

**ALFA – FACULDADE DE ALMENARA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CAROLINE PEREIRA ABRANTES**  
**MAIRA ALVES FONSECA**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS**

**ALMENARA- MG**  
**NOVEMBRO-2020**

**CAROLINE PEREIRA ABRANTES**

**MAIRA ALVES FONSECA**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Alfa-Faculdade Almenara, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora:** Dra. Viviane Amaral Toledo Coelho

**Professor:** Mrs. Ednardo de Souza Nascimento

**ALMENARA- MG**

**NOVEMBRO-2020**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que nos oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, com confiança no mérito e ética presente.

Ao nosso professor Ednardo Nascimento pelo empenho em nos auxiliar nessa caminhada.

A nossa orientadora, Viviane Amaral Toledo Coelho, pelo suporte no tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos e dedicação conosco.

Aos nossos familiares e amigos pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

## RESUMO

As rodovias brasileiras exercem um papel de extrema importância no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, uma vez que o modal rodoviário é o mais utilizado no processo de transporte de produtos e pessoas, e também na interligação entre estados e municípios. Porém, apesar da construção de rodovias oferecer diversas vantagens socioeconômicas, também produz diversos impactos negativos ao meio ambiente. Em razão disso, esse estudo tem como objetivo apontar e caracterizar os principais impactos decorrentes da construção de rodovias, e por meio disso indicar meios de reduzir ou extinguir esses impactos, de modo a contribuir para um meio ambiente ecologicamente sustentável. O trabalho foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica, onde se buscou obter maior conhecimento sobre o assunto, a fim de enriquecer o trabalho. Apesar da importância para o desenvolvimento econômico do país, a construção de rodovias causa grandes impactos ambientais, que afetam o solo, a água, a vegetação e o ecossistema animal. O que pode ser feito para reduzir a dimensão desses impactos é a adoção de medidas mitigadoras com intuito de evitar ou minimizar os impactos ambientais. Sendo assim, a construção de todas as rodovias deve ser planejada de modo a prevenir ou reduzir os impactos negativos sobre a biodiversidade animal, ecossistemas e vegetações nativas. Rodovias bem projetadas, que levam em consideração a questão ambiental, podem contribuir para a preservação da natureza, o que beneficia toda sociedade.

**Palavra-chave:** Rodovias. Impactos Ambientais. Meio Ambiente. Medidas Mitigadoras.

## **ABSTRACT**

Brazilian highways play an extremely important role in the socioeconomic development of Brazil, since the road modal is the most used in the process of transporting products and people, and also in the interconnection between states and the municipality. However, although the construction of highways offers several socioeconomic advantages, it also produces several negative impacts on the environment. As a result, this study aims to point out and characterize the main impacts resulting from the construction of highways, and thereby indicate ways to reduce or extinguish these impacts, in order to contribute to an ecologically sustainable environment. The work was carried out through a bibliographic review, in which it was sought to obtain more knowledge on the subject, in order to enrich the work. Despite the importance for the country's economic development, the construction of highways causes major environmental impacts, which affect the soil, water, vegetation and the animal ecosystem. What can be done to reduce the scale of these impacts is the adoption of mitigating measures in order to avoid or minimize environmental impacts. Therefore, the construction of all highways must be planned in order to prevent or reduce the negative impacts on animal biodiversity, ecosystems and native vegetation. Well-designed highways, which take into account the environmental issue, can contribute to the preservation of nature, which benefits all of society.

**Keywords:** Highways. Environmental impacts. Environment. Mitigating Measures

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Rodovias</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Fases de construção da rodovia</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Impactos ambientais decorrentes da construção de rodovias</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Medidas mitigadoras</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande malha marítima e continental, contudo os modais ferroviário e marítimo são pouquíssimos utilizados, dado que o uso de rodovias para transporte sempre foi o mais usado, desde seu surgimento no século XIX. Isso se deve ao grande número de vantagens obtidas pelo uso do meio rodoviário como modal principal de transporte (DAMASCENO; ALVES, 2019).

As rodovias brasileiras exercem um papel de extrema importância no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, uma vez que o modal rodoviário é o mais utilizado no processo de transporte de produtos e pessoas, e também na interligação entre estados e municípios. Através do uso de rodovias pode-se ter acesso à educação, saúde e outros serviços essenciais, de forma mais rápida e eficaz (BENCK; PEREZ; ARMENDARIS, 2017).

Estima-se que aproximadamente sessenta por cento de todas as cargas transportadas no país são feitas através do modal rodoviário. O Brasil possui a quarta maior rede rodoviária do mundo, contando com uma extensão de 75,8 mil km de rodovias federais (BRASIL, 2019).

Apesar de sua grande utilidade e do papel fundamental no desenvolvimento econômico do Brasil, são identificadas inúmeras falhas no setor rodoviário, relacionadas em sua maioria a falta de qualidade na infraestrutura das estradas e rodovias. Outros problemas relacionados às rodovias são a ocorrência de erosão nas proximidades e também a falta de sinalização (LINS *et al.*, 2019).

As fases e etapas de construção de uma rodovia geram diversos impactos socioambientais positivos, como geração de empregos e melhoria da qualidade de vida da população no entorno. No entanto, no que se refere à questão ambiental, esse processo causa diversos prejuízos ao meio ambiente (LAURENCE, 2014).

Atualmente, tem-se discutido bastante sobre as questões ambientais e modos de mitigar os impactos causados por ações antrópicas, a fim de preservar o meio ambiente e os recursos naturais. Todos os anos são criadas diversas leis com esse intuito, tornando os processos de licenciamento e as regras para execução de obras cada vez mais rígidas (ALVES; MEDEIROS 2016).

De acordo com Pannazolo *et al.* (2012) a utilização de rodovias como meio principal de transporte de pessoas e cargas traz consigo uma grande diversidade de impactos ambientais. Esses impactos estão presentes desde a fase da construção das rodovias, que gera diversos problemas ao solo, até a emissão de gases poluentes na atmosfera.

Em razão disso, esse estudo tem como objetivo apontar e caracterizar os principais

impactos decorrentes da construção de rodovias, e por meio disso indicar meios de reduzir ou extinguir esses impactos, de modo a contribuir para um meio ambiente ecologicamente sustentável.

## 2 METODOLOGIA

Para a execução do presente trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica acerca de temas relacionados a impactos ambientais decorrentes de obras rodoviárias, com ênfase nas mudanças no meio ambiental, econômico e social , identificando os pontos negativos e positivos.

Para realização desse trabalho, utilizou-se como método de abordagem a revisão bibliográfica de tipo exploratória e descritiva. Toda a pesquisa exige que as ações sejam desenvolvidas efetivamente planejadas, sistematicamente e bem organizadas (GIL, 2010).

Como critério de pesquisa foi realizado um levantamento de artigos científicos na base Google Acadêmicos, teses, dissertações, EIA (Estudo de Impacto Ambiental), RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) e revistas, e também a análise de documentos do Ministério da Infraestrutura e de Transportes. Para solucionar estudos indexados e catalogados referente ao tema, usou-se preferencialmente os artigos científicos. Foram usadas como descritores de busca as seguintes palavras: Impacto, Rodovias, Causas, Ambiental, Degradação e Reconstrução. Obteve-se seis artigos dos quais 3 foram selecionados, uma vez que atendiam os objetivos.

Foi realizada leitura polida nos artigos selecionados visando agrupá-los por conteúdo de relevância, a fim de adquirir embasamento científico sobre o tema. O período de realização do trabalho foi de agosto de 2020 a novembro de 2020.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Rodovias

De acordo com Fogliatti *et al* (2004) *apud* Barbosa (2008) as rodovias são:

[...]vias de transporte terrestres mais antigas, tendo surgido como uma evolução natural das primitivas que foram ganhando melhoramentos com o passar dos tempos, como revestimentos de tijolos, pedra, madeira, misturas oleosas e também sistemas de drenagem, de forma a permitir uma melhor condição de tráfego nas épocas de chuva. (FOGLIATTI *et al.* 2004 *apud* Barbosa, 2018, p.6)

As primeiras rodovias brasileiras surgiram em meados do século XIX, mas o desenvolvimento das mesmas deu-se início entre os anos de 1932 e 1937, por meio da criação do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNRE). O desenvolvimento das rodovias sofreu forte influência das instalações de indústrias automobilísticas no Brasil, na década de 50 e também pela mudança da capital do país para Brasília. Essa evolução impulsionou o crescimento da malha rodoviária brasileira, de forma gradual, transformando o modal rodoviário no principal modal de transporte de cargas e pessoas (Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transportes da CUT, CNTT-CUT, 2006).

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2006) o aumento da demanda em transportar produtos e o crescimento das relações comerciais entre as regiões brasileiras tornou necessária a abertura de vias mais modernas e eficazes. Em razão disso, no ano de 1928 foi inaugurada no país a primeira rodovia pavimentada, Rodovia Washington Luís, que interligava a cidade do Rio de Janeiro a Petrópolis, região serrana do estado do Rio de Janeiro.

Segundo Soares e Campos Neto (2006) apesar de não ser considerado o tipo de modal mais apropriado, em razão do baixo valor agregado no transporte de produtos, o setor rodoviário brasileiro corresponde a cerca de 60% do transporte total de cargas do país. A grande utilização das rodovias como via de transporte de cargas e pessoas deve-se a sua alta flexibilidade e elevado número de rotas.

O uso do modal rodoviário possui diversos benefícios e malefícios, conforme demonstra a tabela 1.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do modal rodoviário

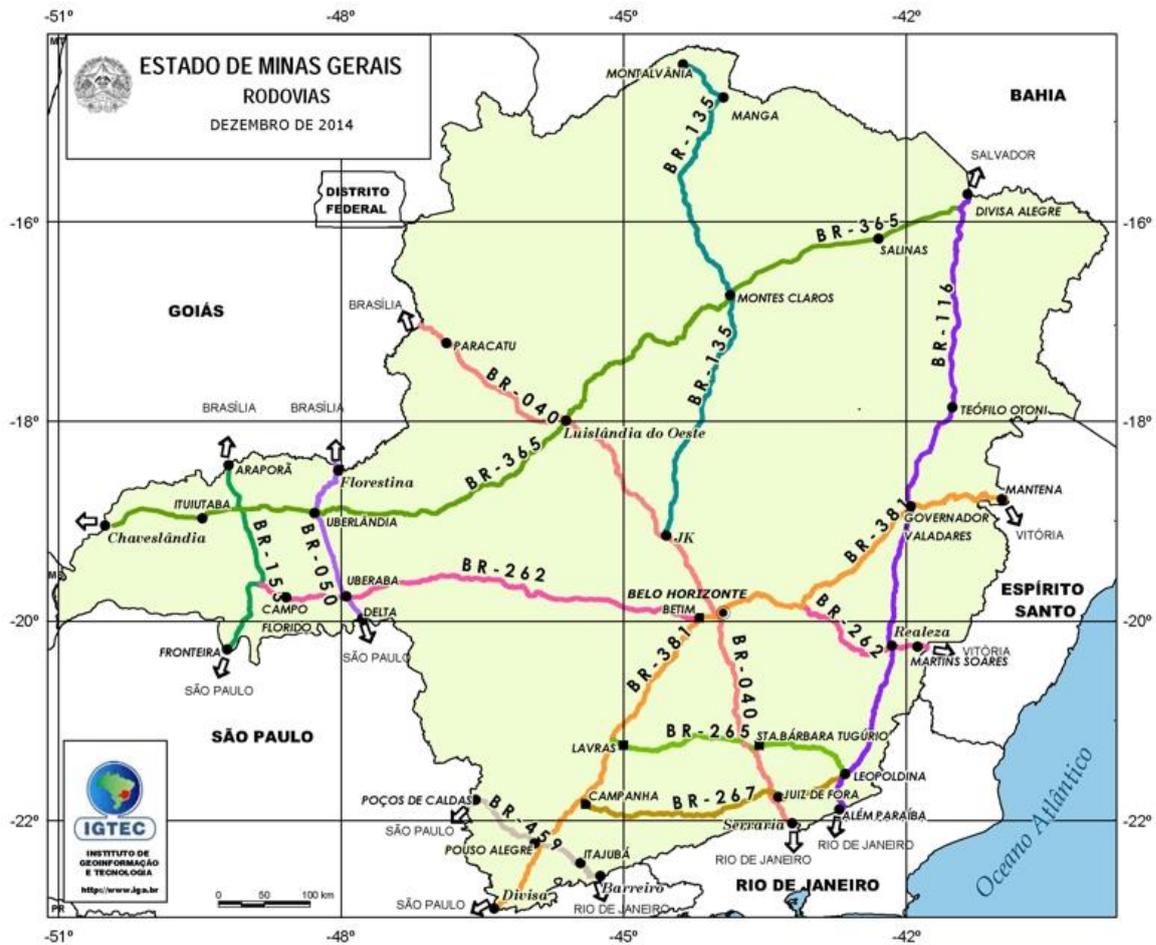
<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Alta flexibilidade	Limite de tamanho de carga/veículo
Usado em qualquer tipo de carga	Elevado custo de operação
Agilidade	Risco de roubos e acidentes alto
Alta disponibilidade	Alta emissão de poluentes
Elimina manuseio entre origem e destino	Alto Custo
Contratação e gerenciamento relativamente fáceis	Vias com infraestrutura deficitária

Fonte: Adaptado de Logística para todos, 2011.

Atualmente, o Brasil possui aproximadamente 1,66 milhões de kms de rodovias, sendo que 79,4 mil km são rodovias federais, 225,3 mil km são de rodovias estaduais. As rodovias que fazem ligação de um estado a outro do país, são definidas pela sigla BR seguidas de três algarismos, onde o primeiro algarismo indica o tipo de rodovia e os outros dois definem a direção da rodovia. As rodovias federais são administradas pelo governo federal ou concessionárias. Já as rodovias intermunicipais, ou seja, que interligam dois ou mais municípios, são de responsabilidade do estado e são definidas pela sigla do estado em que se localizam, como MG- 105, RJ- 200 (BRASIL, 2020).

O estado de Minas Gerais possui a maior rota rodoviária do Brasil, tendo aproximadamente 272,06 mil km de malha rodoviária, sendo 9,2 mil km de rodovias federais, 22,28 mil km de rodovias estaduais e 240,57 mil km de rodovias municipais, sendo que a grande maioria destas é pavimentada. A figura 1 exibe as rodovias de Minas Gerais.

Figura 1: Rodovias no estado de Minas Gerais



Fonte: Minas Gerais, 2014.

As principais rodovias de Minas Gerais são a BR 381 (Rodovia Fernão Dias), BR 040 (Rio de Janeiro- Belo Horizonte- Brasília), BR- 116 (Rio-Bahia), BR-262 (Vitória-Triângulo Mineiro).

Bencke, Perez e Armendaris (2017) afirmam que as rodovias são de fundamental importância para a sociedade, pois possibilitam o deslocamento de produtos e pessoas, interligam cidades, estados e países, permitem que a sociedade tenha acesso à trabalho, saúde, educação, o que estimula o desenvolvimento socioeconômico do país.

Por meio do uso de rodovias surgem diversas oportunidades para os mercados e consequentemente ocorre o aumento da geração de empregos, trazendo vantagens para o comércio e trabalhadores locais (SENNA, 2014).

De acordo com dados da Agência Internacional de Energia (2010) há a previsão de que até o ano de 2050 haverá um aumento de cerca de 60% das rodovias mundiais, o que significa um acréscimo de 25 milhões de km de rodovias pavimentadas. Esse fenômeno é

estimulado pela alta demanda de minerais, combustíveis fósseis, aumento de produção e vendas do comércio e principalmente do desenvolvimento socioeconômico dos países (LAURENCE, 2014).

Existem diversas classificações para as rodovias brasileiras, como a classificação feita através do estudo de tráfego, que correspondem a classificação funcional e técnica. Em relação à direção da rodovia, as rodovias federais são classificadas em radiais, longitudinais, transversais, diagonais e de ligação. A tabela 2 traz as características de cada tipo de rodovia.

Tabela 2: Características das rodovias federais

<b>TIPO DE RODOVIA</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>EXEMPLO</b>
Radial	Partem da Capital Federal (Brasília) em direção aos extremos do País.	BR-0XX	BR-040, BR-020, BR-070
Longitudinal	São as rodovias que cortam o Brasil de Norte a Sul.	BR-1XX	BR-101, BR-153, BR-174
Transversal	São as rodovias que cortam o país na direção Leste-Oeste.	BR-2XX	BR-230, BR-262, BR-290
Diagonal	Estas rodovias podem apresentar dois modos de orientação: Noroeste-Sudoeste ou Nordeste-Sudoeste.	BR-3XX	BR-381, BR-319, BR-365
Ligação	São as rodovias que apresentam-se em qualquer direção, geralmente ligando rodovias federais, ou pelo menos uma rodovia federal a cidades ou pontos importantes ou ainda nossas fronteiras internacionais.	BR-4XX	BR-401, BR-407, BR-470, BR-488

Fonte: Adaptado de Kutumi, 2018.

### 3.2 Etapas de construção da rodovia

O processo de construção de uma rodovia é lento e envolve diversos estudos para sua concepção. De acordo com Manzoli (2017) os principais estudos de um projeto rodoviário:

- Estudo de viabilidade técnica – econômica – financeira;
- Estudos topográficos;

- Estudos de tráfego;
- Estudos geológicos e geotécnicos;
- Estudos hidrológicos;
- Estudos ambientais.

Esses estudos visam garantir a viabilidade de construção da rodovia e conhecer suas características, como capacidade de tráfego, geometria da via, nível de serviço, entre outros.

Para que seja implantada uma rodovia é necessária a execução de uma grande lista de projetos de engenharia, com base nos estudos realizados previamente. Entre esses projetos podemos citar o projeto geométrico, projeto de terraplanagem, projeto de drenagem e projeto de pavimentação (MANZOLI, 2017).

Segundo Vicentini *et al.* (2019) o projeto geométrico de uma rodovia é constituído por um agrupamento de estudos, cálculos e levantamentos, com objetivo de assegurar a viabilidade técnica, econômica e social da rodovia. Uma das fases mais importantes do projeto geométrico é o estudo de traçado da rodovia, que determina quais são os melhores locais para a passagem da rodovia. O estudo do traçado é feito a partir de informações sobre a geomorfologia da região e caracterização geométrica.

O projeto de Terraplanagem é composto por um conjunto de obras de escavação, carga, transporte e descarga, espalhamento e compactação dos solos, cortes de taludes e aterros. A terraplanagem é responsável por dar ao terreno a forma da rodovia (DNIT, 2005).

De acordo com Pereira *et al.* (2015) a terraplanagem é a etapa do projeto de construção da rodovia que visa adequar o terreno às exigências definidas no projeto geométrico. De uma forma generalizada engloba os serviços de escavação dos materiais e a deposição e compactação desses materiais, operações conhecidas como corte e aterro respectivamente. A junção dessas duas operações viabiliza que a via tenha condições geométricas compatíveis com o tráfego da via e o tipo de veículo que por ela passa.

Segundo Rosa (2013) realiza-se a terraplanagem quando o terreno natural não apresenta as condições necessárias para que ocorra o tráfego de veículo. As áreas que precisam ser terraplanadas são aquelas que não apresentam condições de drenagem, não possuem resistência à carga de projetos, a curvatura não é adequada para que a visualização seja satisfatória, e inclinação muito alta, que pode inviabilizar o tráfego dos veículos no terreno ou diminuir o desempenho.

A terraplanagem dá-se início através da limpeza do terreno e da retirada de árvores, tocos, galhos, arbustos, raízes, capim, e quaisquer materiais que possam vir atrapalhar a construção de terraplanos. Desse modo, engloba serviços de roçada, destocamento,

empilhamento, carga e transporte de materiais (CARDOSO, 2010).

Conforme Pereira *et al.* (2015) os chamados serviços preliminares da terraplanagem compreendem o desmatamento, destocamento e a limpeza da área onde será implantada a rodovia. Na etapa de desmatamento são realizados o corte e a remoção de toda e qualquer vegetação. Já o destocamento envolve as ações de escavação e remoção dos tocos e da camada de solo orgânico. Em alguns casos é necessária a execução de outros serviços preliminares, como transferência de postes, retirada de cercas, demolição de muros e outras estruturas de alvenarias, a depender das características da área.

A retirada de vegetação nas operações de terraplanagem tem como objetivo aumentar a visibilidade e a segurança do trânsito na área, melhorar a qualidade da visão panorâmica, desobstruir a drenagem no local, e possibilitar o acesso de veículos e equipamentos ao local (SIMONETTI, 2010).

Segundo Cardoso (2010) os cortes realizados na terraplanagem compreendem as operações de escavação dos materiais do terreno natural, escavação para rebaixamento do leito, alargamento da via, escavação de fundação dos aterros e transporte dos materiais escavados para aterros ou bota-fora. Os aterros são os locais escavados que recebem os materiais para composição do corpo da rodovia, de acordo com as especificidades do projeto. No aterro são desenvolvidas atividades de compactação dos materiais depositados, aeração ou umedecimento desses materiais e a substituição de materiais retirados dos rebaixamentos de plataforma ou terrenos de fundação.

As atividades envolvidas no processo de terraplanagem requer o movimento de grandes volumes de solo, o que gera um intenso tráfego de veículo e impulsiona uma alta velocidade de fluxo, em razão da busca dos motoristas em aumentar a produtividade. A terraplanagem causa diversos impactos negativos à natureza e as pessoas que residem ao redor, pois devido a grande movimentação de solo envolvidas no processo, ocorre a formação de nuvens de poeira e lama, que possui interferência direta nos moradores e trabalhadores, além de causar processos erosivos (BRASIL, 1996).

Todos os processos realizados para construção de rodovias transformam o meio ambiente, seja no meio físico, biótico e socioeconômico, alterando o ambiente construído e natural, causando diversos impactos ambientais.

### **3.3 Impactos ambientais oriundos da construção da rodovia**

Segundo Silva, Felizmino e Oliveira (2015) apesar da construção de rodovias

oferecer diversas vantagens socioeconômicas, também produz diversos impactos negativos ao meio ambiente. Entre os impactos podemos citar desmatamento de vegetações, transformação do sistema de drenagem no local de construção, mortandade de animais, entre tantos outros.

De acordo com a Resolução CONAMA 001/86:

Art. 1 - Para efeito desta resolução considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais.

Desse modo podemos afirmar que qualquer atividade que seja exercida pelo ser humano que envolva recursos naturais irá causar algum impacto ao meio ambiente, podendo ser ele em benefício do meio ou em detrimento do meio. Entretanto, os impactos, em sua maioria, são de forma negativa, o que gera degradação e poluição da natureza (FERREIRA; MARTINS, 2017).

A norma ISO 14001 define impacto ambiental como sendo qualquer alteração do meio ambiente, seja ela benéfica ou maléfica, produto de atividades, produtos ou serviços praticados pela sociedade. No âmbito jurídico, são considerados impactos ambientais somente os efeitos decorrentes da ação humana, sendo assim, os efeitos naturais que causam modificações na natureza, como enchentes, terremotos e outros, não são considerados.

Nos dias atuais, a problemática ambiental tem obtido cada vez mais destaque nas discussões técnicas, científicas, políticas e na sociedade comum, em razão da divulgação das diversas implicações que são resultado da ação humana e que impactam a qualidade de vida da população (ALVES; MEDEIROS, 2016).

De acordo com Barbosa (2018) em razão da necessidade humana de preservar o meio ambiente e estabelecer uma relação saudável com a natureza, uma vez que a manutenção da sociedade depende diretamente da preservação dos recursos naturais, a questão ambiental tem sido cada vez mais relevante, urgente e importante para a sociedade.

Segundo Ferreira e Martins (2017) o desenvolvimento urbano e a implantação de empreendimentos lineares de infraestrutura de transporte, como rodovias e ferrovias, são as atividades que causam as maiores alterações no meio ambiente, e conseqüentemente os impactos ambientais mais preocupantes, pois afetam diversos meios na natureza.

As atividades executadas na construção de rodovias impactam significativamente o

meio ambiente e em razão da magnitude das ações, os impactos acometem os meios físicos e biológicos. Em razão disso, torna-se necessário identificar quais são os principais impactos causados pelas obras de implantação de rodovias, com o intuito de evitá-los (BARBOSA, 2018).

De acordo com Panazzolo *et al.* (2012) como visto anteriormente a construção de rodovias envolve a execução de diversas etapas até a sua finalização. Desse modo, os impactos ambientais são diferentes, em níveis e causa, de acordo com a etapa de execução da obra. Os impactos considerados mais relevantes são resultados das atividades exercidas nas fases de implantação e operação da rodovia, pois nelas são realizadas atividades como abertura de acesso de serviço, terraplanagem, pavimentação e drenagem. A tabela 3 mostra quais são as atividades da fase de implantação e operação que podem causar danos ao meio ambiente.

Tabela 3: Atividades causadoras de impactos ambientais

<b>Fase de Implantação</b>	<b>Fase de Operação</b>
Remoção da Vegetação	Geração de resíduo
Escavação e Terraplanagem	Alteração do ambiente sonoro
Criação de Espelhos d'água	
Estresse sobre a vegetação natural	

Fonte: Adaptado de Pazetti *et al.* 2018.

A gravidade dos impactos ambientais derivados de rodovias é influenciada diretamente pelas características da rodovia, como largura e uso das faixas de domínio, geometria da via, e também pelas características da área no qual ela é implantada (SILVA JÚNIOR; FERREIRA, 2008).

A construção de rodovias impacta o meio físico e biótico. Um dos meios físicos impactados por essas obras é o solo, pois podem diminuir a resistência do solo e provocar o surgimento ou intensificação dos processos erosivos, em razão da retirada de vegetação, práticas de impermeabilização e compactação do solo. Essas atividades impactam o solo, pois causam a movimentação e retirada de materiais terrosos rochosos, através da ação de agentes com a água da chuva e o vento. Os principais danos causados ao solo são erosão, assoreamento, modificação dos parâmetros físicos e químicos do solo, modificação da superfície geomorfológica, contaminação do solo (PANAZZOLO *et al.*, 2012). A figura 2 traz um exemplo de processo erosivo decorrente da construção de rodovias.

Figura 2: Processo erosivo decorrente da construção de rodovias



Fonte: DNIT, 2009.

De acordo com Lins *et al.* (2019) os danos às águas superficiais e subterrâneas ocorrem em razão da execução de aterros, pavimentação da via, circulação de veículos. A supressão da vegetação causa mudanças no processo de recarga de água subterrânea, o que acarreta a diminuição do fluxo das drenagens naturais. O solo exposto reduz a quantidade de água que será infiltrada.

Tucci (2012) afirma que o principal impacto causado pela construção de rodovias é a impermeabilização do solo, pois afeta o ciclo de água das chuvas. A impermeabilização do solo diminui a vegetação na área, diminui a capacidade de infiltração e amplia a capacidade de escoamento do solo, o que causa inundações e deslizamentos de terra.

De acordo com Rezende e Coelho (2015) os impactos da construção de rodovias afetam negativamente diversas esferas do meio ambiente, como solo, água, animais e ar. Os principais impactos são:

- Aumento de emissão de ruídos, poeira e gases;
- Início e aceleração de processos erosivos, carreamento de sólidos;
- Assoreamento da rede de drenagem, interferências com a qualidade das águas superficiais e subterrâneas;
- Alteração do curso d'água, com consequências para a vida aquática;
- Supressão de vegetação nativa;
- Alteração nos habitats e dos movimentos migratórios de alguns animais;
- Perda da biodiversidade causada pela fragmentação e isolamento de populações;

- Atropelamento de animais;
- Formação de ambientes propícios ao desenvolvimento de vetores.

A supressão da vegetação é a atividade causadora dos principais impactos ambientais nas etapas da construção, que afeta o meio físico e biótico. Ao limpar o terreno para construção da rodovia e instalação de canteiro de obras, a atividade impacta diretamente a biodiversidade do local, além de gerar outros danos, principalmente sobre a fauna. O desmatamento na faixa de domínio da via se configura como uma barreira entre os ambientes, prejudicando o fluxo de animais terrestres na via e contribuindo para alteração da paisagem, o que implica na fuga da fauna para locais mais seguros e possíveis atropelamentos ao atravessar a rodovia, o que muitas vezes resulta na morte desses animais, que na maioria das vezes são silvestres, como mostra a figura 3. As consequências dessa atividade são responsáveis pela perturbação do ecossistema e pela instabilidade ecológica (LINS *et al.*, 2019).

Figura 3: Morte de animal por atropelamento na BR-262



Fonte: Observatório Pantanal, 2020.

De acordo com Rezende e Coelho (2015) a construção de rodovias podem contribuir para a formação de áreas propícias ao surgimento de vetores de doenças como ratos e mosquitos, causados pela geração e acúmulo de lixo e de sucatas. A proliferação desses vetores pode causar diversas doenças à população que reside próximo à região, provocando danos à saúde desses.

Conhecendo os principais impactos ambientais decorrentes da implantação de rodovias, podemos buscar medidas que podem ser implantadas para evitar e/ou diminuir esses impactos e contribuir para a conservação do meio ambiente (BARBOSA, 2018).

### 3.3.1 Medidas mitigadoras

A construção de rodovias causa diversos impactos ambientais, no meio físico e biótico. Para que seu potencial poluidor seja reduzido é necessária a implantação de medidas mitigadoras, a fim de controlar os impactos causados nas diversas etapas de construção da rodovia.

Segundo Lins *et al.*, (2019) as medidas mitigadoras:

As medidas mitigadoras oferecem o contraponto às ações impactantes realizadas ou desencadeadas ao meio ambiente pelas atividades ligadas a construção e operação da rodovia. No caso do empreendimento em estudo, os impactos mais significantes identificados e analisados atingem ao solo, água, ar, fauna e flora. Portanto, no sentido de proteção ambiental, devem ser adotadas medidas que diminuam estes impactos ao mínimo possível, ou que isolem como forma de controle, restringindo-os à área do empreendimento e preservando o entorno (LINS *et al.*, 2019, p. 7).

Em razão da importância das rodovias para o crescimento socioeconômico da sociedade, e do constante crescimento da malha rodoviária mundial, é fundamental que sejam buscados meios de se prevenir os danos ambientais ou no mínimo minimizá-los (REZENDE; COELHO, 2015).

A tabela 4 traz algumas sugestões de ações mitigadoras, propostas por Lins *et al.* (2019) que podem ser adotadas para reduzir a magnitude dos impactos ambientais.

Tabela 4: Medidas mitigadoras de impactos ambientais de rodovias

Área de Impacto Ambiental	Medidas Mitigadoras
<b>Ar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Molhar as áreas expostas do solo ou em terraplenagem para diminuir a emissão de poeiras fugitivas;</li> <li>● Os veículos e equipamentos utilizados nas atividades devem receber manutenção preventiva para evitar emissões abusivas de gases e ruídos na área trabalhada;</li> <li>● Minimizar os níveis de ruídos a serem gerados durante a operação.</li> </ul>
<b>Solo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar a supressão vegetal somente quando estiver próximo do início das obras de terraplenagem, evitando que o terreno fique exposto aos agentes intempéricos por longo período;</li> <li>● No caso da identificação de processos erosivos não passíveis de controle, realizar a contenção e estabilização da erosão e investir em rede de drenagem;</li> <li>● Fazer o controle técnico e proteção do solo estocado.</li> <li>● Durante os trabalhos, devem ser adotadas práticas para evitar acidentes que possam comprometer a cobertura vegetal ou a qualidade dos solos das áreas de entorno, como incêndios, derramamento de óleos e disposição de materiais incompatíveis (entulhos de construção);</li> </ul>
<b>Vegetação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● A limpeza da área deverá ser restrita às áreas previstas e estritamente necessárias, de forma a impedir o aumento das áreas desmatadas;</li> <li>● As atividades de supressão vegetal e limpeza de terreno deverão se concentrar nos períodos mais secos. Tal procedimento tem como orientação a proteção de linhas de drenagens naturais e de áreas suscetíveis a processos erosivos e ainda a proteção da fauna;</li> <li>● Em hipótese alguma se deve proceder a queima do material vegetal gerado, por constituir extremo perigo a vegetação circundante;</li> <li>● A supressão vegetal deverá ser planejada e executada de forma conduzir a fauna para áreas vizinhas não habitadas;</li> <li>● Devem-se proibir os trabalhadores de qualquer atividade relacionada à coleta de espécies botânicas nas áreas próximas aos locais autorizados de supressão vegetal.</li> </ul>

Fonte: Lins *et al.*, 2019.

De acordo com Ferreira e Martins (2017) para reduzir os impactos referentes à fauna no ambiente de construção da rodovia devem ser adotadas algumas medidas como construção

de passagens sob a rodovia (para diminuir os atropelamentos), instalação de cercas (evitar que os animais transitem nas rodovias), instalação de placas de sinalização (indicar aos motoristas se há ou não tráfego de animais na área) e construção de lombadas (diminuir a velocidade de tráfego em áreas onde há presença de animais na via).

A implantação de medidas mitigadoras no processo de construção e funcionamento das rodovias é de fundamental importância para aumentar a sustentabilidade da via e potencializar seus efeitos benéficos à sociedade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As rodovias são de fundamental importância para o desenvolvimento econômico da sociedade, uma vez que através dela são transportados diversos tipos de materiais e pessoas e são ligadas cidades, estados e até países, como Brasil e Argentina (BENCKE; PEREZ; ARMENDARIS, 2017).

Apesar de não considerado o modal mais adequado, financeiramente falando, o modal rodoviário é o mais utilizado no Brasil, em razão da facilidade de transporte e flexibilidade. Também é o único modal que permite a entrega porta-a-porta. Assim como os outros modais, o modal rodoviário apresenta aspectos positivos e negativos, como aspectos positivos podemos citar a alta flexibilidade, utilização para transporte de qualquer tipo de carga, alta disponibilidade, fácil gerenciamento e contratação. Entre as desvantagens do uso do modal rodoviário estão limite de carga para transporte, alto custo e risco de roubos e acidentes (LOGÍSTICA..., 2011).

A grande utilização de rodovias faz com que haja a necessidade de construção de novas rodovias e melhorias nas existentes. Essa atividade demanda um alto investimento e causam diversos danos ao meio ambiente. Durante as etapas de construção de rodovias, como implantação, operação e pavimentação, são executadas algumas atividades que possuem um alto potencial degradador do meio ambiente. Como exemplo, temos a execução de limpeza do terreno de construção da via, processo de terraplanagem, instalação de canteiros de obras e abertura de vias de acesso, que movimentam grandes quantidades de terra (BARBOSA, 2018).

De acordo com Pannazolo *et al.* (2012) Tais atividades causam danos gravíssimos ao meio ambiente, que afetam solo, água, ar, fauna e vegetação da área. Os principais danos causados ao solo são a ocorrência de erosão próxima à via ou a intensificação da erosão já existente, perda de nutrientes do solo, lixiviação do solo, modificação do relevo, mudanças nos parâmetros físicos e químicos e a impermeabilização do solo, que se configura como o dano mais preocupador.

Tucci (2012) afirma que a impermeabilização do solo afeta diretamente o processo de recarga das águas subterrâneas, pois diminui a infiltração de água no solo. A diminuição de água subterrânea influencia o montante de água superficial, o que interfere na sua disponibilidade para consumo humano e animal. Outro problema causado pela impermeabilização do solo são as inundações e os deslizamentos de terra. No processo de construção, devido à alta movimentação de terra, a ocorrência de partículas de solo soltas no

ar é inevitável, o que gera a poluição do mesmo. A movimentação de máquinas, durante a construção, e de automóveis, após a finalização, também são causadores de poluição do ar, em virtude da queima de combustíveis fósseis, que liberam gás carbônico.

Entretanto, o dano ambiental mais preocupante é causado pela supressão da vegetação, pois a mesma interfere no meio físico (água, ar e solo) e biótico (fauna e flora). O desmatamento intensifica o processo erosivo e também a impermeabilização do solo, além de contribuir para a perda de habitats naturais dos animais, e em alguns casos até mesmo sua morte (LINS *et al.*, 2019).

Segundo Ferreira e Martins (2017) a retirada de vegetação para implantação da via gera impactos significativa na biodiversidade local, uma vez que atua como barreira entre às áreas da rodovia, o que causa obstáculos para que os animais circulem na área. A alteração da paisagem provocada pelo desmatamento destrói o habitat natural de diversas espécies, levando os animais a procurarem novos ambientes mais seguros para viverem. Nessa busca, ao atravessar a via, podem ocorrer atropelamentos que culminem na morte dos animais, que tem como consequência a instabilidade do ecossistema, principalmente se as espécies mortas encontrarem-se em extinção.

É incontestável que a construção de uma rodovia causa impactos de grande magnitude na natureza, porém, em virtude do seu alto potencial de desenvolvimento essas obras não podem ser impedidas de serem executadas. O que pode ser feito para reduzir a dimensão desses impactos é a adoção de medidas mitigadoras com intuito de evitar ou minimizar os impactos ambientais. A empresa responsável pela construção da rodovia tem como dever, social e ambiental, prezar pela prática de atividades que contribuam para a conservação da natureza (BARBOSA, 2018).

As medidas mitigadoras podem ser implantadas em todas as etapas de construção da rodovia e também no processo de manutenção da via. Entre as medidas podemos citar a molhagem da área expostas do solo para reduzir o lançamento de poeira, manutenção dos veículos utilizados na obra, para evitar a emissão de gases poluentes em excesso, realizar a supressão vegetal somente nas áreas necessárias, realizar contenção de processos erosivos, evitar o derramamento de óleos, depósito de materiais e queimadas, para que o solo não sofra alterações químicas e físicas e conseqüentemente não seja impermeabilizado, construção de passagens de animais sob a via, uso de cercas, placas e lombadas, locomoção dos animais da área para um ambiente seguro antes de realizar o desmate, entre outros (LINS *et al.*, 2019).

A execução de medidas mitigadoras contribui para que os benefícios socioeconômicos da construção de rodovias se sobreponham aos malefícios, que são gerados pela ocorrência de

impactos ambientais.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As rodovias são parte fundamental no processo de desenvolvimento econômico e social do país, e sua construção provoca diversos impactos positivos e negativos à sociedade. Os impactos positivos são a contribuição para aumento da produtividade, possibilidade de acesso à saúde e educação de qualidade, aumento da disponibilidade de emprego.

Os impactos ambientais causados nas diversas etapas de construção são bastante preocupantes, pois afetam o ar, o solo, a água, a fauna e a vegetação. Porém, em razão da sua importância, o que pode ser feito para reverter essa situação é o uso de medidas mitigadoras no processo de construção. As medidas mitigadoras têm como objetivo impedir os danos ao meio ambiente, quando possível, ou ao menos evitá-los.

Identificado a importância social e econômica das rodovias e, verificado que é inevitável que em seu processo de construção ocorram impactos ambientais, a empresa responsável, deve prezar pela promoção de atividades que evitem ou ao menos minimizem a magnitude do impacto.

Sendo assim, a construção de todas as rodovias deve ser planejada de modo a prevenir ou reduzir os impactos negativos sobre a biodiversidade animal, ecossistemas e vegetações nativas. Rodovias bem projetadas, que levam em consideração a questão ambiental, podem contribuir para a preservação da natureza, o que beneficia toda sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. B; MEDEIROS, F. S. Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente do rio espinharas no trecho urbano de Patos-Pb. **Redes: Revista do Desenvolvimento Regional**, Patos, PB, v. 21, n. 2, p.107-130, maio 2016. Semestral. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/7248>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental- especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro, 1997.

BARBOSA, A. S. Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais Passivos da Construção/Pavimentação de Rodovias, Apresentando suas Medidas Mitigadoras. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 3, Ed. 3, Vol. 4, pp. 39-53, Março 2018. ISSN: 2448-0959.

BENCKE, L. R.; PEREZ, A. L. F.; ARMENDARIS, O. C. Rodovias Inteligentes: uma visão geral sobre as tecnologias empregadas no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, 10(4), 80-102, 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 001 de 1986**. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF.1986.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO TRANSPORTE. **Rodovias Federais**. 2019. Disponível em: <<http://antigo.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>>. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Modal rodoviário brasileiro**. 2019.

CARDOSO, D.G. **Movimentação de terra em obras rodoviárias**: um estudo de caso de trechos do processo-MG, observados os aspectos da Engenharia Sanitária. Belo Horizonte, 2010. Monografia apresentada ao Curso de Especialização – lato sensu – em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA da Escola de Engenharia da UFMG.. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9ATH33/2/monografia\\_douglas.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9ATH33/2/monografia_douglas.pdf). Acesso em: 30 de outubro de 2020.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Atlas do Transporte 2006. Disponível em: <http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

DAMASCENO, J. O .L; ALVES, M. A. M. **Estudo dos impactos socioeconômicos e ambientais para implementação de uma rodovia**. Anápolis-Goiás, 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. **Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **Manual Rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambiental.** Brasília/DF.2009. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/>. Acesso em: 25 de outubro de 2020.

FERREIRA, R.S.B; MARTINS, R.A. **Os impactos ambientais provocados pela construção da duplicação da rodovia go 213 (morrinhos-caldas novas):** debilitando a passagem da fauna. I simpósio interdisciplinar em ambiente e sociedade os desafios e perspectivas na relação homem/natureza/sociedade no século XXI, 2017.

FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais:** aplicação aos sistemas de transporte. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2004. 250 p.

KUTUMI, K. K. **Uma contribuição para um novo plano rodoviário do estado Rio Grande do Norte.** Natal, RN, 2018. Disponível em: <http://monografias.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/6877/1/Infraestruturas-Rede%20rodovi%C3%A1ria-Planejamentos-Koutoutmi-Monografia.pdf.PDF>. Acesso em: 18 de setembro de 2020.

LAURANCE, B. **Global ‘roadmap’ shows where to put roads without costing the earth.** The Conversation. Ago. 2014. Disponível em: <https://theconversation.com/global-roadmap-shows-where-to-put-roads-without-costing-the-earth-30815>. Acesso em: 12 de setembro de 2020.

LINS, E. A. M. *et al.* **Análise dos impactos ambientais em uma rodovia – estudo de caso da PE – 063.** 2º Congresso Sul-americano de Resíduos e Sustentabilidade, Foz do Iguaçu-PR, 2019.

LOGÍSTICA PARA TODOS. **Os cinco (05) modais de transporte.** 2011. Disponível em: <http://logisticaparatodos-com-b.webnode.com.br/>>. Acesso: 18 de setembro de 2020.

MANZOLI, A. **Projeto de estradas.** Universidade estadual Paulista. 2017. Disponível em: <https://engenhariacivildsp.flies.wordpress.com/207/09/aula7.pdf>. Acesso em: 08 de agosto de 2020.

MINAS GERAIS. **Rodovias do estado de minas gerais.** 2014. Disponível em: <http://www.mg.gov.br/conheça-minas/rodovias>. Acesso em: 18 de setembro de 2020.

OBSERVATÓRIO PANTANAL. **Animais mortos por atropelamento na BR-262 se tornam cena recorrente.** 2020. Disponível em: <http://observatoriopantanal.org/2020/03/04>. Acesso em: 2 de novembro de 2020.

PANAZZOLO, A. P; *et al.* **Gestão ambiental na construção de rodovias - O caso da BR-448 - Rodovia do Parque.** 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012.

PAZETTI, C. F; *et al.* **Ações mitigadoras e compensatórias dos impactos ambientais nas fases de implantação e operação de parque ambiental: um estudo de caso.** 2º Congresso Sul-americano de resíduos e sustentabilidade, Foz do Iguaçu- PR, 2019.

PEREIRA, D.M. **Introdução à terraplanagem**. Universidade Federal do Paraná- Setor de Tecnologia, Departamento de Transportes. Curso: Engenharia Civil, Disciplina: TT-401 - INFRAESTRUTURA VIÁRIA, 2015.

REZENDE, E. N.; COELHO, H. A. **Impactos Ambientais Decorrentes da Construção de Estradas e suas Consequências na Responsabilidade Civil**. RVMD, Brasília, V. 9, nº 2, p. 155-180, Jul-Dez, 2015.

ROSA, R. A. **Estradas de rodagem- Terraplanagem**. Curso de Engenharia Civil. UFES- Espírito Santo, 2013. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/12-terraplanagem.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2020.

SENNÁ, L. A. S. **Economia e Planejamento dos Transportes**. Elsevier Editora Ltda. Rio de Janeiro, 2014.

SILVA JÚNIOR, S. B; FERREIRA, M. A. G. **Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos na percepção dos pedestres**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (1): 221-237, jun. 2008.

SILVA, D. D. E.; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da Degradação Ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares - PB. **Revista Holos, Ano 31, Vol. 8**, p. 148-165, 2015.

SIMONETTI, H. **Estudo de impactos ambientais gerados pelas rodovias: sistematização do processo de elaboração de EIA/RIMA**. Porto Alegre, 2010. 57p.

SOARES, R. P.; CAMPOS NETO, C. A. S. **Das concessões rodoviárias às parcerias público-privadas: preocupação com o valor do pedágio**. Brasília: Ipea, 2006 (Texto para Discussão, n. 1186).

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**. Ciência e aplicação. UFRGS Editora. BR. 2012. 943p.

VICENTINI, D; *et al.* **Projeto Geométrico de Rodovias**. Curso de Engenharia Civil, Infraestrutura Viária, DTT/UFPR, 2019.