



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



PAULO HENRIQUE COSTA BORGES

**UTILIZAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS POR MEIO DE SATÉLITES
EM AUDITORIAS DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

UBERLÂNDIA – MG

2022

PAULO HENRIQUE COSTA BORGES

**UTILIZAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS POR MEIO DE SATÉLITES
EM AUDITORIAS DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, em formato de artigo, apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dra. Raquel Naiara Fernandes Silva.

UBERLÂNDIA – MG

2022

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS POR MEIO DE SATÉLITES EM AUDITORIAS DE OBRAS RODOVIÁRIAS

USE OF IMAGES OBTAINED THROUGH SATELLITES IN CONSTRUCTION ROAD'S AUDITS

Paulo Henrique Costa Borges¹, Raquel Naiara Fernandes Silva²

¹Aluno de graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil (FECIV-UFU)

²Prof.^a Dra. Faculdade de Engenharia Civil (FECIV-UFU)

RESUMO

No Brasil, o modal rodoviário é responsável por 65% do transporte de cargas, entretanto ao se comparar a área do território brasileiro com a quilometragem das vias de rodagem, tem-se que o país apresenta uma baixa densidade em sua malha rodoviária. Como consequência disso é necessária a adequada manutenção dessas vias que acabam por gerar grandes movimentações do dinheiro público, por esse motivo, torna-se necessário a realização dos processos de auditoria. O objetivo desse trabalho é demonstrar de maneira descritiva e exploratória as vantagens e limitações na utilização de imagens de satélite em auditorias de obras rodoviárias. Para tal foi realizado um levantamento de notícias e seleção de uma amostra de 152 processos do Tribunal de Contas da União (TCU), que após análise refinada dos dados, apenas 4 apresentaram o uso dessas imagens. Também foi realizada uma simulação de auditoria de segurança viária demonstrando as principais limitações do emprego de imagens espaciais e estabelecendo parâmetros de análise dos custos de auditoria. Assim, o uso de imagens de satélites surge como uma alternativa de redução de tempo e custo para realização de auditorias, exigindo novos estudos para desenvolvimento do método.

Palavras-chave: Auditoria, imagens de satélite, rodovias.

ABSTRACT

In Brazil, road transport is responsible for 65% of cargo transport, however, when comparing the area of the Brazilian territory with the mileage of the highways, the country has a low density in its road network. As a consequence of this, the proper maintenance of these routes is necessary, which end up generating large movements of public money, for this reason, it is necessary to carry out the audit processes. The objective of this work is to demonstrate in a descriptive and exploratory way the advantages and limitations in the use of satellite images in audits of road works. For this, a news survey was carried out and a sample of 152 cases from the Federal Court of Auditors (TCU) was selected, which after a refined analysis of the data, only 4 presented the use of these images. A road safety audit simulation was also carried out, demonstrating the main limitations of the use of spatial images and establishing parameters for the analysis of audit costs. Thus, the use of satellite images appears as an alternative to reduce time and cost for carrying out audits, requiring new studies to develop the method.

Key-words: Audit, satellite images, highways.

1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário, de acordo com o Plano Nacional de Logística (PNL) 2025, é no Brasil, a matriz de transporte de cargas predominantemente utilizada, sendo em 2015, apontado como responsável por 65% da movimentação de cargas, representando um total de 1.548 bilhões de toneladas quilômetros úteis (TKU), distribuídos por uma malha federal de 76,4 mil km dos quais 64,2 mil km são pavimentados.

Desde a ampliação da malha rodoviária realizada com a criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), em 1937 durante o governo Vargas e a instauração da indústria automobilística nacional por Juscelino Kubitschek o transporte rodoviário vive em constante crescimento. Por outro lado, o país vive um constante aumento em seu número de veículos em circulação, o que representa alta solicitação de sua malha rodoviária.

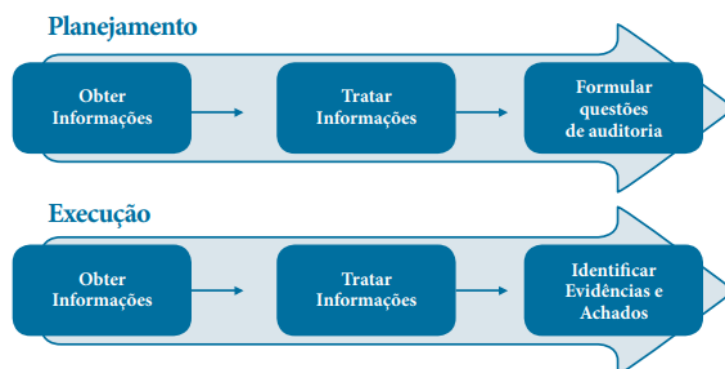
Em consequência à alta demanda e possíveis falhas de infraestrutura e planejamento, torna-se intensificado o desgaste das vias rodoviárias, gerando a necessidade da realização de manutenções frequentes. Para se acompanhar o processo de desgaste da malha rodoviária e manter sua devida segurança, torna-se necessária a realização das chamadas Auditorias de Segurança Viária.

Por outro lado, nos deparamos com o fato de grande parte da malha rodoviária brasileira ser composta por rodovias federais e estaduais, o que as caracterizam como obras públicas. Sabe-se que em obras de grande porte e alta complexidade, o setor financeiro move grandes quantidades de dinheiro, neste caso dinheiro vindo dos cofres públicos. Partindo desse princípio, é necessária a implementação de formas de fiscalização e controle do dinheiro público, as auditorias públicas.

É de suma importância que os órgãos públicos mantenham o domínio sobre os órgãos executores e de controle como forma de garantir a gestão eficiente da qualidade dessas obras, não deixando de lado a fiscalização no manuseio das verbas provindas dos cofres públicos.

Sendo assim, o processo de auditoria pode ser basicamente descrito como um processo de fiscalização de obras com o objetivo de zelar pelo gasto adequado das verbas públicas. O procedimento em si atua principalmente, de acordo com Carvalho Neto *et al.* (2011), na análise de insumos com a finalidade de calibrar o foco de trabalhos durante a fase de planejamento de obras, além de identificar evidências e sustentar achados durante a fase de execução (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma simplificado de uma auditoria.



Fonte: Carvalho Neto *et al.* (2011)

Conforme Botelho (2018), o TCU ainda hoje, gasta uma grande parcela de seus recursos no financiamento de viagens para a realização de visitas *in loco* para a realização de auditorias. Considerando os constantes avanços tecnológicos, surge a possibilidade da realização de auditorias de forma remota. Uma das ferramentas que podem ser utilizadas neste procedimento, são as imagens obtidas por meio de satélites.

Acompanhando o avanço da tecnologia, as imagens de satélite vêm se tornando cada vez mais precisas no que diz respeito à sua qualidade. Com isso também se tornam mais amplas as suas aplicações. Elas já são utilizadas no que se no contexto do planejamento de obras, principalmente em estudos de implantação. Sendo assim, torna-se possível a aplicação dessa tecnologia no que se refere a auditorias de obras rodoviárias.

Entretanto, é necessário que o uso dessas imagens seja feito de forma cautelosa, haja vista que ainda podem apresentar deficiências no âmbito das análises de auditoria. É fundamental que seja investido o uso de imagens de alta resolução, incrementando assim nos detalhes a serem analisados bem como na precisão de identificação dos locais auditados.

1.1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

É de conhecimento geral que a pandemia do Coronavírus (COVID19) impulsionou o emprego de novas tecnologias em todas as áreas de desenvolvimento de trabalhos e no setor de construção civil não foi diferente. Nesta época, o conceito de “remoto” ganhou grande destaque no mercado de trabalho, desde a implementação de regimes *home-office*, até o desenvolvimento de tecnologias que já estavam em estudo.

Em se tratando de obras rodoviárias, que são grandes obras de elevado grau de complexidade, torna-se necessário o constante acompanhamento por parte do setor público como forma de controle de gastos. Para tal é necessário que sejam realizadas auditorias de maneira a fiscalizar tais obras. Em tempos de pandemia, para a realização de auditorias, a redução nas equipes de trabalho como tentativa de cercar os índices de contaminação do vírus torna-se um grande obstáculo.

Este artigo carrega consigo o objetivo de desenvolver o estudo em torno do emprego de imagens obtidas por meio de satélite em auditorias de obras rodoviárias de tal forma que agreguem informações e sirvam como alternativas modernas para o desenvolvimento dos processos de maneira remota. Desta forma foram criados modelos de comparação entre a nova metodologia e a já utilizada visita *in loco*, avaliando os processos em seus caracteres de precisão e economia.

2. MODAL RODOVIÁRIO NO BRASIL

2.1. DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO NACIONAL

O modal rodoviário, de acordo com Balduino e Pontes (2021), surge no cenário brasileiro de transporte entre os séculos XIX e XX sob forte influência do desenvolvimento em infraestrutura dos EUA. Segundo Paula (2010), durante este período, deu-se início ao processo de substituição e conseqüente desativação do setor ferroviário, até então principal modal de

transporte, sendo então organizado o Primeiro Congresso Nacional de Estradas de Rodagem no ano de 1916, dando início ao movimento rodoviário.

Ainda de acordo com Paula (2010), a partir do ano de 1926 foi dado início ao desenvolvimento dos primeiros planos rodoviários nacionais, sendo criado em 1927 o Fundo Especial para a Construção e Conservação de Estradas de Rodagem e em 1928 sendo inaugurados os primeiros trechos dos grandes troncos que futuramente ligariam todo o Oeste-Sul ao Norte-Este brasileiro. Foi durante o governo de Getúlio Vargas e seu ideal político nacionalista que houve o impulso do desenvolvimento da indústria nacional que por consequência, gerou forte influência no setor de transportes, sendo criado no ano de 1937, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER, substituído em 2001 pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes - DNIT (BALDOINO E PONTES, 2021).

No ano de 1944, foi criado o Plano Rodoviário Nacional – PRN, que possibilitou a evolução da malha rodoviária do país através do fundamento em ligar as regiões de Norte a Sul, ampliando as rodovias por todo o território brasileiro. Em suas 27 diretrizes, estavam inclusas seis rodovias longitudinais, quinze transversais e seis ligações, somando uma malha rodoviária de 35.574 km, dando início à conhecida simbologia “BR” (SANDOVAL, 2012). Na Figura 2, pode-se observar, em baixa resolução, a densidade da malha rodoviária da época, se concentrando nas regiões Sudeste e Nordeste, fundamentando o objetivo do PRN de 1944 de interligar o país de norte a sul.

Figura 2 – Plano Rodoviário Nacional (PRN) – 1944.



FONTE: Marques (2017)

Dando continuidade ao impulso gerado durante a conhecida Era Vargas, foi durante o governo de Juscelino Kubstchek (JK) que a indústria automobilística se consolida em território brasileiro graças a seu Plano de Metas, que apresentava grande foco no setor de transportes, cujo objetivo era a expansão da malha rodoviária, bem como melhoria das vias já existentes, consolidando assim um período de destaque na construção e pavimentação de rodovias no país (BALDOINO E PONTES, 2021). Tal expansão foi ainda mais acalorada a partir do ano de 1957 com a tomada da decisão em se construir uma nova capital no interior do país (SANDOVAL, 2012).

Seguindo para o ano de 1973, durante o governo de Emílio Médici, foi aprovado o Plano Nacional de Viação (PNV), que conceituam os sistemas nacionais rodoviários, ferroviários, aquaviários, portuários e aeroaviários. Vale ressaltar que o PNV de 1973 encontrava-se vigente até o surgimento de um projeto de lei em 2011 que criou o Sistema Nacional de Viação que visa sua substituição e consequente atualização (SANDOVAL, 2012).

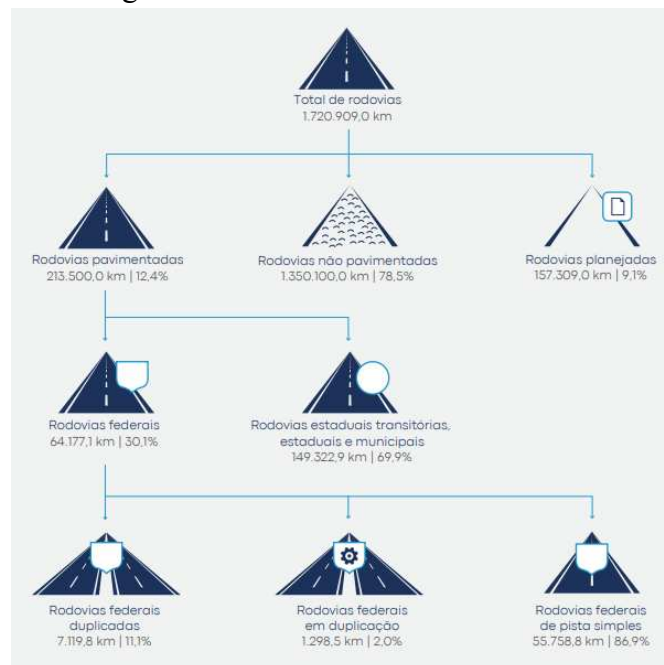
2.2. CENÁRIO RODOVIÁRIO ATUAL

Desde o seu impulsionamento durante os governos de Getúlio Vargas e JK, o modal rodoviário tomou conta do protagonismo dentro do sistema de transportes brasileiro tanto de passagem, para o qual representa 95% dentre os demais modais, quanto de carga para o qual representa 65% (SCHNEIDER, 2021).

Tomando como base a concentração da matriz de transportes no modal rodoviário, surge a necessidade de manter seu adequado desempenho, para isso, é necessário voltar a atenção para o desempenho e qualidade da malha rodoviária brasileira, atentando-se a estudos do fluxo de transporte, e principalmente das condições das vias, sendo necessário acompanhamento frequente e realização de manutenções periódicas.

Atualmente, de acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias 2021 (da Confederação Nacional do Transportes), o Brasil possui uma malha rodoviária com 1.720.909,0 km de extensão, dos quais apenas 213.500,0 km são pavimentadas, o que representa 12,4% do total (Figura 3).

Figura 3 – Malha rodoviária brasileira.

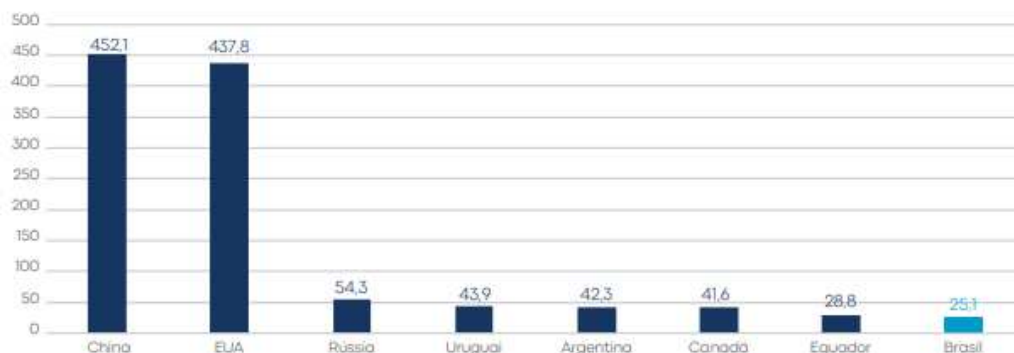


Fonte: CNT (2021).

De acordo com a Figura 4, ao se relacionar a extensão da malha rodoviária brasileira com sua área territorial, tem-se que o Brasil possui uma densidade de malha rodoviária pavimentada de 25,1 km/mil km², o que evidencia a disparidade nacional entre os demais países,

o que torna ainda mais explícita a deficiência quanto a infraestrutura do modal haja vista sua elevada participação na matriz de transportes, demonstrando assim que a evolução da malha rodoviária vem sendo insuficiente para acompanhar as demandas de transporte (CNT, 2021).

Figura 4 – Densidade da malha rodoviária pavimentada por país (km/mil km²).



Fonte: CNT (2021).

Houveram aumentos significativos nos números de veículos rodantes no país, totalizando no período de 2010 a 2020, um aumento de 66,5% da frota. Em relação a veículos pesados, especificamente, houve um aumento de 63,0% da frota brasileira. Tais aumentos expressivos no número de veículos em circulação mostra a grande dependência do modal rodoviário no país que por consequência, representa uma alta demanda pela malha rodoviária (CNT, 2021).

Tomando ainda como base os dados de densidade da malha rodoviária pavimentada brasileira e estabelecendo uma relação de comparação com o crescente número de veículos em circulação, pode-se concluir que a exposição às altas solicitações das vias gera a intensificação do processo de desgaste das rodovias, observando-se um trecho da rodovia MGC-497 (Figura 5), que associado às possíveis falhas quanto aos setores de infraestrutura e planejamento, implicam no aumento da frequência com que são necessárias manutenções como forma de garantir sua segurança e desempenho adequado (Figura 5).

Figura 5 – Trecho desgastado da MGC-497 entre as cidades de Prata e Uberlândia MG.



Fonte: TV Integração (2022)

Tendo em vista o impacto socioambiental provocado pelo desgaste das rodovias, tais como o aumento do preço em torno do transporte de cargas e passageiros, maior desgaste dos veículos, e suscetibilidade a acidentes, bem como maior consumo de combustíveis fósseis,

torna-se necessária a atenção no processo de manutenção rodoviária. Sendo assim, é necessário que sejam feitos acompanhamentos por meio de estudos realizados através de vistorias e auditorias com o objetivo de avaliar as condições e chegar a possíveis conclusões quanto ao processo de correção dos problemas viários.

3. AUDITORIAS EM OBRAS RODOVIÁRIAS

Sabemos que assim como toda e qualquer obra no setor de construção civil, elas exigem cuidados essenciais desde as fases de projeto, execução e manutenção. Em se tratando de obras rodoviárias, que são obras de grande porte e alta complexidade e considerando a carência de recursos humanos e órgãos de controle, torna-se necessário instituir procedimentos de caráter administrativo como forma de racionalizar tais análises (SILVA, FROTA, 2013).

Segundo Carvalho Neto *et al.* (2011), auditoria pode ser definida como um exame independente e objetivo de uma situação ou condição, em confronto com um critério ou padrão estabelecido, para que se possa opinar ou comentar a respeito para um destinatário predeterminado.

O profissional auditor deve ser capaz de entender toda a natureza do objeto auditado, estando ciente de identificar, de acordo com todas as normas, a realização dos trabalhos em vias. A Figura 6, extraída de Carvalho Neto *et al.* (2011) demonstra em resumo todas as partes integrantes de um processo de auditoria.

Figura 6 – Resumo das partes integrantes de uma auditoria.

Em relação à entidade de auditoria	<ul style="list-style-type: none"> • independência, inclusive financeira (autonomia); • poderes de investigação e auditoria; • relacionamento com clientes de auditoria e auditados; • emissão de manuais, guias e instruções para padronização dos trabalhos; • políticas e procedimentos de recrutamento e desenvolvimento de pessoal; • políticas e procedimentos de controle e garantia de qualidade.
Em relação à pessoa do auditor	<ul style="list-style-type: none"> • independência, objetividade e imparcialidade; • integridade e comportamento ético; • competência e desenvolvimento profissional; • confidencialidade; • cautela e zelo profissional.
Em relação à atividade ou ao processo de auditoria	<ul style="list-style-type: none"> • normas relativas à execução dos trabalhos (de modo geral, e não em relação a tipos específicos); • normas relativas à comunicação dos resultados: relatório e/ou parecer.

Fonte: Carvalho Neto *et al.* (2011)

3.1. AUDITORIAS DE OBRAS PÚBLICAS

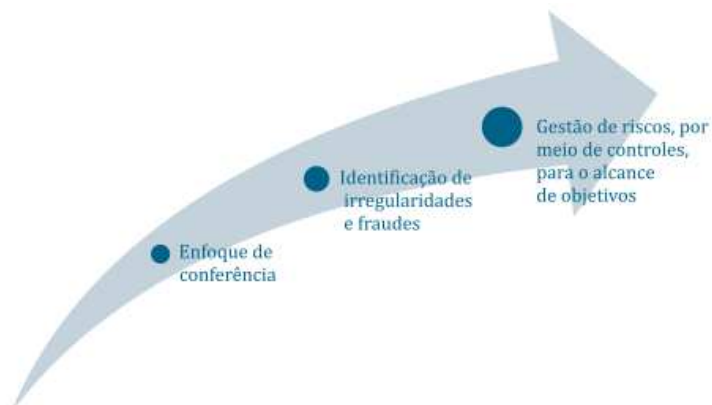
É importante ressaltar que grande parte da malha rodoviária brasileira é constituída por rodovias federais e estaduais, o que as classificam como obras públicas. A partir desse princípio, de acordo com LEITÃO (2013), conforme citado por BOTELHO (2018), a Administração

Pública deve perseguir apenas o interesse público, não o privado. Sendo assim, o Tribunal de Contas da União (TCU), tem como objetivo tratar do devido uso dos recursos públicos.

De acordo com o ISSAI 100 – Princípios Fundamentais de Auditoria do Setor Público (2013), “a auditoria do setor público ajuda a criar condições apropriadas e a fortalecer a expectativa de que as entidades do setor público e os servidores públicos desempenharão suas atribuições de modo efetivo, eficiente, ético e em conformidade com as leis e os regulamentos aplicáveis”.

Em se tratando de auditorias de obras públicas, possuímos dois lados interessados, o proprietário, que nada mais é do que os cidadãos pagantes de impostos e do outro um terceiro ao qual são delegadas funções de gestão, desde o planejamento, execução até manutenção. A necessidade de que elas sejam realizadas se baseiam na demanda de fiscalização e controle do dinheiro público movido em tais obras, haja vista a possibilidade de desvios de verba, superfaturamentos, entre outros. Sendo assim, as auditorias públicas possuem o objetivo de controlar o gasto do dinheiro público por meio de coleta de dados feitas pelos auditores, com a finalidade de os confrontar com os projetos realizados, baseados nos interesses e normas públicas, possibilitando assim a chegada na conclusão se todos os gastos estão sendo realizados em devida maneira, reduzindo assim a incidência de conflitos entre as partes como se mostra na Figura 7.

Figura 7 – Objetivos por trás da auditoria pública.



Fonte: Carvalho Neto *et al.* (2011).

De acordo com Maeda (2018), durante a realização de uma auditoria, a equipe auditora deve seguir o procedimento decidido durante a fase de planejamento de auditoria em busca de encontrar achados. Sendo essa a parte fundamental do processo, haja vista que são esses achados que serão dados como provas e objetos de estudo, com a redação dos relatórios de auditoria, sendo eles peça chave para conclusão dos casos.

Sobre a definição de um achado de auditoria, sabe-se que:

Achado de auditoria é qualquer fato significativo, constituído de quatro atributos essenciais: situação encontrada (ou condição), critério, causa e efeito, em decorrência da comparação da situação encontrada com o critério e deve ser devidamente comprovado por evidências. O achado pode ser negativo, quando revela impropriedade ou irregularidade, ou positivo, quando aponta boas práticas de gestão. (MAEDA, 2018, p. 33).

Para que esses achados sejam identificados nas obras auditadas, é necessário a realização de um detalhado estudo em torno da proposta de auditoria. Para tal, ainda hoje, o procedimento amplamente utilizado é o de verificação *in loco*. Conforme Botelho (2018), o TCU possui altos gastos no que se diz respeito às despesas com viagens para que sejam feitos os devidos levantamentos *in loco* dos achados de vistoria, o que por consequência, acaba por gerar rombos no orçamento dos cofres públicos, levantando então a aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto como recurso alternativo às visitas, reduzindo assim os gastos envolvidos.

3.2. AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA

Outro procedimento de auditoria realizado em obras rodoviárias são as Auditorias de Segurança Viária (ASV), que segundo Austroads (2009), conforme citado por Ribeiro (2019), trata-se de um exame formal realizado nas vias de tal forma a se avaliar o desempenho de segurança de uma rodovia seja ela nova ou já existente, tomando como base os referenciais teóricos e práticos para coleta de dados que possibilitem a devida avaliação do estudo, buscando assim a correção dos potenciais pontos de acidente.

Assim como em auditorias de obras públicas, as ASVs devem ser realizadas por profissionais capacitados, os conhecidos auditores, que de acordo com Castrillón e Candida (2003) em Assunção (2015), devem ser independentes e sem nenhum vínculo passado com o projeto a ser avaliado, lembrando que a verificação a ser realizada não é a relação de conformidade com o projeto executado e sim a avaliação preventiva dos riscos em potencial de acidentes nas vias.

Outro ponto em comum com as auditorias de obras públicas, a ASV é tradicionalmente realizada por meio de visitas *in loco* de tal forma a se organizarem listas de verificação sob diversas condições como Sol, noite ou condições climáticas adversas. Assim, torna-se possível realizar a devida análise dos componentes da rodovia, bem como seus elementos lindeiros e sua interação com o ambiente viário (RIBEIRO, ANDRADE, 2021). Entretanto, vale ressaltar que com os avanços tecnológicos, já estão em estudo o uso de procedimentos remotos como forma de complementar e simplificar os estudos já realizados.

4. SENSORIAMENTO REMOTO

Assim como definido por Meneses e Almeida em 2012, “sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”. De acordo com Figueiredo (2005), o princípio do sensoriamento remoto nasce a partir da invenção da câmera fotográfica, com a aerofotogrametria, possuindo relatos de primeiras aplicações em uso militar através da fixação de leves câmeras ao peito de pombos-correios, como mostra a Figura 8, para reconhecimento da posição e infraestrutura de forças militares inimigas.

Figura 8 – Uso de pombo-correio como ferramenta de sensoriamento remoto.



Fonte: FIGUEIREDO (2005).

Segundo a definição de Fontes (2005) a aerofotogrametria pode ser dada como “operações realizadas com fotografias da superfície terrestre, obtidas por uma câmera de precisão com o eixo ótico do sistema de lentes mais próximo da vertical e montada em uma aeronave preparada especialmente”. De acordo com Figueiredo (2005), com o passar dos anos, a ideia inicial de pombos-correios foi descartada, sendo substituída pela captura de imagens por balões, seguindo a evolução até chegar no uso de aviões e posteriormente, com a modernidade, o uso de satélites.

Fundamentado no processo de evolução da aerofotogrametria, o sensoriamento remoto, conforme Meneses e Almeida (2012), se consolida nos anos de 1960 durante a chamada década da corrida espacial. Foi graças a esse desenvolvimento, que satélites espaciais começaram a ser utilizados como veículos de obtenção de imagens.

4.1. IMAGENS OBTIDAS POR MEIO DE SATÉLITES

Na década de 60, com a chegada do homem ao espaço foram obtidas as primeiras imagens da Terra. Desde então, deu-se início aos primeiros estudos mais detalhados da superfície terrestre, a partir dos quais foram impulsionadas pesquisas em torno da construção de novos equipamentos que possibilitassem a captura de imagens terrestres sem o uso de câmeras fotográficas (MENESES E ALMEIDA, 2005).

De acordo com Steffen (2016), o uso de sensores remotos acoplados em aeronaves e foguetes se tornaram plataformas caras e limitadas. A partir de então, surge a ideia do uso de satélites artificiais, para instalação desses sistemas. Estes satélites orbitam em torno da Terra, não necessitam de combustível para manterem o seu movimento e por estarem a uma grande altitude, permite uma alta abrangência na captura de imagens.

Conforme Assis (2001), o uso de imagens captadas por satélites era limitado a estudos climáticos e ambientais, cuja abordagem envolve grandes áreas, em consequência à resolução das imagens. Com os avanços tecnológicos, o leque de aplicabilidade dessas imagens foi se abrindo à proporção em que a resolução espacial das imagens era melhorada. Com isso, as imagens espaciais passaram a ser empregadas em estudos cartográficos.

Ao se falar de imagens obtidas por meio de satélites e sua aplicabilidade, é de suma importância destacar a chamada resolução espacial. De acordo com Rudorff (2016), a resolução espacial é a capacidade que os sensores acoplados nos satélites possuem para discriminar

objetos em função de seu tamanho. É este fator que determina a aplicabilidade das imagens de acordo com a densidade de detalhes obtidos. Satélites como IKONOS-II possui uma resolução de 1 metro, ou seja, consegue captar detalhes de objetos com dimensões de até 1x1 m, como mostra a Figura 9, onde detalhes de casas e traçados de vias podem ser observados.

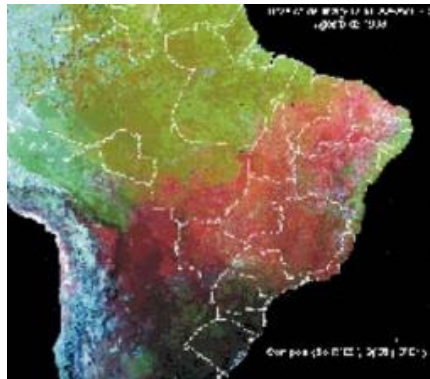
Figura 9 – Imagem do satélite IKONOS-II.



Fonte: RUDORFF (2016).

Ainda de acordo com Rudorff (2016), ao se analisar as imagens obtidas através do satélite NOAA, pelo sensor AVHRR, a resolução passa a ser de 1 quilômetro, ou seja, objetos cuja dimensão for menor que 1x1 km não conseguem ser captados em detalhes. Na Figura 10 se encontra uma imagem do satélite NOAA na qual é permitida uma visão global para estudos ambientais e meteorológicos.

Figura 10 – Imagem do satélite NOAA.



Fonte: RUDORFF (2016).

Alguns estudos já apresentam uma análise em torno do mapeamento e análise de danos em obras rodoviárias. Yamaguchi e Saji (*apud* BOTELHO, 2018, p. 29) apresentam um estudo que busca utilizar essas imagens como metodologia de análise dos danos provocados em uma rodovia após um terremoto. Por outro lado, Haghigattalab *et al.* (*apud* BOTELHO, 2018, p.29), no qual a aplicação de softwares para estudo de imagens espaciais de alta resolução é utilizada também para análise dos impactos sofridos por uma rodovia após um terremoto.

Com isso, é possível notar que à medida em que a tecnologia aperfeiçoa a captura de imagens de satélite, como no caso das imagens de alta resolução, as mesmas tendem a abrir diversas vertentes de estudo viabilizando seu uso cada vez mais frequente. Sua aplicação

permite com que grandes análises possam ser feitas em um curto prazo de tempo, de maneira remota, implicando em economias e ganho de segurança.

No que se diz respeito ao uso de imagens de satélites em obras públicas, segundo Souza (2016), tal metodologia, por se tratar de uma tendência, precisa passar por aprimoramentos e aprofundamento científico em torno de suas limitações relativas às resoluções espaciais, temporais e de custo.

5. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, o mesmo foi seccionado em quatro grandes partes, sendo elas revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussões e conclusão. Na revisão bibliográfica foi realizado uma pesquisa abrangente em busca de sintetizar as principais ideias teóricas e históricas em torno do que se diz respeito ao modal rodoviário e suas auditorias, bem como o sensoriamento remoto, em específico imagens obtidas por meio de satélites, como ferramenta para tais auditorias.

Para que o tema fosse abordado de forma clara e concisa, o estudo de caso foi desmembrado em duas partes, sendo a primeira, uma análise em torno de processos já realizados pelo TCU como forma de avaliar o emprego da tecnologia proposta, estabelecendo uma linha de conexão entre os métodos clássicos e atuais de auditorias. Por fim, a segunda parte se trata de uma simulação de ASV como forma de demonstrar na prática o emprego de imagens obtidas por meio de satélites, possibilitando visão ampla sobre as qualidades e falhas no processo de auditorias realizadas por meio do uso de imagens de satélites.

5.1. ESTUDO DE CASO 1 – HISTÓRICO DE AUDITORIAS

Nesta primeira parte do estudo de caso, foi realizada uma abordagem exploratória em torno do tema, partindo da proposta de coletar e reunir informações encontradas nos meios de comunicação. Para tal, o primeiro passo foi dado por meio da realização de pesquisa direcionada ao tema em busca de notícias que abordassem o uso de imagens obtidas por meio de satélites em auditorias de obras rodoviárias.

Durante o primeiro passo, foram encontradas duas principais notícias apontando a assinatura de contratos para o uso de imagens de satélites pelos Tribunais de Contas do Paraná e da Paraíba, com o objetivo preponderante de fiscalização de grandes obras públicas, dentre elas, obras rodoviárias. Para essa pesquisa, no campo de busca, foram utilizadas as palavras “auditorias por meio de imagens de satélite” como forma de condensar os resultados.

Em um segundo momento, partindo do site do TCU (www.tcu.gov.br) foi realizada uma nova busca na jurisprudência provinda das palavras chave “satélite rodovia”. A partir dessa pesquisa, os resultados passaram por três filtros de seleção e análise a fim de chegar em um objeto final de estudo focado ao uso de imagens de satélite em auditorias de obras rodoviárias.

Baseado no primeiro resultado da pesquisa, foi feito o levantamento de 152 acórdãos no jurisdicionado. Entretanto, para chegar ao objeto final de estudo, foi necessário eliminar aqueles que não se enquadram na situação analisada. Primeiramente, foram separados todos os casos que apresentam acórdãos de relatórios de auditoria.

Após essa primeira filtragem dos resultados, foi necessário separar os relatórios de auditoria segundo sua natureza. Nesse instante, foram separados todos os relatórios de auditoria realizados em obras rodoviárias, independentemente do método aplicado.

Por fim, foi realizada uma terceira filtragem dos resultados, dessa vez, chegando ao objeto final de estudo. Nessa ocasião foi realizada análise dos processos de auditorias em obras rodoviárias, atentando-se aos métodos aplicados. Dessa forma, foi possível separar os casos em que imagens de satélite foram aplicadas em algum momento do processo.

Ao realizar essa filtragem dos resultados, tornou-se possível estudar de modo direcionado, casos em que o emprego de imagens obtidas por meio de satélites foi peça para a construção do processo de auditoria, analisando suas características e a forma com que tal tecnologia foi utilizada.

5.2. ESTUDO DE CASO 2 – SIMULAÇÃO E ANÁLISE EM TRECHO DA MGC-197

No segundo estudo de caso, foi realizada uma simulação de Auditoria de Segurança Viária em um trecho da rodovia estadual MGC-197, que liga os municípios de Prata a Uberlândia, no estado de Minas Gerais. Neste estudo, foi adotada uma abordagem exploratória de caráter descritivo como forma de simular e detectar as vantagens e desvantagens da realização de auditorias por meio de imagens de satélites, em comparação à metodologia clássica de visita *in loco*.

Para este estudo foi empregado o uso da ferramenta gratuita “Google Earth Pro” como fonte de coleta de dados de satélite em pontos ao longo do trecho estudado da rodovia. Neste momento foram observados os seguintes fatores: condições de sinalização horizontal da via além da presença e condição de acostamentos. O mesmo levantamento foi realizado por meio de visita *in loco*, utilizando o aplicativo gratuito para *iOS* “GPS Map Camera”, para obtenção das referências de coordenadas geográficas, sendo assim possível demonstrar um modelo de comparação de desempenho dos dois métodos.

Por fim, foi realizada uma busca em torno do procedimento de determinação de preços de auditores para visitas *in loco* como forma de complementar o modelo já descrito com critérios econômicos em comparação aos preços de aquisição de imagens de satélite de alta qualidade, concluindo assim, o estudo sobre o emprego de novas tecnologias de sensoriamento remoto em auditorias de obras rodoviárias.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. ESTUDO DE CASO 1 – HISTÓRICO DE AUDITORIAS

Partindo do princípio exploratório do tema, o primeiro passo dado foi realizar uma busca por notícias que abordassem o uso de imagens de satélite em auditorias. Após uma primeira avaliação dos resultados encontrados, foram descobertas duas principais notícias com o foco no uso de imagens de satélite pelo TCU.

De acordo com Secom TCU no ano de 2018, o TCU se tornou o pioneiro no uso de imagens de satélite no controle dos gastos públicos com o chamado “geocontrole”. Antes disso, o tribunal já registrava o uso dessa tecnologia como apontado por Botelho (2018). A partir desse

ponto, o foco é dado na aplicação da tecnologia já existente em tomadas de decisões e acompanhamento de execuções de obras, apoiado em uma parceria com as Universidades de Brasília (UnB) e a Federal de Minas Gerais (UFMG).

A parceria entre TCU, UnB e UFMG se fundamenta no desenvolvimento de pesquisas para delimitar a capacidade dos tipos de satélites disponíveis no mercado. Ainda de acordo com declaração de Maurício Ferreira Wanderley ao Secom TCU, podem ser divididos três grupos de satélites, sendo eles os de baixa resolução, com melhor aplicação no controle de grandes áreas ambientais, os de média resolução com aplicação em análises de execução de obras e os de alta resolução com destaque para a análise detalhada de imagens.

De acordo com as informações divulgadas por Secom TCU (2018), é possível observar o fato de que apesar de ser uma tecnologia já existente e utilizada, ela ainda carece de estudos para que suas informações se tornem mais fortes. Além disso, é necessário que sejam realizados treinamentos dos auditores, para que os mesmos sejam capacitados para a devida análise das imagens de satélite e consequente uso em achados de auditoria. Ainda é importante ressaltar a importância na adesão de imagens de alta resolução, fortificando ainda mais as provas, haja vista o incremento nos detalhes que podem ser observados.

Em paralelo ao noticiado pelo Secom TCU em 2018, já no ano de 2021 foi divulgado pelo Tribunal de Contas Estadual da Paraíba (TCE-PB), o uso de imagens diárias de satélite na fiscalização de obras públicas no estado da Paraíba. De acordo com a notícia, a partir de um termo de adesão entre o Ministério da Justiça e Segurança Pública, o estado da Paraíba passa a ter acesso a uma cota diária de downloads de imagens de alta resolução da constelação PLANET.

Informações contidas no portal de notícias do TCE-PB, a plataforma contratada é composta por uma constelação de 180 satélites com resolução de 3 metros. através do termo de adesão assinado, o tribunal terá acesso a um banco de imagens diário a cada 24 horas, além de contar com o acesso ao acervo de registros desde o ano de 2017.

A partir do relato, torna-se possível a quebra de um dos obstáculos a serem vencidos no uso de imagens de satélite, a atualização de imagens. É conhecido que bancos de imagens gratuitos como o *Google Earth Pro* possui baixa resolução temporal, ou seja, intervalos maiores de atualização de suas imagens, o que acaba por interferir na busca por achados de auditoria, haja vista que a desatualização das imagens prejudica a precisão do levantamento. Levando em consideração o contrato realizado com a constelação PLANET, o intervalo de atualização das imagens é de 24 horas, sendo assim, torna-se possível realizar acompanhamento de evolução diária da obra, reduzindo o mau uso do dinheiro público.

Por mais que o emprego de imagens de satélite em procedimentos de fiscalização de obras e auditorias públicas ainda seja recente, como apontado pelas notícias, seu uso já apresenta um histórico presente nos canais de busca de jurisprudência do TCU. Ao se efetuar uma pesquisa integrada no portal do TCU com as palavras-chave “satélite rodovia”, são direcionados 152 acórdãos. Em uma primeira análise, os resultados foram separados em 12 tipos de processos, sendo eles: Representação, Relatórios de Auditoria, Desestatização, Tomadas de Conta Especial, Relatórios de Levantamento, Relatórios de Monitoramento, Administrativo, Relatório de Acompanhamento, Solicitação do Congresso Nacional, Contas do Presidente da República, Prestação de Contas Simplificada e Denúncia, todos organizados conforme a Tabela 1.

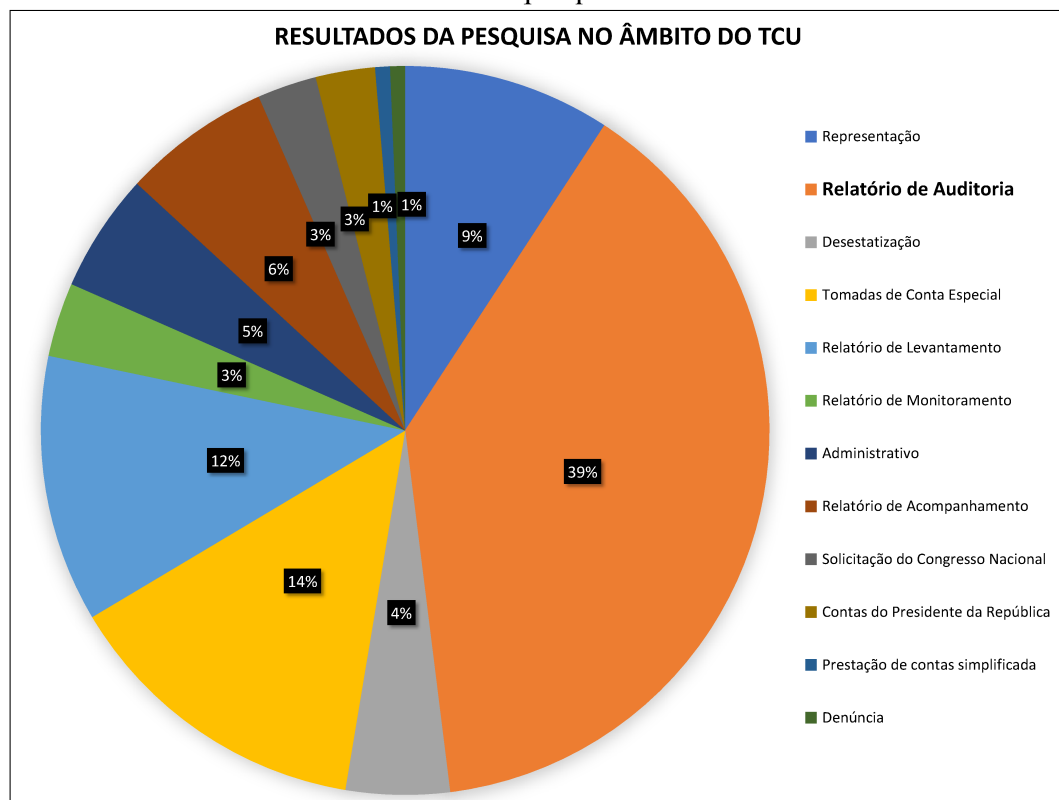
Tabela 1 – Resultados de pesquisa no âmbito do TCU.

TIPO DE ACÓRDÃO	PÁGINA DE RESULTADOS				TOTAL
	1-50	51-100	101-150	151-152	
Representação	6	2	6	-	14
Relatório de Auditoria	19	17	21	2	59
Desestatização	4	1	2	-	7
Tomadas de Conta Especial	8	7	6	-	21
Relatório de Levantamento	4	8	6	-	18
Relatório de Monitoramento	2	3	-	-	5
Administrativo	4	2	2	-	8
Relatório de Acompanhamento	3	3	4	-	10
Solicitação do Congresso Nacional	-	3	1	-	4
Contas do Presidente da República	-	4	-	-	4
Prestação de contas simplificada	-	-	1	-	1
Denúncia	-	-	1	-	1

Fonte: Autor (2022).

Para uma melhor visualização dos resultados, os mesmos foram organizados em um gráfico, possibilitando a avaliação da porcentagem de cada tipo de processo presente na pesquisa, conforme mostra o Gráfico 1. Com esta primeira análise, foi possível identificar entre os 152 resultados, 59 processos envolvendo Relatórios de Auditoria, o que representa uma parcela de 39% do total da amostra analisada.

Gráfico 1 – Resultados de pesquisa no âmbito do TCU.



Fonte: Autor (2022).

Partindo dos resultados dispostos na Tabela 1 e explicitados no Gráfico 1, foi feita uma nova organização dos resultados, dessa vez, analisando os tipos de processos de auditoria

presentes na amostra. Para esta análise foi levada em consideração a natureza da auditoria realizada, sendo a amostra dividida em dois grupos, um referente a auditorias de obras rodoviárias e um outro grupo de auditorias diversas como obras de saneamento básico ou avaliações de políticas públicas de controle ambiental. Na Tabela 2 se encontra o resultado obtido com a segunda análise.

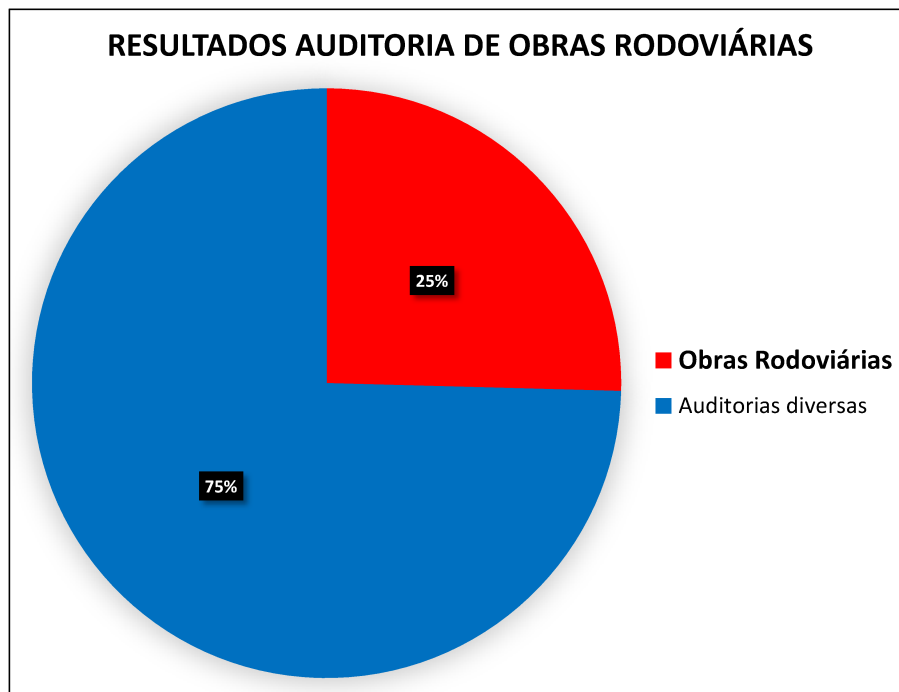
Tabela 2 – Separação das auditorias de obras rodoviárias.

RELATÓRIO DE AUDITORIA	PÁGINA DE RESULTADOS				TOTAL
	1-50	51-100	101-150	151-152	
Obras Rodoviárias	5	6	4	-	15
Auditorias diversas	14	11	17	2	44

Fonte: Autor (2022).

Com a segunda análise, dos 59 processos de auditoria, foram constatados 15 processos envolvendo auditorias em obras rodoviárias. As porcentagens obtidas durante este estudo se encontram no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Resultado de auditorias em obras rodoviárias.



Fonte: Autor (2022).

Após a segunda análise dos processos, foi possível realizar um diagnóstico em torno da metodologia empregada para auditoria. Para tal, primeiramente foi organizada em uma tabela, todos os processos filtrados durante a segunda análise, informando sua numeração, identificação resumida do assunto à volta do objeto auditado e em sequência, a busca por evidências do método empregado durante a auditoria. Essa análise se encontra na Tabela 3.

Tabela 3 – Relatórios de auditoria em obras rodoviárias.

RELATÓRIOS DE AUDITORIA EM OBRAS RODOVIÁRIAS			
Nº	PROCESSO	ASSUNTO	USO DE IMAGENS DE SATÉLITE
01	014.756/2018-8	Relatório de auditoria nas obras de Construção de Trecho Rodoviário da BR-135 no estado da Bahia, segmento Cocos/BA - Divisa BA/MG, km 443,9 ao 466,8.	• Identificação do local auditado.
02	014.756/2018-8	Relatório de auditoria na Construção de Trecho Rodoviário da BR-135 na Bahia, apresentando indícios de irregularidades na execução de serviços em desacordo com especificações, projetos ou contrato.	• Identificação do local auditado. • Achado de auditoria.
03	010.370/2016-1	Relatório de auditoria de fiscalização das obras de ampliação de capacidade da BR-290/RS, executadas a partir do 13º termo aditivo do contrato de concessão PG-016/97-00.	• Não foram utilizadas.
04	011.814/2010-1	Relatório de auditoria das obras de duplicação e adequação de trecho rodoviário da BR-101, trecho divisa SC/RS e o município de Osório/RS.	• Não foram utilizadas.
05	025.760/2016-5	Relatório de auditoria das obras de Construção da BR-235/BA - Pinhões a Juazeiro com medida cautelar para retenção de valores.	• Achado de auditoria.
06	019.749/2014-7	Relatório de auditoria para fiscalização de orientação centralizada, consolidação e segurança viária em locais concentradores de acidentes rodoviários, destinada a avaliar a conformidade desses trechos com o que determinam as normas técnicas aplicáveis à construção rodoviária.	• Não foram utilizadas.
07	006.166/2012-1	Relatório de auditoria para fiscalização de irregularidades da construção de viaduto na BR-040/MG.	• Não foram utilizadas.
08	016.369/2010-6	Relatório de auditoria em relação a sobrepreço na construção de travessia urbana de Marabá-PA pelo DNIT.	• Achado de auditoria.
09	006.166/2012-1	Relatório de auditoria para fiscalização de irregularidades da construção de viaduto na BR-040/MG, decisão do Ministério Público Federal no estado de Minas Gerais.	• Não foram utilizadas.
10	005.534/2011-9	Relatório de auditoria sobre o contrato de concessão para exploração das rodovias BR-101/SC e BR-116/376/PR, no trecho entre Florianópolis e Curitiba, apresentando irregularidades que podem comprometer a prestação de serviços adequados aos usuários da rodovia.	• Não foram utilizadas.
11	008.869/2011-1	Relatório de auditoria sobre a obra de duplicação e restauração com melhoramentos na rodovia 101/AL, apresentando irregularidades no que diz respeito a projeto executivo deficiente e liquidação irregular de dívidas.	• Não foram utilizadas.
12	007.112/2010-6	Relatório de auditoria sobre obras de implantação do contorno rodoviário oeste da cidade de Boa Vista/RR e duplicação/restauração da BR-174 Sul para a constatação de irregularidades na medição de serviços e na liquidação da despesa.	• Não foram utilizadas.
13	014.919/2010-9	Relatório de auditoria sobre indícios de sobrepreço em obras na BR-493, relativas ao contorno rodoviário/entrocamento BR-140 - entroncamento BR-116 - entroncamento BR-101 - Porto Spetiba, no estado do Rio de Janeiro (Arco Metropolitano).	• Não foram utilizadas.
14	009.412/2003-9	Relatório de auditoria de verificação de sobrepreço e falta de contratação de serviços de supervisão de obras na construção da BR-470/RS - subtrecho Barracão - Lagoa Vermelha - Nova Prata.	• Não foram utilizadas.
15	009.412/2003-9	Relatório de auditoria de análise de razões de justificativas e informações apresentadas pelos responsáveis e empresas envolvidas na construção de trechos rodoviários na BR-470/RS subtrecho Barracão-Lagoa Vermelha - Nova Prata.	• Não foram utilizadas.

Fonte: Autor (2022).

Tomando como base os dados da Tabela 3, foi possível resumir a terceira filtragem dos dados e determinação do objeto final de estudo apresentados na Tabela 4. De acordo com esses

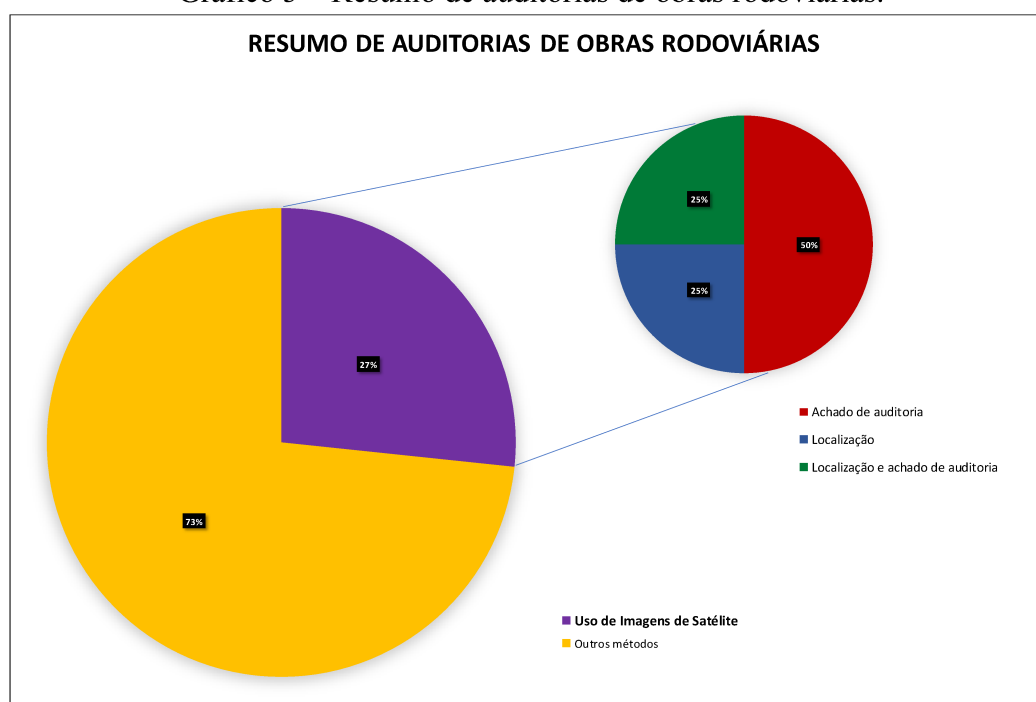
dados apresentados, também foi possível a construção de um novo gráfico, desta vez, evidenciando as proporções dos casos levantados, como mostra o Gráfico 3.

Tabela 4 – Resumo dos relatórios de auditorias em obras rodoviárias.

RELATÓRIO DE AUDITORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS			TOTAL
Uso de Imagens de Satélite	Achado de auditoria	2	4
	Localização	1	
	Localização e achado de auditoria	1	
Outros métodos			11

Fonte: Autor (2022).

Gráfico 3 – Resumo de auditorias de obras rodoviárias.



Fonte: Autor (2022).

Ao chegar no objeto de estudo, o cenário encontrado foi o seguinte: dos 152 processos levantados a partir da primeira pesquisa, apenas 4 são referentes a relatórios de auditorias com a adoção do uso de imagens obtidas por meio de satélites como metodologia nos processos. Desses 4 processos, um apresenta o uso da tecnologia como forma de apontar o local auditado, dois fazendo o uso da tecnologia como indicação de achado de auditoria e o último apresentando o uso simultâneo da tecnologia, como forma de apontar o local auditado e indicar achados de auditoria.

Dentre os 4 processos que fazem o uso de imagens de satélite, destaca-se os processos de número 014.756/2018-8 e 025.760/2016-5. No primeiro, o uso de imagens de satélite foi feito como forma de identificar a localização do objeto auditado, também entrando como achado de auditoria, já no último caso, o uso da tecnologia se concentrou no apontamento dos achados de auditoria.

No relatório de auditoria número 014.756/2018-8, trata-se da construção de um trecho rodoviário no estado da Bahia, na rodovia BR-135, divisa com o estado de Minas Gerais. A auditoria foi realizada em busca por indícios de irregularidades na execução de serviços em desacordo com especificações, projetos ou contrato.

Durante o exame técnico, foram apresentadas imagens obtidas por meio do *Google Earth*, como forma de ilustrar alteração no traçado original com a finalidade de evitar interferências na zona urbana e conseqüentemente reduzir custos com desapropriação, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Ilustração de desvio no traçado por interferência em zona urbana.



Fonte: Processo TC 014.756/2018-8 (TCU).

No mesmo processo, também foram utilizadas imagens providas do *Google Earth* como complemento dos achados de auditoria. Neste caso as imagens foram utilizadas como comprovação da existência ou não interferências de zona urbana e da presença de interseções nos trechos auditados, como forma de justificativa para a presença de alterações no traçado original da rodovia. A Figura 12 mostra o quinto trecho auditado, onde é possível observar a existência de uma interseção existente. Entretanto a mesma não justifica alteração nas disposições de projeto.

Figura 12 – Imagem de satélite do quinto trecho auditado.



Fonte: Processo TC 014.756/2018-8 (TCU).

Já o relatório de auditoria número 025.760/2016-5 trata-se das obras de construção da BR-235 no estado da Bahia, interligando os municípios de Pinhões a Juazeiro no que tange ao levantamento do volume e dos serviços relativos à terraplenagem com emprego de caixa de empréstimo localizada mais próxima à rodovia para menor distância média de transporte de materiais.

No decorrer do exame técnico primeiramente foram apresentadas imagens de satélite com a finalidade de confirmar a localização das caixas de empréstimo indicadas pelo DNIT. Para tal, foram utilizadas imagens obtidas por meio do *Google Earth*, demonstrando compatibilidade com os dados e apontando que a empresa supervisora deixou de considerar uma importante caixa de empréstimo, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Confirmação da localização de caixa de empréstimo.



Fonte: Processo TC 025.760/2016-5 (TCU).

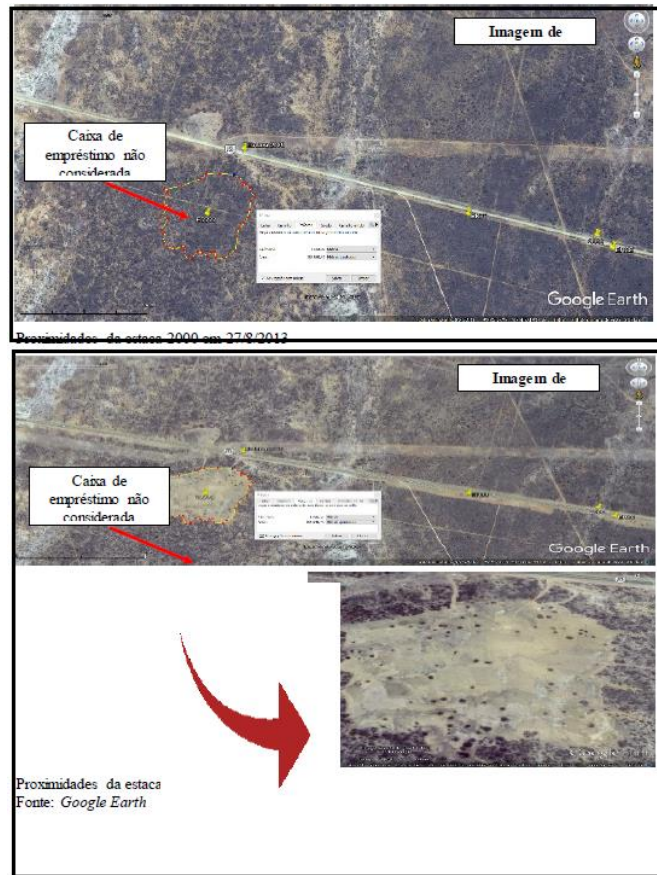
O emprego de imagens de satélites também foi utilizado para identificação da caixa de empréstimo desconsiderada como apontada na conclusão obtida por meio da Figura 13. Para a realização dessa etapa foi realizada uma comparação de imagens obtidas em data anterior a da obra (27/08/2013) e imagens de data posterior (24/09/2016). Essa comparação foi realizada utilizando três base de dados diferentes, sendo elas *Apple Maps*, *Google Earth* e *Digital Globe*, mostradas nas Figuras 14, 15 e 16, respectivamente.

Figura 14 - Comparação de exploração da caixa de empréstimo (*Apple Maps*).



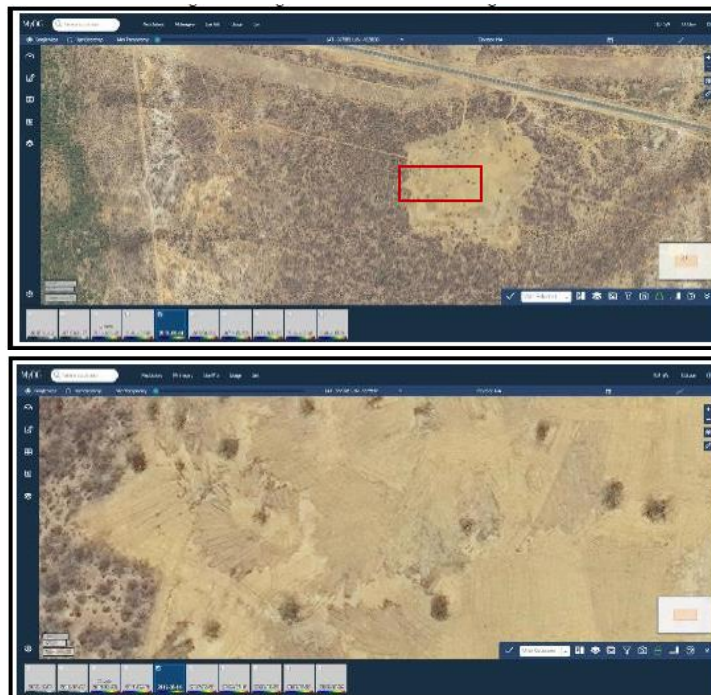
Fonte: Processo TC 025.760/2016-5 (TCU).

Figura 15 – Comparação de exploração da caixa de empréstimo (*Google Earth*).



Fonte: Processo TC 025.760/2016-5 (TCU).

Figura 16 - Comparação de exploração da caixa de empréstimo (*Digital Globe*).



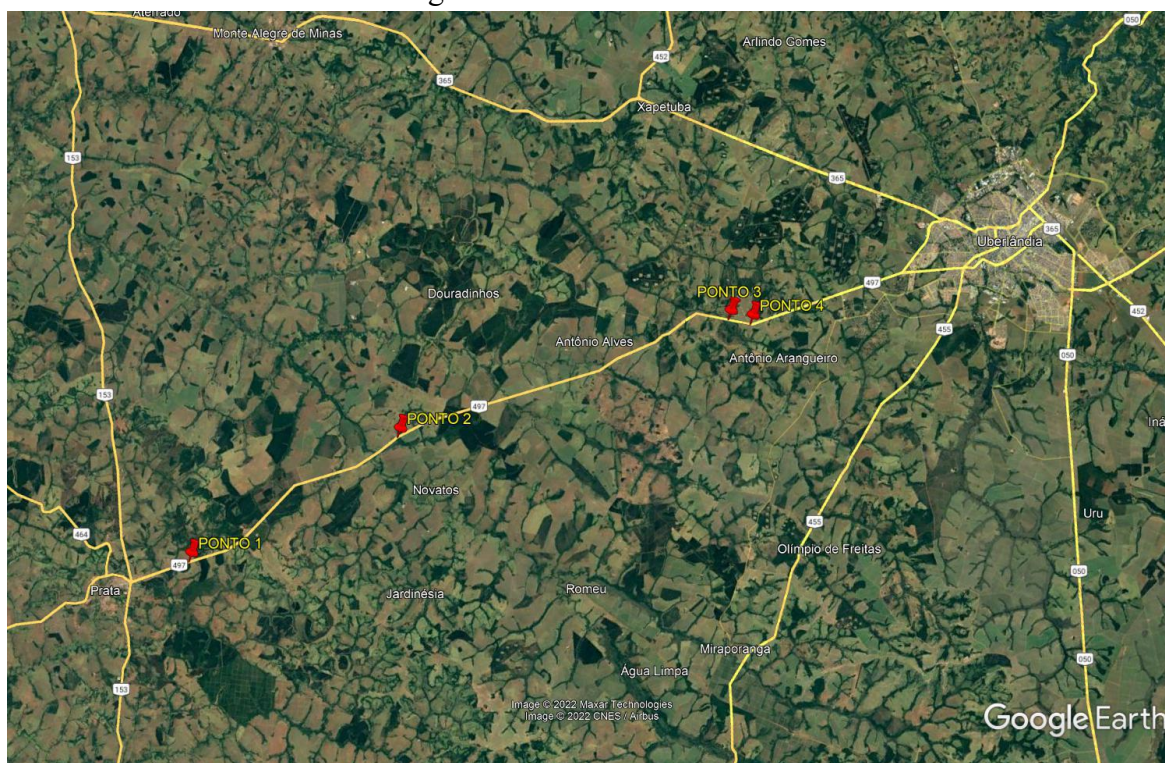
Fonte: Processo TC 025.760/2016-5 (TCU).

A partir da comparação das imagens em diferentes níveis de nitidez fica claro a exploração de material na caixa de empréstimo apontada durante o período de execução das obras. Dessa forma partindo para uma estimativa conservadora do volume de material extraído chega-se à conclusão de que a caixa de empréstimo não foi considerada.

6.2. ESTUDO DE CASO 2 – SIMULAÇÃO E ANÁLISE EM TRECHO DA MGC-197

Seguindo para um caráter exploratório, nesta segunda etapa de estudo de caso, foi realizada uma simulação de uma auditoria de segurança viária. Neste momento, o objetivo foi avaliar a partir de imagens de satélite as condições de acostamento e sinalização horizontal da via, estabelecendo um parâmetro de comparação com imagens obtidas por meio de visita *in loco*. O estudo aconteceu no trecho da rodovia estadual MGC-197 compreendida entre os municípios de Prata e Uberlândia, em 4 pontos mostrados na Figura 17.

Figura 17 – Pontos de estudo.



Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

Abaixo se encontra o relato da análise de cada um dos 4 pontos de parada durante a visita *in loco*, levando em consideração os parâmetros de acostamento e condições de sinalização horizontal da via.

No primeiro ponto de parada, cujas coordenadas latitude e longitude são respectivamente, -19.273992° ; -48.865310° , durante visita *in loco* foram constatados problemas como falhas na sinalização horizontal da via devido desgaste provocado pelo alto fluxo de veículos (Figura 18). Partindo para a análise do ponto por meio de imagem de satélite com a data de 15 de junho de 2021, como mostra a Figura 19, foi possível observar manchas de desgaste na pista, entretanto não apresenta nitidez suficiente para constatar tal problema de

sinalização. Quanto ao parâmetro de acostamento, foi possível observar na imagem obtida por meio de satélite a existência de pequena faixa lateral à pista de rolamento, apresentando indícios de presença de acostamento.

Figura 18 – Ponto de estudo 1 (*in loco*).



Fonte: *GPS Map Camera* (2022).

Figura 19 – Ponto de estudo 1 (satélite).



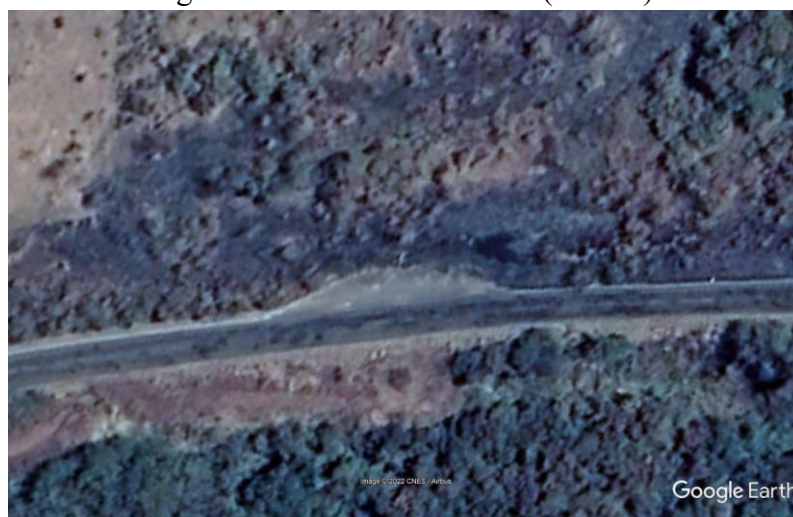
Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

No ponto de parada 2, conforme mostra a Figura 20, durante a visita *in loco* foram constatados problemas de desgaste da via e falta de acostamento. Na Figura 21, obtida por meio de satélites, datada do dia 11 de julho de 2021, apresenta diversas manchas de recuperação da via, indicando desgaste da via e conseqüentemente prejudicando as condições de sinalização horizontal. Na imagem também é possível observar a falta da faixa de acostamento.

Figura 20 – Ponto de estudo 2 (*in loco*).

Fonte: *GPS Map Camera* (2022).

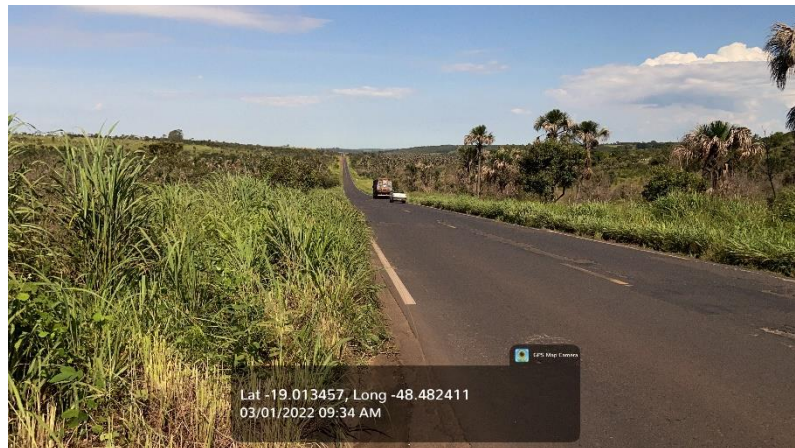
Figura 21 – Ponto de estudo 2 (satélite).



Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

Partindo para o terceiro ponto de parada, na imagem obtida *in loco*, a principal constatação foi a falta de faixa de acostamento nos dois sentidos da via, como aponta a Figura 22. De acordo com a imagem obtida por meio de satélite com data de 4 de julho de 2021, como mostra a Figura 23, foi possível constatar tal informação. Na imagem pode-se observar a falta da faixa de acostamento, sendo possível perceber apenas uma pequena faixa de alargamento da via, como sinalizado em branco, em seguida havendo novamente um estreitamento, retornando para as condições anteriores.

Figura 22 – Ponto de estudo 3 (*in loco*).



Fonte: *GPS Map Camera* (2022).

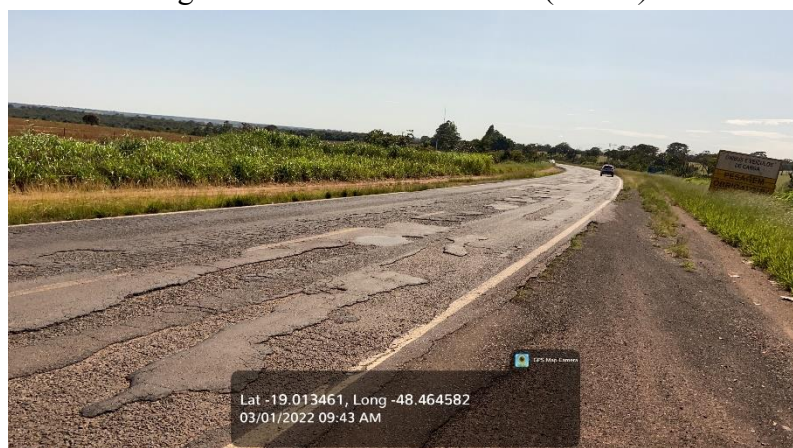
Figura 23 – Ponto de estudo 3 (satélite).



Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

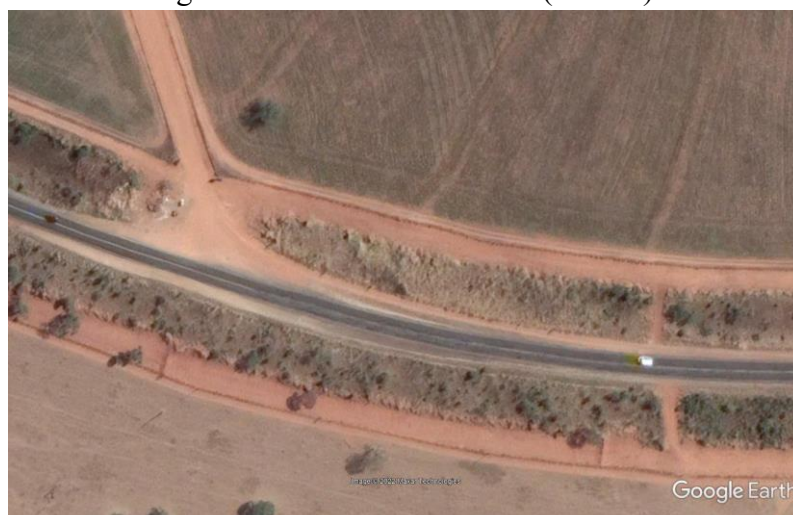
Por fim, no quarto ponto de parada, durante a visita *in loco*, foram constatados os mesmos problemas já apresentados, como desgaste da via e más condições de acostamento, (Figura 24). Partindo para a análise por imagens de satélite do local, datadas do dia 4 de julho de 2021, como apresenta a Figura 25, não foi possível chegar à conclusão quanto aos problemas de sinalização, sendo possível apenas observar a falta de pavimentação do acostamento.

Figura 24 – Ponto de estudo 4 (*in loco*).



Fonte: *GPS Map Camera* (2022).

Figura 25 – Ponto de estudo 4 (satélite).



Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

Tomando como base a análise realizada dos 4 pontos de estudo, foi possível constatar que para análise de condições da via, as imagens obtidas por meio de satélite não apresentaram indícios sólidos. Nas imagens, obtidas pela ferramenta gratuita *Google Earth Pro*, apesar de possibilitarem a visualização da via e pontos de desgaste, não apresentam resolução espacial suficiente para que sejam dados como fortes indícios de problemas. Outro ponto analisado trata-se da resolução temporal, onde observa-se um longo intervalo de atualização das imagens, chegando a um intervalo mínimo de aproximadamente 8 meses.

6.2.1. Análise do custo de auditoria

Considerando o Memorial descritivo de custos de auditorias realizadas pela AUDINT/DNIT em 2018, para se obter o custo de uma auditoria são consideradas 8 composições de custos, sendo elas: Abertura de Ordem de Auditoria, Planejamento, Levantamento de Informações, Deslocamento (Auditoria *in loco*), Relatório Preliminar de Auditoria, Análise da Resposta ao Relatório Preliminar de Auditoria, Relatório Final de

Auditoria e por fim, Análise do Plano de Providências do Auditado, e Monitoramento das Recomendações.

Levando em consideração as composições citadas, o custo de auditoria na ordem de R\$100.014,49 (cem mil e quatorze reais e quarenta e nove centavos), tomando como base valores referenciados no mês de dezembro de 2017, com resumo dos custos conforme Figura 26.

Figura 26 – Resumos dos custos de uma auditoria.

Nº	Atividade	Custo (R\$) (ref. dez/2017)	%	Duração (dias)	Duração Ac. (dias)
1	Abertura de Ordem de Auditoria	2.044,86	2,0%	1	1
2	Planejamento da Auditoria	16.317,84	16,3%	10	11
3	Levantamento de Informações	11.466,12	11,5%	20	31
4	Deslocamento (Auditoria "in loco")	27.289,38	27,3%	5	36
5	Relatório Preliminar de Auditoria	8.534,55	8,5%	9	45
6	Resposta ao Relatório Preliminar de Auditoria	3.985,67	4,0%	22	67
7	Relatório Final de Auditoria	7.555,94	7,6%	7	74
8	Resposta ao Relatório Final de Auditoria	3.553,09	3,6%	22	
9	Nota Técnica de Monitoramento (Follow Up)	4.630,40	4,6%	5	
10	Resposta à Nota Técnica (Monitoramento)	2.687,92	2,7%	22	
9	Nota Técnica de Monitoramento (Follow Up)	4.630,40	4,6%	5	
10	Resposta à Nota Técnica (Monitoramento)	2.687,92	2,7%	22	
9	Nota Técnica de Monitoramento (Follow Up)	4.630,40	4,6%	5	
	TOTAL	100.014,49	100,0%	155	104

Fonte: AUDINT/DNIT (2018).

A partir da análise da distribuição dos custos de auditoria, tem-se que 27% do custo total é referente ao deslocamento do auditor para visitas *in loco*, ou seja, um custo na ordem de R\$27.289,38, com base em simulação de deslocamento de 2 auditores para 10 diárias com idas às segundas-feiras e retornos às sextas-feiras. Com isso pode-se observar que o deslocamento de servidores representa um alto gasto no valor total da auditoria, abrindo a possibilidade de que sejam analisadas novas formas viáveis para realização de auditorias, como no caso do uso de imagens de satélite.

6.2.2. Análise de contratação de imagens de satélite

Durante este segundo estudo de caso, foram criados parâmetros de análise em torno de imagens obtidas por visitas *in loco* e imagens obtidas por meio de satélites. Para a obtenção das imagens de satélite, foi utilizada a ferramenta gratuita *Google Earth Pro* que apresenta deficiências quanto ao período de atualização das imagens, além de ter a resolução das imagens prejudicadas ao aproximar a câmera, principalmente em áreas remotas da Terra, como é o caso das rodovias. De acordo com Lêdo *et al.* (2020), a resolução das imagens no *Google Earth* pode variar entre 15 e 30 metros.

Dessa forma surge a possibilidade de que sejam adquiridas imagens de satélite privadas, que apresentam baixos intervalos de atualização das imagens e alta resolução, como é o caso da constelação PLANET já citada, que possui intervalo de atualização de 24 horas e resolução

de 3 metros. Sendo assim, torna-se necessário avaliar o preço para que essas imagens sejam adquiridas.

De acordo com pesquisa realizada por Botelho (2018), as imagens de satélite podem ser adquiridas de acordo com o local desejado, sendo o preço determinado por área contratada. De acordo com levantamento realizado pelo autor junto ao representante da *Digital Globe*, o custo por km² de download de imagem varia em torno dos R\$50,00/km² podendo atingir valores de até R\$25,00/km² de acordo com as condições de contrato.

7. CONCLUSÃO

De acordo com as pesquisas e análises realizadas, percebeu-se que já existem processos em andamento no âmbito do TCU com a utilização das imagens obtidas por meio de satélites. Sendo assim, torna-se importante o estudo e consequente desenvolvimento da tecnologia como forma de que o emprego de tal metodologia se torne cada vez mais consistente, apresentando provas concisas dentro de padrões de qualidade.

Além disso, formas remotas para realização de trabalhos já veem sendo estudadas juntamente ao avanço tecnológico como forma de economia. Prova disso são as comprovações por meio de notícias que apresentam o investimento do TCU na compra de imagens de alta resolução de satélites e nas parcerias com universidades para desenvolvimento de pesquisas para aprimoramento do método.

Ao se avaliar o histórico de processos com emprego de imagens espaciais pelo TCU, foi possível perceber que na amostra analisada, as imagens foram utilizadas como forma de confirmação de informações previamente coletadas, ou seja, ainda se fez necessária a presença de um auditor no local. Entretanto, em todos os casos foram utilizadas imagens gratuitas, as quais ainda não apresentam altos níveis de resolução.

O mesmo pode ser comprovado ao se realizar o segundo estudo de caso, onde a baixa resolução das imagens e alto intervalo de atualização acaba por enfraquecer a qualidade das provas, validando o enunciado presente no Acórdão 269/2016 do TCU: “A apresentação de fotografias de imagens de satélite, como as do Google Earth, pode comprovar as dimensões da obra, mas não é suficiente para comprovar a qualidade dos serviços e a quantidade dos materiais empregados”. Assim, para a superação desses desafios, torna-se necessária a incorporação de imagens pagas de satélite, as quais apresentam melhor resolução e menor período de atualização.

Na pesquisa também foram levados em consideração uma análise sobre os custos que a realização de auditorias pode trazer, sendo evidenciado que aproximadamente 27,3% do custo total é destinado ao deslocamento de auditores. Em comparação ao custo estimado de adesão de imagens de satélite, é comprovado que seguir a vertente de estudo no que se diz respeito a este método, é um caminho para que esse custo final seja reduzido.

Por fim, foi evidenciado que as metodologias empregadas na realização de auditorias devem seguir os avanços tecnológicos, se transformando em processos mais simplificados e cada vez mais refinados. Não obstante a isso, as atuais condições sanitárias mundiais, com a ainda atual pandemia do novo Coronavírus, implica ainda mais no desenvolvimento de tecnologias remotas para realização de trabalhos, resultando no investimento em novas pesquisas e treinamentos em torno do tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Bárbara, TV Integração. **Recuperação da MGC-497 entre Uberlândia e Prata deve começar em março**. G1 Triângulo e Alto Paranaíba, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2022/01/13/recuperacao-da-mgc-497-entre-uberlandia-e-prata-deve-comecar-em-marco.ghtml>. Acesso em: 30 jan. 2022.

ASSIS, Rodrigo Rocha de. **Utilização de Imagens Orbitais e Aéreas no Estudo da Ocupação e Planejamento Urbano**. 2002.

ASSUNÇÃO, Lucinei Tavares de. **Instrumento de auditoria de segurança viária para projetos rodoviários brasileiros**. 2015.

BALDOINO, L. M. S.; PONTES, K. V. **A Implantação e Consolidação do Modal Rodoviário no Brasil**. Revista Historiador, [S. l.], v. 1, n. 14, 2022. Disponível em: <https://revistahistoriador.com.br/index.php/principal/article/view/253>. Acesso em: 21 jan. 2022.

BOTELHO, L.V.C. (2018). **Utilização de Imagens de Satélites em Auditoria de Obras Rodoviárias**, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 68p.

CARVALHO NETO, Antônio Alves de *et al.* **Auditoria governamental, programa de aprimoramento profissional em auditoria – PROAUDI**. Tribunal de Contas da União. Brasília, 2011, 355 p.

CNT; SEST; SENAT. Pesquisa CNT de Rodovias 2021. **Pesquisa CNT de rodovias 2021.**, v.1. 231 p.

DNIT. **Memorial descritivo: custos referenciais de auditorias realizadas pela AUDINT/DNIT**. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, v. 1, ed. 1, p. 50. Brasília, 2018.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. São Paulo, 2005.

FONTES, L. C. A. de A. **Fundamentos de aerofotogrametria aplicada à topografia**. Departamento de transportes, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 18p, 2005.

LÊDO, Éder *et al.* **Quais os satélites do banco de imagens do Google Earth?** Grupo Transitar e Associados, Fortaleza, CE. Disponível em: <<https://www.gtlevantamentos.com.br/artigo-quais-os-satelites-do-banco-de-imagens-do-google-earth>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

MAEDA, Alberto Yoshikasu. **Consideração dos benefícios econômicos e sociais na metodologia de auditoria em obras rodoviárias**. 2018.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PAULA, Dilma Andrade de. **Estado, sociedade civil e hegemonia do rodoviário no Brasil**. In: Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 142-156, jul, 2010.

RIBEIRO, Rogério Lemos. **Procedimento para auditoria de segurança viária incluindo avaliações em ambientes virtuais**. 2019.

RIBEIRO, Rogério Lemos; ANDRADE, Michelle. **Uso de ambientes virtuais para vistorias técnicas em auditoria e inspeção de segurança viária: um estudo de caso em trecho rural de rodovia duplicada**. Transportes, v. 29, n. 1, p. 86-102, 2021.

RUDORFF, BERNARDO F. T. **Produtos do sensoriamento remoto**. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, São José dos Campos São– SP. Disponível em:< <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SANDOVAL, Marco Antônio Leite. **Breve Histórico Sobre a Evolução do Planejamento Nacional de Transportes**. 2012. Disponível em: <https://transportadormineiro.files.wordpress.com/2012/09/historico-do-planejamento-de-transportes.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2022.

SCHNEIDER, Elmir. **História do sistema rodoviário brasileiro**. Revista Escola DetranRS, v. 1, n. 1, p. 45-58, 2021.

SILVA, Antonio Cleiton Lopes da; FROTA, Consuelo Alves da. **Auditorias em obras rodoviárias: metodologia e estudo de caso**. Latin American Journal of Business Management, v. 4, n. 1, 2013.

SOUZA, André Delgado de. **Modelo de controle para obras de esgotamento sanitário utilizando sistema de informações geográficas**. 2016.

STEFFEN, CARLOS ALBERTO. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, São José dos Campos São– SP. Disponível em:< <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

TCU. **ISSAI 100 - Princípios Fundamentais de Auditoria do Setor Público**. Aprovada pela Organização Internacional das Entidades Fiscalizadoras Superiores (INTOSAI) em 2013 e traduzida pelo Tribunal de Contas da União (TCU) em 2017. Acesso em: 22 jan. 2022. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/fiscalizacao-e-controle/auditoria/normas-internacionais-das-entidades-fiscalizadores-superiores-issai/>.