

# ESTIMATIVA DA DEMANDA DE FLUXO DE TRÁFEGO DA RODOVIA BR 415 PARA UM HORIZONTE FUTURO DE DEZ ANOS A PARTIR DE 2018

[\[ver artigo online\]](#)

Niel Nascimento TEIXEIRA<sup>1</sup>

Elaine Silva COUTINHO<sup>2</sup>

João Ribeiro Santana VIEIRA<sup>3</sup>

## RESUMO

O estudo de tráfego é fundamental no quantitativo de veículos que transitam numa rodovia, por um determinado período. Este artigo apresenta o estudo de tráfego da BR 415 km 14, Rodovia Jorge Armado, analisando a capacidade da rodovia atual e a demanda futura para dez anos, identificando o nível de serviço e a classe funcional, o volume médio diário, para determinar a demanda da rodovia. Foi utilizado o Método do Highway Capacity (HCM) para rodovias de pista simples. O método consiste em classificar o nível de serviço através da percentagem do tempo gasto seguindo e a velocidade média de viagem da rodovia em análise. O volume de tráfego da rodovia foi elevado, acima de 10000 veículos por dia. A rodovia opera no limite da sua capacidade, há dificuldades de manobras, velocidades reduzidas e o volume de trafego é instável, ocasionando, às vezes, congestionamentos.

**Palavras-chave:** Estudo de tráfego; Método do Highway Capacity; Nível de serviço.

## EVALUATION AND PROJECTION OF TRAFFIC DEMAND FOR RODOVIA BR 415 KM 14, FOR A TEN-YEAR HORIZON

### ABSTRACT

The study of traffic is fundamental in the quantitative of vehicles that transit in a highway, for a certain period. This article presents the BR 415 km 14 traffic study, Jorge Armado Highway, analyzing the current highway capacity and future demand for ten years, identifying the service level and the functional class, the average daily volume, to determine the demand of the highway. The Highway Capacity Method - HCM - was used for single lane highways. The method consists in classifying the level of service by the percentage of time spent following and the average speed of travel of the highway under analysis. The volume of traffic on the highway was high, over 10,000 vehicles per day. The highway operates at the limit of its capacity, there are difficulties of maneuvers, reduced speeds and the volume of traffic is unstable, sometimes causing congestion.

**Keywords:** Traffic study; Highway Capacity Method; Service level..

- 1 Doutor em Ciências Geodésicas (UFPR); Professor Titular-Pleno da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) – Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais (DCAA), Ilhéus/Bahia. Contato: nnteixeira@uesc.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3047-8932>.
- 2 Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus/Bahia. Contato: escoutinho17@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6260-8853>.
- 3 Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus/Bahia Contato: joaorsvieira@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-7653-1201>.



## 1. INTRODUÇÃO

A lei 12379/2011, que relata sobre o SNV – Sistema Nacional de Viação, as rodovias podem ser classificadas de acordo com sua posição geográfica (LEE, 2015):

- Rodovias radiais são rodovias que têm uma extremidade em Brasília, e outra extremidade noutro ponto do país
- Rodovias longitudinais são rodovias que crescem no sentido Norte- Sul do país.
- Rodovias Transversais, compreendendo as rodovias cujos traçados se desenvolvem segundo a direção geral Leste – Oeste;
- Rodovias Diagonais, são rodovias que desenvolvem nas direções gerais Noroeste – Sudeste (chamadas de Rodovias Diagonais Pares) e Nordeste – Sudoeste (chamadas de Rodovias Diagonais Ímpares);
- Rodovias de Ligação, categoria que incorpora as rodovias que não se enquadram nas categorias anteriores, são orientadas em qualquer direção e ligam pontos importante de duas ou mais rodovias federais.

As federais são designadas pelo símbolo “BR”, seguido de três algarismo, o primeiro algarismo corresponde a categoria das rodovias e pode ser:

- 0 (zero) para as rodovias radiais;
- 1 (um) para as rodovias longitudinais;
- 2 (dois) para as rodovias transversais;
- 3 (três) para as rodovias diagonais;
- 4 (quatro) para as rodovias de ligação.

Os outros dois algarismos são relacionados com a posição geográfica da rodovia em comparação com a capital federal, rodovias ao norte da capital variam de 0 a 50, enquanto que as rodovias ao sul variam de 51 a 99.

A rodovia BR 415, é uma rodovia de ligação, liga a cidade de Vitória da Conquista ao porto e aeroporto de Ilhéus, bem como à rodovia BR 101, que é uma rodovia longitudinal. O trecho possui 10 pontos de acesso por quilometro, sendo rodovia de pista simples, com largura de pista e de acostamento de 3,60 m e 2,5 m (COUTINHO, 2018).

Este artigo objetiva-se analisar a capacidade de tráfego nesta Rodovia, também chamada de Rodovia Jorge Amado, uma vez que a quantidade elevada de veículos na mesma restringe significativamente a velocidade, dificulta ultrapassagens em locais permitidos, e exige maior concentração dos motoristas. Avaliar e estimar a demanda do fluxo de tráfego desta Rodovia para um horizonte futuro de 10 anos, compreendidos entre 2018 a 2028. Por último, classificar-se-á a rodovia quanto aos níveis de serviços atual e futuro.

## **2 REVISÃO TEÓRICA**

O estudo de tráfego é um dos fatores determinantes na constatação do quantitativo de veículos que transitam numa via, por um determinado período. Os dados gerados pelo cenário atual da via são fundamentais tanto para o planejamento futuro da rodovia como também para estimar a capacidade da rodovia no horizonte de projeto de 10 anos (DNER, 2006).

### **2.1. CLASSE FUNCIONAL**

Segundo o Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER, 1999, p. 15) “A classificação funcional é o processo pelo qual as vias são agrupadas hierarquicamente em subsistemas, conforme o tipo de serviço que oferecem e a função que exercem.” Os sistemas de rodovias são classificados funcionalmente, de acordo com seus níveis de mobilidade e acessibilidade, da seguinte maneira:

- Sistema arterial;
- Sistema coletor;
- Sistema local.

O sistema arterial é dividido em arterial principal, arterial primário e arterial secundário. As rodovias classificadas como arteriais principais, são utilizadas para viagens internacionais e interregionais. Essas rodovias têm a principal função de mobilidade e velocidade de tráfego de 60 a 120 km/h (DNER, 1999).

O sistema arterial primário, proporciona um fluxo contínuo, livre de interrupção, as rodovias servem as viagens interregionais e interestaduais, atendendo à função de mobilidade, com velocidade de 50 a 100 km/h (DNER, 1999).

As rodovias do sistema arterial secundário tem velocidade permitida de 40 a 80 km/h, são efetivas a viagens intraestaduais. (DNER, 1999).

O sistema coletor tem como função atender a demanda intermunicipal e centros geradores de menor intensidade, que não são servidos pelo sistema arterial. (DNER, 1999).

Sistema coletor primário tem como função: a) acesso a centros importantes de tráfego; b) Refugiar os fluxos principais de tráfego intermunicipal. Já o sistema coletor secundário tem como função: a) Dar acesso às grandes áreas de baixa população, onde não existe coletoras primárias ou rodovias arteriais; b) Ser elo entre o sistema coletor primário ou com o sistema arterial. Detalhes podem ser visto em DNER (1999, p. 18).

As rodovias do sistema local são de pequena extensão, com função exclusivamente para acesso ao tráfego intra-municipal de áreas rurais e de pequenas localidades às rodovias de nível superior, a velocidade permitida é de 20 a 50 km/h (DNER, 1999).

## 2.2. CLASSE TÉCNICA

As rodovias são incorporadas em cinco classes, de 0 a IV, quanto menor for o número da rodovia, maior o grau de exigência. A posição hierárquica dentro da classificação funcional, cresce no sentido de menor para o maior nível de mobilidade e acessibilidade no tráfego, alguns trechos podem ser influenciados pelo volume de tráfego predominante (DNER, 1999).

As rodovias de Classe 0 ou Classe Especial, são rodovias de alto padrão, possui mais de uma via expressa, os cruzamentos são todos em desnível, total controle de acesso e bloqueio de pedestre (SANTOS, 2013).

De acordo com Santos (2013), a Classe IA rodovia de pista dupla, o acesso parcialmente controlado, o terreno é montanhoso ou ondulado em níveis de serviços menores que C, e terreno plano ou ondulado em níveis de serviço inferior a D.

Rodovias de padrão alto de pista simples são da Classe IB, o volume de tráfego de projeto é menor do que o estabelecido para Classe IA sendo superior a 200 veículos horários bidirecionais ou um Volume Médio Diário (VMD) bidirecional de 1400 veículos mistos (SANTOS, 2013).

Os projetos devem seguir os critérios da classe de projeto, adequado a classe funcional da rodovia. Porém, uma rodovia de classe funcional inferior poderá ser classificada numa classe de projeto superior, devido ao volume de tráfego projetados (DNER, 1999).

## 2.3. CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO

### 2.3.1. Definição de Capacidade

De acordo Demarchi e Setti (2000, p. 7) “a capacidade é definida para condições predominante de tráfego, de controle e da geometria viária, ou seja, tais condições devem ser razoavelmente constantes para um determinado segmento e rodovia analisado.” Trecho de rodovias que possuem características diferentes, possui capacidades distintas.

Para projetos de rodovias uma precisão mais baixa é suficiente, pois os dados sobre o tráfego são frequentemente estimados para um período de 10 a 20 anos futuros e envolvem não apenas volumes aproximados de tráfego, mas também cálculos aproximados de fatores como composição de tráfego e padrões de movimentação (DNER, 1999).

As taxas de fluxo são organizadas para um curso de tráfego hipotética, desenvolvida só por automóveis, o Manual de Capacidade Rodoviária (Highway Capacity Manual – HCM) classifica carro de passeio equivalentes (cp), as taxas são fluxos equivalentes, e implícito em carros de passeio por hora (cp/h). A medida que a velocidade diminui a taxa de fluxo direcional aumenta, sendo 3200 cp/h a capacidade da pista simples nos dois sentidos, ou 1700 cp/h para sentido único (DEMARCHI & SETTI, 2000).

### 2.3.2 Nível de Serviço

De acordo com HCM, nível de serviço é uma qualificação das condições operacionais na rodovia, que avalia a velocidade, tempo de viagem, interrupções de tráfego, liberdade de ultrapassagem e conforto, e esse nível é mantido constante, até atingir o volume máximo, e é denominado volume de serviço (DEMARCHI & SETTI, 2000).

Os níveis variam de A a F, o nível A corresponde as melhores condições de tráfego e o nível F péssimas condições tráfego, há congestionamento e poucas possibilidades de manobras.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte -DNIT, convencionou os níveis de serviços para atender o projeto de uma rodovia com a importância da via de acordo com o quadro a seguir (SANTOS, 2013):

Quadro 1: Seleção do nível de serviço no projeto de rodovias rurais.

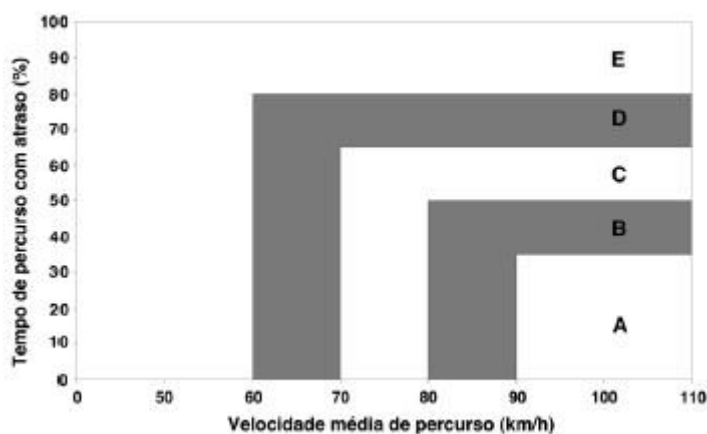
Tipo de Rodovia	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Via Expressa	B	B	C
Via Arterial	B	B	C
Coletora	C	C	D
Local	D	D	D

Fonte: DNER, 1999.

O nível B, é o fluxo razoavelmente livre, mas com velocidades começando a diminuir devido às condições do tráfego, está presente nas rodovias do tipo expressas e arterial, em terrenos ondulado e plano. O nível C, zona de fluxo estável, entretanto com restrições quanto à liberdade dos motoristas de escolher sua própria velocidade, o tipo de rodovia é a via expressa e arterial em terreno montanhoso, e coletora em terrenos plano e ondulado. Nível D aproximando-se de fluxo instável, os motoristas têm pouca liberdade de manobras, terreno montanhoso na rodovia coletora e local nos terrenos montanhoso, plano e ondulado (DNER, 1999).

Para determinar o nível de serviço de rodovias de pista simples, é necessário a determinação de duas variáveis em função da classe da via, que são: a) a velocidade média de viagem de percurso ou Velocidade Média de Viagem - VMV (km/h); b) o tempo de percurso com atraso ou Percentagem De Tempo Gasto Seguindo - PTGS (%), que podem ser vistos na Figura 1:

Figura 1: Determinação do nível de serviço em rodovias de pista simples da Classe I.



Fonte: DNER, 1999.

#### 2.4. DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO FUTURO

A função da determinação do tráfego futuro é indicar elementos para a análise da viabilidade econômica e dimensionamento do projeto.

A função do período de análise é ter informações para o dimensionamento do projeto e para análise econômica. No dimensionamento é necessário considerar a vida útil da rodovia, ou seja, o tempo de duração média do pavimento, pois é o elemento de menor tempo de duração, usualmente adota-se um período de 15 anos. Para dimensionamento das interseções, adota-se um período de 10 anos a partir da abertura prevista do tráfego (DNIT, 2006).

Para projeção do tráfego com base em séries históricas, as amostras de tráfego empregam normalmente previsão de uma situação futura, A projeção com séries históricas baseia-se em extrapolação de tendências e proporciona uma limitação o fato de isolar a evolução do tráfego.

Há três técnicas comuns nesses casos: a utilização de curvas representando uma progressão geométrica ou exponencial, uma progressão aritmética e de curvas do tipo logístico. A mais usada é a variação exponencial, por ser a mais provável para períodos curtos ou de média duração (DNIT, 2006).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. COLETA DE DADOS

A Coleta de dados foi realizada nos dias 05, 09 e 10 de outubro de 2017, a contagem foi manual, no período de 12 horas por dia, das 07:00 h às 19:00h, no intervalo de 15 minutos, conforme o formulário de contagem e tráfego do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT.

O formulário classifica três categorias de veículos, automóveis, ônibus e caminhões. Motocicletas e carros foram contabilizados na categoria auto, ônibus e micro-ônibus na categoria ônibus e os caminhões leves, médios e pesados foram classificados como caminhões.

#### 3.2. NÍVEL DE SERVIÇO EM RODOVIAS DE PISTA SIMPLES

##### 3.2.1. Estimativa da Velocidade em Fluxo Livre

A velocidade em fluxo livre de rodovias de pistas simples é estimada através da velocidade em regime livre base, e são diminuídos com correções que atendem as características geométricas da rodovia em estudo. Através da equação a seguir:

$$VFL = BVFL - f_{fa} - f_a \quad (1)$$

Onde,

*VFL*: estimativa da velocidade de fluxo livre (km/h);

*BVFL*: valor básico da velocidade de fluxo livre (km/h);

*f<sub>fa</sub>*: fator de ajustamento de largura de faixa e de acostamento, determinado a partir do

Quadro 2



$f_a$ : fator de ajustamento devido aos pontos de acesso, determinado a partir do Quadro 3:

**Quadro 2:** Ajuste devido à largura das faixas e dos acostamentos  $f_{fa}$ .

Largura da faixa (m)	Largura do acostamento (m)			
	$\geq 0,0 < 0,6$	$\geq 0,6 < 1,2$	$\geq 1,2 < 1,8$	$\geq 1,8$
$2,7 < 3,0$	10,3	7,7	5,6	3,5
$\geq 3,0 < 3,3$	8,5	5,9	3,8	1,7
$\geq 3,3 < 3,6$	7,5	4,9	2,8	0,7
$\geq 3,6$	6,8	4,2	2,1	0,0

Fonte: (DNIT, 2006).

**Quadro 3:** Ajuste devido aos pontos de acesso  $f_a$

Ponto de acesso por m (bidirecional)	Redução na VFL (km/h)
0	0
10	4,02
20	8,04
30	12,07
$\geq 40$	16,09

Fonte: (DNIT, 2006).

### 3.2.2 Determinação dos fluxos de tráfego

É necessário fazer ajustamentos nos fluxos de tráfego em função do Fator de Hora de Pico (FHP), fator do greide ( $f_G$ ) e o fator de veículos pesados ( $f_{vp}$ ), o ajuste da demanda é obtido utilizando a equação a seguir:

$$V_p = \frac{V}{FHP * f_G * f_{vp}} \quad (2)$$

Onde:

$V_p$ : volume horário dos 15 minutos mais carregados da hora de pico, em carros de passeio equivalentes (ucp/h);

$V$ : volume da hora de pico em tráfego misto (veic/h);

$f_G$ : fator de ajustamento de greide;

$f_{vp}$ : fator de ajustamento de veículos pesados.

$FHP$ : fator de hora de pico, que é encontrada através da equação a seguir:

$$FHP = \frac{V}{4 \cdot v_{15}} \quad (3)$$

Onde:

$V$ : Volume da hora de pico em tráfego misto (veic/h);

$v_{15}$  Volume do período de 15min de pico dentro da hora de pico (veic/h).

O fator de ajustamento de greide  $f_g$ , leva em conta o efeito do terreno na determinação de velocidades e de tempo gasto seguindo, pode ser observado na figura a seguir:

Figura 2: Fator de ajustamento de greide para determinação de velocidades em rodovias de pista simples para dois e um sentido separadamente  $f_G$ .

Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de terreno	
		Plano	Ondulado
0 – 600	0 – 300	1,0	0,71
> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	0,93
> 1200	> 600	1,0	0,99

Fonte: (DNIT, 2006).

Para o cálculo do fator de ajustamento e veículos pesados são considerados dois tipos: Caminhões (C) que também incluem os ônibus, e Veículos de recreio (VR). Seus equivalentes em carros de passeio podem ser obtidos nas Quadro 4 e Quadro 5:

Quadro 4: Equivalentes em carros de passeio para determinação de velocidades para dois e um sentido separadamente  $E_C$  e  $E_{VR}$

Tipo de veículo	Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de Terreno	
			Plano	Ondulado
Caminhão ( $E_C$ )	0 – 600	0 – 300	1,7	2,5

	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,2	1,9
	> 1200	> 600	1,1	1,5
Veículos de recreio ( $E_{VR}$ )	0 – 600	0 – 300	1,0	1,1
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	1,1
	> 1200	> 600	1,0	1,1

Fonte: (DNIT, 2006).

Quadro 5: Equivalentes em carros de passeio para determinação de percentual de tempo para dois e um sentido separadamente  $E_c$ ,  $E_{VR}$ .

Tipo de veículo	Volume horário nos dois sentidos (ucp/h)	Volume horário em um sentido (ucp/h)	Tipo de Terreno	
			Plano	Ondulado
Caminhão ( $E_c$ )	0 – 600	0 – 300	1,1	1,8
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,1	1,5
	> 1200	> 600	1,0	1,0
Veículos de recreio ( $E_{VR}$ )	0 – 600	0 – 300	1,0	1,0
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1,0	1,0
	> 1200	> 600	1,0	1,0

Fonte: (DNIT, 2006).

Após determinar o  $E_c$  e  $E_{VR}$  determina-se o fator de ajustamento para veículos pesados  $f_{vp}$  é calculado pela equação a seguir:

$$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_c(E_c - 1) + P_{vr}(E_{vr} - 1)} \quad (4)$$

Onde,

$P_c$ : proporção de caminhões e ônibus na corrente de tráfego, em decimal;

$P_{vr}$ : proporção de veículos de recreio na corrente de tráfego, em decimal;

$E_c$ : equivalentes de caminhões e ônibus em carros de passeio;

$E_{vr}$ : equivalentes de veículos de recreio em carros de passeio.

Em seguida calcula-se a velocidade média de viagem :

$$VMV = VFL - 0,0125 v_p - f_{up} \quad (5)$$

Onde:

$VMV$ : velocidade média de viagem para ambos os sentidos (km/h);

$VFL$ : velocidade de fluxo livre (obtida da equação 1);

$V_p$ : volume horário dos 15 minutos mais carregados da hora de pico, em carros de passeio equivalentes (ucp/h);

$f_{up}$ : fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida.

Figura 3: Fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida em rodovias de pista simples  $f_{up}$ .

Fluxo nos dois sentidos	Redução da velocidade média de viagem (km/h)					
	Zonas de ultrapassagem proibida (%)					
$V_p$ (ucp/h)	0	20	40	60	80	100
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200	0,0	1,0	2,3	3,8	4,2	5,6
400	0,0	2,7	4,3	5,7	6,3	7,3
600	0,0	2,5	3,8	4,9	5,5	6,2
800	0,0	2,2	3,1	3,9	4,3	4,9
100	0,0	1,8	2,5	3,2	3,6	4,2
1200	0,0	1,3	2,0	2,6	3,0	3,4
1400	0,0	0,9	1,4	1,9	2,3	2,7
1600	0,0	0,9	1,3	1,7	2,1	2,4
1800	0,0	0,8	1,1	1,6	1,8	2,1
2000	0,0	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8
2200	0,0	0,8	1,0	1,4	1,5	1,7
2400	0,0	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7
2600	0,0	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6
2800	0,0	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4
3000	0,0	0,8	0,9	1,1	1,1	1,3
3200	0,0	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1

Fonte:(DNIT, 2006).

Para se obter a percentagem de tempo gasto seguindo (PTGS), deve-se primeiramente estimar o valor básico da PTGS, a BPTGS, isso é feito a partir das equações (6) e (7):

$$BPTGS = 100 (1 - e^{-0,000879V_p}) \quad (6)$$

$$PTGS = BPTGS + f_{d/up} \quad (7)$$

Onde,

*PTGS*: porcentagem de tempo gasto seguindo;

*BPTGS*: valor básico da porcentagem de tempo gasto seguindo;

*f<sub>d/up</sub>*: fator de ajustamento para efeito combinado da distribuição do tráfego por sentido e das porcentagens das zonas de ultrapassagem proibida (determinado a partir do Quadro 6).

Quadro 6: Fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida para rodovias de pistas simples *f<sub>d/up</sub>*.

Fluxo nos dois sentidos	Redução da velocidade média de viagem (km/h)					
	Zonas de ultrapassagem proibida (%)					
V <sub>p</sub> (ucp/h)	0	20	40	60	80	100
<b>Distribuição por sentido = 50/50</b>						
≤ 200	0,0	10,1	17,2	20,2	21,0	21,8
400	0,0	12,4	19,0	22,7	23,8	24,8
600	0,0	11,2	16,0	18,7	19,7	20,5
800	0,0	9,0	12,3	14,1	14,5	15,4
1400	0,0	3,6	5,5	6,7	7,3	7,9
2000	0,0	1,8	2,9	3,7	4,1	4,4
2600	0,0	1,1	1,6	2,0	2,3	2,4
3200	0,0	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4
<b>Distribuição por sentido = 60/40</b>						
≤ 200	1,6	11,8	17,2	22,5	23,1	23,7
400	0,5	11,7	16,2	20,7	21,5	22,2
600	0,0	11,5	15,2	18,9	19,8	20,7
800	0,0	7,6	10,3	13,0	13,7	14,4
1400	0,0	3,7	5,4	7,1	7,6	8,1
2000	0,0	2,3	3,4	3,6	4,0	4,3
≥ 2600	0,0	0,9	1,4	1,9	2,1	2,2
<b>Distribuição por sentido = 70/30</b>						
≤ 200	2,8	13,4	19,1	14,8	25,2	25,5
400	1,1	12,5	17,5	22,0	22,6	23,2
600	0,0	11,6	15,4	19,1	20,0	20,9
800	0,0	7,7	10,5	13,3	14,0	14,6
1400	0,0	3,8	5,6	7,4	7,9	8,3
≥ 2000	0,0	1,4	4,9	3,5	3,9	4,2

<b>Distribuição por sentido = 80/20</b>						
≤ 200	5,1	17,5	24,3	31,3	31,3	31,6
400	2,5	15,8	21,5	27,6	27,6	28,0
600	0,0	14,0	18,6	23,2	23,9	24,5
800	0,0	9,3	12,7	16,0	16,5	17,0
1400	0,0	4,6	6,7	8,7	9,1	9,5
≥ 2000	0,0	2,4	3,4	4,5	4,7	4,9
<b>Distribuição por sentido = 90/10</b>						
≤ 200	5,6	21,6	29,4	37,2	37,4	37,6
400	2,4	19,0	25,6	32,2	32,5	32,8
600	0,0	16,3	21,8	27,2	27,6	28,0
800	0,0	10,9	14,8	18,6	19,0	19,4
≥ 1400	0,0	5,5	7,8	10,0	10,4	10,7

Fonte: (DNIT, 2006).

### 3.2.3 Determinação do Nível de Serviço

Compara-se o fluxo de tráfego  $v_p$  em ucp/h com a capacidade de uma rodovia de pista simples que é de 3200 ucp/h bidirecional e 1700 ucp/h em uma direção. Se  $v_p$  é maior que a capacidade da rodovia está no nível saturado, Nível F.

Quando uma rodovia de pista simples tem fluxo menor do que à capacidade o Nível de Serviço é determinado um ponto com abscissa igual à velocidade média de viagem ( $VMV$ ) e ordenada igual à percentagem de tempo gasto seguindo ( $PTGS$ ) na Figura 1.

### 3.3. PROJEÇÃO DA DEMANDA DA RODOVIA PARA UM HORIZONTE DE DEZ ANOS (2018 – 2028)

A Projeção Geométrica, também chamada de Projeção Exponencial, admite que o volume de tráfego cresce segundo uma progressão geométrica, em que o primeiro termo é o volume inicial e a razão é o fator de crescimento anual. Por falta de informações das variáveis socioeconômicas, é comum adotar uma taxa de crescimento anual de 3%, que é próxima da taxa de crescimento do país:

$$V_n = V_o(1,03)^n \quad (8)$$

Onde,

$V_n$ : é o volume de tráfego no ano  $n$ ;

$V_o$ : é o volume de tráfego inicial;

$n$ : é o ano futuro de estudo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 DETERMINAÇÃO DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO

Para determinar o fluxo da rodovia é necessário identificar todos os tipos de veículos, qualificar as classes e estabelecer o tamanho veículos dentro de casa classe, as classes do trabalho são: Carro de passeio (CP), Ônibus (O), Caminhão (C) e número total de veículos equivalentes (TE), os carros de passeio tem peso 1 veículo equivalente, ônibus tem peso 1,5 veículo equivalente e caminhão tem peso de 1,5 veículo equivalente (DNIT, 2006).

Nos quadros a seguir encontram-se os volumes de tráfego para os trechos 1 e 2 nos três dias de coletas:

Quadro 7: Volumes de tráfego no dia 05 de out. de 2017.

Horário		Sentido Crescente			Sentido Decrescente			Total os dois sentidos
		Automó- vel	Ôni- bus	Cami- nhão	Automó- vel	Ôni- bus	Cami- nhão	
07:00	07:15	85	8	5	93	10	9	210
07:15	07:30	145	7	7	126	10	6	301
07:30	07:45	143	3	0	154	10	10	320
07:45	08:00	156	3	15	163	9	8	354
08:00	08:15	136	1	12	125	4	13	291
08:15	08:30	51	1	3	152	2	9	218
08:30	08:45	97	8	8	125	1	9	248
08:45	09:00	145	4	9	112	3	15	288
09:00	09:15	84	3	8	114	2	12	223
09:15	09:30	75	2	7	118	2	18	222
09:30	09:45	80	3	8	95	4	14	204
09:45	10:00	86	3	8	58	2	7	164
10:00	10:15	86	3	7	51	2	12	161
10:15	10:30	125	3	14	81	3	11	237
10:30	10:45	62	3	7	81	2	3	158
10:45	11:00	77	3	7	66	4	6	163

11:00	11:15	85	4	5	75	1	7	177
11:15	11:30	72	3	15	102	4	11	207
11:30	11:45	72	2	5	67	2	5	153
11:45	12:00	60	4	5	77	2	10	158
12:00	12:15	89	7	6	83	6	14	205
12:15	12:30	52	2	5	102	6	7	174
12:30	12:45	56	7	7	96	2	11	179
12:45	13:00	81	2	4	133	4	9	233
13:00	13:15	75	2	2	119	5	10	213
13:15	13:30	78	15	5	122	5	7	232
13:30	13:45	63	5	2	120	3	7	200
13:45	14:00	90	4	21	116	4	6	241
14:00	14:15	82	6	0	107	6	4	205
14:15	14:30	77	3	3	87	2	8	180
14:30	14:45	83	7	4	117	2	16	229
14:45	15:00	80	6	7	129	5	15	242
15:00	15:15	77	2	6	76	0	6	167
15:15	15:30	109	5	9	85	5	12	225
15:30	15:45	73	2	7	95	5	5	187
15:45	16:00	71	4	7	109	6	6	203
16:00	16:15	93	4	9	80	2	13	201
16:15	16:30	81	6	5	128	6	7	233
16:30	16:45	117	3	7	116	5	6	254
16:45	17:00	106	5	11	80	3	5	210
17:00	17:15	89	2	10	130	3	11	245
17:15	17:30	116	2	10	123	5	13	269
17:30	17:45	124	2	8	132	7	8	281
17:45	18:00	119	8	11	97	5	6	246
18:00	18:15	98	3	5	115	3	5	229
18:15	18:30	123	8	11	109	4	2	257
18:30	18:45	89	8	11	132	9	4	253
18:45	19:00	108	2	8	59	17	5	199
Total		4421	203	356	5032	214	423	10649

Fonte: Os autores (2022).

Quadro 8: Volumes de tráfego no dia 09 de out. de 2017.

Horário		Sentido Crescente			Sentido Decrescente			Total dois sentidos
		Automóvel	Ôni-bus	Caminhão	Automóvel	Ôni-bus	Caminhão	
07:00	07:15	73	3	3	131	7	16	233
07:15	07:30	140	18	3	92	6	3	262
07:30	07:45	204	7	13	173	13	11	421



07:45	08:00	151	4	5	137	8	14	319
08:00	08:15	135	6	7	110	11	11	280
08:15	08:30	115	5	7	101	8	15	251
08:30	08:45	100	4	15	92	3	3	217
08:45	09:00	151	6	11	68	4	6	246
09:00	09:15	131	5	12	75	3	7	233
09:15	09:30	120	8	6	92	2	10	238
09:30	09:45	114	6	8	72	3	10	213
09:45	10:00	115	3	10	86	4	10	228
10:00	10:15	102	1	5	75	4	7	194
10:15	10:30	67	1	9	68	3	10	158
10:30	10:45	98	0	7	93	5	5	208
10:45	11:00	53	2	4	88	2	5	154
11:00	11:15	60	3	5	59	0	12	139
11:15	11:30	69	4	9	84	5	5	176
11:30	11:45	81	1	9	86	6	6	189
11:45	12:00	55	2	4	93	3	4	161
12:00	12:15	68	2	9	106	6	4	195
12:15	12:30	66	0	4	95	6	4	175
12:30	12:45	70	1	9	132	3	3	218
12:45	13:00	98	1	5	123	8	10	245
13:00	13:15	73	1	4	139	6	20	243
13:15	13:30	82	3	7	140	3	5	240
13:30	13:45	102	2	8	161	7	6	286
13:45	14:00	103	2	7	119	3	6	240
14:00	14:15	118	3	5	116	3	8	253
14:15	14:30	91	3	10	111	3	3	221
14:30	14:45	98	6	6	103	2	6	221
14:45	15:00	108	4	8	81	1	6	208
15:00	15:15	118	4	10	108	4	11	255
15:15	15:30	77	1	5	78	3	2	166
15:30	15:45	65	3	6	102	10	4	190
15:45	16:00	80	3	10	122	6	8	229
16:00	16:15	82	2	12	140	1	4	241
16:15	16:30	92	4	9	110	7	9	231
16:30	16:45	83	4	7	122	6	7	229
16:45	17:00	77	3	13	173	1	4	271
17:00	17:15	92	2	11	145	8	13	271
17:15	17:30	86	5	13	115	7	6	232
17:30	17:45	113	2	14	96	5	6	236
17:45	18:00	124	6	9	117	5	15	276
18:00	18:15	99	2	9	94	0	3	207
18:15	18:30	72	8	4	130	2	5	221
18:30	18:45	87	4	11	100	2	3	207

18:45	19:00	113	14	11	91	4	2	235
Total		4671	184	388	5144	222	353	10962

Fonte: O autor (2022).

Quadro 9: Volumes de tráfego no dia 10 de out. de 2017.

Horário		Sentido Crescente			Sentido Decrescente			Total dois sentidos
		Automó- vel	Ôni- bus	Cami- nhão	Automó- vel	Ôni- bus	Cami- nhão	
07:00	07:15	98	3	2	84	7	11	205
07:15	07:30	108	6	9	66	3	11	203
07:30	07:45	188	4	6	77	2	9	286
07:45	08:00	127	3	7	49	2	10	198
08:00	08:15	147	5	14	120	7	2	295
08:15	08:30	108	4	12	114	4	7	249
08:30	08:45	116	5	21	119	1	5	267
08:45	09:00	98	4	9	140	6	5	262
09:00	09:15	127	5	7	103	1	7	250
09:15	09:30	118	3	6	70	2	14	213
09:30	09:45	92	3	10	49	4	15	173
09:45	10:00	84	5	7	117	5	11	229
10:00	10:15	67	4	1	110	2	10	194
10:15	10:30	107	4	5	81	5	15	217
10:30	10:45	69	3	1	107	3	4	187
10:45	11:00	84	2	13	96	5	7	207
11:00	11:15	75	1	9	59	1	5	150
11:15	11:30	82	4	8	63	6	5	168
11:30	11:45	73	2	7	84	7	6	179
11:45	12:00	81	3	7	81	1	4	177
12:00	12:15	77	4	3	89	6	4	183
12:15	12:30	61	4	10	77	5	6	163
12:30	12:45	64	9	3	93	3	9	181
12:45	13:00	94	4	5	82	4	10	199
13:00	13:15	95	3	8	68	2	2	178
13:15	13:30	97	4	5	88	3	8	205
13:30	13:45	104	2	10	75	6	6	203
13:45	14:00	89	2	5	67	4	7	174
14:00	14:15	94	3	6	54	1	9	167
14:15	14:30	88	6	5	98	3	8	208
14:30	14:45	92	2	6	101	2	9	212
14:45	15:00	90	1	5	64	2	10	172
15:00	15:15	131	4	6	46	3	3	193
15:15	15:30	77	0	4	116	8	5	210

15:30	15:45	90	4	12	97	2	7	212
15:45	16:00	106	7	9	53	2	8	185
16:00	16:15	88	2	10	63	0	14	177
16:15	16:30	87	4	11	123	8	3	236
16:30	16:45	74	4	7	135	43	89	352
16:45	17:00	105	2	11	111	4	8	241
17:00	17:15	105	1	7	157	6	12	288
17:15	17:30	92	7	10	116	6	12	243
17:30	17:45	94	0	19	124	4	13	254
17:45	18:00	109	4	17	101	8	8	247
18:00	18:15	81	3	6	121	2	12	225
18:15	18:30	135	9	6	158	6	4	318
18:30	18:45	116	5	9	139	9	10	288
18:45	19:00	116	5	12	111	12	1	257
Total		4700	178	388	4516	238	460	10480

Fonte: O autor (2022).

Observa-se que o volume de tráfego na rodovia por dia foi mais de dez mil veículos por dia, sendo que no dia 09 de out. de 2017 teve o maior fluxo de veículos na via, com o VMD de 10962 veículos.

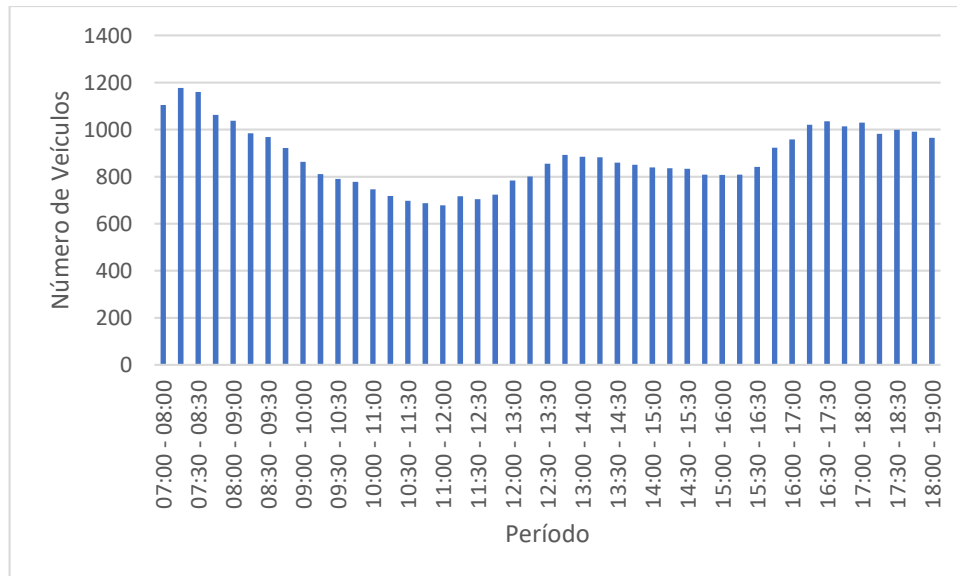
## 4.2 CLASSIFICAÇÃO DA RODOVIA

A classificação da rodovia BR 415 km 14 é de extrema importância para quantificar se a rodovia suporta a quantidade de volumes de trânsito existente, se está de acordo com a sua classificação técnica. A capacidade da rodovia não é um dado suficiente, pois só se refere ao número de veículos que pode circular na mesma. Existe outros fatores determinantes tais como: facilidade de manobras, conforto, velocidade tempo de percurso, custos de operação etc.

### 4.2.1. Fator Hora de Pico

A Figura 4 apresentam as médias do fluxo de veículos por hora [Vph] para a rodovia em análise:

Figura 4: Média dos volumes de tráfego no trecho 1.



Fonte: O autor (2017).

Observa-se que os maiores valores para o fluxo do tráfego nos dois dias são no período da manhã, e o no final da tarde. O maior fluxo registrado foi no intervalo de hora 7:15 – 8:15 com  $V_{hp}$  médio de 1177.

Com os dados do  $V_{hp}$ , determinou-se o “Fator Horário de Pico” (FHP) do projeto, pela eq  $FHP = \frac{V}{4 \cdot v_{15}}$ , o fator horário de pico foram: no dia 5 de out. de 2017 foi de 0,89, no dia 9 de out. de 2017 foi de 0,76 e no dia 10 de out. de 2017 foi de 0,80.

#### 4.2.2 Determinação do Fluxo de Tráfego

Para determinar o fluxo de tráfego  $V_p$  foi utilizado a eq.(2). Os ajustes necessários para tal cálculo encontram-se no Quadro 10:

Quadro 10: Valores dos fluxos de tráfego

DIA	(veic/h)	FHP	$f_g$	$E_c$	$E_{VR}$	$f_{vp}$	V (vei/h)
1	1266	0,89	0,99	1,5	1,1	0,96	1497
2	1237	0,76	0,99	1,5	1,1	0,95	1783
3	1124	0,80	0,99	1,5	1,1	0,91	1465

Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.3 Ajuste da Velocidade

Para calcular a velocidade média de viagem através da eq.(5), é necessário a velocidade de fluxo livre, utilizando a eq.(1), tem-se que a VFL é de 76 km/h, o volume horário nos 15 minutos mais carregados da hora de pico, e o fator de ajustamento para zonas de ultrapassagem proibida. A BR 415 tem 50% de zonas proibidas, interpolando o Quadro 6 chegou-se aos seguintes resultados:

Quadro 11: Velocidade média de viagem.

Trecho	DIA	$V_p$ (ucp/h)	$f_{up}$	VMV (km/h)
1	1	1497	1,58	56
	2	1783	1,36	52
	3	1465	1,60	56

Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.4 Determinação da Percentagem de Tempo Gasto Seguindo (PTGS)

Para determinar a Percentagem de Tempo Gasto Seguindo deve-se inicialmente estimar o valor básico da percentagem do tempo gasto seguindo,  $BPTGS$ , a partir da eq.(6) e em seguida determinou-se o PTGS, o fator de ajustamento para o efeito combinado da distribuição de tráfego por sentido e da percentagem das zonas de ultrapassagem proibida, na percentagem do tempo gasto seguindo, em rodovias de pista simples, obteve-se interpolando o Quadro 6 para distribuição 50/50, os resultados então no Quadro 12:

Quadro 12: Valores básico da percentagem de tempo gasto seguindo

TRECHO		<i>BPTGS</i>	$f_{d/up}$	<i>PTGS</i>
1	1	71,20	6,03	77,22
	2	76,95	4,84	81,79
	3	69,28	6,37	75,65

Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.5 Nível de Serviço

O Quadro 13 apresenta os dados obtidos nos itens anteriores, a partir dele foram calculados os níveis de serviço, no trecho em análise da BR 415, apresentados no Quadro 14:

Quadro 13: Valores da demanda para uma direção e bidirecional.

<b>Dia</b>	<b>VMV (km/h)</b>	<b>PTGS (%)</b>	<b>Demanda 2 sentidos (ucp/h)</b>	<b>Demanda 1 sentido (ucp/h)</b>
1	56	77,22	1497	748
2	52	81,79	1783	891
3	56	75,65	1465	732
Média	55	78,22	1582	791

Fonte: O autor (2022).

Observa-se que o fluxo de tráfego ( $vp$ ) em ucp/h é menor que a capacidade de uma rodovia de pista simples de 3200 ucp/h, logo o  $vp$  não é maior do que a capacidade da rodovia, o fluxo de carro em um sentido é menor do que 1700 ucp/h, portanto o nível da rodovia não é o F.

Como a rodovia em análise é Classe I, tem o fluxo de tráfego inferior à capacidade, o Nível de Serviço é determinado pela Figura 1, um ponto com ordenada igual a percentagem de tempo gasto (PTGS) e abscissa igual a velocidade média de viagem (VMV), no quadro a seguir tem-se a classificação da BR 415 no km 14:

Quadro 14: Classificação dos níveis de serviços dos trechos.

Dia	CLASSIFICAÇÃO
1	E
2	E
3	E

Fonte: O autor (2022).

Os níveis de serviços para a Rodovia Jorge Amado é o Nível E, são classificados como como sistema arterial, a rodovia liga Vitória da Conquista à Ilhéus, as duas cidades possuem população acima de 150 mil habitantes, proporciona ao tráfego velocidade média de operação de 55 km/h, rodovia Classe IB, com o VMD maior que 1400 veículos, valor estabelecido para rodovias desta classe.

#### 4.3 PROJEÇÃO DA DEMANDA FUTURA (2018-2028)

O estudo de contagem volumétrica foi realizado numa interseção, adotou-se um período de 10 anos para horizonte de projeto, foi analisado o período de 2018 a 2028. Neste artigo o método utilizado para determinar a demanda futura, foi o da Progressão Geométrica, adotou-se como razão de crescimento, o crescimento socioeconômico do país, de 3%, e foi calculado pela eq. (8). O Quadros 15 apresenta as estimativas de Projeção do tráfego futuro:

Quadro 15: Projeção do tráfego futuro.

Ano	Sentido Crescente			Sentido Decrescente			Total dois sentidos
	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Automóvel	Ônibus	Caminhão	
2018	4736	194	389	5045	232	425	11021
2019	4879	200	401	5197	239	438	11354
2020	5026	206	414	5353	247	452	11698
2021	5177	213	427	5514	255	466	12052
2022	5333	220	440	5680	263	480	12416
2023	5493	227	454	5851	271	495	12791
2024	5658	234	468	6027	280	510	13177
2025	5828	242	483	6208	289	526	13576
2026	6003	250	498	6395	298	542	13986
2027	6184	258	513	6587	307	559	14408

2028	6370	266	529	6785	317	576	14843
------	------	-----	-----	------	-----	-----	-------

Fonte: O autor (2022).

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO FUTURO

De posse do VMD apresentado anteriormente, foi possível calcular os níveis de serviço no horizonte de 10 anos, o cálculo foi análogo a determinação do nível de serviço para o ano base 2017, considerando que o trecho analisado não passará por alterações na infraestrutura atual, os resultados estão expostos no Quadro 16:

Quadro 16: Nível de Serviço futuro.

2018	E
2019	E
2020	E
2021	E
2022	E
2023	E
2024	E
2025	E
2026	E
2027	E
2028	E

Fonte: O autor (2022).

A velocidade média de viagem para o ano de 2028 foi de 50 km/h, com a porcentagem por tempo gasto seguindo de 84% demanda nos dois sentidos menor do que 3200 ucp/h.

Observa-se que o nível da rodovia permaneceu constante, no Nível E, nível estável, a rodovia trabalha a plena carga, sem condições de ultrapassagem, é denominado também como nível de capacidade (PONTES FILHO, 1998).



## 5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste artigo, foi o de proceder a avaliação e projeção da capacidade de tráfego da Rodovia Ilhéus - Itabuna, para um horizonte futuro de dez anos, especificamente entre os anos de 2018 a 2028. Tal objetivo foi alcançado por meio do estudo de tráfego, realizado num ponto de interseção na BR 415 - Rodovia Jorge Amado, no km 24. Com este estudo identificou-se o volume médio diário da rodovia, o volume da hora de pico, a velocidade média

A rodovia apresentou o volume médio diário acima de 10000 veículos trafegando na rodovia. Isto implica que o volume de tráfego da rodovia é alto, os motoristas precisam trafegar com o máximo de atenção e manobras de ultrapassagens são impossibilitadas, devido aos elevados números de veículos. O fluxo médio de veículo por hora foi no período da manhã, no intervalo de hora de 07:15 – 08:15 com respectivamente 1177 Vhp

Os trechos em análise para a demanda atual foram classificados com nível de serviço E, e sistema arterial principal, possui a velocidade média de viagem de 55 km/h e porcentagem de tempo gasto seguindo de 78,22%.

A partir dos dados do estudo de tráfego de 2017, foi possível projetar a demanda do tráfego para Rodovia Jorge Amado no horizonte de projeto de 10 anos. No ano de 2028, o nível de serviço da via é o Nível E. O Nível E a rodovia opera na sua capacidade, apresenta velocidade reduzida, há dificuldade de mudança de faixa, o volume de tráfego é instável, ocorre excitações na corrente do tráfego ocasionando congestionamentos.

Com o nível atual e o projetado da rodovia, é necessário fazer intervenção na via, pois o volume médio diário é muito acima do VMD para rodovias de pistas simples, havendo necessidade de uma duplicação da mesma, assim a rodovia passaria ser classificada como Classe IA, passaria a atuar no nível de serviço C, seria uma melhoria significativamente na capacidade da rodovia. Observa-se, também, que a rodovia foi classificada como via arterial, para essas rodovias o nível de serviço para terrenos ondulados e plano é o B, e montanhoso C, retifica-se que a rodovia precisa de intervenção.

## AGRADECIMENTO

O autor expressa sua mais elevada gratidão aos Engenheiros Civis, egressos da UESC: Elaine Silva Coutinho, Diana Santos de Jesus, João Ribeiro Santana Vieira e Leonardo Santos Menezes pela brilhante colaboração em todas as fases desta pesquisa para a consecução da mesma.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Presidência da República. *Lei nº 12.379, de 6 de janeiro de 2011*. Brasília: Presidência da República, 2011. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Lei/112379.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/112379.htm) > acessado em 02/01/2018.

COUTINHO, E. S. *Avaliação e Projeção da Demanda de Tráfego da Rodovia BR 415 KM 14, para um Horizonte de Dez Anos (2018- 2028)*. Trabalho de Conclusão de Curso: Engenharia Civil. UESC, Ilhéus, 67p.

DEMARCHI, S.H; SETTI, J.R.A. *Análise De Capacidade E Níveis De Serviços De Rodovias*. Universidade de São Paulo, 2000. Disponível em: [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/412\\_aula\\_3\\_-\\_introd\\_operacao\\_rodoviaria.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/412_aula_3_-_introd_operacao_rodoviaria.pdf). Acesso em: 30 de nov. 2017.

DNER, Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Rio de Janeiro, 1999.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. *Manual de Estudo de Tráfego*. Rio de Janeiro, 2006.

LEE, S. H. *Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias*. Editora UFSC, 2015. Florianópolis. 4 ed. rev. Ampl.

SANTOS, C. Z. *Estudo de tráfego da br-101 no trecho sul do estado do rio de janeiro por meio do método do highway capacity manual 2010*. 2013. 81 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115447/TCC%20Cristhiano.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 out. 2017.