responsável por avaliar e estabelecer as medidas empregadas para a minimização dos impactos negativos. A Engenharia de Agrimensura desempenha um papel essencial na construção de estradas sustentáveis, por meio do dimensionamento de sistemas de drenagem para minimizar impactos ambientais e do uso de técnicas como levantamento topográfico. A topografia evidencia sua relevância nesse processo, incorporando métodos para a coleta de dados tridimensionais da superfície terrestre, sendo fundamental para serviços como Levantamento planialtimétrico. A Engenharia de Agrimensura, inclusive, utiliza-se da fotogrametria e do Geoprocessamento para diversas finalidades, como Regularização Fundiária e Perícia Judicial.

Palavras-chave: Agrimensura. Obras Viárias. Sustentabilidade. Topografia.

Abstract: The theme of this work was the importance of surveying in road infrastructure works. Through a bibliographical review, we sought to identify the responsibilities of Surveying Engineering so that environmental legislation is met in the execution of road works. To this end, a narrative literature review was used, in books, scientific articles and legal texts. Road works represent a set of initiatives necessary for economic and social progress. However, these works have significant environmental impacts. Changes in drainage patterns can, among other things, result

¹ Mini-currículo. email. Lattes (opcional). ORCID (opcional).

in soil erosion, flooding and sedimentation of water bodies, causing damage to local ecosystems. Faced with this reality, deforestation and loss of biodiversity begin to represent direct consequences, with forest areas being damaged to open passage for new roads, bringing threats to habitats and species. Roads, in fact, are sources of air and water pollution, from their construction to operation, releasing gases and particles that damage the environment. Environmental laws regulate the construction of roads in Brazil, including environmental licensing, which is responsible for evaluating and establishing the measures used to minimize negative impacts. Surveying Engineering plays an essential role in the construction of sustainable roads, through the design of drainage systems to minimize environmental impacts and the use of techniques such as topographic surveying. Topography highlights its relevance in this process, incorporating methods for collecting three-dimensional data from the earth's surface, being fundamental for services such as planialtimetric survey. Surveying Engineering even uses photogrammetry and Geoprocessing for various purposes, such as Land Regularization and Judicial Expertise.

Keywords: Surveying. Road Works. Sustainability. Topography.

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia de Agrimensura possui um papel essencial no contexto das obras de infraestrutura, sendo imprescindível nas obras rodoviárias. Trata-se de um conjunto de conhecimentos aplicados à prática que fornecem os subsídios voltados ao projeto, execução e manutenção das rodovias. A definição dos traçados, identificação dos obstáculos e medição das distâncias, entre outras posturas, integram o trabalho da Engenharia de Agrimensura nesses tipos de obras.

As plantas de obras de infraestrutura representam, desse modo, uma das atribuições essenciais da Engenharia de Agrimensura, proporcionando levantamentos hidrológicos, topométricos e hidrográficos, entre outros. Os recursos ora empregados contam com o uso significativo da tecnologia, como ocorre nas práticas de georreferenciamento para elaboração de mapas de relevo de uma área específica.

Os estudos prévios relacionados às obras de infraestrutura viária possuem papel de auxiliar na escolha das opções adequadas de traçado, bem como das ações viáveis para as obras de terraplenagem, tendo início com a indicação dos fatores geológicos locais, estudos de traçado, levantamentos de tráfego e hidrológicos, projetos de terraplenagem e geométrico, projetos de drenagem, de pavimentação, interseções, retornos e acessos, obras de arte especiais, sinalização, entre outros.

As atividades devem, inclusive, contemplar os aspectos intrínsecos à legislação ambiental, considerando a área de influência, que se relaciona aos limites nos quais a obra produzirá impactos diretos. Nesse contexto, ressalta-se a imprescindibilidade de que as obras rodoviárias atendam aos preceitos legais ambientais, sendo que tal cumprimento enseja o adequado levantamento e os demais procedimentos por parte da Engenharia de Agrimensura. Nesse sentido, pergunta-se: quais são as atribuições da Engenharia de Agrimensura para o adequado cumprimento da legislação ambiental nas obras rodoviárias?

O objetivo geral do trabalho foi identificar as atribuições da Engenharia de Agrimensura para que as obras rodoviárias atendam aos preceitos que dizem respeito à legislação ambiental. Os objetivos específicos foram caracterizar os aspectos ambientais relacionados às obras rodoviárias, contextualizar as iniciativas que se relacionam à proteção ambiental no âmbito destas obras e indicar os recursos utilizados pela Engenharia de Agrimensura na infraestrutura rodoviária.

A metodologia utilizada na realização do presente trabalho foi a revisão narrativa de literatura, em livros, artigos científicos e textos normativos. A pesquisa teve o caráter qualitativo. Soares, Mairink e Hamanaka (2020) ressaltam que a escrita científica deve ter coerência, formato e metodologia, seguindo as regras de normalização, quando se trata deste tipo de publicação.

Os critérios de inclusão corresponderam à pertinência ao tema proposto, bem como ao idioma, português ou inglês, e a fidedignidade das fontes. Não foram utilizados estudos bibliométricos, trabalhos de graduação e resumos, bem como demais pesquisas publicadas parcialmente. A partir da leitura dos títulos e resumos das publicações, foi feita a organização das informações e dados obtidos, seguida da elaboração do texto do artigo.

2 AS OBRAS RODOVIÁRIAS: ASPECTOS AMBIENTAIS

A sustentabilidade reveste-se de importância no contexto da construção de estradas, verificando que, desde a extração das matérias-primas à produção dos materiais utilizados, podem ocorrer impactos ambientais significativos, de necessária minimização. Trazendo como exemplo, Piracelli et al. (2020), o aquecimento do asfalto

tem como resultado a emissão de vapores que, ao serem resfriados, se convertem em fumaça, com propriedades químicas e toxicológicas diferentes do asfalto original. Tais efeitos adversos são sentidos particularmente pelos trabalhadores envolvidos nessas obras.

É necessário que a sustentabilidade seja considerada na abordagem dos projetos rodoviários, observando o fato de que todas as obras de infraestrutura viária implicam algum grau de degradação ambiental. Diante desse fato, a pesquisa e o desenvolvimento de novos materiais voltados à pavimentação de estradas têm como objetivos reduzir custos, e promover práticas sustentáveis e melhorar a durabilidade. De acordo com Di Giulio (2007), os estudos a respeito da inclusão de fragmentos de ligantes asfálticos resultaram na criação de uma solução significativa: a pavimentação com asfalto-borracha, que faz uso de pneus reciclados. Este tipo de pavimento demonstrou melhorias nas características de resistência, aderência e permeabilidade. Portanto, fica claro que essa abordagem oferece uma vantagem sustentável para pavimentos flexíveis, embora seja importante considerar os desafios e benefícios associados ao seu uso, especialmente sua menor vida útil.

Importa considerar a imprescindibilidade dos cuidados quanto à minimização dos danos e impactos ambientais, fazendo com que a obra seja realizada em conformidade com os critérios técnicos que se relacionam aos estudos geotécnicos. O objetivo, com essa observação, é a prevenção quanto ao surgimento de patologias. Na fase de estudos geotécnicos é realizado o dimensionamento da estrutura, sendo considerados também outros aspectos, como os materiais a serem utilizados e estudos geotécnicos (Solanki; Zaman, 2017).

No conjunto dos fatores técnicos essenciais considerados nos projetos de infraestrutura viária, verifica-se a natureza do solo. Diversos aspectos geotécnicos importantes dos solos podem ser identificados em laboratório, por meio de análises de consistência e granulometria. Após o estudo do solo, procede-se à terraplenagem, que envolve a movimentação de terra para adaptar a região ao traçado da estrada. Isso pode incluir a abertura de túneis, construção de pontes e viadutos conforme necessário, além da implementação de dispositivos de drenagem que complementam a infraestrutura para além dos limites da estrada (Antas, 2010, Emmert; Pereira, 2016).

Conforme os objetivos de construção da estrada, são realizados diferentes tipos de dimensionamento, sendo que estes indicam a forma como deve ser elaborado e executado o projeto. Os projetos de pavimentos de grandes vias urbanas e autoestradas se fundamentam em vários métodos. Um exemplo trata-se das vias com menor volume de tráfego, nas quais os estudos podem ser baseados, por exemplo, em resultados de ensaios. Pode-se também considerar os limites de tráfego onde ainda deve ser considerada a manutenção da estrada de terra (Senço, 2017).

Para o levantamento relacionado ao trabalho de terraplenagem, faz-se necessário o exame dos fatores naturais, juntamente com os elementos do projeto, como a quantidade de solo a ser movido, as distâncias de transporte, a inclinação das rampas e as características das plataformas. Os fatores naturais incorporam aspectos como a topografia, a composição do solo, a presença de lençóis freáticos e os padrões de precipitação, entre outros elementos ambientais. Ressalta-se que a análise dos volumes de terra é fundamental na seleção do equipamento apropriado, já que tais dados podem influenciar de modo direto nos custos que se relacionam ao uso das máquinas (Antas, 2010). Nesse sentido, discute-se a importância dos estudos geológicos e geotécnicos.

Os estudos geológicos e geotécnicos utilizados na construção rodoviária têm início durante a fase de estudo preliminar, buscando a determinação do alinhamento. Estes estudos são realizados também durante a fase de execução, apresentando a definição exata da sequência das atividades. Nesta fase, as análises envolvem a elaboração da memória descritiva e justificativa, a elaboração da planta geológica e do perfil geotécnico interpretativo longitudinal, além da coleta de dados da prospecção geotécnica e dos ensaios laboratoriais (Ribeiro, 2008).

No que diz respeito à memória descritiva e justificativa, ressalta-se que os objetivos devem descrever as condições geológicas e geotécnicas de modo abrangente, proporcionando o auxílio na escolha do alinhamento. Em relação à planta geológica, esta precisa identificar todos os elementos geológicos e geotécnicos, incluindo aqueles relacionados à geomorfologia, estrutura e tectônica das áreas investigadas, sendo elaborada na mesma escala dos demais estudos geométricos que compõem o Estudo Preliminar. O perfil geotécnico interpretativo e longitudinal, representa todas as unidades geológicas no percurso da estrada ou da fundação de aterros e

estruturas, requerendo um zoneamento detalhado dos maciços, especialmente das áreas que serão escavadas (Ribeiro, 2008).

Antes de iniciar as tarefas envolvidas na alteração do terreno, como a limpeza, corte, aterro, subsolamento e acabamento, é conduzida uma avaliação do impacto ambiental. O projeto de terraplanagem inclui a análise da geometria da rodovia, que é obtida através de levantamentos topográficos convencionais ou aerofotogramétricos, cujos resultados são apresentados no Projeto Geométrico. Quando se trata de uma área não explorada, é essencial planejar os trajetos para pessoas e máquinas, referidos como caminhos de serviço. Esses caminhos definirão quais veículos e recursos serão necessários para a operação (Pereira et al., 2015).

Quanto aos efeitos ambientais ligados à construção de estradas, destaca-se a importância da sustentabilidade. Nesse sentido, a escolha do pavimento sustentável deve ser realizada em termos de sua durabilidade, que é prolongada através de uma manutenção adequada, que está intimamente ligada ao final da vida útil do pavimento e à produção de novo material (Miranda et al., 2009).

As intervenções nas paisagens ambientais resultantes das construções de estradas se relacionam com os efeitos ecológicos gerados pelas diversas fases envolvidas na realização da obra e do empreendimento. Nesse contexto, tais efeitos podem ser classificados como favoráveis ou desfavoráveis, diretos ou indiretos, imediatos, de médio ou longo prazo, temporários ou permanentes (DNIT, 2006).

Seguindo diretrizes constitucionais, projetos que tenham potencial para causar impactos significativos no meio ambiente requerem a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que considera os elementos ambientais presentes e suas interações na área afetada, a identificação, previsão e avaliação dos impactos, a definição de medidas compensatórias e mitigadoras, além de um programa de monitoramento e a comunicação dos resultados das atividades delineadas no estudo (DNIT, 2006).

Faz-se necessária a realização de um planejamento para a restauração das áreas afetadas durante a implementação da estrada, abrangendo desde os locais utilizados como canteiro de obras até os caminhos de serviço e as áreas de extração de materiais. Isso implica na elaboração de um plano abrangente para restaurar a

vegetação, recuperar os solos orgânicos e restabelecer a cobertura vegetal (Bandeira; Pagel, 2004).

Durante a construção de estradas, são implementados monitoramentos de acordo com o sistema de gestão ambiental selecionado, juntamente com a aplicação de programas para mitigar as potenciais repercussões adversas associadas à obra. A operação da estrada inclui a adoção de práticas e a frequência adequada de manutenção, garantindo sua eficácia no tráfego e minimizando seu impacto ambiental (Lauxen, 2012).

No entanto, conforme Magalhães, Martins e Santos (2011), mesmo diante do fato de que a construção de uma rodovia é precedida pelo levantamento dos impactos ambientais na área de abrangência, voltados à verificação dos possíveis impactos ao meio físico, biótico e antrópico, geralmente não são identificados todos os impactos nas obras de construção de rodovias.

As medidas destinadas a resolver questões ambientais e os procedimentos específicos correspondentes devem ser seguidos e aplicados durante a execução de projetos rodoviários, conforme estabelecido pelas leis federais e pelas regulamentações municipais pertinentes. Isso inclui a obrigação de realizar uma adequada restauração ambiental das áreas afetadas pelas obras após sua conclusão (Brasil, 2009). De forma geral, a sustentabilidade desempenha um papel fundamental no contexto das obras viárias, exigindo uma análise cuidadosa dos recursos destinados a minimizar os impactos ambientais associados a essas atividades.

3 INICIATIVAS VOLTADAS À PROTEÇÃO AMBIENTAL NO ÂMBITO DAS OBRAS RODOVIÁRIAS: QUESTÕES LEGAIS E TÉCNICAS

As obras rodoviárias no Brasil passam por uma rigorosa observação dos aspectos ambientais, com fundamento em um significativo arcabouço de leis e normas. A Lei nº 6.938/81, que define a Política Nacional do Meio Ambiente, serve como base fundamental, definindo princípios e diretrizes para a proteção ambiental. O Código Florestal (Lei nº 12.651/12), por sua vez, define parâmetros específicos para a preservação da flora nativa, impondo restrições ao desmatamento em áreas de interesse ambiental. Já a Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021) regulamenta o

processo de contratação de obras públicas, exigindo a observância das condicionantes ambientais e a adoção de medidas mitigadoras de impactos negativos.

De acordo com os princípios fundamentais estabelecidos na Constituição Federal de 1988, onde a preservação ambiental é consagrada como um direito essencial e um dos pilares da economia nacional, conforme descrito nos artigos 225 e 170, inciso VI, a nova legislação voltada aos processos de licitação trata da inclusão das questões ambientais e da sustentabilidade nos procedimentos de licitação pública de maneira pragmática, ao definir de forma mais precisa os elementos ambientais que devem ser considerados durante tais processos no território nacional.

O Tribunal de Contas da União (TCU) estabeleceu que o processo licitatório só pode ser iniciado após a obtenção da licença ambiental prévia. Portanto, lançar o certame sem essa licença constitui um erro sério. Como a licença ambiental é essencial para avaliar a viabilidade ambiental do projeto, o órgão ambiental pode determinar ajustes necessários ou até mesmo considerar a proposta inviável. Por exemplo, se um projeto não estiver em conformidade com as leis sobre intervenção em áreas de preservação permanente ou no bioma da Mata Atlântica, o certame será anulado, resultando em atrasos na prestação de serviços públicos e perda de recursos do tesouro público (Albuquerque; Farias, 2023).

Antes de iniciar uma obra rodoviária, é necessário obter licenças ambientais dos órgãos competentes, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e os órgãos estaduais de meio ambiente, garantindo que o empreendimento cumpra as normas ambientais vigentes. Em casos de impactos significativos, é necessário compensar os danos ambientais causados pela obra, por meio da implementação de programas de recuperação de áreas degradadas ou pagamento de compensações financeiras. Grandes obras rodoviárias exigem a elaboração de um EIA/RIMA, documento que avalia os impactos ambientais do empreendimento e propõe medidas de mitigação e compensação.

A relevância do estudo de impacto ambiental (EIA) para informar a decisão sobre a necessidade de mitigação e a adoção de estratégias na avaliação ambiental de um projeto é essencial. O crescente número de empreendimentos rodoviários tem contribuído significativamente para a degradação ambiental, pois esses projetos têm

um alto potencial de impactos negativos no meio ambiente, podendo modificar drasticamente um ambiente natural e causar alterações sem precedentes em diversos aspectos do sistema ambiental (Oliveira et al., 2019).

O meio de transporte rodoviário é o modal predominantemente utilizado no Brasil, sendo que essa constatação faz com que se possa supor a elevada extensão da malha viária no país, que apresenta dimensões continentais. Somente considerando a malha rodoviária federal do país, esta possui a extensão de 75,8 mil km, sendo 65,4 mil km de rodovias pavimentadas e 10,4 mil km de rodovias não pavimentadas (Brasil, 2019).

Entre os Estados, Minas Gerais possui a maior malha rodoviária do país, sendo que somente as rodovias estaduais têm 22.286 km de extensão. As rodovias municipais somam 240.571,90 e a parcela das rodovias federais que situa-se no Estado corresponde a 9.205 km (Minas Gerais, 2020). Nesse sentido, pode-se considerar que não apenas considerando o estado de Minas Gerais, mas todo o Brasil, a extensão representada pelas rodovias federais, municipais e estaduais se mostra extremamente representativa, sendo importante a consideração a respeito dos impactos ambientais causados por essas obras.

No Brasil, o asfalto é o material predominante em cerca de 95% das vias pavimentadas, incluindo tanto as vias urbanas quanto as rodovias. No entanto, é notável que aproximadamente 80,3% das vias permanecem sem pavimentação. A justificativa para o uso extensivo do asfalto reside em sua capacidade de proporcionar uma forte adesão entre os agregados, sua impermeabilidade, a capacidade de controlar sua flexibilidade e a facilidade de manuseio e aplicação quando aquecido. (Araújo et al., 2016). No entanto, os danos ambientais podem ser significativos a partir desta utilização.

Observa-se que a construção, reforma e utilização das estradas proporciona impactos ambientais significativos. A construção da estrada tem seu início, conforme Ribeiro (2008), com a delimitação da área de influência da via, que corresponde à sua própria estrutura e ao entorno.

A delimitação da área de influência tem como objetivo a identificação das questões relacionadas aos possíveis impactos que a obra viária poderá produzir, em todas as

suas etapas, observando sempre as dimensões e características do projeto de implantação (EGR, 2018).

Outro ponto passível de abordagem no tocante à construção das estradas se refere ao tipo de pavimento utilizado. Segundo Balbo (2007), a pavimentação é vista como uma construção civil cujo propósito é otimizar a operação do tráfego, criando uma superfície que seja regular, proporcione maior aderência e reduza a emissão de ruídos causados pela interação dinâmica dos pneus, resultando em uma melhoria na qualidade do conforto ambiental nas estradas.

Ainda que se busquem alternativas sustentáveis no campo das obras viárias, é possível constatar que os impactos causados pelas mesmas e por sua utilização são relevantes. Desde os danos ambientais causados nas etapas de terraplenagem, ao transporte de materiais, ao desmatamento que comumente ocorre e à poluição proveniente do tráfego de veículos, todos esses prejuízos são relevantes no tocante ao meio ambiente (Cunha; Guerra, 2009).

Especificamente falando sobre o setor de transporte terrestre, há uma notável expansão na quantidade de veículos nas vias e estradas do Brasil. A frota em circulação no país, abrangendo uma variedade que inclui automóveis, caminhões, veículos comerciais leves, motocicletas e ônibus, já ultrapassa os 56 milhões. Entre os anos de 2001 e 2010, registrou-se um aumento de 119% na frota de veículos brasileira, acarretando consequências significativas para a saúde pública, mobilidade urbana e o meio ambiente (Bazani, 2017).

Segundo Toledo e Nardocci (2001), o aumento significativo no volume de carros e de motocicletas fez com que o transporte terrestre passasse a ser discutido em vários setores, devido às consequências sociológicas, econômicas e psicológicas na população. As implicações ambientais passaram a ser importante objeto de discussão, observando que no Brasil, até a década de 1980, as indústrias eram as principais poluidoras, porém, a partir da década de 1990 os veículos passaram a ser os maiores poluidores.

É evidente que a condição das estradas afeta os danos ambientais, especialmente ao aumentar o consumo de combustível devido a tempos de viagem prolongados, aumentando as emissões de dióxido de carbono e causando outros impactos

negativos (Bartholomeu; Caixeta Filho, 2008). Assim, uma das medidas importantes no campo da minimização dos impactos inerentes à utilização das rodovias refere-se à sua conservação e manutenção.

Segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2001), uma estrada em mau estado de conservação representa aumento de 38% nos gastos de manutenção de veículo, de 58% no consumo de combustíveis, de 50% no índice de acidentes e de até 100% no tempo gasto nas viagens.

Observa-se que a avaliação de impactos ambientais tem como objetivo a proposta de medidas preventivas, para evitar que o impacto seja gerado, e no caso que ele ocorra, propor meios de compensação ou de minimização. O trabalho de recuperação da área de influência da rodovia é essencial, considerando que a área poderá sofrer regeneração natural, de acordo com a forma como se desencadeou o processo de degradação (Magalhães; Martins; Santos, 2011).

Assim, observa-se a necessidade do desenvolvimento de políticas e práticas voltadas à minimização dos impactos ambientais relacionados às rodovias, tanto à sua construção quanto à sua utilização, compreendendo que em todas as etapas os danos são significativos ao meio ambiente e à população.

Conforme Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), a construção de estradas pode causar uma variedade de impactos ambientais, como o desmatamento, a perda de biodiversidade, a modificação dos padrões naturais de drenagem e a degradação do solo. Nesse sentido, é fundamental que o processo de construção de estradas seja realizado de forma a conciliar o desenvolvimento com a conservação ambiental, empregando técnicas e métodos construtivos que minimizem ou evitem danos ao meio ambiente.

De acordo com o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial para uma qualidade de vida saudável, cabendo ao Poder Público e à sociedade o dever de protegê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras. Dentro desse contexto, surge a Gestão Ambiental de Rodovias, que consiste não apenas em implementar ações e atividades para prevenir ou reduzir impactos ambientais controláveis, mas também em monitorar essas ações, acompanhando as mudanças ambientais resultantes.

4 A ENGENHARIA DE AGRIMENSURA NA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

4.1 OS RECURSOS UTILIZADOS NAS ATIVIDADES DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

O Engenheiro Agrimensor adquire uma variedade de habilidades através de sua formação e treinamento (Dias et al., 2022). Nesse contexto, importa compreender o histórico e a evolução do conhecimento em agrimensura, que resultou nos recursos ora empregados na profissão.

A topografia envolve o estudo que se ocupa em determinar as dimensões e características da superfície terrestre, através da medição de distâncias, direções e altitudes. A topografia é uma disciplina ancestral, utilizada desde os primórdios da civilização humana para delimitar terras, orientar-se na localização de recursos como água e áreas de caça, e elaborar mapas políticos. Destaca-se, em caráter histórico, o uso da topografia no Egito, onde foi empregada na demarcação de terras, na colocação de marcos e na construção das pirâmides (McCormac, 2007, Tuler; Saraiva, 2014).

Sugere-se que, após as cheias do Nilo, os topógrafos realocalizavam os marcos que haviam sido deslocados pelas águas. Ademais, os egípcios utilizavam o fio de prumo para nivelar as bases de suas edificações e cordas para medir distâncias. Ao longo dos últimos séculos, houve avanços tecnológicos significativos, como a introdução do teodolito, do nível eletrônico, da estação total, da aerofotogrametria, dos receptores GNSS e do Laser Scanner (McCormac, 2007).

O Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo desempenha um papel significativo em serviços relacionados à gestão territorial, abrangendo planejamento, tributação e reconhecimento. Sua participação é essencial em atividades como Regularização Fundiária, Cadastro Técnico e Multifinalitário, mapeamento e representação topográfica, gerando produtos cartográficos georreferenciados para várias finalidades.

Entre os princípios e conceitos de alguns serviços realizados por esses profissionais, comumente necessários na administração urbana situa-se o Levantamento planialtimétrico. Este consiste na determinação das coordenadas planimétricas e altitudes de pontos no terreno em relação a um referencial conhecido. É um serviço fundamental para diversos propósitos, como elaboração de projetos de engenharia

civil, planejamento urbano e demarcação de propriedades, tanto rurais quanto urbanas. A execução desse serviço geralmente segue métodos topográficos, geodésicos e/ou aerofotogramétricos, adaptados às características locais, disponibilidade de recursos e nível de precisão requerido (Lopes; Lopes, 2007).

O Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo possui a capacidade de realizar uma variedade de serviços além de suas funções específicas, incluindo a prestação de serviços de Perícia Judicial. Nesse processo, um especialista na área se compromete a oferecer informações precisas e especializadas para auxiliar nas decisões legais (Brasil, 2015).

Outra atividade trata-se do mapeamento temático. Resultado de um extenso processo de estudo e pesquisa que engloba diversos parâmetros cartográficos e considera a percepção visual, o mapa temático é uma ferramenta que permite a visualização de dados espacializados. Esses mapas são essenciais para apoiar o processo de tomada de decisões e compreender seu impacto, podendo ser aplicados em diferentes áreas da gestão pública, como saúde, educação, habitação, saneamento, meio ambiente, pavimentação, entre outras. Eles facilitam a identificação de relações entre diferentes informações, contribuindo para uma gestão mais eficiente e informada (Lopes; Lopes, 2007).

Quanto à topografia, esta é dividida em duas subdisciplinas, que são a topometria e topologia. A topometria abrange métodos e instrumentos voltados para a coleta de dados que permitam definir pontos tridimensionais na superfície terrestre. Ela se desdobra em planimetria, altimetria e planialtimetria. A planimetria visa registrar ângulos e distâncias para localizar objetos em um plano bidimensional. A altimetria se concentra na obtenção de diferenças de altitude para representar o relevo. A planialtimetria combina essas duas metodologias com o objetivo de criar uma representação tridimensional precisa do terreno (Tuler; Saraiva, 2014).

Entre os recursos utilizados pela Engenharia de Agrimensura consta a fotogrametria. Conforme Andrade (2003), a fotogrametria é a ciência e tecnologia utilizada para adquirir informações precisas por meio do registro, interpretação e medidas de imagens. Seu principal campo de aplicação está na produção de mapas, em colaboração com disciplinas como Geodésia e Cartografia. Nesse contexto, fotos são empregadas para localizar pontos na superfície terrestre e mapear elementos

presentes nelas, como redes de drenagem, florestas, culturas, estradas, formações geológicas e tipos de solo. Esses pontos são determinados por meio de métodos como a triangulação fotogramétrica ou fototriangulação, também chamados por termos menos usuais como aerotriangulação, triangulação aérea ou triangulação espacial.

A fotogrametria é amplamente empregada na produção de mapas, em colaboração com disciplinas como Geodésia e Cartografia. Nesse contexto, fotos são empregadas para localizar pontos na superfície terrestre e para mapear elementos específicos presentes nas imagens, como cursos d'água, áreas florestais, plantações, estradas, formações geológicas e composição do solo (Esteves et al., 2020).

O Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias usado para coletar, processar, manipular e representar informações espaciais com objetivos específicos. Como uma ferramenta, tem grande potencial para adquirir dados relacionados à Ecologia de Paisagens e outros necessários para o planejamento de corredores ecológicos. No âmbito desse campo, o termo Geoprocessamento refere-se à disciplina que emprega métodos matemáticos e computacionais para tratar informações geográficas. Esta disciplina tem exercido uma influência crescente em áreas como Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que são as ferramentas computacionais para Geoprocessamento, permitem realizar análises complexas, integrando dados de várias fontes e criando bancos de dados georreferenciados. Além disso, facilitam a automação na produção de documentos cartográficos (Câmara; Davis; Monteiro, 2001).

O levantamento topográfico utiliza medições precisas, incluindo tanto métodos tradicionais como o uso de recursos tecnológicos (Nogueira, 2014). Nesse sentido, importa discutir as contribuições da Engenharia de Agrimensura para as obras rodoviárias, bem como os recursos tecnológicos empregados para essa finalidade.

4.2 AS ATRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE AGRIMENSURA NAS OBRAS RODOVIÁRIAS

O trabalho da Engenharia de Agrimensura nas obras viárias pode ser considerado a partir da variedade de aplicações. Nesse contexto, um exemplo trata-se das obras em estradas de terra, com a redução das causas de erosão. Segundo Griebeler et al. (2005), mesmo em estradas de menor porte, encontradas dentro de propriedades

rurais para uso privado, podem surgir problemas causados pela erosão. Isso pode afetar tanto a própria estrada, devido à erosão e ao acúmulo de sedimentos das áreas adjacentes, quanto as áreas ao redor, sendo a estrada a fonte da erosão nessas áreas. Reduzir esses problemas requer medidas que impeçam a água de escoamento, tanto da estrada quanto das áreas adjacentes, de se acumular na estrada, direcionando-a de forma controlada para escoadouros naturais, artificiais, bacias de retenção ou outros sistemas de drenagem.

Dado a ausência de métodos eficazes para calcular o dimensionamento dos sistemas de drenagem em estradas de terra, Griebeler et al. (2005) propuseram um método para encontrar o espaçamento ótimo entre os escoadouros em estradas não asfaltadas. Nesse contexto, as características das áreas que contribuem para o modelo na obtenção do hidrograma incluem a largura, o comprimento, a inclinação, a taxa de infiltração estável do solo, a rugosidade hidráulica e o tipo de cobertura vegetal.

A topografia desempenha um papel essencial nos projetos de engenharia, fornecendo a base essencial para sua elaboração e implementação. Sem levantamentos topográficos, seria praticamente impossível planejar e construir residências, represas, ferrovias e estradas. Especialmente no contexto da engenharia rodoviária, é fundamental considerar que o Brasil possui uma das maiores redes viárias do mundo. O estudo realizado por Ferreira et al. (2020) teve como objetivo analisar a precisão e a quantidade de informações obtidas através de um levantamento aerofotogramétrico realizado por RPA, comparando-o com o levantamento topográfico realizado por Laser Scanner Terrestre Estático, especialmente aplicado em um projeto geométrico de estradas (Ferreira et al., 2020).

Conforme Ferreira et al. (2020), no levantamento Aerofotogramétrico, uma aeronave equipada com câmera fotográfica sobrevoa a área de interesse e captura imagens. Esses dados são processados no computador para gerar uma ortofoto e um modelo topográfico 3D. Tanto o levantamento com RPA quanto o com Laser Scanner produzem um modelo digital 3D altamente detalhado, ideal para projetos de estradas, pois fornecem uma representação precisa do terreno e melhoram a precisão nos cálculos de movimentação de terra. Os usos de RPA e Laser Scanner são particularmente vantajosos na engenharia de Agrimensura, facilitando o processo de

levantamento e gerando um modelo digital que reflete fielmente as características do terreno.

Por meio da realização de um levantamento topográfico em campo, é viável selecionar o trajeto mais adequado para o projeto, considerando os pontos de passagem essenciais e contornando os obstáculos presentes. O uso do sensoriamento remoto torna-se significativo diante desses desafios (Ferreira et al., 2020).

Segundo Nogueira (2014), o levantamento topográfico utiliza métodos tradicionais como o uso de receptores GNSS, para representar graficamente áreas em um plano bidimensional. A técnica mais comum para precisões de centímetros é a topografia convencional, usando Estações Totais, níveis ou teodolitos. O uso de receptores GNSS RTK é destacado como uma alternativa confiável, fornecendo correções em tempo real e reduzindo significativamente o tempo de coleta de pontos em comparação com outros métodos.

5 CONCLUSÃO

A Engenharia de Agrimensura representa funções muito importante nas obras viárias. Por meio do levantamento topográfico, do dimensionamento de sistemas de drenagem e do monitoramento das obras, as intervenções proporcionam a execução eficiente e precisa dos projetos rodoviários, trazendo, entre outras vantagens, a redução dos impactos ambientais.

São diversos os recursos e técnicas empregados pela Engenharia de Agrimensura, com a topografia sendo uma das atribuições essenciais no âmbito das obras viárias. Desde os tempos antigos até os avanços tecnológicos modernos, como teodolitos, receptores GNSS e Laser Scanner, a topografia tem sido essencial para determinar as características da superfície terrestre.

Constata-se que as atribuições da Engenharia de Agrimensura para o adequado cumprimento da legislação ambiental nas obras rodoviárias incluem os estudos e relatórios ambientais, bem como o georreferenciamento, o planejamento e os subsídios para a adequação dos projetos às necessidades de proteção ambiental. Ressalta-se a importância do tema abordado, bem como a necessidade de realização de novas pesquisas sobre o assunto, diante da escassez de pesquisas no campo da

Agrimensura, estabelecendo sua relação com a sustentabilidade nas obras rodoviárias.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. F. C.; FARIAS, T. **O licenciamento ambiental na Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. Consultor Jurídico, jan. 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-jan-03/albuquerque-farias-licenciamento-ambiental-lei-141332021/>. Acesso em 27 mar. 2024.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. 2. ed. Curitiba: SBEE, 2003

ANTAS, P. M. **Estradas**. Projeto Geométrico e de Terraplanagem. São Paulo: Interciência, 2010.

ARAÚJO, M. A. et al. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**. Ano 01, ed. 11, v. 10, p. 187-196, nov. 2016.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BANDEIRA, C.; PAGEL, E. **Avaliação de impacto ambiental de rodovias**. Caderno Didático nº 8, 1ª ed. Clarice Bandeira, Eduardo P. Floriano. Santa Rosa, 2004.

BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA FILHO, J. V. Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 703-738, set. 2008.

BAZANI, A. **Frota circulante de veículos no Brasil tem estabilidade e há menos ônibus nas ruas**. Diário do Transporte. 2017. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2017/05/19/frota-circulante-de-veiculos-no-brasil-tem-estabilidade-e-ha-menos-onibus-nas-ruas/>. Acesso em 22 mar. 2024.

BRASIL. **Terraplanagem. Aterros. Especificação de Serviço**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2009. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/normas/download/terraplanagem_%20aterros.pdf. Acesso em 16 mar. 2024.

BRASIL. **Rodovias Federais**. 2019. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>. Acesso em 22 mar. 2024.

BRASIL. Lei nº 13.105 de 16 de março de 2015. **Código do processo civil**. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de março de 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13105.htm Acesso em 11 abr. 2024.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da**

geoinformação. São José dos Campos, SP. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2001. Apostila. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acesso em 10 abr. 2024.

CNT. Confederação Nacional dos Transportes. **Revista CNT.** Brasília, 2001.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DI GIULIO, G. Vantagens ambientais e econômicas no uso da borracha em asfalto. **Inovação Uniemp**, v. 3, n.3. Campinas, 2007.

DIAS, A. C. T. et al. Atuação do engenheiro agrimensor no processo de georreferenciamento e certificação de cadastro de imóvel rural: análise da fazenda Serra Negra – Betim/MG. **Revista Paramétrica**, v. 14, n. 1, jan./jul. 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação.** Publicação IPR - 719. 2006. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimentação%20E7%E3o_05.12.06.pdf. Acesso em: 16 mar. 2024.

EGR. **Estudos Ambientais para Solicitação de Licença Prévia e de Instalação Unificadas – LPIU.** Tomo I. Empresa Gaúcha de Rodovias. 2018.

EMMERT, F.; PEREIRA, R. S. Caracterização geotécnica e classificação de solos para estradas florestais: estudo de caso. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 601-613, jun. 2016.

ESTEVES, V. M. et al. Comparativo entre cálculo de volumes realizados a partir de levantamento com aeronave remotamente pilotada (ARP), em diferentes alturas de voo. **Revista Paramétrica**, v. 12, n. 13, 2020.

FERREIRA, J. S. et al. Análise dos levantamentos topográficos 3D realizados por laser scanner e por RPA para projetos geométricos de estradas. **Revista Paramétrica**, v. 12, n. 13, 2020.

FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S. e GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais: aplicação aos sistemas de transporte.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

GRIEBELER, N. P. et al. Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:397-405, 2005.

LAUXEN, M. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão.** Porto Alegre, 2012.

LOPES, L. H.; LOPES, E. A. Mapas temáticos. Expressão gráfica para análise de resultados de pesquisas envolvendo espaço e tempo. **Revista Graphica - UFPR**, Curitiba-PR, 2007.

MAGALHÃES, I. A. M.; MARTINS, R. F.; SANTOS, A. R. Identificação dos impactos ambientais relacionados à pavimentação da rodovia MG 307 no município de Grão Mogol – MG. **Revista Verde**, v. 6, n. 5, p. 10-16, Ed. Esp. dez. 2011.

MCCORMAC, J. **Topografia**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MINAS GERAIS. **Rodovias**. 2020. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conheca-minas/rodovias>. Acesso em 23 mar. 2024.

MIRANDA, L. F. R. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Porto Alegre. **Revista Ambiente Construído**, v. 9, n.1, p. 57-71, 2009.

NOGUEIRA, A. M. R. **Como Utilizar Diferentes Técnicas de Levantamento Topográfico**. Faculdade de Engenharia e Agrimensura de Pirassununga. Pirassununga, 2014. Disponível em: <http://www.feap.com.br/?rt=noticias/show&id=12>. Acesso em 10 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. L. F. et al. Análise da qualidade dos relatórios de impacto ambiental (RIMA) das obras de duplicação de rodovias brasileiras. **R. gest. sust. ambient.**, v. 8, n. 3, p. 115-140, jul/set. 2019.

PEREIRA, D. M. et al. **Introdução à terraplenagem**. Universidade Federal do Paraná, 2015. Disponível em <http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/wp-content/uploads/sites/12/2019/05/Terraplenagem2015.pdf>. Acesso em 16 mar. 2024.

PIRACELLI, V. P. et al. Emissões de poluentes atmosféricos em condições reais de pavimentação asfáltica: material particulado, *black carbon* e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. **Química Nova**, v. 43, n. 4, abr. 2020.

RIBEIRO, S. P. T. **Terraplenagem: Metodologia e Técnicas de compactação**. Dissertação (mestrado). Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59184/1/000129829.pdf>. Acesso em 16 mar. 2024.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. Volume I. São Paulo: Pini, 2017.

SOARES, F. M.; MAIRINK, C. H. P.; HAMANAKA, R. Y. **Manual de normalização de artigos científicos**: atualizado de acordo com as NBR 6022/2018 e NBR 6023/2018. 2. ed. Belo Horizonte: CaMaik, 2020. Disponível em: <https://repositorio.famig.edu.br/index.php/ebooks/catalog/view/18/13/1084>. Acesso em: 17 mar. 2024.

SOLANKI, P.; ZAMAN, M. Design of semi-rigid type of flexible pavements. **International Journal of Pavement Research and Technology**, v. 10, p. 99-111, 2017.

TOLEDO, G. I. F. M., NARDOCCI, A. C. **Poluição veicular e saúde da população:** uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil. Rev. bras. epidemiol 2011; v. 14, n. 3, p. 445-454.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de topografia.** Porto Alegre: Bookman, 2014