



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC**  
**CENTRO DE TECNOLÓGICAS – CT**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CRISTIAN LEITÃO GADELHA**

**“METODOLOGIA MORFOLÓGICA DE VALIDAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS DE  
PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS”**

**FORTALEZA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

G12m Gadelha, Cristian Leitão.

Metodologia morfológica de validação de pontos críticos de patologias de pavimentos /  
Cristian Leitão Gadelha. – 2019.  
60 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro  
de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante.

Coorientação: Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino.

1. Sintaxe. 2. Rodovias. 3. Patologias. 4. VMD. I. Título.

CDD 620

---

CRISTIAN LEITÃO GADELHA

“METODOLOGIA MORFOLÓGICA DE VALIDAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS DE  
PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS”

Monografia apresentado ao Curso de  
Graduação em Engenharia Civil do Centro de  
Tecnologia da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

Orientador:

Prof. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante

Aprovada em: 13/12/2019

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marisete Dantas de Aquino (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antonio Paulo Cavalcante Hollanda Cavalcante (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveir  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Eng. Nilton Mendes Morreira  
UniFanor Wyden (UNIFANOR)

FORTALEZA

2019

A Deus.

Aos meus pais, Francisco e Emilda.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela minha saúde e tudo que me concedeu, sabedoria fé e paciência.

A minha mãe Emilda que tem sido minha estrutura de concreto que apoiou minha vida depois de tudo que passamos juntos, e ter me apoiado por tudo de bom e mal que passei, você foi e é a melhor mãe do mundo.

Aos meus amigos, que sempre me ajudaram quando eu mais precisei e sempre me aconselharam.

Aos meus irmãos: Cristiano, Cristovam e Crisanto.

Ao meu orientador, professor Antonio Paulo, por todas as vezes que entrei na sua sala desesperado, e me recebeu em horários e locais(sua própria casa) fora da universidade. Sem seus conselhos, ideias, paciência e disponibilidade, a elaboração deste trabalho seria bem mais difícil.

Ao meu amigo Silvério Junior, que sei que está no céu olhando e torcendo por mim.

Ao meu Pai, Francisco Jose Gadelha, que é meu exemplo de ser humano e meu tudo. Sei que você ta ai em cima torcendo por mim e me ajudando sempre, por isso eu sempre vou te amar.

## RESUMO

O Brasil como um país rodoviário, necessita muito de suas rodovias e a política rodoviária no Brasil é, no entanto, muito criticada, principalmente porque a priorização desse modal contribuiu para que outros tipos de transportes fossem colocados em segundo plano, no entanto, atualmente o país faz uso para dimensionamento de pavimentos de um método desenvolvido em 1966 e atualizado em 1981. Método este que seu principal fundamento de dimensionamento está no CBR, baseando-se no método empírico. Devido a isso os surgimentos de patologias está muito associado ao uso desse método de dimensionamento e o mesmo usa como parâmetro para dimensionamento o volume médio diário anula de tráfego (VMDa). Para poder evitar identificar possíveis locais de aparecimentos dessas patologias, foi elaborado um estudo utilizando Sintaxe Espacial, uma metodologia recentemente estudada no Brasil, para verificar e associar condições de volume de tráfego e com isso prever onde os pavimentos foram dimensionados com dados antiquados gerando assim patologias nos pavimentos.

**Palavras-Chaves:** Estradas, Rodovias, Brasil, Defeitos, Sintaxe Espacial, Volume Médio Diário.

## ABSTRACT

Brazil as a road country, needs its highways a lot and the road policy in Brazil is, however, much criticized, mainly because the prioritization of this mode contributed to other types of transport being placed in the background, however, currently the The country makes use for pavement sizing of a method developed in 1966 and updated in 1981. This method is based on CBR, based on the empirical method. Due to this the emergence of pathologies is very much associated with the use of this sizing method and it uses as parameter for sizing the average daily traffic void volume (VMDa). In order to avoid identifying possible locations for the appearance of these pathologies, a study using Spatial Syntax, a methodology recently studied in Brazil, was designed to verify and associate traffic volume conditions and thus predict where the pavements were dimensioned with old-fashioned data thus generating pathologies. on the floors.

**Keywords:** Roads, Highways, Brazil, Defects, Space Syntax, Daily Medium Volume.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 .....	11
Figura 02 .....	11
Figura 03 .....	17
Figura 04 .....	18
Figura 05 .....	19
Figura 06 .....	20
Figura 07 .....	22
Figura 08 .....	24
Figura 09 .....	29
Figura 10 .....	30
Figura 11 .....	31
Figura 12 .....	31
Figura 13 .....	32
Figura 14 .....	33
Figura 15 .....	34
Figura 16 .....	37
Figura 17 .....	38
Figura 18 .....	39
Figura 19 .....	39
Figura 20 .....	43
Figura 21 .....	44
Figura 22 .....	45
Figura 23 .....	46
Figura 24 .....	47
Figura 25 .....	50
Figura 26 .....	50
Figura 27 .....	51
Figura 28 .....	52
Figura 29 .....	53
Figura 30 .....	53
Figura 31 .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 .....	23
Tabela 02.....	28
Tabela 03.....	35
Tabela 04.....	36
Tabela 05.....	42
Tabela 06.....	44
Tabela 07.....	45
Tabela 08.....	46
Tabela 09.....	47
Tabela 10.....	48
Tabela 11.....	54

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IPEA: Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas

CNT: Confederação Nacional do Transporte

DER-Ce: Departamento Estadual de Rodovias

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

SA: Sintaxe Espacial

VDM: Volume Médio Diário

VDMa: Volume Médio Diário Anual

VDMa/m: Volume Médio Diário Anual por metro

OSM: Opem Street Maps

OD: Origem Destino

SIG/GIS: Sistema de Informação Gerencial

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	8
1.1	Malha Viária Cearense .....	10
1.2	Justificativa .....	12
1.3	Objetivos .....	13
1.3.1	<i>Objetivo Gerais</i> .....	13
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.4	Metodologia de Pesquisa .....	13
1.5	Estruturação do Trabalho .....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÀFICA .....	15
2.1	Sintaxe Espacial .....	15
2.1.1	<i>Mapas Axiais</i> .....	16
2.1.2	<i>Aplicação da Sintaxe Espacial</i> .....	18
2.1.3	<i>Softwares para Análise da Sintaxe Espacial</i> .....	20
2.1.3.1	<i>DepthMap</i> .....	20
2.1.3.2	<i>TransCAD</i> .....	21
2.1.4	<i>Tipos de Fluxos</i> .....	23
2.2	Conceitos Básicos de Tráfego .....	24
2.2.1	<i>Volume de Tráfego</i> .....	24
2.2.2	<i>Variações de Volume</i> .....	25
2.2.3	<i>Tipos de Tráfego em uma Rodovia</i> .....	26
2.3	Dados de Demanda de Tráfego .....	27
2.4	Patologias em Pavimentos Flexíveis e Semi-Flexíveis.....	28
3	METODOLOGIA .....	36
3.1	Estudo de Caso .....	35
3.1.1	<i>Trechos do Estudo</i> .....	35
3.1.2	<i>Sintaxe Espacial e Correlação dos Dados</i> .....	39
3.3	Verificação das Patologias dos Trechos .....	48
4	CONCLUSÃO .....	54
	REFERÊNCIAS .....	56

## 1. Introdução

O Brasil é, por muitas vezes, tido como um país eminentemente rodoviarista, ou seja, um país que apresenta um predomínio do modal rodoviário em sua estrutura de transportes e deslocamentos ao longo de toda a sua extensão territorial. Atualmente, o país possui uma média de 1,03 km de rodovia pavimentada por habitante e 7,35 km de rodovia não pavimentada, conforme apontam dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADAS, 2015).

O Brasil apresenta atualmente uma malha rodoviária numa extensão de 1.720.607 km, onde destes são pavimentados apenas 213.299 km, ou seja, 12,4% do total. Porém, as rodovias brasileiras foram classificadas segundo o índice de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, onde participaram 144 países e receberam notas entre 1 e 7 onde representam, extremamente subdesenvolvida (entre as piores do mundo) e extensa e eficiente (entre as melhores do mundo), o Brasil recebeu nota 2,8 e ficou na posição 122<sup>o</sup> (Confederação Nacional do Transporte, 2014).

Já no ano seguinte com a análise de 140 países o Brasil passou para posição 121<sup>o</sup> com a nota 2,7 (CNT, 2015). Além das rodovias estarem em condições não muito adequadas, a frota total brasileira segundo CNT (2015) aumentou em 118%, ou seja, os pavimentos executados em 2005, com taxas de crescimento baixas, hoje estão com mais do dobro de frota rodando sobre estes.

A política rodoviária no Brasil é, no entanto, muito criticada, principalmente porque a priorização desse modal contribuiu para que outros tipos de transportes fossem colocados em segundo plano, como as ferrovias e as hidrovias, que costumam apresentar uma melhor relação custo-benefício. Enquanto um caminhão, por exemplo, transporta 30 toneladas de carga, um trem transporta 125 toneladas com o mesmo custo e as hidrovias possibilitam o transporte, da mesma forma, de mais de 575 toneladas (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, 2015).

Mesmo com o Brasil tendo no seu modo de transporte o predomínio do sistema rodoviário, o país tem um histórico de carências no que se refere à infraestrutura. Na década de 50, o governo Kubitschek impulsionou a primeira grande expansão da malha viária do Brasil, no entanto, a partir da segunda metade dos anos de 1980, com

a crise econômica e a extinção do Fundo Rodoviário Nacional, o crescimento da malha foi mínimo. Porém este cenário começou mudar com as implantações de obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (MATTOS, 2014).

### **Mas por que o Brasil investiu em rodovias em detrimento dos demais tipos de transporte?**

O Brasil começou a investir, realmente, em rodovias somente ao longo do século XX. O auge dessa política veio com o Governo Juscelino Kubitschek, pois o processo de industrialização do Brasil, naquela época, demandava uma maior integração territorial, o que incluía, sem dúvidas, uma rede de transporte articulada por todo o território nacional. Nesse sentido, Juscelino Kubitschek trouxe para o país a indústria automobilística, construiu a capital Brasília no interior do espaço brasileiro e promoveu a construção de várias rodovias importantes, essas ocupando praticamente todo o orçamento então destinado a transportes terrestres.

Durante o Regime Militar, a política rodoviarista manteve-se com o Programa de Integração Nacional (IPEA, 2015), que visava a uma maior ocupação do Centro-Oeste do país e também da Amazônia. Nesse momento, foram construídas estradas como a Perimetral Norte, Cuiabá/Santarém e a polêmica Transamazônica, que liga a região Nordeste à região Norte no sentido leste-oeste.

A partir dos anos 1990, iniciaram-se os processos de privatização das estradas brasileiras, uma política que repassava para a iniciativa privada a manutenção das estradas e transferia os custos para o usuário por meio dos pedágios (F. ALVES PENA, 2015).

O tráfego médio das estradas varia de 25 carros por dia, totalizando um fluxo médio de 750 carros mensais e 9.000 carros anuais variando de carros de passeio, motos e caminhões, sendo estes principalmente de veículos escolares (CNT, 2016). Esses veículos são, sobretudo de moradores que trabalham na área urbana e também os de transporte escolar.

Já a utilização das estradas para transporte da produção agrícola se intensifica em determinadas épocas do ano principalmente em períodos de plantio e colheita.

Devido à falta de manutenção, com o tempo e o tráfego intenso faz com que os moradores se sintam prejudicados principalmente na manutenção dos veículos, e os veículos escolares não consegue transitar. Para os moradores de pequenas localidades, a principal solução para a minimização dos problemas relacionados a conservação das estradas, é manutenção periódica das estradas, bem como

planejamento das estradas na bacia hidrográfica, a qual evitasse os pontos de alagamento (CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 2014).

### **Quais metodologias existente para previsão de localizações de ocorrências de patologias em estradas?**

Tradicionalmente, a literatura aponta para a adoção de modelagens de 'demanda' para caracterização amostral de tendências de fluxos em estradas. Este trabalho traz a inovação, na adoção da hipótese de utilização de uma metodologia de modelagem de 'oferta' do espaço viário, denominada Sintaxe Espacial, ou SE. No estudo, acredita-se que a combinação da SE com outros parâmetros, possa, de forma mais evidente e barata, prever o aparecimento das principais patologias que acontecem nas estradas vicinais e que causam transtornos aos usuários, melhorando o planejamento de manutenção e até mesmo aumentando o tempo útil de vida dessas estradas.

#### **1.1. Malha Viária Cearense**

A malha viária cearense é composta por rodovias federais, estaduais, estaduais coincidentes e municipais. Segundo o DNIT (2016), em 2016, 3.632,4 km eram rodovias federais planejadas, não pavimentadas e pavimentadas, as estaduais com 837,14 km, as estaduais coincidentes 11.837,91 km e as municipais com 38.908,60 km.

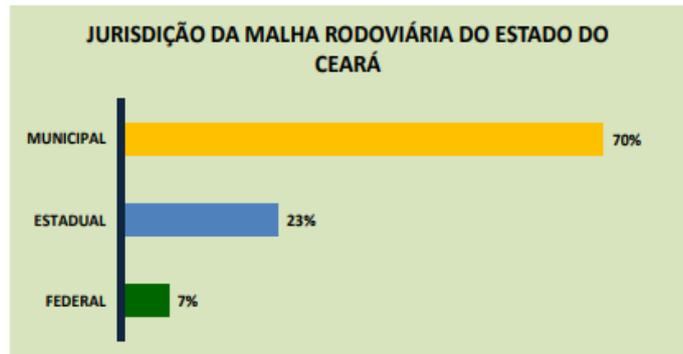
**Figura 1:** Resumo da Rede Rodoviária Cearense DER-CE(2017)

REDE \ SITUAÇÃO FÍSICA	PLA (A)	NÃO PAVIMENTADA					PAVIMENTADA				TOTAL A+B+C
		LEN	EOI	IMP	EOP	TOTAL (B)	PAV	EOD	DUP	TOTAL (C)	
FEDERAL*	1.090,5	70,0	80,9	154,0	46,4	351,3	2.085,8	32,3	72,5	2.190,6	3.632,40
ESTADUAL COINCIDENTE**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	825,9	0,0	9,6	837,1	837,14
ESTADUAL**	1.237,5	2.583,8	0,0	1.003,8	350,5	4.042,6	6.363,8	130,9	248,7	6.557,8	11.837,91
MUNICIPAL	336,0	34.793,5	0,0	3.378,5	0,0	38.172,0	400,6	0,0	0,0	400,6	38.908,60
<b>TOTAL</b>	<b>2.664,0</b>	<b>37.447,3</b>	<b>80,9</b>	<b>4.536,3</b>	<b>396,9</b>	<b>42.565,9</b>	<b>9.676,1</b>	<b>163,2</b>	<b>330,8</b>	<b>9.986,1</b>	<b>55.216,1</b>

\* FONTE: DNIT - SNV 2016

\*\* FONTE: SIGMA - 2016

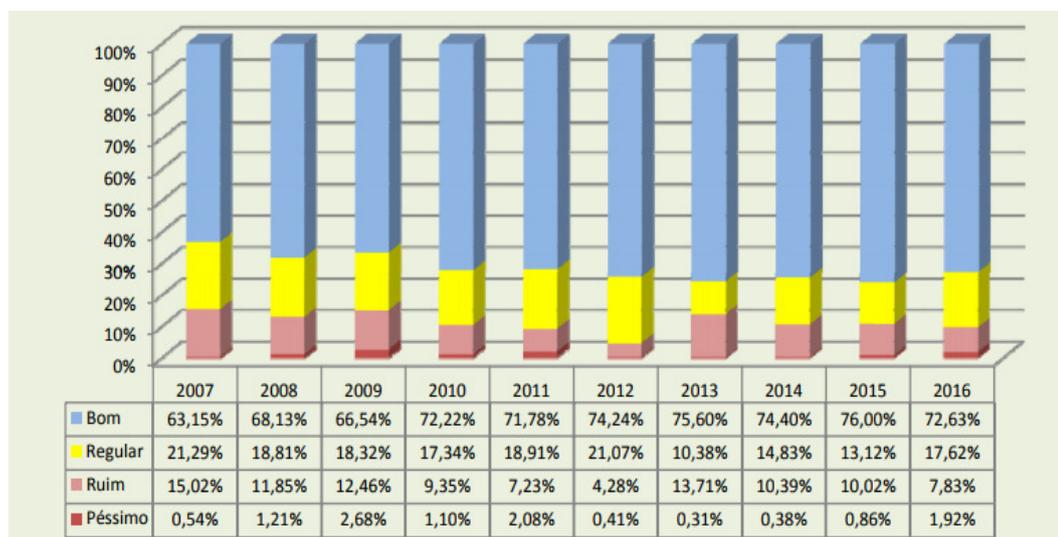
ESTADUAL PAVIMENTADA	7.394,9
ESTADUAL NÃO PAVIMENTADA	4.042,6
Subtotal	11.437,5
ESTADUAL PLANEJADA	1.237,5
TOTAL ESTADUAL	12.675,1
FEDERAL PAVIMENTADA	2.190,6
FEDERAL NÃO PAVIMENTADA	351,3
FEDERAL PLANEJADA	1.090,5
TOTAL FEDERAL	3.632,4
MUNICIPAL	38.908,6
GERAL	55.216,1



Fonte: DER-Ce

Em relação a qualidade das rodovias cearenses, (figura 2) segundo um levantamento do Departamento Estadual de Rodovias (DER) em 2016, 72,63% das rodovias cearenses são consideradas boas ou de qualidade superior. Sendo 17,62% delas regulares, 7,83% ruins e 1,92% péssimas (O POVO, 2017).

Figura 2: Resumo da Rede Rodoviária Cearense DER-CE(2017)



Fonte: DER-Ce

## 1.2. Justificativa

A dinâmica da malha rodoviária funciona como um fundamental meio de transporte e distribuição da maioria das produções e cargas. Além da circulação e do deslocamento de passageiros, ela deve apresentar condições adequadas de uso, garantindo conforto e segurança e evitando acidentes. A densidade da malha rodoviária pavimentada do Brasil é ainda muito pequena, principalmente quando comparada com a de outros países de dimensão territorial semelhante e não acompanha o crescimento da frota de veículos. A malha viária cearense é composta por rodovias federais, estaduais, estaduais coincidentes e municipais, segundo o DNIT (2017), em 2016, 3.632,4 km são federais planejadas, não pavimentadas e pavimentadas, as estaduais com 837,14 km, as estaduais 12.675,05 km e as municipais com 38.908,60 km.

Em relação a qualidade das rodovias cearenses, 72,63% das rodovias cearenses são consideradas boas ou de qualidade superior. Sendo 17,62% delas regulares, 7,83% ruins e 1,92% péssimas. Menos da 20% de estradas que compõem a malha viária cearense é pavimentada, mais precisamente 18,08%. Estradas não-pavimentadas, também chamadas “estradas de terra”, frequentes no meio rural, são justamente aquelas não revestidas por qualquer tipo de tratamento superficial, betuminoso ou de cimento Portland, e têm, geralmente, sua camada superficial constituída por solo local e pavimentadas são consideradas aquelas que tem revestimento primário flexível ou rígido.

Em face ao exposto, torna-se importante relatar que o uso de modelagens computacionais, como meio de antever prováveis pontos críticos que nele estejam presentes as patologias em pavimentos, tornam-se elemento estratégico de indicação para estudos mais aprofundados sobre a tipificação da patologia em si, suas componentes de solo e influências do meio adjacente nos fluxos VMDs da área.

O método de dimensionamento do DNIT, é o principal método usado no Brasil, porém o método que foi criado durante a Segunda Guerra Mundial, não leva em consideração: (1) o desgaste por fadiga sofrido pelo pavimento e as camadas que o compõem, ou seja, o volume de tráfego é o principal fator do aparecimento de patologias na estradas e vias, junto com outros fatores como; (2) a falta de drenagem;

(3) má execução; (4) qualidade dos materiais e etc., que compõem a malha viária Brasileira.

Assim, o projeto evidencia **como antever, mesmo de forma rápida e de baixo custo, estas áreas críticas?** A proposta visa apresentar uma sugestão de metodologia nova, que não descarte e complemente os métodos tradicionais de caracterização das patologias em pavimentos e contribuam para redução de custos de coleta, tratamento e proposições de pavimentação futura.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivos Geral***

O objetivo geral dessa pesquisa é avaliar a aplicação de uma metodologia nunca usada antes, identificando assim os pontos críticos de ruas, avenidas e rodovias da região metropolitana, viabilizando a previsão e identificação de localizações candidatas a patologias nos pavimentos.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

Como objetivos específicos podem ser descritos:

- Caracterizar uma malha de estudo viável por suas variáveis;
- Aplicar a metodologia da Sintaxe Espacial em malha viária de estudo;
- Identificar o grau de correlação entre a SE e as patologias na malha estudada;
- Avaliar comparativamente os custos de previsão de manutenção proposto pela SE e o tradicional
- Avaliar indicações de intervenções de trânsito nos trechos críticos

### **1.4. Metodologia da Pesquisa**

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica sobre pesquisas que usaram Sintaxe Espacial e patologias em pavimentos, asfálticos e rígidos, na literatura

internacional e nacional (artigos, teses, dissertações, monografias e livros). Estes estudos forneceram a fundamentação teórica e conceitos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em seguida, foi realizado um estudo mais específico sobre o uso de Sintaxe Espacial, os programas usados e os dados necessários para que a pesquisa se torne viável. Foi solicitado à alguns órgãos o envio de dados reais da Veículos Médios Diário (VMD) para a comparação com dados modelados.

Realizados os estudos iniciais, foi então realizado a modelagem usando os dados adquiridos. Foi usado a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) como base de estudo. Com os mapas de fluxos modelados foram comparados com os modelos reais para ver a viabilidade do estudo.

## **1.5. Estruturação do Trabalho**

O trabalho está dividido em quatro capítulos. Além deste capítulo introdutório, o Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica do trabalho, por meio de artigos internacionais e nacionais, teses, dissertações que abordam conceitos, definições e metodologias utilizadas nesta pesquisa.

No Capítulo 3 contem os dados e o estudo da pesquisa para os trechos selecionados, todos os trechos são próximos da região do centro comercial Iguatemi, descrevendo o método usado e a comparação com estado atual da pista.

No Capítulo 4 estão as conclusões para este estudo de caso obtidas através da análise dos resultados no capítulo anterior e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. Revisão Bibliográfica**

Nessa seção será discutida a avaliação funcional da Sintaxe Espacial e a aplicação dela para determinar mapas de uso do pavimento, sendo assim possível identificar possíveis áreas onde serão apresentadas patologias devido aos processos construtivos e uso do pavimento. Logo após será comparado o mapa gerado com o que encontramos nas ruas, avenidas e rodovias selecionadas para análise. Para finalizar será dada uma introdução funcional da metodologia e programas utilizados nesta pesquisa.

### **2.1. Sintaxe Espacial**

A Sintaxe Espacial é uma teoria e conjunto de técnicas matemáticas, algorítmicas e computacionais criada e desenvolvida por Bill Hillier e Julienne Hanson, pesquisadores, em meados dos anos 70 na University College London, em Londres, foi mundialmente difundida no livro *The Social Logic of Space*, (A Lógica Social do Espaço). A SE teve início a partir da observação da cidade e da integração dos aspectos físicos e todas as interações sociais que ocorrem em seu domínio. Aborda as relações do espaço levando-se em conta outras relações no sistema e considera a configuração da malha viária como determinante nos movimentos urbanos, ideias discutidas no livro *Space is The Machine*, de Bill Hillier, publicado pela primeira vez em 1996.

Há vários anos a Sintaxe Espacial tem sido utilizada em pesquisas de distintas áreas e países, inclusive no Brasil, e aprimorada com o uso de programas de computação que analisam as ferramentas sintáticas e suas aplicações em estruturas urbanas, adotando apenas os espaços de circulação, dentre eles, o espaço viário. Aplicações também têm sido feitas, por meio de consultorias prestadas a entidades públicas, privadas e comunitárias. Os desenvolvimentos teóricos e práticos contribuem para mostrar a relevância da configuração dos espaços na distribuição dos movimentos na malha viária urbana. Pesquisas que abordam a Sintaxe Espacial levam à análise da estrutura dessa configuração como influente na circulação de

pessoas e veículos, propiciando estudos na área de Transportes que possam verificar padrões de comportamento e possibilidades [potenciais] de fluxos e deslocamentos.

A Sintaxe Espacial usa técnicas e modelos computacionais para o entendimento das questões configuracionais e associa valores quantitativos e expressões matemáticas para a análise do espaço. Os procedimentos investigativos geram propriedades capazes de quantificar relações da rede urbana na malha viária e mostram movimentos naturais. Movimento natural, segundo Hillier (2007), é a proporção do movimento sobre os espaços determinada pela estrutura da malha urbana, sem levar em consideração estruturas atraentes.

Segundo Medeiros (2006) a configuração da malha viária pode promover a concentração da movimentação em determinado trecho urbano e atrair empreendimentos que serão beneficiados por fluxos, que, por sua vez, atraem outros empreendimentos e outros movimentos, promovendo um efeito multiplicador. Medeiros (2006) afirma, também, haver forte associação entre a forma de articulação da malha viária e os potenciais de acessibilidade encontrados para cada eixo em um mapa com linhas axiais (Axial Map). Assim, a Sintaxe Espacial, por trabalhar com modelos configuracionais que abrangem fluxos potenciais e a malha viária urbana, tem se mostrado um ramo com grande potencial para diversos usos na Engenharia de Transportes e no estudo de movimentos e rotas.

### **2.1.1. Mapas Axiais**

A criação do modelo configuracional é uma das etapas mais importantes na Sintaxe Espacial. É a partir deste modelo que são processadas e especializadas as medidas sintáticas, e relacionadas com o fenômeno urbano estudado. Portanto, uma boa modelagem dará à pesquisa dados mais consistentes.

A criação do mapa sintático é, a priori, simples: é importante, inicialmente, especificar as diretrizes do mapa axial, indicando o que são as barreiras e permeabilidades do espaço urbano estudado:

- **Permeabilidades:** são todos os espaços passíveis de movimento humano na cidade: ruas, largos, vielas, rodovias, etc.
- **O que geralmente são barreiras:** quarteirões, corpos hídricos, vegetação densa, paredes de concreto ou guard rails de rodovias, praças e parques

- **O que geralmente não são barreiras:** rotatórias, canteiros centrais (exceto em rodovias), praças cívicas.

A partir dessas especificações conseguimos elaborar uma modelagem que nos auxiliará nos estudos da Sintaxe Espacial.

O mapa axial, de acordo com Hillier e Hanson (1984), é representado pelo menor conjunto das maiores linhas retas que podem atravessar um espaço livre. Nesse caso, o mapa axial torna-se uma abstração das conexões do espaço urbano. As linhas não são obrigatoriamente traçadas ortogonalmente ao espaço, bem como o encontro destas linhas também não possui um ponto comum. Ruas curvas não representadas aqui pela sinuosidade real: são representadas também com uma linha reta, a maior que possa ser traçada, exceto que o ângulo da rua não o permita.

**Figura 3:** Exemplo de Criação de Mapa Axial.



**Fonte:** Internet

Hoje é possível encontrar facilmente mapas axiais já modelados de grandes cidades brasileira. Um site dispõe de um banco de dados de mapas que tem como modelagem elaborada as cidades de Fortaleza, São Luiz, Niterói etc. O banco de dados é totalmente grátis e disponível a qualquer pessoa que sinta necessidade de usar.

### 2.1.2. Aplicação da Sintaxe Espacial

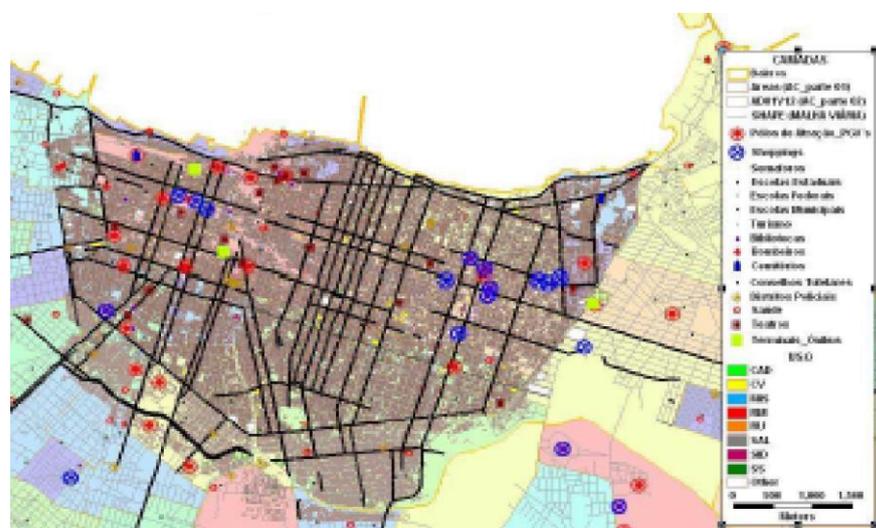
A literatura registra várias aplicações da Teoria da Sintaxe Espacial (SE) no planejamento da mobilidade, circulação de pedestres, circulação de veículos, circulação de veículos não motorizados, etc.

Na aplicação da circulação de veículos existem alguns estudos aplicados por Cavalcante e Holanda (2005) que procuraram estreitar os laços entre o planejamento de transportes e o uso do solo e investigaram os problemas de acesso e circulação na cidade de Fortaleza, CE, nordeste do Brasil (figuras 3 e 4).

A classificação das vias no sistema viário e a localização das atividades foram correlacionadas com a morfologia urbana e a análise da forma de dispersão de barreiras e permeabilidades à circulação, confrontando-se duas linhas teóricas (por diversas variáveis): a atratividade e a Teoria da Sintaxe Espacial.

Foram notados indícios que sugerem investigações sobre o uso da técnica da axialidade e suas interpretações na avaliação de movimentos na malha, considerando-a não apenas um método de definição de velocidades ou de um nível de serviço, mas, também, uma ferramenta de auxílio potencial nos parâmetros da hierarquia das vias.

**Figura 4:** Ac Rede Modelada+Uso+ASA



**Fonte:** Cavalcante e Holanda (2009)

**Figura 5: Ac Rede Modelada+Uso+ASA**



**Fonte:** Cavalcante e Holanda (2009)

Assim, de forma comparativa gráfica e estatística, espera-se usar a SE com o uso do solo para identificar possíveis patologias que em estradas vicinais, empregando outros parâmetros como Volume de Tráfego, Velocidade Média Diária e Variações de Tráfego. Os Estudos a serem desenvolvidos são possíveis por meio do método sintático-espacial, que envolve índices que qualificam e quantificam potencialmente o sistema viário, e que pode ser uma ferramenta inicial na avaliação de questões urbanas relacionadas aos fluxos e veículos, complementando métodos tradicionais da Engenharia de Transportes e de Tráfego.

Problemas de acesso e circulação de veículos, que consideraram a Sintaxe como ferramenta auxiliar potencial nos parâmetros da hierarquia das vias, também poderão ser pesquisados e usados, inclusive na avaliação do potencial da teoria como ferramenta de estimação de rotas atraentes.

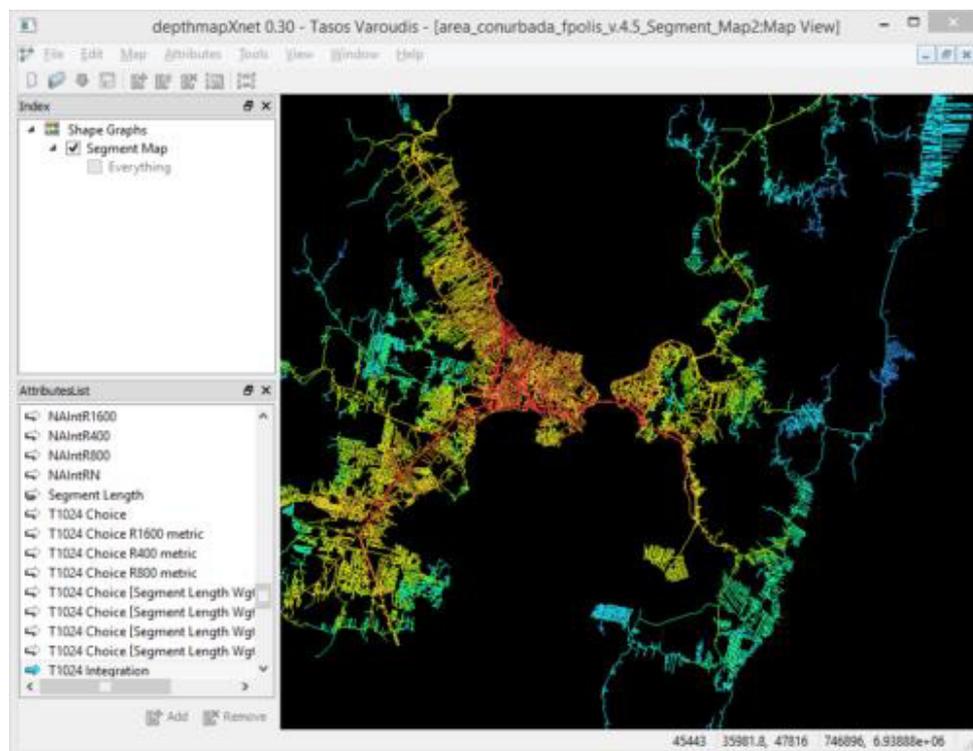
Dessa forma, com o uso de ferramentas cada vez mais desenvolvidas e em conjunto com outros métodos, a Sintaxe propicia aos planejadores bons mecanismos de previsão do sistema viário, proporciona novas possibilidades de investigações de fatores influenciadores de fluxos e das consequências desses movimentos naturais, contribuindo para um adequado e necessário planejamento da mobilidade urbana.

### 2.1.3. Softwares para Análise da Sintaxe Espacial

#### 2.1.3.1. DepthMap

O DepthmapX é software aberto e multiplataforma para realizar um conjunto de análises de redes espaciais projetadas para compreender os processos sociais dentro do ambiente construído. Ele funciona em uma variedade de escalas, desde a construção de pequenas cidades urbanas a cidades ou estados inteiros. Em cada escala, o objetivo do software é produzir um mapa de elementos de espaço aberto, conectá-los por meio de alguma relação (por exemplo, intervisibilidade ou sobreposição) e, em seguida, realizar uma análise gráfica da rede resultante. O objetivo da análise é derivar variáveis que possam ter significado social ou experiencial(Castro, 2016).

**Figura 6:** DepthMapX



**Fonte:** Internet

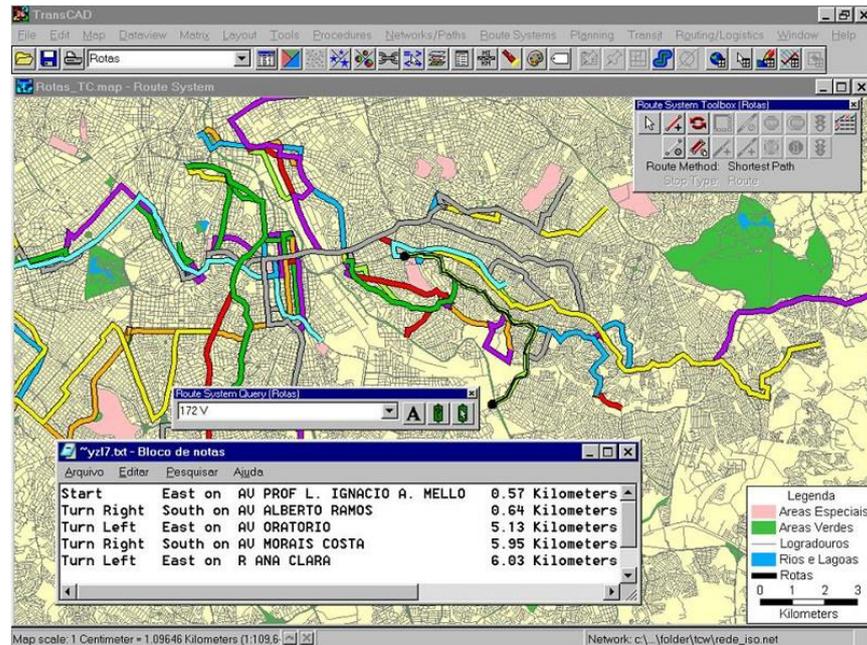
Existem alguns plugins criados para auxiliar na modelagem, um deles é o Qgis Space Syntax Toolkit. O Qgis Space Syntax Toolkit é um plug-in do QGIS, Software OpenSource de Sistemas de Informações Geográficas, da [www.qgis.org](http://www.qgis.org), para redes

espaciais e análise estatística. Ele fornece um front-end para o software DepthmapX no QGIS, oferecendo fluxos de trabalho de análise de sintaxe de espaço amigáveis ao usuário em um ambiente GIS e uma análise de rede espacial perfeita. Além disso, inclui ferramentas para análise e gerenciamento de dados urbanos, como uso da terra, entradas, fachadas, movimento de pedestres, linhas de estradas e áreas de serviço.

### *2.1.3.2. TransCAD*

TransCAD, distribuído pela Caliper Corporation ® é um sistema de informações geográfica que pode ser usado para criar e customizar mapas, construir e manter conjuntos de dados geográficos para fazer diferentes tipos de análises espaciais é o único Sistema de Informação Gerencial (SIG) desenvolvido especificamente para ser usado por profissionais de transporte para guardar, mostrar, manipular e analisar dados relativos a transporte. TransCAD inclui funções sofisticadas de um SIG como sobreposição de polígonos (polygon Overlay), criação de bandas, geocodificação, e tem uma configuração que permite o compartilhamento de dados em redes locais e remotas. O TransCAD combina recursos de modelagem de SIG e transporte em uma única plataforma integrada, fornecendo recursos importantes para análise do problema. Ele pode ser usado para todos os modos de transporte, em qualquer escala ou nível de detalhe(Geologista, 2018).

**Figura 7: TransCAD**



**Fonte:** [www.geologica.com.br/Transcad](http://www.geologica.com.br/Transcad)

TransCAD estende as capacidades de um GIS tradicional para incluir dados para transporte como:

- Redes de transporte
- Matrizes
- Rotas e sistemas de rotas
- Dados linearmente referenciados

O TransCAD tem várias funções, porém as mais importantes para nós são as análises da rede de transporte, o planejamento de transporte e modelagem de demanda. Com ele pode elaborar modelos de geração de viagens, distribuição, divisão modal e alocação, rotinas de caminho mínimo, que geram a rota mais rápida, mais curta ou menos custosa entre qualquer número de origens e destinos, com qualquer número de pontos intermediários

A utilização deste software teve como objetivo não só calibrar modelos agregados de previsão de demanda por transporte, como também auxiliar na gerência dos bancos de dados geográficos, da demanda por transportes, das variáveis socioeconômicas e na elaboração de mapas temáticos.

As principais vantagens deste software são os modelos de pesquisa e análise de redes de transportes, os conjuntos de modelos analíticos avançados para

aplicações específicas e as ferramentas de suporte para análise estatística e econômica (CALIPER, 1996).

#### 2.1.4. Tipos de Fluxos

Como já citado anteriormente, a SE analisa as relações espaciais entre cada segmento e malha viária (ou rede). Quando um mapa axial é elaborado, em alguns dos softwares citados, é possível obter valores de fluxos de movimentos (tráfego) das linhas que representam cada rua, avenida ou rodovia.

**Tabela 01:** Dados Gerados do Mapa Axial da Região Metropolitana de Fortaleza

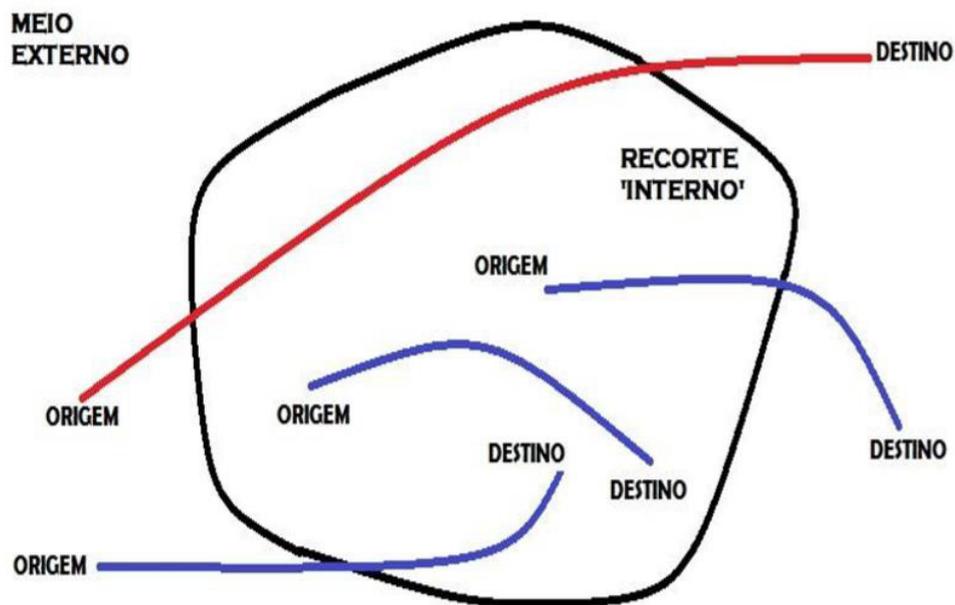
Depthmap_ Ref	Choice	Choice_Norm_	Connectivity	Integration_HH_	Line_Length	Mean_Depth	Node_Count
0	45638456	0,064761	12,00	0,293056	95.099.619,00	4.403.532,00	37544
1	36101384	0,051228	2,00	0,293040	26.650.718,00	44.037.716,00	37544
2	36029348	0,051126	2,00	0,286642	26.049.402,00	44.998.348,00	37544
3	35958368	0,051025	2,00	0,280656	41.476.147,00	45.936.794,00	37544
4	35888048	0,050925	2,00	0,274927	51.425.427,00	46.873.211,00	37544
5	35827816	0,050840	3,00	0,269442	13.584.414,00	47.807.049,00	37544
6	27412902	0,038899	2,00	0,264171	15.616.238,00	48.740.883,00	37544
7	27550148	0,039094	12,00	0,259123	65.214.849,00	4.967.099,00	37544
8	3365151	0,004775	3,00	0,253921	10.480.234,00	50.668.114,00	37544
9	3279407	0,004653	7,00	0,248924	18.328.519,00	51.665.211,00	37544
10	169250	0,000240	3,00	0,244110	7.118.183,00	52.664.333,00	37544
11	94204	0,000134	3,00	0,239476	12.342.528,00	53.663.933,00	37544
12	369	5,236125	2,00	0,235015	27.028.656,00	54.663.586,00	37544
13	431300	0,000612	2,00	0,253908	91.153.302,00	50.670.643,00	37544
14	356240	0,000506	2,00	0,248899	93.752.112,00	51.670.246,00	37544
15	281234	0,000399	2,00	0,244086	76.054.474,00	52.669.365,00	37544
16	206531	0,000293	3,00	0,239464	31.088.303,00	53.666.622,00	37544
17	75084	0,000107	2,00	0,235003	28.352.652,00	54.666.542,00	37544
18	0	-	1,00	0,230704	37.928.311,00	55.666.515,00	37544
19	0	-	1,00	0,235014	70.992.651,00	54.663.906,00	37544
20	62426	885,827470	3,00	0,279069	2.490.022,00	46.192.341,00	37544
21	991	1,406233	2,00	0,273238	31.599.249,00	47.156.673,00	37544
22	545770	0,000774	3,00	0,279102	16.862.375,00	46.187.038,00	37544
23	450444	0,000639	3,00	0,273061	44.998.083,00	47.186.691,00	37544
24	168820	0,000240	4,00	0,267275	33.470.523,00	48.186.455,00	37544
25	3	0,042570	3,00	0,261729	62.718.988,00	49.186.321,00	37544
26	754051	0,001070	3,00	0,323710	61.831.555,00	39.960.072,00	37544
27	0	-	1,00	0,308358	65.414.191,00	41.899.715,00	37544
28	75084	0,000107	3,00	0,316087	59.577.344,00	40.899.742,00	37544
29	823604	0,001169	3,00	0,331346	13.752.484,00	39.062.222,00	37544

Fonte: DepthMapX

A variável choice, ou betweenness, é equivalente ao fluxo de passagem pela rede ou malha viária, é o movimento que sai das extremidades da rede e se direciona às outras extremidades da rede, ou, de 'bordas' para 'bordas' da malha considerada.

A variável closeness, ou integração (integration HH), é equivalente ao fluxo origem-destino (ou par OD), conceito muito usado na engenharia de tráfego. São movimentos que podem se originar nos extremos da malha viária e se destinar ao interior, se iniciar dentro da malha e se destina para dentro da malha e podem também iniciarem dentro da malha e finalizar no extremo da malha (ver figura 7).

**Figura 8:** Tipos de Fluxo ou Movimentos



**Fonte:** Apresentação – Rede Morfológica Aplicada a Cidades Inteligentes.

## 2.2. Conceitos Básicos de Tráfego

### 2.2.1. Volume de Tráfego

É o principal parâmetro no estudo do tráfego. Por definição é o número de veículos que passa por uma determinada seção de uma estrada, num determinado intervalo de tempo. Dependendo do objetivo do estudo, os volumes podem ser referidos a um ou dois sentidos do movimento. Os volumes mais utilizados são os seguintes:

#### a) Volume Anual:

É a quantidade total de veículos que passa numa estrada durante o período de um ano. Ele é utilizado quando se deseja estimar a receita para a implantação de pedágios, quando se quer determinar índice de acidentes ou quando se quer estudar as tendências de crescimento do volume para fins de determinação do volume de tráfego da estrada no ano-horizonte de projeto.

**b) Volume Médio Diário (VMD):**

É a quantidade média de veículos que passa numa seção da estrada, durante um dia. Muitas vezes o seu cálculo é efetuado tomando-se o Volume Anual e dividindo-o pelo número de dias do ano (365). Ele é utilizado para avaliar a distribuição do tráfego, medir a demanda atual de uma estrada, programação de melhorias, etc. É muito empregada, na linguagem corrente, a expressão equivalente Tráfego Médio Diário.

**2.2.2. Variações de Volume**

Os fluxos de tráfego apresentam variações contínuas nos seus volumes. As variações de volume mais importantes ocorrem em função do tempo e de uma maneira cíclica. As principais variações são:

**a) Variações Horárias:**

Refletem a variação do tráfego durante as vinte e quatro horas do dia. A flutuação padrão apresenta “picos” pela manhã e ao fim da tarde, coincidindo com os horários do início e fim de expediente administrativo, nas áreas urbanas. O intervalo das 12 às 14 horas também apresenta um volume relativamente alto, embora inferior aos de pico.

**b) Variações Diárias e Semanais:**

São variações que ocorrem durante cada semana, conforme os dias da semana. De uma maneira geral, em vias urbanas, os volumes diários variam pouco no curso dos dias úteis da semana, com segunda-feira e sexta-feira apresentando valores um pouco acima da média e, os mínimos volumes ocorrem nos domingos e feriados. Em vias rurais, geralmente, observa-se um comportamento inverso àquele das vias urbanas. Normalmente, os maiores volumes ocorrem nos fins de semana e feriados.

**c) Variações Mensais:**

Ocorrem durante os diversos meses do ano, sendo a flutuação verificada através dos volumes observados mensalmente. As variações são mais sensíveis nas vias rurais do que nas urbanas, sofrendo influências ditas sazonais. A expressão sazonal deriva da palavra inglesa “*Season*”, que significa estação, período, temporada. As influências sazonais são decorrentes, por exemplo, dos períodos de colheita, das férias escolares, etc.

**d) Variações Anuais:**

São variações que ocorrem de ano para ano, como uma decorrência, basicamente, do desenvolvimento econômico da região, resultando no crescimento da demanda de tráfego. São informações relativas aos volumes anuais, que poderão ser utilizadas nos estudos de projeções de tráfego para obtenção da demanda no ano-horizonte de projeto

### **2.2.3. Tipos de Tráfego em uma rodovia**

Podemos classificar o tráfego de uma rodovia em 3 tipos principais:

**a) Tráfego Existente (Atual):**

É o tráfego que utiliza a estrada no ano em que se faz o estudo. A determinação do tráfego existente de uma estrada é efetuada através de contagens volumétricas.

**b) Tráfego Desviado:**

É o tráfego existente em outras estradas e que passa a utilizar a estrada em questão, no momento em que são realizados melhoramentos ou no momento em que é terminada a construção da mesma.

**c) Tráfego Gerado:**

É o tráfego potencial que não existia e que passa a existir pelo efeito do melhoramento ou da construção, com conseqüente desenvolvimento da região. Sua determinação é bastante difícil e imprecisa. Ela é normalmente efetuada através de estudos econômicos.

**2.3. Dados de Demanda de Tráfego**

Para fundamentar a pesquisa foi solicitado ao Departamento de Estradas de Rodagem do Ceara, dados de tráfegos da região metropolitana de Fortaleza, por meio da lei geral de acesso a informação. Os dados coletados auxiliam na análise dos sistemas e na formulação de modelos matemáticos que permitem prever o comportamento futuro da demanda por transportes. Assim, se torna possível planejar e programar o desenvolvimento de um Sistema de Transportes.

Para o Planejamento e Gerenciamento de Transportes tem esses dados tem como objetivo estimar o padrão dos fluxos (viagens de pessoas e veículos) num determinado horizonte, a fim de avaliar alternativas de investimento no Sistema de Transportes Públicos e na malha viária, de forma a atender a demanda futura de forma satisfatória. A previsão futura da demanda é o elemento crucial para a maioria dos estudos de Planejamento de Transportes. Devido aos sistemas e mecanismos envolvidos, a previsão é um processo dinâmico, necessitando de permanente revisão, correção de rumo, exigindo, portanto, um repensar constante.

**Tabela 02:** Dados de Tráfego Região Metropolitana de Fortaleza

DESCRIÇÃO DO TRECHO		EXTENSÃO (km)	SITUAÇÃO FÍSICA	VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DO TRÁFEGO ESTIMADO POR SENTIDO E CATEGORIA DE VEÍCULO							TOTAL
INÍCIO	FIM			MOTO	AUTO	ONIB	CAML	CAMM	CAMP	CAMUP	
ENTR. CE-040 (AV. WASHINGTON SOARES)	ENTR. CE-251	3,203	DUPD	1,265	4,972	171	65	97	119	15	6,704
ENTR. CE-040 (AV. WASHINGTON SOARES)	ENTR. CE-251	3,203	DUPE	1,405	5,523	190	76	110	123	19	7,446
ENTR. CE-251	ENTR. CE-506 p/ COFECO (FORTALEZA)	3,132	DUPD	1,045	4,103	145	54	81	98	12	5,538
ENTR. CE-251	ENTR. CE-506 p/ COFECO (FORTALEZA)	3,132	DUPE	1,161	4,558	161	63	92	102	15	6,152
ENTR. CE-506 p/ COFECO (FORTALEZA)	ENTR. CE-502 p/ PORTO DAS DUNAS (AQUIRAZ)	6,988	PAV	1,464	5,732	217	79	116	135	19	7,761
ENTR. CE-502 p/ PORTO DAS DUNAS (AQUIRAZ)	ENTR. CE-452 p/ PRAINHA	5,072	PAV	580	2,241	112	33	48	56	8	3,078
ENTR. CE-452 p/ PRAINHA	ACESSO PRAIAS BELAS	5,000	PLA	0	0	0	0	0	0	0	0
ACESSO PRAIAS BELAS	ENTR. CE-453	2,160	PAV	379	904	19	22	33	38	5	1,400
ENTR. CE-453	BARRO PRETO	3,000	PLA	0	0	0	0	0	0	0	0
BARRO PRETO	BATOQUE	4,000	PLA	0	0	0	0	0	0	0	0
BATOQUE	BALBINO	10,000	PLA	0	0	0	0	0	0	0	0
BALBINO	ENTR. CE-138/454 (CAPONGA)	3,000	PLA	0	0	0	0	0	0	0	0
ENTR. CE-138/454 (CAPONGA)	ÁGUAS BELAS	2,432	PAV	1,293	3,908	59	80	92	75	21	5,528
FORTALEZA (AV. PADRE ANTÔNIO THOMAZ)	ENTR. CE-403	1,470	DUPD	17,825	57,015	1,410	293	405	450	101	77,500
FORTALEZA (AV. PADRE ANTÔNIO THOMAZ)	ENTR. CE-403	1,470	DUPE	18,576	59,417	1,470	305	422	469	106	80,764
ENTR. CE-403	ENTR. CE-567	0,370	DUPD	8,230	29,256	727	442	629	722	165	40,172
ENTR. CE-403	ENTR. CE-567	0,360	DUPE	9,251	34,298	785	507	702	780	176	46,499
ENTR. CE-567	ENTR. CE-568/569/570	0,380	DUPD	4,245	17,728	444	505	722	835	191	24,670
ENTR. CE-567	ENTR. CE-568/569/570	0,380	DUPE	5,378	23,866	500	591	819	910	205	32,268
ENTR. CE-568/569/570	ENTR. CE-025	4,640	DUPD	5,029	21,001	526	598	855	989	227	29,224

Fonte: DER-CE

## 2.4. Patologias em Pavimentos Flexíveis e Semi-Flexíveis

Segundo Confederação Nacional de Transporte, a qualidade do pavimento das rodovias tem impacto direto no desempenho do transporte rodoviário e na economia do Brasil. Uma rodovia com más condições de pavimento aumenta o custo operacional do transporte, reduz o conforto e a segurança dos passageiros e das cargas, além de causar prejuízos ambientais.

As propriedades dos materiais que compõem o pavimento se alteram a partir do uso, piorando gradualmente. Essa piora está associada ao tempo de vida do pavimento, mas também às características do tráfego e às condições climáticas e controle de execução do serviço de pavimentação. Para que ele mantenha um nível de serviço adequado quanto ao rolamento, à segurança e à capacidade de suporte da carga do tráfego, são necessárias intervenções de restauração.

O Principal método de dimensionamento usado no Brasil é o do DNIT, método esse que não leva em consideração a fadiga do pavimento sofrida pelo tráfego que nele ocorre. Apesar do Brasil já ter outros métodos de dimensionamento, mais atuais e eficazes, esse método criado durante a Segunda Guerra Mundial, ainda é o mais utilizados e mais de 90% dos pavimentos dimensionados no Brasil usam essa metodologia.

Os principais defeitos encontrados são:

### a) Fissuras

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, são fendas capilares no revestimento asfáltico que ainda não causam problemas funcionais nem estruturais na rodovia (figura 7). Elas estão posicionadas longitudinal, transversal ou obliquamente e são perceptíveis à vista de quem está a até 1,5 m de distância. A extensão das espessuras é inferior a 30 cm.

**Figura 9:** Fissuras em pavimentos flexíveis



**Fonte:** NORMA DNIT 005/2003 – TER

#### **b) Trinca**

Para o DNIT, uma trinca (figura 8) é uma fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

Pode ser subclassificadas em trincas longitudinais, trincas transversais, trincas de retração e trinca interligada.

**Figura 10:** Trincas em pavimentos flexíveis



Fonte: NORMA DNIT 005/2003 – TER

### c) Afundamento de Trilho de Roda

Segundo o DNIT, o afundamento de trilho de roda (figura 9) é a deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de só levamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

**Figura 11:** Afundamento de Trilho de Roda



Fonte: NORMA DNIT 005/2003 – TER

#### **d) Exsudação**

Segundo a NORMA DNIT 005/2003 – TER, exsudação (figura 10) é excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. Acontece devido excessiva quantidade de ligante ou baixo conteúdo de vazios no pavimento.

**Figura 12: Exsudação**



**Fonte:** NORMA DNIT 005/2003 – TER

#### **e) Desgaste**

Segundo a NORMA DNIT 005/2003 – TER, exsudação (figura 11) é excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. Acontece devido excessiva quantidade de ligante ou baixo conteúdo de vazios no pavimento.

**Figura 13: Desgaste**



Fonte: NORMA DNIT 005/2003 – TER

**f) Panela ou buraco**

Para o DNIT, painelas ou buracos (figura 11) são cavidades que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

**Figura 14:** Panela ou Buraco



Fonte: NORMA DNIT 005/2003 – TER

### **g) Remendo**

É uma panela ou buraco, preenchida com uma ou mais camadas de pavimentação ou outros materiais. Normalmente usados para aumentar a conservação do pavimento ou na manutenção dos mesmos, é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e por impactar o conforto no rolamento. Quando o remendo deteriora, ele tende a apresentar um conjunto de defeitos no pavimento.

**Figura 15:** Remendo



**Fonte:** NORMA DNIT 005/2003 – TER

**Tabela 03: Resumo de Defeitos e Classificação**

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
<b>Fissuras</b>				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	<b>OUTROS DEFEITOS</b>				<b>CODIFICAÇÃO</b>		
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O			
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E			
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX			
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D			
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P			
Remendos			Remendo Superficial		RS		
			Remendo Profundo		RP		

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.  
 FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.  
 FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

**Fonte: NORMA DNIT 005/2003 – TER**

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Estudo de Caso

Neste Capítulo será feita uma descrição da área de estudo, sua caracterização de ocupação e formato, com o detalhamento das das vias selecionadas, além de especificar como foi realizado o levantamento dos dados e a maneira como os dados foram organizados para que pudesse ser feita sua respectiva análise..

##### 3.1.1. Trechos do Estudo

Com posse dos dados enviados pelos DER, eles foram tratados usando valor do VMDA dividido pelo comprimento do trecho e depois classificados do maior para o menor valor. Lembrando que os dados fornecidos têm como base o ano de 2012, ou seja, a uma defasagem de 7 anos. Levando em conta o crescimento do número de veículos, esses números hoje podem ser bem maiores.

Os 10 trechos com os maiores valores do VMDA/m seguem na tabela abaixo:

**Tabela 04:** Dados DER – Maiores VMDA/m

SIGLA DA RODOVIA	DESCRIÇÃO DO TRECHO		EXTENSÃO (km)	TOTAL	VMDA/m
	INÍCIO	FIM			
CE-404	ENTR. CE-403	ENTR. JUSTINO CAFÉ NETO	0,240	<b>38.331</b>	159,712
CE-404	ENTR. CE-403	ENTR. JUSTINO CAFÉ NETO	0,240	<b>35.992</b>	149,968
CE-040	ENTR. CE-403	ENTR. CE-567	0,360	<b>46.499</b>	129,163
CE-040	ENTR. CE-403	ENTR. CE-567	0,370	<b>40.172</b>	108,573
CE-040	ENTR. CE-567	ENTR. CE-568/569/570	0,380	<b>32.268</b>	84,9158
CE-404	ENTR. ISRAEL BEZERRA	ENTR. CE-403	0,560	<b>38.331</b>	68,4479
CE-040	ENTR. CE-567	ENTR. CE-568/569/570	0,380	<b>24.670</b>	64,9211
CE-404	ENTR. ISRAEL BEZERRA	ENTR. CE-403	0,560	<b>35.992</b>	64,2721
CE-040	FORTALEZA (AV. PADRE ANTÔNIO THOMAZ)	ENTR. CE-403	1,470	<b>80.764</b>	54,9418
CE-040	FORTALEZA (AV. PADRE ANTÔNIO THOMAZ)	ENTR. CE-403	1,470	<b>77.500</b>	52,7208

**Fonte:** DER-Ce

Todos os trechos com maiores valores englobam a região da Av. Washington Soares. Essa região é caracterizada por dar acesso a grandes áreas empresariais e comerciais como Aldeota, Papicu e Meireles, da acesso a grandes áreas turísticas

como Beira-Mar e Praia do Futuro e contém no seu entorno grandes centros comerciais como shoppings, academias e concessionárias de veículos.

Levando em conta que os dados são de 2012, devemos considerar as seguintes condições de estudo. Do ano de 2012 até hoje, houve várias interferências no trânsito daquela região. Grandes obras de trânsito foram inseridas na região melhorando em muito o fluxo de passagem de veículos, uma delas foi o complexo de viadutos do cruzamento da Av. Antonio Sales e Av. Engenheiros Santana Jr., outra foi o complexo de túneis do cruzamento da Av. Rogaciano Leite e Av. Washington Soares(CE-403) e por fim o alargamento da Av. Washington Soares (CE-403), em frente a nova entrada do shopping Iguatemi.

**Figura 16:** Av. Washington Soares – Ano 2012



**Fonte:** Google Earth

**Figura 17:** Av. Washington Soares – Ano 2012



**Fonte:** Google Earth

**Figura 18:** Av. Washington Soares – Ano 2019



Fonte: Google Earth

Figura 19: Av. Washington Soares – Ano 2019



Fonte: Google Earth

Essas interdições feitas na região provavelmente alteraram o fluxo de trânsito, podendo o mesmo ter aumentado ou diminuído. Porém, para o nosso estudo, o mapa da sintaxe espacial da região metropolitana em estudo vai levar em consideração o momento anterior a essas mudanças, assim sendo compatível com os dados enviados pelo DER-Ce.

### **3.1.2. Sintaxe Espacial e Correlação dos Dados**

Os trechos selecionados para o estudo do caso, citados na tabela 04, existem no mapa axial usado no estudo e dele foram retirados os dados usados para correlacionar com os dados de tráfego fornecidos pelo DER-Ce (Anexo 1 – Dados Trechos Sintaxe).

Passo seguinte, opta-se correlacionar a multiplicação do VDMA/m, obtido dos dados fornecidos pelo DER-Ce, com a variável Segment Length (Comprimento do Segmento/Trecho), retirado do mapa axial de Fortaleza (Urbanidades, 2018). Para efeito de precisão, as somas dos lengths dos trechos retirados do mapa axial, deve ser próximo ou igual aos trechos fornecidos pelo DER-Ce.

**Tabela 05:** Comparação Comprimento dos Trechos – Região Metropolitana

**CE 404 - Entre Justino Café Leite até 403**

Depthmap_R	Segment_Le
36670	167,02
36669	82,26

Distancia DER:	0,240 km
Distancia Sintaxe:	0,249 km
Diferença:	-9,28 m

**CE 404 - Entre Isabel Bezerra - CE 403**

Depthmap_R	Segment_Le
36671	144,34
36672	89,33
36673	382,93

Distancia DER:	0,560 km
Distancia Sintaxe:	0,617 km
Diferença:	-56,59 m

**CE 040 - Entre 403 - CE 567**

Depthmap_R	Segment_Le
35546	24,85
35547	58,85
35548	85,61
35549	121,95
35550	21,67

Distancia DER:	0,360 km
Distancia Sintaxe:	0,313 km
Diferença:	47,08 m

**CE 040 - Entre 567 - 568**

Depthmap_R	Segment_Le
35551	119,85
35552	32,79
35553	53,84
35554	36,73
35555	53,75
35556	4,47
35557	66,65

Distancia DER:	0,380 km
Distancia Sintaxe:	0,368 km
Diferença:	11,92 m

**Fonte:** Estudo Próprio

Os trechos tem uma diferença de tamanho mínima (menor que 1km) visto que as plataformas usadas para extrair os dois dados são bem diferentes, uma feita a mão, e outra obtida pela Open Street Map (OSM). Contudo, essas distâncias serão majoradas no estudo, para que não haja interferência no peso da correlação.

Correlacionar os dados é provar a relação que existem entre eles e informalmente é demonstrar a dependência de que existe entre eles. A correlação usada no estudo é a do Coeficiente de Pearson e a interpretação dos dados será feito pelo estudo de Cohen.

Segundo Zaniboni (1988), a correlação amostral trata da medida da direção e do grau com que as variáveis X e Y se associam linearmente em uma amostra. Karl

Pearson desenvolveu o coeficiente amostral a partir de uma ideia semelhante, porém ligeiramente diferente da de Francis Galton (Zaniboni, 1998). Então, o coeficiente amostral pode ser chamado de coeficiente produto–momento de Pearson, coeficiente de correlação de Pearson ou simplesmente coeficiente de correlação, que é a medida mais conhecida de dependência entre duas variáveis quantitativa.

Ainda segundo Zaniboni(1988), para uma série n medições de X e Y,  $x_i$ ,  $y_i$  para  $i=1,2,\dots,n$ , o coeficiente de correlação da amostra pode ser usado para estimar o coeficiente de correlação de Pearson da amostra  $r$  entre X e Y. Então, o coeficiente de correlação da amostra é escrito como:

$$r_{xy} = \frac{Cov(X,Y)}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

O coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis.

Todavia, como valores extremos (0 ou 1) dificilmente são encontrados na prática é importante discutir como os pesquisadores podem interpretar a magnitude dos coeficientes. Para Cohen (1988), valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

O coeficiente de determinação ( $r^2$ ), é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, ou seja, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. O coeficiente de determinação pode variar de 0 a 1, e quanto maior o valor, melhor qualificada é a teoria ou análise do estudada no caso. A fórmula do  $r^2$  é dado por:

$$SQ_{exp} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$SQ_{res} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$SQ_{total} = SQ_{res} + SQ_{exp}$$

$$r^2 = 1 - \frac{SQ_{res}}{SQ_{total}} = \frac{SQ_{exp}}{SQ_{total}}$$

Onde  $SQ_{res}$  é a soma dos quadrados das diferenças entre a média e cada valor observado e  $SQ_{exp}$  é a soma dos quadrados dos resíduos, que calcula a parte que não é explicada pelo modelo.  $SQ_{total}$  é a soma do  $SQ_{res}$  e  $SQ_{exp}$ . Para o estudo do caso usaremos como base os parâmetros de Cohen(1988), para termos um melhor entendimento dos valores dos coeficientes obtidos.

As tabelas de dados contém as seguintes informações  $Depthmap\_R$  que é a identificação da linha que compõem o trecho,  $Axial\_Choi$  que se refere ao fluxo de passagem pelo segmento de linha do trecho,  $VMDA/m$  é quantidade de veículos por metro que passam pelo trecho obtido através de dados de obtidos pelo DER. Abaixo segue uma foto explicativa:

**Figura 20:** CE 404 – Entre a Justino Café Neto e CE-403



**Fonte:** Google Earth

A correlação dos dados será feita pela coluna de dados VMD\_CE\_ASA com a coluna ASA\_CHOICE\_LENGTHWEIGHT. Os dados da coluna VMD\_CE\_ASA são obtidos através da multiplicação dos dados da coluna Segment\_Le com o os da coluna VMDA/m e os dados da coluna ASA\_CHOICE\_LENGTHWEIGT são obtidos pelas divisão dos dados da Axial\_Choi com os dados de Segment\_Le. Abaixo segue as tabelas com o resultados obtidos nos trechos estudados:

**Figura 21:** CE-404 – Entre a Justino Café Neto e CE-403

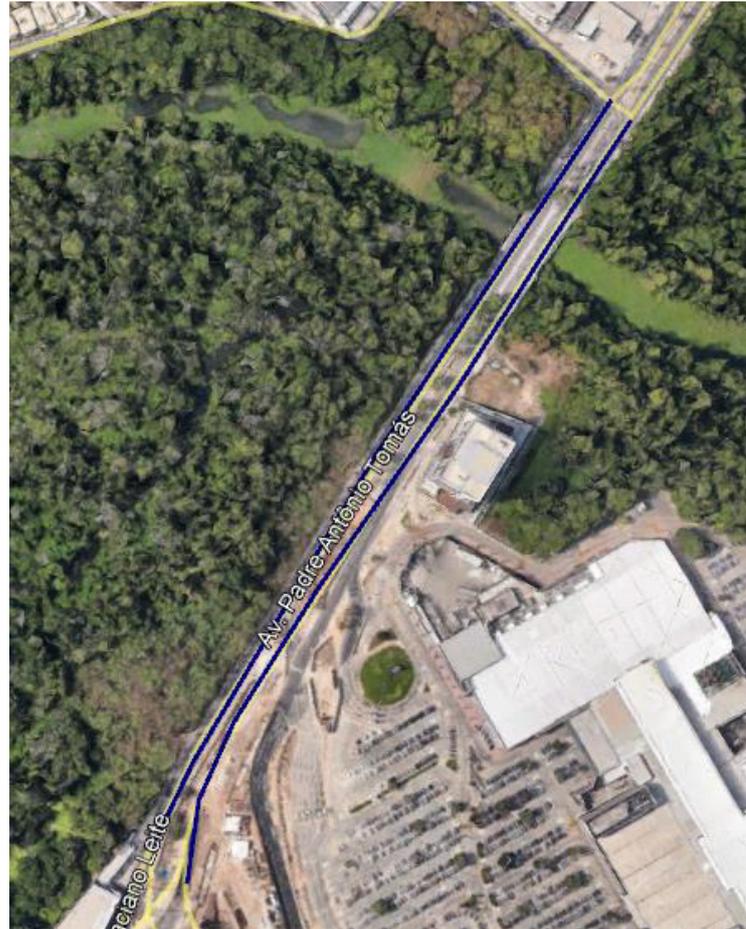


Fonte: Google Earth

**Tabela 06:** Correlação – Trecho CE-404 – Entre Justino Café Neto até CE-403

Trecho : CE 404 - Entre Justino Café Leite até 403						r = 1,0000
Depthmap_R	Segment_Le	Axial_Choi	VMDA/m	VMD_CE_ASA (length 'm')	ASA_CHOICE_LENGTHWEIGHT	
36670	162,38	37.391.832,00	154,84	25.142,86	230.274,12	r <sup>2</sup> = 1,0000
36669	77,62	1.411.674,00	154,84	12.018,73	18.186,91	

Fonte: Estudo Próprio

**Figura 22:** CE 404 – Entre a Isabel Bezerra e CE-403

**Fonte:** Google Earth

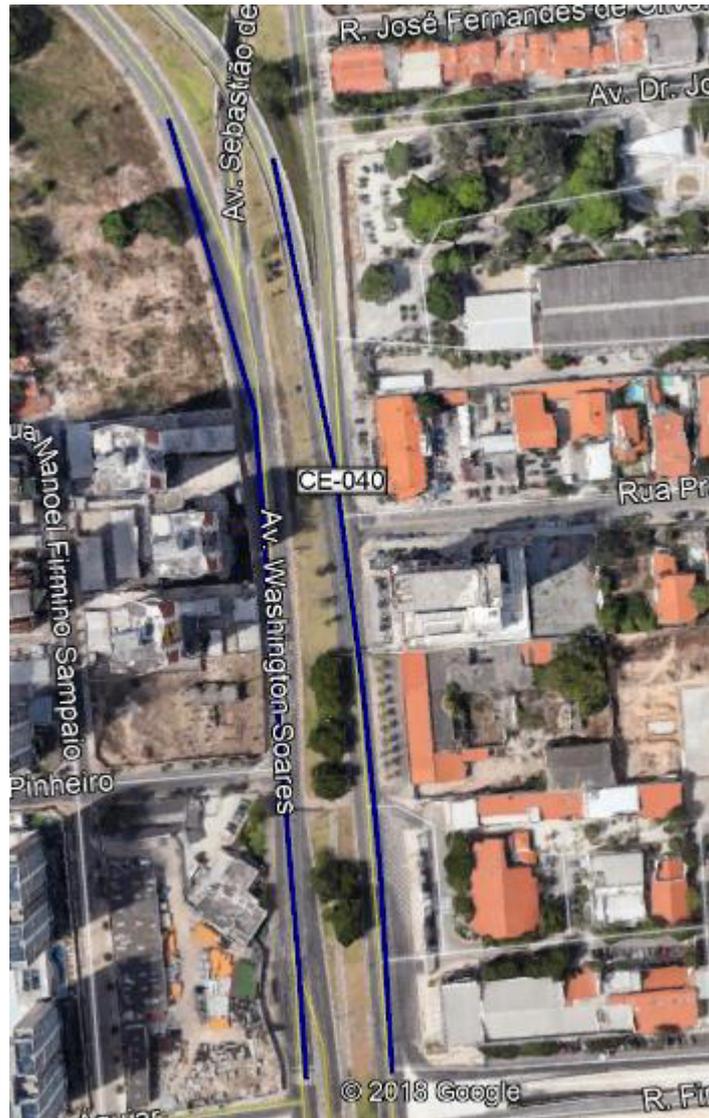
**Tabela 07:** Correlação – Trecho CE-404 – Entre Isabel Bezerra até CE-403

Trecho : CE 404 - Entre Isabel Bezerra - CE 403					
Depthmap_R	Segment_Le	Axial_Choi	VMDA/m	VMD_CE_ASA (length 'm')	ASA_CHOICE_LE NGTH WEIGHTH
36671	125,47	37.391.832,00	66,36	8.326,37	298.007,61
36672	70,47	37.686.316,00	66,36	4.676,15	534.811,98
36673	364,06	37.686.316,00	66,36	24.159,07	103.516,55

r =	-0,9199
r <sup>2</sup> =	0,8462

**Fonte:** Estudo Próprio

**Figura 23:** CE-040 – Entre CE-403 e CE-567



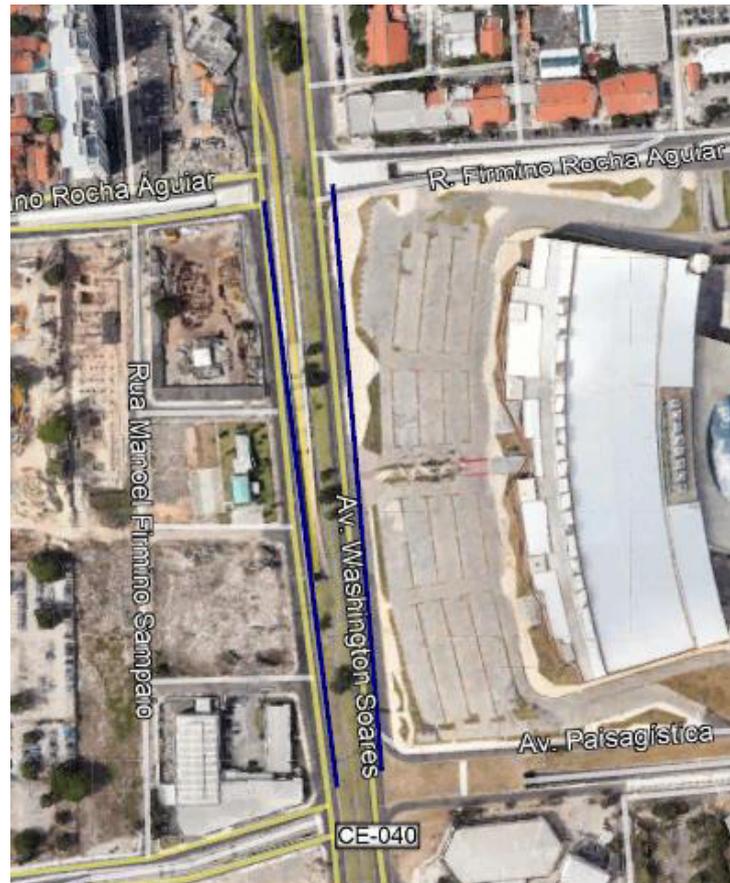
Fonte: Google Earth

Tabela 08: Correlação – CE-040 – Entre CE-403 e CE-567

Trecho : CE 040 - Entre 403 - CE 567						
Depthmap_R	Segment_Le	Axial_Choi	VMDA/m	VMD_CE_ASA (length 'm')	ASA_CHOICE_LE NGTH WEIGHTH	
35546	34,26	72.696.024,00	118,87	4.072,77	2.121.708,67	r = -0,9417
35547	68,27	72.696.024,00	118,87	8.114,70	1.064.886,77	r² = 0,8868
35548	95,03	72.696.024,00	118,87	11.295,67	765.004,39	
35549	131,36	72.696.024,00	118,87	15.614,56	553.408,86	
35550	31,08	72.696.024,00	118,87	3.694,80	2.338.753,24	

Fonte: Estudo Próprio

Figura 24: CE-040 – Entre CE-567 e CE-568



Fonte: Google Earth

**Tabela 09:** CE-040 – Entre CE-567 e CE-568

Trecho : CE 040 - Entre 567 - 568						
Depthmap_R	Segment_Le	Axial_Choi	VMDA/m	VMD_CE_ASA (length 'm')	ASA_CHOICE_LE NGTH WEIGHTH	
35551	121,55	72.696.024,00	74,92	9.106,42	598.069,46	r = -0,6819
35552	34,49	72.696.024,00	74,92	2.583,78	2.107.866,69	r² = 0,4649
35553	55,54	72.696.024,00	74,92	4.161,28	1.308.795,83	
35554	38,43	72.696.024,00	74,92	2.879,46	1.891.419,66	
35555	55,45	72.696.024,00	74,92	4.154,37	1.310.975,35	
35556	6,18	72.696.024,00	74,92	462,70	11.770.735,59	
35557	68,35	72.696.024,00	74,92	5.120,99	1.063.519,46	

Fonte: Estudo Próprio

Como visto nas tabelas de correlação dos trechos, o valor do “r” para todos deu um valor satisfatório e o “r²” mostrou que existe uma grande correlação entre eles, ou seja, o resultado se mostrou muito satisfatório. Esses resultados nos mostram que a correlação da sintaxe espacial usando o utilizando como parâmetro como o espaço

viário urbano se organizou durante anos para dimensionar as viagens é proporcional ao VMD adquirido por contagem de veículos nos trechos.

Alguns pontos tem que ser observados para que possamos concluir que a sintaxe é totalmente viável, os dados de tráfego: (1) os dados precisam ser atualizados, pois a base de dados é do ano de 2012; (2) um novo estudo de uso do solo da sintaxe espacial tem que atualizado visto que na região em estudo várias mudanças foram feitas, como a implantação do Centro de Eventos do Ceará, ampliação do Shopping Iguatemi, construção de vários edifícios residências e comerciais; (3) outras grandes interferências feitas na região (efeitos quaternários), segundo Cavalcante (2009), foram novas conexões e as duplicações de vias, e; (4) a elaboração do mapa da SE que foi utilizado (MAPAS CONFIGURACIONAIS, 2019) não foi levado em conta, a base para esse mapa foi o Open Street Maps e provavelmente antecede o ano de 2012.

Abaixo segue uma tabela com todos os trecho em uma única correlação:

**Tabela 10: Correlação Todos os Trechos**

Depthmap R	Trecho	Segment_Le	Axial_Choi	VMDA/m	VMD_CE_ASA (length 'm')	ASA_CHOICE_LE NGTH WEIGHTH
36670	CE 404 - Entre Justino Café Leite até 403	162,38	37.391.832,00	154,84	25.142,86	230274,1183
36669	CE 404 - Entre Justino Café Leite até 403	77,62	1.411.674,00	154,84	12.018,73	18186,90717
36671	CE 404 - Entre Isabel Bezerra - CE 403	125,47	37.391.832,00	68,45	8.588,61	298007,6111
36672	CE 404 - Entre Isabel Bezerra - CE 403	70,47	37.686.316,00	68,45	4.823,43	534811,9813
36673	CE 404 - Entre Isabel Bezerra - CE 403	364,06	37.686.316,00	68,45	24.919,96	103.516,55
35546	CE 040 - Entre 403 - CE 567	34,26	72.696.024,00	129,16	4.425,50	2.121.708,67
35547	CE 040 - Entre 403 - CE 567	68,27	72.696.024,00	129,16	8.817,48	1.064.886,77
35548	CE 040 - Entre 403 - CE 567	95,03	72.696.024,00	129,16	12.273,94	765.004,39
35549	CE 040 - Entre 403 - CE 567	131,36	72.696.024,00	129,16	16.966,88	553.408,86
35550	CE 040 - Entre 403 - CE 567	31,08	72.696.024,00	129,16	4.014,80	2.338.753,24
35551	CE 040 - Entre 567 - 568	121,55	72.696.024,00	84,92	10.321,61	598.069,46
35552	CE 040 - Entre 567 - 568	34,49	72.696.024,00	84,92	2.928,57	2.107.866,69
35553	CE 040 - Entre 567 - 568	55,54	72.696.024,00	84,92	4.716,58	1.308.795,83
35554	CE 040 - Entre 567 - 568	38,43	72.696.024,00	84,92	3.263,71	1.891.419,66
35555	CE 040 - Entre 567 - 568	55,45	72.696.024,00	84,92	4.708,74	1.310.975,35
35556	CE 040 - Entre 567 - 568	6,18	72.696.024,00	84,92	524,44	11.770.735,59
35557	CE 040 - Entre 567 - 568	68,35	72.696.024,00	84,92	5.804,35	1.063.519,46
					r =	-0,4772
					r <sup>2</sup> =	0,2277

**Fonte:** Estudo Próprio

A correlação de todos os trechos deu menor do que a feita trecho por trecho, isso devido aos problemas já citados anteriormente e pela falta de continuidade de um

trecho com o outro, visto que eles são bem distantes um do outro. Porém ainda assim existe uma correlação moderada o que nos leva a ver que as variáveis em estudo têm sim uma correlação uma com a outra.

### **3.2. Verificação das Patologias dos Trechos**

Vimos anteriormente que a correlação dos dados de tráfego e os dados de fluxo retirados do mapa axial, tem uma relação de boa a excelente. O próximo passo da pesquisa é relacionar esses dados às patologias existentes nos trechos estudados, porém, alguns pontos devem ser verificados:

- a. Devido à alta taxa de tráfego da região os trechos do estudo passam periodicamente por obras de tapa-buracos;
- b. A metodologia de dimensionamento usada para refazer o pavimento da região;
- c. As alterações feitas nos acessos as vias usadas na pesquisa;
- d. O tempo que vida útil do pavimento, que nesse caso é de 10 anos no mínimo;

As patologias encontradas foram registradas por fotos e criada uma tabela com as quantidades de patologias encontradas nos trechos, segue, abaixo:

**Figura 25:** CE 404 – Entre a Justino Café Neto e CE-403 – Afundamento de Trilho de Roda



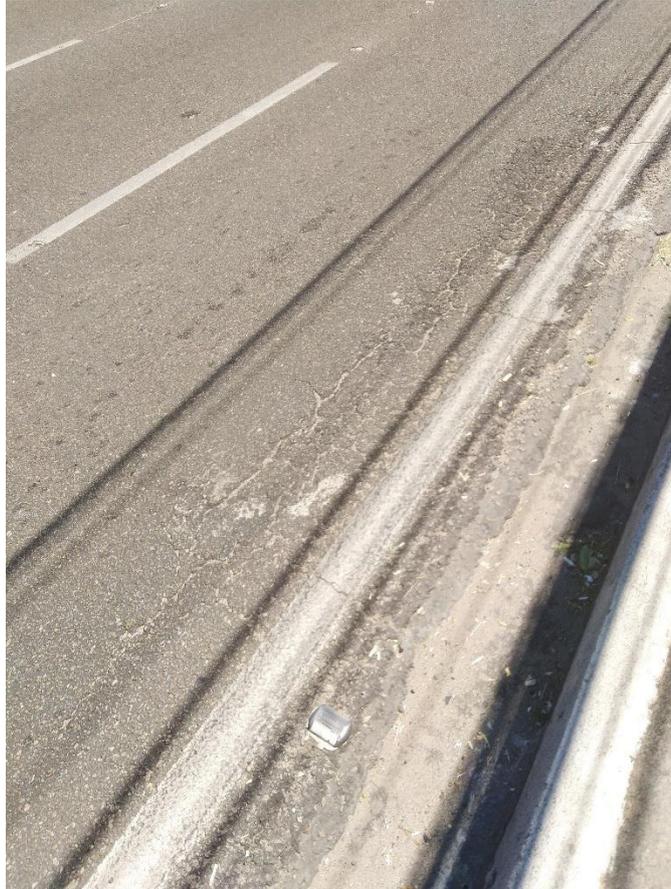
**Fonte:** Própria

**Figura 26:** CE 404 – Entre a Justino Café Neto e CE-403 - Trincas



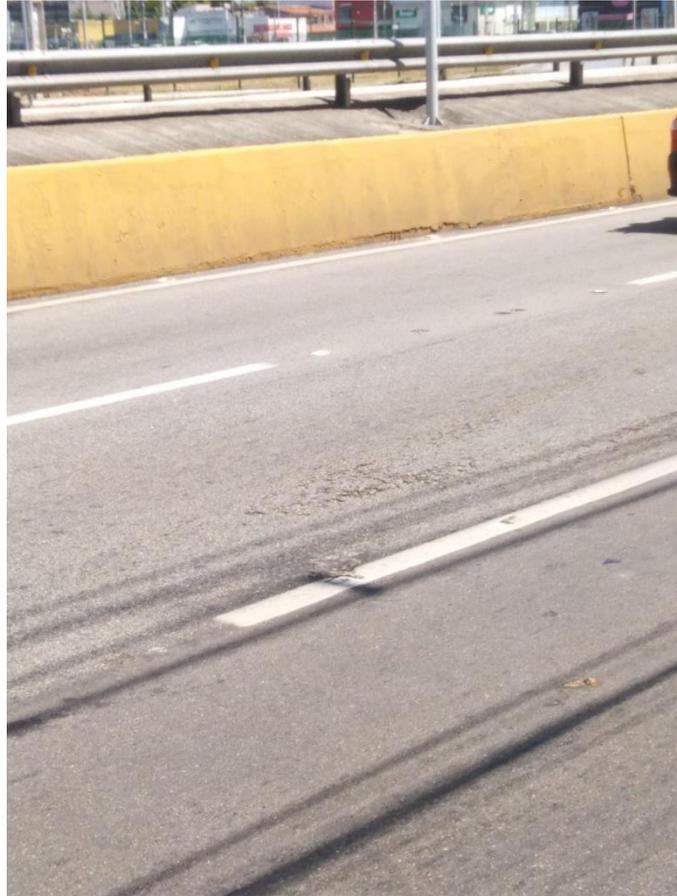
**Fonte:** Própria

**Figura 27:** CE 404 – Entre a Isabel Bezerra e CE-403 – Trinca e Afundamento



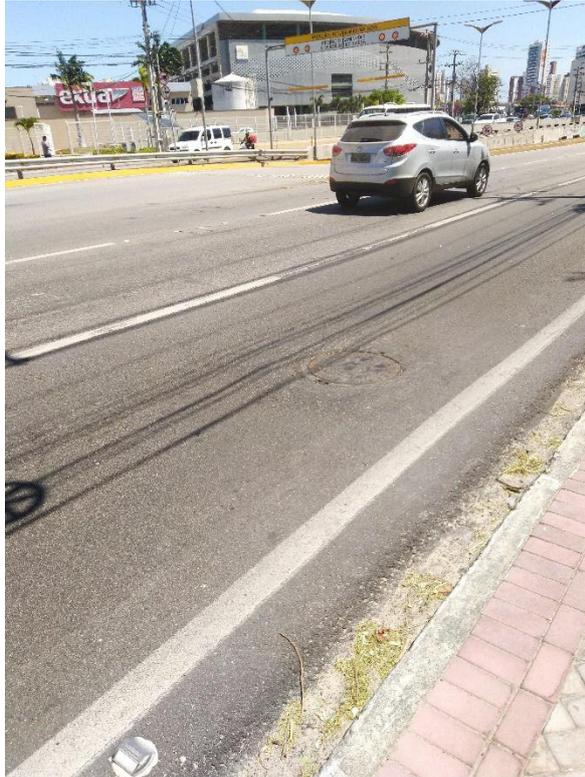
**Fonte:** Própria

**Figura 28:** CE 404 – Entre a Isabel Bezerra e CE-403 - Trincas



**Fonte:** Própria

**Figura 29:** CE 404 – Entre a Isabel Bezerra e CE-403 – Afundamento de Trilho de Rodas



**Fonte:** Própria

**Figura 30:** CE 040 – Entre CE-403 e CE-567 - Desgaste



**Fonte:** Própria

**Figura 31:** CE 040 – Entre CE 567 e CE 568 - Trinca

**Fonte:** Própria

**Tabela 11:** CE 040 – Entre CE 567 e CE 568

TRECHO	PATOLOGIAS						
	Fissuras	Trinca	Afundamento de Trilho de Roda	Exsudação	Desgaste	Panela ou buraco	Remendo
	QUANTIDADE						
CE-404 – Entre a Justino Café Neto e CE-403	-	2,00	3,00	2,00	1,00	2,00	5,00
CE 404 – Entre a Isabel Bezerra e CE-403	2,00	3,00	6,00	3,00	3,00	-	4,00
CE-040 – Entre CE-403 e CE-567	-	1,00	2,00	-	3,00	1,00	5,00
CE-040 – Entre CE-567 e CE-568	-	-	3,00	-	1,00	-	4,00

**Fonte:** Propria

#### 4. CONCLUSÃO

A correlação da Sintaxe Espacial com os dados de tráfegos por trecho, realizado neste trabalho, foram boas e a relação dos dados alta. A correlação geral apesar de ter um valor mediano ainda se mostrou consistente, isso provavelmente se deve ao fato de os trechos se localizarem distantes um do outro e o uso do solo deles serem diferentes.

Como já citado anteriormente os valores  $r$  da correlação entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos, já os valores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

Na Correlação do Trecho da CE-404, entre Justino Café Neto e a CE 403, o valor foi de  $r=1$ , ou seja, uma correlação perfeita e demonstrando que o volume de tráfego por metro é alto. Porém deve ser estudado mais profundamente pois uma correlação de valor 1 (um) para Cohen(1988) é praticamente inexistente..

Na Correlação do Trecho da CE-404, entre Justino Café Neto e a CE 403, o valor foi de  $r=1$ , ou seja, uma correlação perfeita e demonstrando que o volume de tráfego por metro é alto. Porém deve ser estudado mais profundamente pois uma correlação de valor 1 (um) para Cohen(1988) é praticamente inexistente.

O trecho citado acima apresentou as seguintes patologias, trincas, afundamento de trilho de rodas, entre outras, o que mostra que apesar de que os dados de tráfego da área estarem defasados, a taxa de tráfego lá é alta e sugere um melhor estudo do dimensionamento do pavimento.

O Trecho da CE-404, entre a Isabel Bezerra e CE-403, também apresentou um valor alto de correlação, 0,91, valor esse próximo de 1 (um) e mais aceitável visto que valores iguais a 1 (um) são difíceis de existir. O trecho apresentou patologias uma grande quantidade de patologias, o que demonstra que o fluxo de veículos é maior do que o usado para o dimensionamento do pavimento.

O trecho da CE-040, entre CE-403 e CE-567, apresentou uma grande similaridade com o trecho anterior, o valor da correlação foi de 0,94, apresentando também pequenas patologias. Contudo, o trecho que continua o trecho citado anteriormente apresentou uma correlação menor,  $r$  foi igual a 0,68, e contém também pequenas patologias.

Essa diminuição na correlação talvez se deva ao fato do uso do solo na região do trecho ter se alterado em relação ao tempo de coleta dos dados de VMD e da criação do mapa axial, entre outras alterações que houveram no local.

O uso da sintaxe como visto no decorrer da pesquisa para avaliação de tráfego de veículos é bastante satisfatória. Tendo em vista que apresentam resultados super satisfatórios para os trechos estudados. O método acaba sendo mais prático e talvez de menor custo, para identificar áreas susceptíveis a patologias.

Entretanto, algumas premissas devem ser levadas em conta no estudo. A primeira foi levado em consideração que apenas o volume de tráfego causou a patologia, porém falta de drenagem, chuva e outras coisas podem danificar o pavimento. Os pavimentos estudados tem vida útil de mínima de 10 anos, e todos foram refeitos em meados de 2013.

Uma restrição da pesquisa é o ano da coleta de dados feita pelo DER, ela hoje não representa a atual situação do tráfego que ocorre nas vias e também o ano de elaboração do mapa axial que é defasado em relação as mudanças que houveram na região metropolitana de Fortaleza.

Sugere-se para trabalhos futuros que os trechos avaliados tenham seu mapa axial atualizado. Pois neste trabalho avaliou-se apenas os trechos mais movimentados, o que pode hoje não ter o mesmo fluxo de hoje. Bem como, deve-se realizar um estudo de contagem de veículos para que se possa utilizar dados mais atuais de VMDa.

Recomenda-se para trabalhos futuros que se faça mais levantamento mais atual do VMDa, assim aumentando a confiabilidade dos dados. Além de selecionar outros trechos para análise e neles o mapa axial estejam atualizados.

## 5. REFERÊNCIAS

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFOS, VII., 2014, Vitoria/ES.  
 IMPORTÂNCIA DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS PARA A LOCALIDADE DA  
 BACIA DO RIO GUABIROBA, GUARAPUAVA-PR... [S.l.: s.n.], 2014. 9 p. v. 1.

AMC, (2006) Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de  
 Fortaleza Site: <http://www.fortaleza.ce.gov.br/amc>

ARRUDA, J.B.F. (1989). O Problema da Análise do Sistema de Transportes. Texto  
 de Manheim. Nota de aula. Disciplina TCP 720. Professor Felipe G. Loureiro.  
 Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN/UFC. Sem.2005.2;

ARRUDA, M. M. de M. B. (1979) O Processo de Planejamento dos Transportes  
 Urbanos: Análise de Casos Brasileiros. Rio de Janeiro, 1979. 230 p. Dissertação  
 (Mestrado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, M. V. T. (2004) A natureza dos padrões de variação espaço-temporal do  
 volume veicular em ambiente urbano: estudo de caso em Fortaleza. Fortaleza-CE.  
 Dissertação de Mestrado Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes.  
 UFC, Fortaleza-CE, 2004.

SETTI, J. R. A. (2005) Tecnologia de transportes. Universidade de São Paulo,  
 EESCUSP,. São Carlos, 2002.

CAVALCANTE, A. P. H. C. e HOLANDA, F. R. B. (2005) Uso da sintaxe espacial na  
 análise da dinâmica da hierarquia viária na cidade de Fortaleza, Ceará. Anais do XIX  
 Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Recife, PE, Brasil, novembro /  
 2005.

CAVALCANTE, A. P. H. C., PAULA, F. S. M. e FRANÇA, D. B. (2007). Análise do  
 uso do solo utilizando Sintaxe Espacial para determinação de Locais Críticos para  
 implantação de Pólos Geradores de Tráfego. Anais do XVI Congresso Brasileiro de  
 Transporte e Trânsito, Maceió-AL, Brasil, 2007.

MAIA, F. V. B. (2007) Calibração e validação de modelos de meso e  
 microsimulação do tráfego para a avaliação de intervenções tático-operacionais na  
 malha viária urbana. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em  
 Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE 2007.

PORTUGAL, L. S. (2005) Simulação de tráfego: conceitos e técnicas de modelagem.  
 Ed. Interciência, Rio de Janeiro-RJ.

CALIPER (1996) Travel Demand Modeling with TransCAD 3.14. Caliper Corporation

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT 005/2003 –  
 TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia. Rio de  
 Janeiro, 2003.

CAVALCANTE, A. P. H.; HOLANDA, F. R. B. Uso da Sintaxe Espacial na análise da dinâmica da hierarquia viária na cidade de Fortaleza, Ceará. Anais do XIX ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Recife: ANPET, 2005.

CAVALCANTE, A. P. H. A arquitetura da cidade e os transportes: o caso dos congestionamentos em Fortaleza- Ceará. 2009. 347 p. Tese (Doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasília, DF, 2009.

NOÇÕES DE TOPOGRAFIA PARA PROJETOS RODOVIARIOS. Disponível em: <<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2004.php>>. Acesso em 24/05/2018.

CARVALHO, L.D.V. DE (1992) Avaliação da Viabilidade da Melhoria do Projeto Geométrico e da Conservação das Estradas de Terra. 85p. Dissertação Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. DNIT participa de sessão sobre logística e infraestrutura de transportes na RAPV/Enacor. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-participa-de-sessao-sobre-logistica-e-infraestrutura-de-transportes-na-rapv-enacor> >. Acesso em 25/05/2018.

DO CARMO, Cássio Leandro ; RAIÁ JUNIOR, Archimedes Azevedo ; NOGUEIRA, Adriana Dantas. APLICAÇÕES DA SINTAXE ESPACIAL NO PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE URBANA. Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal), [S.l.], v. 22, n. 1, p. 29-38, jun. 2013.

EATON, R. A. e S. GERARD e D.W. CATE (1987<sup>a</sup>). Rating Unsurfaced Roads – A Field Manual for Mensuring Maintenance Problems. Special Report. U.S. Army Corps Of Engineers. Cold Regions Research e Enginneering Laboratory.

JORNAL O POVO. Mais de 60% das rodovias precisam de reparos, diz pesquisa. Disponível em: < <https://www.opovo.com.br/jornal/cotidiano/2017/11/mais-de-60-das-rodovias-precisam-de-reparos-diz-pesquisa.html> >. Acesso em 24/05/2018.

SECRETÁRIA DE INFRAESTURUA DO ESTADO DO CEARÁ – SEINFRA. Modelo cearense de gestão de rodovias é referência para outros estados. Disponível em:<<http://www.ceara.gov.br/2017/04/12/modelo-cearense-de-gestao-de-rodovias-e-referencia-para-outros-estados/>>. Acesso em 25/05/2018.

F. ALVES PENA, Rodolfo. Rodoviarismo no Brasil: O rodoviarismo no Brasil tornou-se uma política predominante no modal de transportes brasileiro, sobretudo a partir de meados do século XX.. 1. 2015. Disponível em: <[https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/rodoviarismo-no-brasil.htm#disqus\\_thread](https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/rodoviarismo-no-brasil.htm#disqus_thread)>. Acesso em: 29 maio 2018

TERCIA, N. R. (2003) A Development Path to Siness in Natural Computing In: Expert Systems Applications v.9, n.5, pp. 5-9.

COHEN, Jacob. (1988), Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ, Erlbaum.

ZANIBONI, GUSTAVO TADEU et al. Fusao bayesiana de imagens utilizando coeficientes de correlação localmente adaptáveis. Anais do IX SBSR. Santos, SP, 1998.

REPOSITÓRIO de Mapas Configuracionais. 01. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://urbanidades.arq.br/mapasconfiguracionais/>. Acesso em: 17 abr. 2019.