



A MOBILIDADE DOS PEDESTRES
E A INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO DA REDE DE CAMINHOS

André Ricardo Prazeres Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Rio de Janeiro

Março de 2013

A MOBILIDADE DOS PEDESTRES
E A INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO DA REDE DE CAMINHOS

André Ricardo Prazeres Rodrigues

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Licínio da Silva Portugal, D.Sc.

Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro, Ph.D.

Prof. Ladário da Silva, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2013

Rodrigues, André Ricardo Prazeres

A mobilidade dos pedestres e a influência da configuração da rede de caminhos / André Ricardo Prazeres Rodrigues – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

XIII, 145p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 91-96.

1. Mobilidade dos pedestres. 2. Configuração da rede de caminhos. 3. Estrutura urbana 4. Índice de caminhabilidade. I. Portugal, Licínio da Silva. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

*A minha esposa e
companheira Giselle, com
paciência, amor e carinho
esteve sempre me
apoiando.*

A minha família, pelo apoio e serem o sentido da minha vida em especial a meu filho Eduardo que justifica a realização do mestrado;

Ao professor Licínio, meu orientador não só acadêmico, mas da vida, pela confiança em mim depositada, pelo incentivo e pela ajuda ao longo desse trabalho. Seu nome sempre estará gravado em meu coração;

Aos membros da banca examinadora, professor Paulo Cezar Martins Ribeiro e professor Ladário da Silva, pela participação e pelas observações feitas sobre meu trabalho;

Ao Programa de Engenharia de Transportes, PET, pela oportunidade dada e por contribuir para minha evolução profissional;

Ao CNPq pela bolsa de estudos;

Aos professores e demais funcionários do PET, pelos quais tenho grande carinho e amizade;

Aos amigos do mestrado pela agradável convivência ao longo desses anos, principalmente a Fábio Gonçalves que nas viagens até o PET enriqueceu minha alma com histórias e companheirismo;

Aos ex-professores e amigos, Duó, Ladário, que incentivaram e serviram como inspiração para a realização do mestrado;

A Deus, meu Senhor, a quem devo toda honra, glória e poder, que faz surgir à inspiração, a coragem e a força para enfrentarmos toda a adversidade que a vida nos apresenta.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

A MOBILIDADE DOS PEDESTRES
E A INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO DA REDE DE CAMINHOS

André Ricardo Prazeres Rodrigues

Março/2013

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Programa: Engenharia de Transportes

O objetivo deste trabalho é estabelecer um procedimento de análise que permita estudar a influência da configuração da rede de caminhos e de seus respectivos indicadores tradicionais, inclusive os derivados da teoria de grafos, na propensão das viagens a pé. Espera-se assim contribuir com indicadores que facilitem aos planejadores e operadores de tráfego analisar e conceber áreas que possam estimular o deslocamento a pé. Este procedimento aplicado na cidade de Niterói considerou os dados de geração de viagens levantados pelo NITTRANS – Niterói, Transportes e Trânsito, contemplando 30 condomínios que servirão de referência no estudo da sua relação com os indicadores da configuração da rede de caminhos sugeridos nesta dissertação. Selecionado uma série de indicadores (tradicionais e Teoria de grafos), os da teoria de grafos apresentaram uma maior capacidade em explicar a influência da configuração da rede de caminhos nos deslocamentos a pé.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

MOBILITY OF PEDESTRIANS AND
INFLUENCE OF SETTING THE NETWORK OF PATHS

André Ricardo Prazeres Rodrigues

March/2013

Advisors: Licinio da Silva Portugal

Department: Transportation Engineering

The objective of this work is to establish an analysis procedure that allows studying the influence of the configuration of network paths and their respective traditional indicators, including those derived from graph theory, the propensity for travel on foot. Contributing indicators which facilitate traffic planners and operators to analyze and design areas that could stimulate pedestrian movement. It is being implemented in the city of Niterói considering the trip generation data collected by NITTRANS - Niterói, Transportation and Traffic, covering 30 condominiums that will serve as a reference in the study of its relation to the indicators of the configuration of network paths suggested in this dissertation. Selected a number of indicators (traditional and graph theory), the theory of graphs showed a greater ability to explain the influence of the configuration of network paths walk in the displacements.

SUMÁRIO

Capítulo 1	INTRODUÇÃO.....	1
Capítulo 2	O PEDESTRE E O SEU CAMINHO	7
2.1	Os 5 D's da estrutura urbana.....	8
2.2	O desenho urbano	16
2.3	Os indicadores tradicionais	19
2.4	Considerações Finais	21
Capítulo 3	ÍNDICES DE CAMINHABILIDADE	22
3.1	Índice Canadense (Bradshaw, 1993)	25
3.2	Índice Americano (Front Seat, 2013)	29
3.3	Índices Brasileiros.....	34
3.4	Análise dos Índices	38
3.5	Considerações Finais	40
Capítulo 4	INDICADORES DA TEORIA DE GRAFOS.....	42
4.1	A configuração da rede	42
4.2	A teoria de grafos.....	45
4.3	Análise comparativa	51
4.4	Considerações Finais	53
Capítulo 5	PROCEDIMENTO PROPOSTO	54
5.1	Escolher as áreas de estudo.....	56
5.2	Levantar as taxas de viagens a pé	56
5.3	Calcular os indicadores topológicos	57
5.4	Caracterização de outros fatores intervenientes nas viagens a pé.....	61
5.5	Analisar as relações entre os indicadores topológicos e as taxas de viagens a pé	62
5.6	Analisar comparativamente considerando outros fatores	63
5.7	Apresentar os resultados e recomendações.....	64
5.8	Considerações Finais	65
Capítulo 6	ESTUDO DE CASO E RESULTADOS	66
6.1	Escolha das áreas de estudo e levantamento das taxas de viagens a pé.....	66
6.2	Cálculo dos indicadores topológicos	67
6.3	Análise das relações entre as taxas de viagens a pé e os indicadores topológicos	68
6.4	Caracterização de outros fatores complementares	72

6.5	Análise dos indicadores topológicos em relação aos fatores socioeconômicos	73
6.6	Análise dos indicadores topológicos em relação aos fatores locacionais	79
6.7	Análise comparativa dos resultados	85
Capítulo 7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
7.1	Conclusões	88
7.2	Recomendações	89

ANEXOS

Anexo A (Mapas das áreas de estudo).....	97
Anexo B (Folha de cálculos dos indicadores)	127
Anexo C (Gráficos de regressão linear)	129
Anexo D (Descrição e localização dos condomínios)	144

FIGURAS

Figura 1.1: Esquema do estudo da configuração da rede de caminhos	4
Figura 3.1: Gráfico da função decay, extraído de Front Seat (2013)	31
Figura 5.1: Estrutura metodológica.	55
Figura 5.2: Cálculo do Ciclo, (Rodrigue et al., 2009).	59
Figura 5.3: Cálculo de Beta, (Rodrigue et al., 2009).....	59
Figura 5.4: Cálculo de Alpha, (Rodrigue et al., 2009).	60
Figura 5.5: Cálculo de Gamma, (Rodrigue et al., 2009).	61
Figura 6.1: Gráfico de regressão linear, geral, indicador Beta (β)	71
Figura 6.2: Gráfico de regressão linear, poder aquisitivo, indicador Densidade de interseções (d_i).....	78
Figura 6.3: Gráfico de regressão linear, ocupação das atividades, indicador Beta (β)...	82
Figura 6.4: Gráfico de regressão linear, uso do solo, indicador Alpha (α).....	85
Figura 6.5: Síntese dos indicadores, correlação	86
Figura 6.6: Síntese dos indicadores, R-quadrado	87

TABELAS

Tabela 2.1: Relação das dimensões e seus elementos na estrutura urbana (Cervero e Kockelman, 1997)	10
Tabela 2.2: Relação das dimensões e seus elementos na estrutura urbana (Krizek, 2003).	13
Tabela 2.3: Relação das dimensões e seus elementos na estrutura urbana (Cervero <i>et al.</i> , 2009).....	15
Tabela 2.4: Elementos e indicadores do desenho urbano.....	18
Tabela 2.5: Relação dos indicadores tradicionais e os elementos nó, ligação e ciclo	19
Tabela 2.6: Relação dos indicadores tradicionais.....	20
Tabela 3.1: Relação de índices contendo elementos do desenho urbano	23
Tabela 3.2: Classificação das atividades em categorias	30
Tabela 3.3: Densidade de interseções (interseções por milha ao quadrado)	32
Tabela 3.4: Tamanho médio dos quarteirões (metros)	32
Tabela 3.5: Classificação final da caminhabilidade	34
Tabela 3.6: Parâmetros da avaliação utilizados no questionário	36
Tabela 3.7: Classificação dos fatores que influenciam a caminhada por autores.....	37
Tabela 3.8: Classificação dos trabalhos sobre índice de caminhabilidade quanto aos aspectos.....	39
Tabela 4.1: Classificação das formas da configuração da rede de caminhos.....	43
Tabela 4.2: As formas das cidades.	44
Tabela 4.3: Configuração da rede de caminhos.....	45
Tabela 4.4: Estrutura básica das ligações	46
Tabela 4.5: Relação dos indicadores da teoria de grafos, o atributo nó	48
Tabela 4.6: Relação dos indicadores da teoria de grafos, o atributo ligação.....	49
Tabela 4.7: Relação dos indicadores da teoria de grafos, os atributos nós, ligações e ciclo	50
Tabela 4.8: Relação dos indicadores tradicionais e da teoria de grafos em relação aos elementos nós, ligações e ciclo.....	52
Tabela 5.1: Relação dos indicadores topológicos utilizados no procedimento proposto	57
Tabela 5.2: Classificação da classe social de acordo com o salário mínimo.....	62
Tabela 5.3: Classificação do poder aquisitivo pelo número de quartos	62

Tabela 5.4: Modelo das relações econométricas entre fatores complementares, indicadores e taxas de viagem a pé.....	64
Tabela 6.1: Zonas de Tráfego	66
Tabela 6.2: Condomínios das Zonas de tráfego da cidade de Niterói	69
Tabela 6.3: Correlação taxa de viagens a pé com indicadores topológicos	70
Tabela 6.4: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos.....	70
Tabela 6.5: Média da taxa de viagens a pé por região.....	72
Tabela 6.6: Classificação quanto à classe social, fator socioeconômico.....	74
Tabela 6.7: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a classe social.....	74
Tabela 6.8: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a classe social	75
Tabela 6.9: Classificação quanto ao poder aquisitivo, fator socioeconômico.....	77
Tabela 6.10: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao poder aquisitivo	78
Tabela 6.11: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao poder aquisitivo	79
Tabela 6.12: Classificação quanto a ocupação das atividades.....	80
Tabela 6.13: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a ocupação das atividades.....	81
Tabela 6.14: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a ocupação das atividades.....	81
Tabela 6.15: Classificação quanto ao uso do solo	83
Tabela 6.16: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao uso do solo	84
Tabela 6.17: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao uso do solo	84

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Com a expansão das cidades, a mobilidade urbana, principalmente a dos pedestres, vem sendo prejudicada, pois a atenção tem sido normalmente dada aos automóveis. De acordo com os relatórios estatísticos do DENATRAN (2011), em 2000, a frota de veículos foi de 29.503.503 unidades, passando, em dez anos, para 64.817.974 unidades veiculares, ou seja, mais que o dobro. Os centros urbanos estão cada vez mais congestionados, poluídos e de difícil circulação (Yasmin *et al.*, 2009), sendo que os dados oficiais mostram que a cada ano são contabilizados mais acidentes de trânsito no Brasil. Em 2010, 40.989 pessoas morreram no trânsito e destas 66,6 % foram pedestres, ciclistas e motociclistas (Waiselfisz, 2012).

A movimentação das pessoas nos centros urbanos é um desafio não só dos operadores do sistema de tráfego como dos planejadores de transportes e urbanos. Para o estímulo a caminhada não basta só reduzir o número de veículos nos centros, é necessário entender a construção das cidades, também conhecida como estrutura urbana, e conceber um ambiente que promova os deslocamentos a pé (Gallimore *et al.*, 2011; McCabe e Hall, 2011), bem como é importante classificar e qualificar as vias. O que deve ser feito não só para cada trecho de calçada, mas também para toda a rede de caminhos que servem aos pedestres.

Contudo, a estrutura urbana das cidades brasileiras passa por um contexto histórico de colonização, no qual, caminhos foram traçados para exploração territorial e de recursos naturais, em busca de uma perspectiva econômica (Santos, 2008). A estrutura urbana sofre um choque ao herdar suas formas iniciais, assim como os novos conceitos de funcionalidade (habitar, trabalhar, recrear e circular) previstos na carta de Atenas em 1933 (Cassilha e Cassilha, 2009). A era industrial vem colaborar para a deterioração da vida dos centros das cidades (Mayumi, 2005).

Na busca por melhorar a qualidade de vida nas cidades, alguns autores relacionaram a propensão das pessoas se deslocarem a pé com os fatores socioeconômicos

(Vasconcellos, 2001; Scovino, 2008) e ambientais, que podem ser divididos em naturais (Schmid *et al.*, 2006; Roe, 2009; Frank *et al.*, 2011) e construídos (Ewing e Cervero, 2010; Gallimore *et al.*, 2011; Sadek *et al.*, 2011). Estes influenciam a geração de viagens a pé por meio das seguintes dimensões (Cervero e Kockelman, 1997; Cervero e Duncan, 2003; Krizek, 2003): densidade, diversidade do uso do solo e desenho urbano, as quais Cervero *et al.* (2009) acrescentaram a distância ao transporte público e o acesso aos destinos, formando-se assim, as cinco dimensões da estrutura urbana (5 Ds), que serão consideradas com mais detalhes na seção 2.1.

Cervero *et al.* (2009) perceberam que em bairros compactos ou compactos e com o uso misto do solo, caso típico de Bogotá, o desenho urbano é uma preocupação dos planejadores e urbanistas. Pressupõe-se que o desenho urbano influencia o comprimento e o número alternativo de caminhos a serem percorridos pelos pedestres entre dois pontos de uma área, determinando a propensão dos deslocamentos se realizarem a pé.

Na medida em que esta dissertação se direciona aos pedestres, o desenho urbano será aqui representado pela rede de caminhos destinada à sua circulação e armazenamento. A rede de caminhos é constituída por um conjunto de nós (interseções e travessias) e ligações (trechos de calçadas e segmentos de vias exclusivas aos pedestres) (Rodrigue *et al.*, 2009) e seu desempenho é função de distintos aspectos, dentre os quais:

- A qualidade da oferta, que compreende características físicas (calçadas, travessias, mobiliário urbano e as construções) considerando a segurança, o conforto e a fluidez (Gold, 2004; Hoogendoorn *et al.*, 2005; FTOD, 2011; Litman, 2011; Scovino *et al.*, 2012).
- O nível de serviço, medida que analisa a caminhada em seu trajeto, levando-se em consideração o fluxo de pessoas e da mesma forma os obstáculos no percurso (Kelly *et al.*, 2010). Pode ser medida de forma quantitativa ou qualitativa. A forma quantitativa analisa valores numéricos de velocidade, fluxo e sua interação com a capacidade para circulação do pedestre na via. Já a qualitativa leva em consideração a percepção do pedestre (denomina-se qualidade de serviço) quanto ao conforto, conveniência e atratividade na caminhada (FTOD, 2011; Litman, 2011; Scovino *et al.*, 2012). Neste trabalho,

consideraram-se os dois conceitos com a denominação de nível de serviço, que pode ser aplicado em calçadas como em travessias.

- E a configuração da rede de caminhos que está baseada nos nós, ligações e sua forma (Rodrigue *et al.*, 2009). Consideram-se, como influenciadoras nos deslocamentos a pé, a quantidade de opções de trajeto bem como o comprimento das viagens (Kelly *et al.*, 2010; TOC, 2010).

Em relação a estes três aspectos, a bibliografia registra uma preocupação relativamente maior em investigar as duas primeiras, isto é: a qualidade de infraestrutura (Shah e Silva, 2010) e o seu nível de serviço (Hoogendoorn *et al.*, 2009; Petritsch *et al.*, 2009). Apesar da sua importância para promover a caminhada, as abordagens disponíveis (Cavadinha, 2009; Cho *et al.*, 2009; Banister, 2011; Maghelal, 2011) tipicamente enfatizam a análise de trechos de calçadas e travessias ou determinados itinerários específicos, em detrimento de uma visão geral e mais abrangente, que pode ser expressa pela rede de caminhos e sua configuração.

Este estudo toma como base fatores econômicos, sociais e ambientais e nesta interseção está o pedestre. Esta tríade será chamada de macroelementos, por se tratar de elementos gerais da sustentabilidade. Como já foi dito anteriormente, o pedestre sofre influências destes macroelementos em suas viagens a pé. Porém, esta dissertação seguirá pela linha do Ambiente Construído, por ser influenciado pelos macroelementos (socioeconômico) e por influenciar o pedestre no seu deslocamento. O Ambiente Construído é caracterizado pela Estrutura Urbana, que se divide, como já citado, em cinco dimensões: Densidade, Diversidade, Desenho Urbano, Destinos e Disponibilidade ao transporte público. Neste nível o destaque será dado para o Desenho Urbano, dimensão na qual se caracteriza as viagens a pé através da rede de caminhos, constituída por um conjunto de nós e ligações. E é nesta visão de conjunto que se buscará compreender como a configuração da rede de caminhos pode influenciar os deslocamentos a pé. Conforme mostra a figura 1.1.

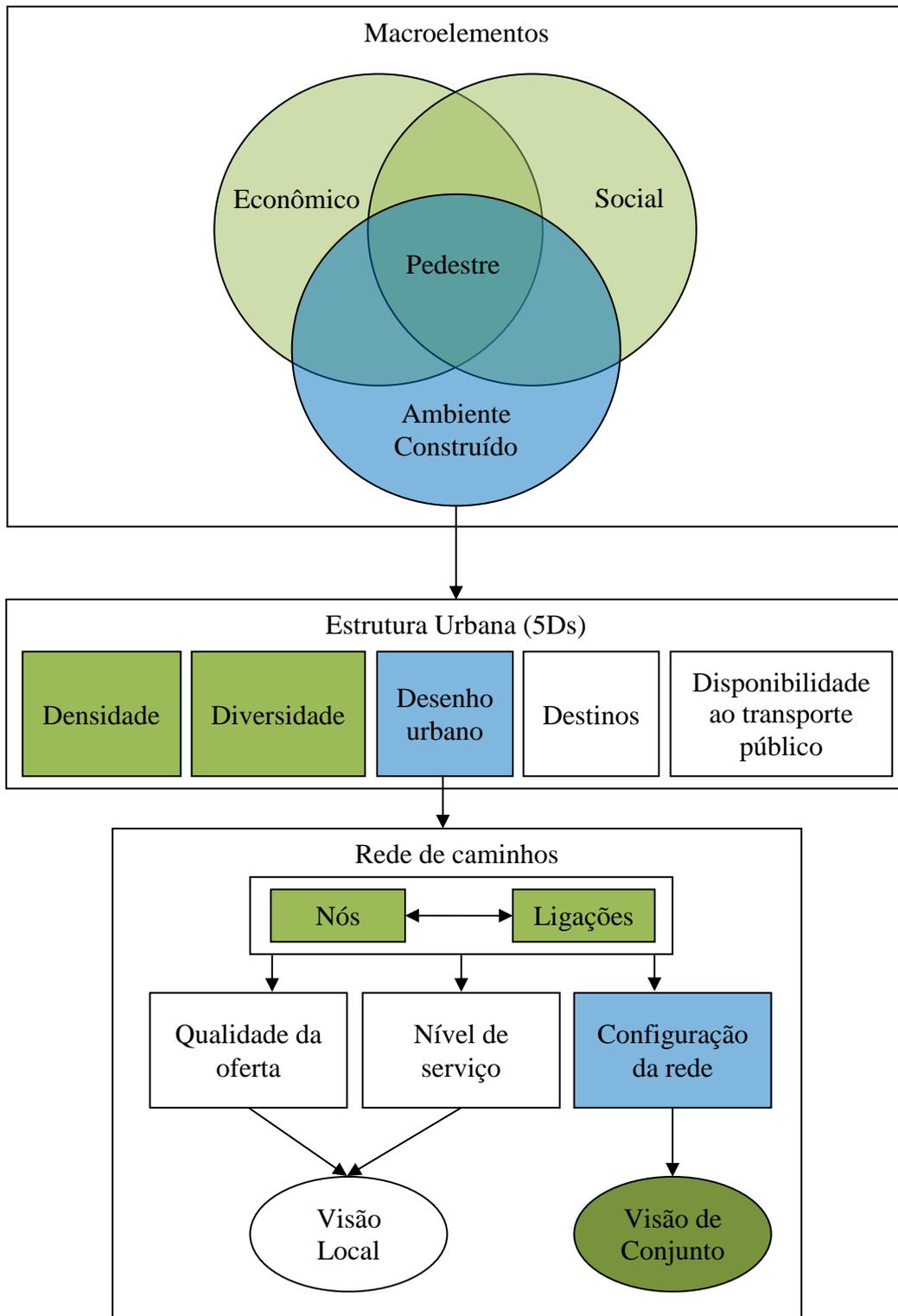


Figura 1.1: Esquema do estudo da configuração da rede de caminhos

Complementarmente, alguns autores (Bradshaw, 1993; Siebert *et al.*, 1998; Santos, 2005; Rutz *et al.*, 2007; Dorneles *et al.*, 2008; Fontenelle, 2008; Barbosa e Moura,

2010; Ferreira *et al.*, 2010; Front Seat, 2013) tiveram uma preocupação em avaliar a propensão da viagem a pé de um determinado local por meio do denominado índice de caminhabilidade.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um procedimento de análise que permita estudar a influência da configuração da rede de caminhos e de seus respectivos indicadores, na propensão das pessoas andarem a pé numa determinada área, levando em conta os limites da caminhada. Este procedimento pretende contemplar não só os indicadores da configuração da rede de caminhos observados na bibliografia consultada, mas também incluir outros indicadores derivados da teoria de grafos. Contribuir com indicadores que facilitem aos planejadores e operadores de tráfego analisar e conceber áreas que possam estimular a caminhada. Este procedimento será aplicado na cidade de Niterói, considerando os dados de geração de viagens levantados pelo NITTRANS – Niterói, Transportes e Trânsito e contemplando 30 condomínios que servirão de referência no estudo da sua relação com os indicadores da configuração da rede de caminhos sugeridos nesta dissertação.

Nesse sentido, este trabalho está estruturado em sete capítulos. No primeiro capítulo considera-se a contextualização do tema da pesquisa que busca contribuir para incentivar a caminhada, a justificativa da proposta, a especificação do objetivo e uma breve descrição dos capítulos. No segundo capítulo caracterizam-se o pedestre e a caminhada como opção de transporte, bem como os principais fatores que a influenciam, ressaltando-se os indicadores tradicionais e a importância da configuração da rede de caminhos. No terceiro capítulo analisam-se os índices de caminhabilidade, destacando os que se preocupam com a configuração da rede de caminhos e a presença de indicadores tradicionais. No quarto capítulo serão analisados os indicadores da teoria de grafos que medem a eficiência da configuração da rede de caminhos, bem como compará-los com os indicadores tradicionais derivados da revisão bibliográfica apresentada nos capítulos 2 e 3. No quinto capítulo descreve-se o procedimento proposto a partir de adequados indicadores devidamente selecionados para prever a influência da configuração da rede de caminhos na geração de viagens a pé em uma dada área urbana. No sexto capítulo, apresentam-se um estudo de caso e a aplicação do

procedimento, seguido das conclusões e recomendações. Finalmente quatro anexos: relação dos mapas da área de estudo, folha geral de cálculos, gráficos de regressão linear e por fim descrição e localização dos condomínios.

Capítulo 2

O PEDESTRE E O SEU CAMINHO

O propósito deste capítulo é o de caracterizar o pedestre e os vários fatores que interferem no seu deslocamento. Pretende-se, também, analisar as dimensões que compõem o ambiente construído, bem como ressaltar, na dimensão do desenho urbano, a importância da configuração da rede de caminhos na propensão da caminhada e os indicadores tradicionalmente adotados para expressá-la.

A caminhada é condição natural do ser humano (Daros, 2000; Scovino *et al.*, 2012). Caminhar é um processo que desde criança é praticado, estimulando as pessoas a se deslocarem, seja para o lazer, compras, trabalho etc. Esta movimentação do pedestre proporciona, também, benefícios para sua saúde e uma melhor qualidade de vida (Bradshaw, 1993; Scovino *et al.*, 2012). Além disto, caminhar utiliza pouca energia, não polui, não traz dano grave quanto ao choque com o outro pedestre, permite o acesso básico aos serviços e atividades (supermercados, bares, shopping etc), sem contar com os benefícios ao ambiente (Scovino *et al.*, 2012).

Percebe-se que andar a pé é um modo de transporte integrador, pois independe das classes socioeconômicas, no sentido de privilegiar A, B ou C. Contudo, esta movimentação das pessoas se dá dentro dos espaços urbanos, limitados basicamente pelas construções (residências, comércios e indústrias) e pelas vias de acesso, que representam objeto de maior importância dentro da estrutura urbana (MCIDADES, 2007).

As pessoas portanto movimentam a economia local interagindo entre si através das atividades e dos serviços que realizam. Esta interação pode ter um menor custo quando as distâncias entre a origem e o destino são menores (Robusté, 2010). Outro atributo importante, nesta movimentação, é a quantidade de opções dos trajetos entre dois pontos, ao proporcionar mais alternativas e flexibilidade para concretizar seu deslocamento. Em ambos os casos, distância e número de itinerários alternativos dependem do número de nós, ligações e ciclos, estes definidos como caminhos em que

os nós de origem e destino são os mesmos, porém, sem passar pela mesma ligação (Boaventura *et al.*, 2009; Rodrigue *et al.*, 2009). Por outro lado, tal número é influenciado pela configuração da rede de caminhos (Hendricks, 2005; MTC, 2006; Rodrigue *et al.*, 2009).

Mesmo reconhecendo a relevância da configuração da rede de caminhos na facilidade de locomoção e conseqüentemente na quantidade de viagens a pé, a caminhada é afetada por outros fatores mais abrangentes, como mostrado na figura 1.1 (Vasconcellos, 2001; Schmid *et al.*, 2006; Roe, 2009; Frank *et al.*, 2011).

A bibliografia estabelece vários tipos de fatores, dentre os quais se destaca o ambiente construído, também denominado de estrutura urbana, que, como citado, é o espaço urbano formado, basicamente, pelas construções e por seus caminhos entre as construções (Ewing e Cervero, 2010; Gallimore *et al.*, 2011; Sadek *et al.*, 2011). As estruturas urbanas estão cada vez mais degradadas, pois os projetos urbanos não têm tratado a estrutura urbana como fonte influenciadora na locomoção dos pedestres (Frenkel, 2008). A fim de reverter esta situação é importante melhor compreender as dimensões que compõem tal estrutura.

2.1 Os 5 D's da estrutura urbana

A estrutura urbana visa maximizar o desenvolvimento econômico e a igualdade social (Renne, 2007), sendo constituída por diferentes dimensões. Cervero e Kockelman (1997), Cervero e Duncan (2003) e Krizek (2003) contemplaram três dimensões: Densidade, Diversidade e Desenho urbano.

Neste contexto, segundo os autores anteriormente mencionados, a Densidade está relacionada com a concentração do uso do solo, área construída, atividades desenvolvidas, oportunidades (moradia, emprego, serviço etc.) e pessoas no espaço urbano, favorecendo as viagens não motorizadas. Para Scovino *et al.* (2012), a densidade apresenta-se por uma concentração maior de atividades comerciais e residenciais, facilitando os deslocamentos dos pedestres. Já para Stantec (2010), “a densidade refere-se ao número de indivíduos ou oportunidades dentro de uma área,

abrangendo aspectos como: unidades habitacionais, estabelecimentos comerciais, oportunidades de emprego”, concentrando-se um número maior de pedestres.

A Diversidade está relacionada com a disposição – concentração entre as atividades, que podem ser compactas ou espalhadas – e a natureza das construções – comerciais, residenciais e industriais, que podem se misturar (Cervero e Kockelman, 1997; Cervero e Duncan, 2003; Krizek, 2003; Scovino *et al.*, 2012).

O Desenho urbano está relacionado com a rede de caminhos, que segundo Scovino *et al.* (2012) “influencia na continuidade e conectividade das vias, aumentando ou restringindo as opções de rotas”. A tendência do desenho urbano é ser compacto com um padrão de ruas bem interligadas, na qual o emprego e as atividades próximas das residências favorecem o deslocamento a pé (NZTA, 2009). Neste caso, a densidade e a diversidade estão ligadas, pois envolvem o deslocamento de pessoas (densidade) entre as atividades (diversidade).

Com o intuito de reduzir o número de viagens motorizadas nos grandes centros e aumentar o número de viagens não motorizadas, Cervero e Kockelman (1997), na área da Baía de São Francisco, analisaram como as três dimensões: Densidade, Diversidade e Desenho Urbano afetam as taxas de viagens a pé na área residencial em um raio de 0,20 milhas (320 metros). Relacionaram alguns elementos para cada uma destas dimensões conforme mostra a tabela 2.1.

Tabela 2.1: Relação das dimensões e seus elementos na estrutura urbana (Cervero e Kockelman, 1997)

Dimensões	Elementos	Descrição
Densidade	Densidade populacional	Número de pessoas por hectare
	Densidade de emprego	Emprego por hectare
	Acessibilidade ao emprego	Relação com a proximidade das atividades no do uso do solo
Diversidade	Índice de dissimilaridade	Proporção de diferentes usos do solo dentro de uma área
	Entropia	Variação das categorias de uso do solo dentro de uma área, que pode variar: 0 – homogênea, 1 – heterogênea
	Mescla de categoria	Proporção da parcela comercial/varejo com mais de uma categoria de uso do solo
	Intensidade Comercial	Número de atividades comerciais por hectare
	Proximidade Comércio varejista	Número de atividades comerciais e número de residências dentro de ¼ de milha (400 metros).
Desenho urbano	Rua	Padrão predominante (malha regular, malha curvilínea); Proporção de cruzamentos em cruz; Número de quarteirões; Número de ruas sem saída;
	Infraestrutura	Comprimento do quarteirão; Largura de calçada; Proporção de cruzamentos com controle de sinalização; Distância entre postes de luz; Ciclovias por km.
	Desenho local	Proporção comércio-varejo e serviço com estacionamentos Estacionamento em frente e ao lado do estabelecimento; Parques de estacionamentos entre os estabelecimentos; Número de estabelecimentos que oferecem serviços sem sair do carro.

Fonte: Cervero e Kockelman (1997).

Um problema relatado pelos autores foi destas viagens feitas considerarem não só as realizadas a pé, como também as por bicicleta e destinadas ao transporte público. Entenderam que no geral as relações da estrutura urbana sobre a demanda das viagens a pé foram de modestas a moderadas. No entanto, vários elementos do desenho urbano parecem ser relevantes para as viagens a pé não relacionadas ao trabalho, tais como: bairros com grande número de interseções em cruz, padrão de ruas em grade, número limitado de estacionamentos nas ruas adjacentes aos estabelecimentos comerciais.

Cervero e Duncan (2003) fazem uma relação entre as viagens não motorizadas com as viagens domésticas, aquelas originadas por visitas a amigo, alimentação, serviços pessoais e lazer, e as dimensões da estrutura urbana da Baía de São Francisco,

destacando a diversidade e o desenho urbano, pois a densidade já era bastante estudada. Utilizaram a topografia do terreno e os fatores ambientais (chuva, vento e calor) como variáveis de controle. Perceberam que ruas curvilíneas e sem saída são predominantes em terrenos montanhosos, e que, com isto, desencorajavam as viagens a pé. Estas viagens se dão em um raio de 1 milha (1600 metros).

Os elementos que medem a densidade, a diversidade do uso do solo e o desenho urbano não são facilmente expressos em uma única variável, de acordo com Cervero e Duncan (2003). Entretanto, tais autores ressaltam no desenho urbano os elementos: infraestrutura (tamanhos dos quarteirões) e rua (densidade das interseções). Pois as áreas com quarteirões longos não são amigáveis para pedestres e ciclistas e o número de interseções facilita o acesso aos destinos. Contudo, bairros com uma pluralidade de atividades e uma facilidade de deslocamento entre eles, principalmente as lojas de varejo e serviços, foram considerados caminháveis. No entanto, estes elementos foram modestos e as variáveis de controle (topografia e fatores ambientais) tiveram forte influência nas viagens a pé.

Outro estudo foi o de Krizek (2003), que propôs um índice que pudesse ajudar aos planejadores de transporte e urbanistas a medirem o nível de acessibilidade do bairro, facilitando assim as viagens a pé. Considerou elementos associados a cada uma das três dimensões (densidade, diversidade e desenho urbano) a partir de uma ampla revisão, incluindo o trabalho de Cervero e Kockelman (1997).

Krizek (2003) verificou que a densidade poderia ser captada com certa facilidade, porém, os elementos que fazem referências sobre a população e emprego não poderiam estar separados, pois têm uma relação forte e devem estar juntos para refletir esta dimensão (densidade). A diversidade representa uma sinergia entre as atividades (comerciais, residenciais etc), ou seja, a proximidade das atividades. Com isto, diminuindo a dependência do automóvel e promovendo um ambiente propício para as viagens a pé.

Já quanto ao desenho urbano, Krizek (2003) relata uma preocupação: é preferível medir a influência do desenho urbano nas viagens a pé pelo tamanho dos quarteirões ou pela densidade de interseções do que por sua forma geométrica. Por exemplo, supõe-se que um desenho urbano com interseções espaçadas em 1000 pés (304 metros), é menos favorável ao deslocamento do pedestre do que para espaçamento de 400 pés (121 metros). Então, a distância entre os quarteirões e a densidade das interseções tem uma preferência na medição do índice de acessibilidade dos bairros ao invés da simples escolha do desenho geométrico. O fundamental e importante no desenho urbano é a distância entre as atividades e a continuidade da caminhada (Krizek, 2003), pressupondo que mais de uma opção de trajeto assegure a continuidade da viagem a pé. A tabela 2.2 mostra a relação de elementos que se propõem em medir a influência da estrutura urbana nas viagens a pé.

Tabela 2.2: Relação das dimensões e seus elementos na estrutura urbana (Krizek, 2003).

Dimensão	Elementos	Estratégia para Operacionalização / Comentários
Densidade	População, unidades habitacionais, ou empregados por área.	Variáveis mais facilmente acessíveis para operacionalizar da estrutura urbana e, portanto, mais comumente utilizadas do que qualquer outra medida.
	Intensidade de usos do solo	Medidas de densidade de varejo, de centros comerciais, de atividades, de parques públicos, de população.
Diversidade	Atividades não residenciais nas imediações	Presença ou ausência de uma loja dentro de 90 metros; qualquer tipo de atividades não residenciais classificadas como de uso misto.
	Presença de restaurantes e farmácias	Restaurantes ou drogaria entre 90 metros e 1600 metros.
	Distância da casa ao supermercado, posto de gasolina ou parque.	Estimativa de 160 metros.
	Distância para o varejo	Percentual de domicílios a uma curta distância da zona de varejo
	Dados sobre o emprego no varejo	Trabalhadores de varejo dentro de 1600 metros da residência; Número de estabelecimentos somados ao longo de meio-quilômetro; Número de estabelecimentos que são indústria; Densidade do emprego no varejo e serviço por setor censitário; Distância média das viagens para se comprar um dos doze itens de necessidades básicas de bens e serviços (não foram definidos quais itens).
	Entropia	Mede a presença ou a ausência do uso do solo.
	Índice de dissimilaridade ou dessemelhança	A média de acúmulo de pontos do intervalo onde cada hectare desenvolvido é avaliado com base na dissimilaridade dos hectares em torno.
		Interseções em cruz
Desenho urbano	Rua	Utilizadas as informações do sistema central de informação geográfica
	Disponibilização de calçadas	Razão entre o comprimento do sistema de calçadas e o comprimento das ruas; Proporção de quarteirões com calçadas; Calçadas dos dois lados, de um lado só ou em nenhum dos lados da rua; A média do tempo de deslocamento.
	Volumes de tráfego veicular	Medidos por uma única rua e aplicados a toda área de estudo
	Dimensão do desenho	Calçada e rua iluminadas, canteiros, comprimentos de bloco, terreno plano, a acessibilidade a pé.

Fonte: Krizek (2003)

Krizek (2003) dá uma ênfase ao desenho urbano e destaca o tamanho dos quarteirões e a densidade de interseções e não leva em consideração a forma do desenho geométrico como primordial, por exemplo, ruas em malha, diferentemente de Cervero e Kockelman (1997), no qual seu trabalho se baseou. Krizek (2003) reduz a distância da área de estudo de 1600 metros para 800 metros para a circulação dos pedestres. Utiliza um sistema de informações geográficas, pressupondo-se cálculos mais precisos. Incluindo, também, o volume de tráfego, no qual se presume que uma via mais segura, propicia maiores deslocamentos a pé. Mesmo objetivando o desenho urbano, Krizek (2003) considera uma relação mais dúbia entre o desenho urbano com o comportamento das viagens do que as duas dimensões anteriores (densidade e diversidade). Por um lado, qualquer mudança nas viagens, quer seja a pé, bicicleta ou automóvel, pode estar relacionada com o desenho urbano (comprimento, opções de trajeto etc). Por outro lado, estas mudanças também podem estar relacionadas com a densidade e a diversidade.

Outras duas dimensões foram incluídas posteriormente: o acesso aos destinos e a distância ao transporte público (Cervero *et al.*, 2009; Ewing e Cervero, 2010). Em síntese, o acesso ao destino está relacionado com a facilidade em alcançar as atividades e a distância ao transporte público refere-se ao menor caminho da casa/trabalho ao ponto de ônibus ou estação de metrô. As cinco dimensões se mostram relevantes e interagem entre si.

Cervero *et al.* (2009) analisaram, em Bogotá – Colômbia, as ciclovias e as ruas de lazer, com as viagens a pé. Para isto, avaliaram as viagens a pé não recreativas e consideraram estas viagens dentro de um raio de 500 e 1000 metros. Selecionaram uma conjunto de variáveis que pudesse fazer parte do modelo de análise, conforme mostra a tabela 2.3.

Além de incluir a dimensão “Disponibilidade ao transporte público” (4ª dimensão), Cervero *et al.* (2009) separam da densidade o elemento que Cervero e Kockelman (1997) chamaram de índice de acessibilidade (acesso as atividades) e o que Krizek (2003) chamou de intensidade do uso do solo, criando a quinta dimensão: acesso aos destinos.

Tabela 2.3: Relação das dimensões e seus elementos na estrutura urbana (Cervero *et al.*, 2009).

Dimensão	Elementos
Densidade	Unidades habitacionais por hectare; % de área ocupada por edifícios; Média de altura dos edifícios, relação lote (construção m ² /área m ²).
Diversidade do uso do solo	Índice de entropia de uso do solo misto (0-1 escala); Proporção de edifícios verticalmente mistos; Proporção de construções com mais de dois andares.
Comodidades	Área do parque público com a % da área do terreno total; O tamanho médio do parque (hectares); % das ligações rodoviárias com faixa central; Densidade de tráfego leve (semáforos/comprimento de rua); Densidade de árvores (árvores/comprimento de rua).
Desenho urbano	Local e rua Tamanho médio do lote (m ²); Lotes quadriláteros em % do total; % dos quarteirões contendo moradia e controle de acesso; Densidade da rua (área de rua / área do terreno); Proporção de interseções com: 1 ponto (rua sem saída), 3 pontos, 4 pontos e mais de 5 pontos; Rota direta (0-1 escala de medição: menor distância rua / distância em linha reta entre centroide da vizinhança); Índice conectividade (nós - interseções / ruas - ligações);
	Segurança Número de passarelas para pedestres; Atropelamentos por ano; Velocidade média do automóvel nas principais ruas; Mortes (todos os tipos) em acidentes de trânsito por ano; Número de crimes registrados por ano;
Acessibilidade aos destinos	Número de: escolas públicas, hospitais, bibliotecas públicas; shoppings; igrejas; bancos.
Distância para o transporte público	Número de estações TransMilenio (BRT); Distância mínima para estação mais próxima do TransMilenio; Número de estações alimentadoras do TransMilenio.

Fonte: Cervero *et al.* (2009)

Bogotá é formada por bairros compactos com diversidade de uso do solo (residencial/comercial) e acessibilidade aos destinos com pouca variação. A densidade, a diversidade, a acessibilidade aos destinos e a distância ao transporte público (com exceção a este que teve influência acima dos 500 metros), para as viagens a pé, não alcançaram uma significância estatística.

Já o desenho urbano influenciou as caminhadas não recreativas (trabalho, escola e loja do varejo). Identificou-se que o mais importante para os planejadores e urbanistas de Bogotá, no que tange a caminhada, é o desenho urbano (Cervero *et al.*, 2009).

Segundo Parthasarathi (2011), uma vez concebido e implantado, o desenho urbano não pode ser facilmente alterado. A compreensão do desenho urbano ajuda a entender a evolução das cidades e pode contribuir para o planejamento de futuras cidades. Com isto, os trabalhos anteriormente citados mostraram a importância do desenho urbano para explicar a geração de viagens a pé.

2.2 O desenho urbano

O desenho urbano é caracterizado pelo conjunto de vias que podem ser alocadas a diferentes modalidades de transportes e usuários, como o tráfego motorizado, o não motorizado, os veículos de passageiros e os de carga (Rodrigue *et al.*, 2009; Stantec, 2010; ITE, 2011). Estas vias configuram uma rede que pode assumir diversas formas (Rodrigue *et al.*, 2009; Mitra *et al.*, 2010), como retilíneas e uniformes (rede em malha), retas e curvilíneas com um centro em comum (rede radial ou estrela) ou disformes (normalmente com um padrão linear ou em árvore).

No caso dos pedestres, tal rede é constituída por caminhos formados pelas interseções e travessias (nós) e pelas ruas e calçadas (ligações) (Blumenfeld-Lieberthal, 2009; Rodrigue *et al.*, 2009; Reggiani, 2010), cujo objetivo principal é o de atender as suas necessidades de deslocamento entre as atividades socioeconômicas. Com isto, deslocar de um ponto a outro e alcançar com facilidade as atividades no espaço público, acaba sendo função da rede de caminhos e da distribuição das próprias atividades (Vasconcellos, 2001).

Uma rede de caminhos mais curtos e com mais opções de percursos favorece a caminhada (Ewing e Cervero, 2010). Segundo Rodrigue *et al.* (2009), permite-se descobrir a possibilidade de chegar de um ponto a outro na rede de caminhos em diversas direções ou opções de trajeto. Já para FTOD (2011), a rede de caminhos pode ser medida por meio da quantidade de quarteirões, que são formados pelo encontro das ligações e formam um ciclo. Há uma relação entre o desenho urbano com as viagens a pé, que tende a ser mais favorável em função do seu comprimento e o número de caminhos entre dois nós na rede, o que depende do número de nós, ligações e ciclos.

Parthasarathi (2011) faz uma classificação que pretende estabelecer uma relação entre nó, ligação e ciclo na rede de caminhos por meio de quatro categorias. Estas categorias facilitam a medição da rede de caminhos no seu comprimento e opções de trajeto:

- Hierarquia – refere-se às diferenças entre a rede de caminhos, neste particular destaca-se a descontinuidade ou opções de trajeto, que são o número de mudanças de direção do ponto de origem ao destino;
- Topologia – Identifica as conectividades e o padrão de conexão da rede de caminhos, aqui entra a ideia de nós, ligações e a formação de ciclos;
- Morfologia – Descreve a regularidade da rede de caminhos, suas formas e divisões, uma relação entre o perímetro e a área de estudo, levando em consideração o trajeto percorrido;
- Escala – Captura a intensidade da rede de caminhos dentro de uma área especificada, utilizando as densidades de nós (interseções) e ligações (ruas).

Nota-se que o nó e a ligação estão presentes em todas as categorias. Na hierarquia os nós e ligações são responsáveis em formar os trajetos. Na topologia os nós e as ligações em conjunto com o ciclo são usados para medir a eficiência da rede. Na morfologia os nós e as ligações são utilizados para entender a forma da rede (compacta, espaiada, reticulada etc). Na escala os nós e as ligações são levados em consideração para medir a intensidade da rede, considerando o fluxo de pedestre nesta área. Porém, é na topologia que a relação nó, ligação e ciclo são estudadas.

Neste contexto, a configuração da rede de caminhos poderá interferir nas viagens a pé, sem desconsiderar a importância das outras dimensões, como foi mencionada anteriormente. Os autores relacionaram uma série de elementos e indicadores que expressam a influência do desenho urbano nas viagens a pé. Apesar das diferentes nomenclaturas, para expressar tal influência do desenho urbano, será levado em consideração as variáveis que estão associadas com o número de nós, de ligações e de ciclos, conforme mostra a tabela 2.4.

Tabela 2.4: Elementos e indicadores do desenho urbano.

Elementos	Cervero e Kockelman (1997)	Cervero e Duncan (2003)	Krizek (2003)	Cervero <i>et al.</i> (2009)	
Áreas de estudo	321 metros de raio	1600 metros de raio	800 metros de raio	500 e 1000 metros de raio	
Dimensões complementares	Densidade e Diversidade	Densidade e Diversidade	Densidade e Diversidade	Densidade e Diversidade	
Modo de transporte	Viagens não motorizadas (a pé e bicicleta)	Viagens não motorizadas	Viagens a pé	Viagens a pé não recreativa	
Desenho urbano	Nós	Proporção de cruzamentos em cruz	Densidade de interseções.	Cruzamento em cruz; Densidade de interseções.	Proporção de interseções; Índice conectividade (nós - interseções / ruas - ligações).
	Ligações	Número de becos sem saída.			Rota direta; Densidade da rua (área de rua / área de terra).
	Ciclos	Número de quarteirões; Padrão predominante (malha regular, malha curvilínea).	Tamanho médio dos quarteirões.	Tamanho médio dos quarteirões; Densidade de quarteirões.	Tamanho médio do lote (m ²); % dos quarteirões contendo moradia e controle de acesso; Porcentagem de lotes quadriláteros.

Os trabalhos relacionados na tabela 2.4 tiveram como foco a redução das viagens de carro e a propensão de um local que favoreça a circulação dos pedestres. A preocupação foi compreender no desenho urbano as viagens a pé. O fato de separar uma área para o estudo, utilizar dimensões complementares e caracterizar a viagem a pé como um meio de transporte, dá uma visão do conjunto entre nós, ligações e ciclos, apesar das diversas nomenclaturas de indicadores que buscam os caracterizar.

Estes indicadores, retirados da revisão bibliográfica sobre o desenho urbano e, no capítulo 3, sobre o índice de caminhabilidade, procuram expressar tal interferência e serão chamados de indicadores tradicionais.

2.3 Os indicadores tradicionais

Retomando a ideia da visão de conjunto (nós, ligações e ciclos) da configuração da rede de caminhos, os indicadores dos elementos do desenho urbano (ver tabela 2.4), que se preocupam com as facilidades de se atingir um determinado local, com as diversas nomenclaturas encontradas na bibliografia, extraídos das tabelas 2.1, 2.2 e 2.3, serão condensados e classificados conforme mostra a tabela 2.5:

Tabela 2.5: Relação dos indicadores tradicionais e os elementos nó, ligação e ciclo

Elementos	Descrição dos elementos	Autor (es)
Nó	Densidade de interseção – representará os indicadores: proporção de cruzamentos em cruz; densidade de interseções; proporção de interseções; índice conectividade (nós - interseções / ruas - ligações). Pressupõe-se que quanto maior o número de interseções (v) por área, possivelmente, haverá caminhos menores e um número maior de trajetos. É recomendável descontar as ruas sem saída.	(Cervero e Kockelman, 1997; Cervero e Duncan, 2003; Krizek, 2003; Cervero et al., 2009)
Ligação	Número de ruas sem saída – representará o indicador: número de becos sem saída, que é um nó com somente uma ligação. Para Swenson e Dock (2003), é um demérito para a rede, pois reduz as opções de trajeto. É muito encontrado em subúrbios, criando uma sensação de privacidade. Densidade de ruas – representará os indicadores: rota direta; densidade da rua (área de rua / área de terra). Pressupõe-se que tal densidade interfere nas opções de trajeto.	(Cervero e Kockelman, 1997) (Cervero et al., 2009)
Ciclo	Densidade de quarteirões – representará os indicadores: número de quarteirões; padrão predominante (malha regular, malha curvilínea); tamanho médio dos quarteirões; densidade de quarteirões; tamanho médio do lote; % dos quarteirões contendo moradia e controle de acesso; % de lotes quadriláteros. Pressupõe-se que quanto maior o número de quarteirões por área, menores os quarteirões, menores comprimentos a percorrer e maiores opções de trajeto das viagens a pé.	(Cervero e Kockelman, 1997; Cervero e Duncan, 2003; Krizek, 2003; Cervero et al., 2009)

Esta classificação permitirá uma melhor análise dos indicadores tradicionais do desenho urbano quanto ao nó, ligação e ciclo, conforme tabela 2.5.

O indicador Densidade de interseções avalia a influência do nó na rede de caminhos, o que deve também considerar o indicador Ruas sem saída. O indicador Densidade de ruas mede a influência da ligação na rede, podendo novamente considerar o indicador Ruas sem saída, ou seja, este indicador serve tanto para analisar o nó quanto a ligação. Finalmente, o indicador Densidade de quarteirões, que estima a importância do ciclo na propensão dos deslocamentos.

Nesta revisão, foram contemplados doze trabalhos que se propuseram a avaliar a influência da configuração da rede de caminhos nas viagens a pé, sendo documentados vários indicadores, dentre os quais quatro se destacaram, como explicitado na Tabela 2.5. Estes indicadores tradicionais fazem referência ao nó, ligação e ciclo, que vão interferir nas condições que favoreçam ou não a caminhada. A tabela 2.6 apresenta a relação dos indicadores tradicionais com os 12 trabalhos analisados.

Tabela 2.6: Relação dos indicadores tradicionais

Id	Indicadores	(Cervero e Kockelman, 1997)	(Cervero e Duncan, 2003)	(Steiner <i>et al.</i> , 2003)	(Swenson e Dock, 2003)	(Melo, 2004)	(Moudon <i>et al.</i> , 2006)	(Cervero <i>et al.</i> , 2009)	(Ewing e Cervero, 2010) ¹	(Frank <i>et al.</i> , 2011)	(FTOD, 2011)	(Sadek <i>et al.</i> , 2011)	(Ferdous, 2012)
1	Densidade de interseções	X	X	X	X			X	X	X		X	
2	Ruas sem saída	X			X								
3	Densidade de ruas							X				X	X
4	Densidade de quarteirões	X	X	X	X	X	X				X		

Dentre estes indicadores tradicionais, a “Densidade de interseções” e a “Densidade de quarteirões” são os mais utilizados. Além de serem citados 8 e 7 vezes, respectivamente, dentre 12 referências consultadas, outro ponto a ser considerado é a facilidade de obtenção e análise desses dois indicadores.

Como já citado, e enfatizado por Krizek (2003) e Santec (2010), o desenho urbano é uma dimensão na qual recebe influências mais abrangentes, como as dimensões densidade e diversidade. Portanto, indicadores tradicionais que buscam representar o desenho urbano, formam apenas uma das faces que podem explicar a interferência do ambiente construído na propensão das viagens a pé.

¹ Pesquisaram 200 trabalhos, dos quais relacionaram cerca de 50, pois estes tinham variáveis quantitativas.

2.4 Considerações Finais

Portanto, foi possível sistematizar os principais indicadores tradicionais (Densidade de interseções, Ruas sem saídas, Densidade de ruas e Densidade de quarteirões) relacionados ao desenho urbano, caracterizados e analisados por seus elementos (nó, ligação e ciclo), e que foram adotados em diferentes referências, preocupadas com a interferência da configuração da rede de caminhos na propensão das viagens a pé. Relembrando que fatores complementares como o socioeconômico, que caracteriza o nível de renda dos pedestres e os locacionais, que indicam a ocupação das atividades e o uso do solo, podem influenciar na propensão da caminhada.

Entretanto, há alguns outros trabalhos que se preocuparam em investigar especificamente o grau de acessibilidade dos pedestres ao espaço público, na busca pela concepção dos denominados índices de caminhada. E tais trabalhos também devem ser estudados com vistas a compreender como o desenho urbano foi tratado por eles.

Capítulo 3

ÍNDICES DE CAMINHABILIDADE

O acesso aos espaços públicos quando restrito dificulta o crescimento socioeconômico, o trânsito de pedestre e a evolução sócio espacial das classes sociais (Daros, 2000; Dias, 2008). O grau de acessibilidade do pedestre ao espaço público pode ser denominado índice de caminhabilidade ou “walkability” (Duarte *et al.*, 2008). O objetivo deste capítulo é selecionar trabalhos que propuseram métodos para medir tal índice de caminhabilidade, e analisar a presença de indicadores tradicionais relacionados ao desenho urbano.

Maghelal & Capp (2011) fizeram uma revisão bibliográfica reunindo 25 trabalhos (ver tabela 3.1) que buscaram desenvolver um índice voltado para o pedestre. Eles classificaram pelos seguintes critérios: denominação do índice, unidade espacial para análise, fonte dos dados e tipo de mensuração dos dados (quantitativo ou qualitativo), assim como a preocupação em estudar a densidade, a diversidade e o desenho urbano (distância origem/destino, calçadas, ruas e interseções), que dá origem aos indicadores tradicionais estudados na seção 2.3.

Tabela 3.1: Relação de índices contendo elementos do desenho urbano

Autores	Índices	Unidade para análise	Fonte de dados	Medição dos dados	Distância	Calçada	Rua	Interseção
<i>Fort Collins (1996)</i>	<i>Pedestrian Level of Service</i>	Área	Auditoria	Ambas	x	x	x	x
<i>Dannenberg (2004)</i>	<i>Walkability Audit Tool</i>	Área	Auditoria	Ambas	-	x	-	x
<i>Allan (2001)</i>	<i>Walking Permeability Indices</i>	Área	GIS	Objetiva	x	-	-	-
<i>Frank et al. (2005)</i>	<i>Walkability Index</i>	Área	GIS	Objetiva	x	-	x	-
<i>Moudon (2001)</i>	<i>Pedestrian Infrastructure Prioritization Decision System</i>	Área	GIS	Objetiva	-	x	x	-
<i>Moudon (2001)</i>	<i>Pedestrian Location Identifier 1</i>	Área	GIS	Objetiva	-	-	-	-
<i>Moudon (2001)</i>	<i>Pedestrian Location Identifier 2</i>	Área	GIS	Objetiva	-	-	-	-
<i>Rodriguez et al. (2005)</i>	<i>Built Environment Index for Walking</i>	Área	GIS	Objetiva	-	x	x	-
<i>Portland (1993)</i>	<i>Pedestrian Environmental Factor</i>	Área	Pouco clara	Objetiva	-	x	x	x
<i>Bandara (1994)</i>	<i>Grade-separated Pedestrian Systems</i>	Área	Pouco clara	Objetiva	x	-	x	-
<i>Bradshaw (1993)</i>	<i>Walkability Index</i>	Área	Questionário	Ambas	-	x	-	-
<i>Krambeck Shah (2008)</i>	<i>Pedestrian Infrastructure</i>	Área	Questionário	Ambas	-	x	-	x
<i>Saelens et al. (2003)</i>	<i>Neighborhood Environment Walkability Scale</i>	Área	Questionário	Ambas	-	-	x	-
<i>DOT (2003)</i>	<i>Walkability Checklist</i>	Área	Questionário	Subjetiva	-	x	x	x
Wellar (2003)	Basic Walking Security Index	Interseção	Auditoria	Ambas	-	-	-	x
Dixon (1996)	Pedestrian Performance Measures	Segmento	Auditoria	Objetiva	-	x	x	x
FDOT (2002)	Florida Pedestrian Level of Service	Segmento	Auditoria	Objetiva	-	x	x	-
Gallin WA-LOS (2001)	Pedestrian Level of Service	Segmento	Auditoria	Ambas	-	x	x	x
Highway Manual (1997)	Level of Service	Segmento	Auditoria	Objetiva	-	-	-	x
Hoehner et al. (2006)	Active Neighborhood Checklist	Segmento	Auditoria	Ambas	-	x	x	x
Khisty (1994)	Qualitative Level of Service	Segmento	Questionário	Subjetiva	x	x	x	x
Kim et al. (2006)	Level of Service (LOS) Indicator	Segmento	Questionário	Subjetiva	-	x	-	-
McCormack et al. (2006)	Walkability Index	Segmento	Auditoria/GIS	Objetiva	-	x	x	x
Portland (1998)	Pedestrian Deficiency Index	Segmento	GIS	Objetiva	-	x	x	-
Portland (1998)	Pedestrian Potential Index	Segmento	GIS/Questionário	Objetiva	x	-	-	-

Fonte: Adaptado de Maghelal & Capp (2011)

Como o objetivo deste trabalho é estudar a configuração da rede de caminhos em uma área na propensão das viagens a pé, foram selecionados os trabalhos que tiveram o intuito de estudá-la.

Dentre eles foram classificados 14 trabalhos, os quais 4 autores se preocuparam com a distância, 8 com a calçada, 8 com a rua e 5 com as interseções. Desta seleção, 6 utilizaram um Sistema de Informações geográficas – GIS, 4 questionários, 2 auditorias e 2 não especificaram com clareza o método para obtenção de dados, e suas medições podem ser feitas de forma quantitativas, com exceção a DOT (2003 *apud* Maghelal & Capp, 2011) que utiliza somente a forma qualitativa.

Escolheu-se para análise o trabalho de Bradshaw (1993) por ser pioneiro no desenvolvimento deste índice aqui denominado como “Canadense”, no qual propôs uma valorização das ruas e um resgate da paixão do morador pelo bairro e o meio ambiente. Desenvolvido através de entrevistas, com características qualitativas e quantitativas, com os pedestres em uma região, mais precisamente um bairro, foi base de alguns índices Brasileiros, que serão examinados na seção 3.3.

Embora a maioria dos 14 trabalhos utilizasse um SIG (6) como fonte de dados, nenhum estudou o elemento interseção, no qual o indicador Tradicional Densidade de interseções foi destaque na seção 2.3. Escolheu-se então, o índice Americano com origem em 2007 e sua metodologia publicada em Front Seat (2013), que não está relacionado na revisão de Maghelal & Capp (2011) e que contemplou alguns indicadores tradicionais como Densidades de interseções e Comprimento médio dos quarteirões. Além disto, este trabalho se preocupou em avaliar esta região e definir quais áreas são mais influentes para caminhar, levando em consideração a ocupação das atividades e o uso do solo na propensão das viagens a pé.

E, os índices brasileiros que descendem tipicamente da linha de Bradshaw (1993), no entanto buscam por variáveis quantitativas e a avaliação da área por ponderação dos valores obtidos das vias.

Observa-se que os índices de caminhabilidade, na tentativa de avaliar os espaços públicos no que refere aos pedestres, utilizaram vários fatores, sendo importante identificar aqueles que se preocupam com a rede de caminhos e sua configuração.

3.1 Índice Canadense (Bradshaw, 1993)

Bradshaw (1993), um ativista dos direitos do pedestre, buscou mensurar a caminhabilidade das ruas e bairros, considerando três efeitos práticos para o índice (consciência dos moradores, reconstrução da infraestrutura local e conscientização ambiental).

O objetivo de Bradshaw é propor um índice, a fim de classificar uma área, que pode ser um bairro, por suas qualidades: motivação de caminhadas e a infraestrutura física e social.

O índice poderia ser utilizado no cálculo dos impostos prediais, taxa de desenvolvimento para edifícios novos, por corretores ou tomadores de decisão, pois trataria das seguintes questões: as ruas são seguras? O transporte público é bom? Precisamos de carro ou não? Ou na formulação de intervenções em um bairro inteiro, como: mudar sua forma urbana, criar locais comerciais ou de serviços.

Para Bradshaw, a caminhabilidade tem quatro características básicas:

- O pedestre e o meio físico – largura e nível de serviço da calçada, interseções de ruas locais, boa iluminação e ausência de obstrução.
- Uma boa utilização das distâncias – distâncias curtas no deslocamento para as lojas, serviços, emprego, escritório, lazer, bibliotecas etc.
- Um ambiente agradável - sem excesso de ruído, poluição do ar, sujeira da infraestrutura ou do tráfego de automóveis, poluição visual.
- Cultura local - contato entre as pessoas que aumenta interações culturais.

O índice de caminhabilidade de Bradshaw envolve a aplicação de um questionário, porém, não há um raio mínimo para os limites da pesquisa, mas a proposta do índice é permitir a diminuição da poluição, da criminalidade e dos acidentes de trânsito, baseado

em ações pelos tomadores de decisão ou a comunidade. A criação do índice baseia-se em dez critérios com quatro opções de resposta cada:

1) Densidade populacional (pessoas por hectare):

- 1 – mais de 37 por hectare;
- 2 – 25 – 37 por hectare;
- 3 – 12 – 25 por hectare;
- 4 – menos de 12 por hectare.

Valor inferior a 12 por hectare receberá um demérito de 4 pontos e valor superior a 37 por hectare receberá um demérito de 1 ponto.

2) Lugares de estacionamento, fora da rua, por domicílio (acesso para a rua sem restrições):

- 1 – menos de 1;
- 2 – 1 - 2;
- 3 – 2 - 3;
- 4 – mais do que 3.

Representa a dependência de automóvel por residência. Valor maior que 3 vagas para automóvel receberá um demérito de 4 pontos, valor menor que 1 vaga para automóvel receberá um demérito de 1 ponto.

3) Número de assentos por domicílio (banco para sentar, mobiliário urbano):

- 1 – mais de 0,75;
- 2 – 0,5 - 0,75;
- 3 – 0,25 - 0,5;
- 4 – 0,25 ou menos.

Apesar de não ser declarado pelo autor, pressupõe-se que, quanto mais assentos para o pedestre parar e descansar da viagem, maior a influência para a caminhada. Valor maior que 0,75 receberá um demérito de 1 ponto e menor que 0,25 um demérito de 4 pontos.

4) Chance de encontrar alguém que conhece enquanto caminha:

- 1 – 10 ou mais por milha (1600 metros);
- 2 – 3 -10 por milha;
- 3 – menos de 3 por milha;
- 4 – "Você está brincando?".

Pressupõe-se que quanto mais pessoas conhecidas encontrar, dentro de uma distância de caminhada (1 milha), mais funcional a rede será para as viagens a pé. Valor maior que 10 pessoas por milha, receberá um demérito de 1 ponto. Se não encontrar ninguém em uma milha, receberá um demérito de 4 pontos.

5) Idade permitida a uma criança andar sozinha:

- 1 - Idade 6 anos ou menos;
- 2 - Idade 7 - 9;
- 3 - Idade 10 -12;
- 4 - Idade 13 anos ou mais.

Pressupõe-se a segurança do local. Valores menores que 6 anos receberão um demérito de 1 ponto. Valores maiores que 13 anos receberão um demérito de 4 pontos.

6) Avaliação feminina da segurança da vizinhança:

- 1 - Eu ando sozinho em qualquer lugar a qualquer hora;
- 2 - Eu ando sozinho, mas tenho muito cuidado com as rotas;
- 3 - Eu tenho que andar com alguém à noite;
- 4 - Eu nunca ando sozinho, a não ser se o carro estiver visível até o acesso.

Pressupõe-se, também, segurança. Se puder andar só sem preocupação com o local e a hora, receberá um demérito de 1 ponto. Agora, só anda sozinha do automóvel até a atividade e vice-versa, receberá um demérito de 4 pontos.

7) Atendimento do serviço de transporte público:

- 1 - Dentro de dez minutos;
- 2 - 10 - 20 minutos;
- 3 - mais do que 20 minutos;
- 4 - sem serviço.

Pressupõe-se acessibilidade a outros locais. Até dez minutos de espera, receberá um demérito de 1 ponto. Sem serviço de transporte público, receberá um demérito de 4 pontos.

8) Número de lugares importantes (espaços públicos e de lazer) na vizinhança:

- 1 – 10 ou mais;
- 2 – 5 - 10;
- 3 – 3 - 5;
- 4 – menos de 3.

Pressupõe-se a qualidade do local ligada ao meio ambiente com parques, praças. Mais de 10 locais importantes, receberá um demérito de 1 ponto. Com menos de 3 locais importantes, receberá um demérito de 4 pontos.

9) Estacionamentos:

- 1 - > 204.609,06 metros quadrados e distância média < 450 metros da residência;
- 2 - > 204.609,06 metros quadrados e distância média > 450 metros da residência;
- 3 - < 204.609,06 metros quadrados e distância média < 450 metros da residência;
- 4 - < 204.609,06 metros quadrados e distância média > 450 metros da residência.

Pressupõe-se a capacidade do estacionamento e a distância média entre a residência e o estacionamento. Para a capacidade do estacionamento superior a aproximadamente 204.609,06 metros quadrados e uma distância média inferior a 450 metros, receberá um demérito de 1 ponto. Já uma capacidade inferior a 204.609,06 metros quadrados e uma distância média superior a 450 metros, receberá um demérito de 4 pontos.

10) Calçadas: (um ponto para cada)

- 1 – Calçadas de um lado só em 90% das ruas;
- 1 – Calçadas com rampas em cada garagem;
- 1 – Calçadas com largura menor que 1,5 metros em ruas residenciais e 2,4 metros em ruas comerciais;
- 1 – Calçada com degrau, mais de uma descontinuidade, superior a 2,54 cm por quarteirão;

Representa como estão e como são as calçadas, pode-se marcar mais de um item ou nenhum. Cada item tem um demérito de 1 ponto. O limite inferior é de 0 pontos, quando nenhuma questão for marcada e o limite superior é de 4 pontos, quando marcado tudo.

A menor pontuação é a melhor, cada pergunta dá o “demérito”, que varia de um a quatro pontos, para as características ou qualidades que trabalham contra a

caminhabilidade, com exceção ao décimo critério, em que cada item tem um ponto podendo ser marcado todos ou nenhum.

A pontuação final, cujo intervalo varia de 9 a 40, será dividida por 20, produzindo um índice entre 0,45 (melhor) e 2,00 (pior) que classifica o local. O limite superior 2 é atingido pela multiplicação dos dez critérios, pelo máximo de pontos de cada critério, que são 4 pontos e, por fim, a divisão por 20. O mesmo processo se dá para o limite inferior, porém, são 9 critérios multiplicados por um ponto. Relembrando que o último critério pode não ter nenhuma marcação, ou seja, nenhum ponto. Neste caso, são 9 pontos dividido por 20, chegando ao mínimo de 0,45. Neste trabalho, Bradshaw recomenda a aplicação nas ruas de um bairro, porém ele não aplicou nem mencionou por que dividir por 20. Este intervalo representa entre a melhor e pior classificação.

3.2 Índice Americano (Front Seat, 2013)

O índice encontra-se no site Walk Score (<http://www.walkscore.com>) e foi criado, em 2007, pela empresa Front Seat (2013). O Walk Score calcula uma pontuação que expressa o índice de caminhabilidade, de qualquer endereço.

O objetivo deste índice de caminhabilidade é classificar as condições que envolvem a caminhada (Walkable), para cada localidade e endereço específico em referência às atividades socioeconômicas, compreendidas em uma distância de 2400 metros (1,5 milha).

Mas afinal, o que torna um bairro "caminhável"?

- **UM CENTRO.** Um bairro "caminhável" possui um centro (no qual pressupõe-se que seja o local para a interação entre as pessoas), quer se trate de uma rua principal ou de um espaço público central.
- **PESSOAS.** Um bairro "caminhável" deve ter pessoas em número suficiente (em termos qualitativos já que o valor não foi quantificado e indicado pelo método) para que os negócios floresçam e para que o transporte público possua a frequência necessária.

- **USOS MISTOS, DIVERSOS NÍVEIS DE RENDAS.** Um bairro "caminhável" possui habitações acessíveis localizadas perto das empresas.
- **PARQUES E ESPAÇO PÚBLICO.** Um bairro "caminhável" possui uma abundância de locais públicos para descansar, passear, brincar e jogar.
- **DESENHO PEATONAL.** Em um bairro "caminhável", os edifícios estão perto da rua e os estacionamentos são relegados a um plano secundário.
- **AS ESCOLAS E LOCAIS DE TRABALHO.** Um bairro "caminhável" é perto o suficiente para que mais moradores possam fazer seus deslocamentos diários caminhando desde suas casas.
- **RUAS COM USOS DIVERSOS.** Um bairro "caminhável" possui ruas projetadas considerando os ciclistas, os pedestres e o trânsito de veículos.

COMO SE CALCULA O ÍNDICE

O índice trabalha com três princípios:

- As atividades;
- A função Decay;
- A função de penalização.

As atividades

As atividades serão classificadas por categorias e estas pelo seu grau de importância (peso) e um limite máximo de pontos que uma categoria pode chegar, só serão utilizadas as atividades que se enquadrarem nesta classificação, conforme tabela 3.2:

Tabela 3.2: Classificação das atividades em categorias

Categorias	Pesos	Limite máximo
Supermercados	3	20
Restaurantes e bares	0.75, 0.45, 0.25, 0.225, 0.225, 0.225, 0.225, 0.2, 0.2	20
Shopping	0.5, 0.45, 0.4, 0.35, 0.3	15
Cafés	1.25, 0.75	15
Escolas	1	6
Parques	1	6
Livrarias	1	6
Entretenimento	1	6
Bancos	1	6
Total	15	100

Fonte: Front Seat (2013)

Restaurante e bares são considerados alguns dos destinos mais frequentes da caminhada, por sua natureza, ou seja, muitos restaurantes têm bares e muitos bares servem comida, por isto seu peso vai decrescendo de acordo com a contagem, isto ocorre com os Shoppings e Cafés.

Para chegar a uma avaliação de 0-100 pontos, Front Seat (2013) procedeu da seguinte forma. Ponderou a soma dos pesos (15) com o total de pontos possíveis (100), ver tabela 3.2. Dividiu-se 100/15, gerando um fator de linearidade de 6,67. Este fator de linearidade foi multiplicado pelo peso de cada atividade, criando assim, um limite de pontos que cada categoria pode receber. Cada atividade varia de 6 a 20, de acordo com a sua categoria, chegando a um total de 100.

Função Decay

Para cada atividade encontrada e classificada dentro da lista das categorias, há uma relação entre a distância e a porcentagem que será aplicada sobre o peso daquela categoria (tabela 3.2), conforme mostra a figura 3.1.

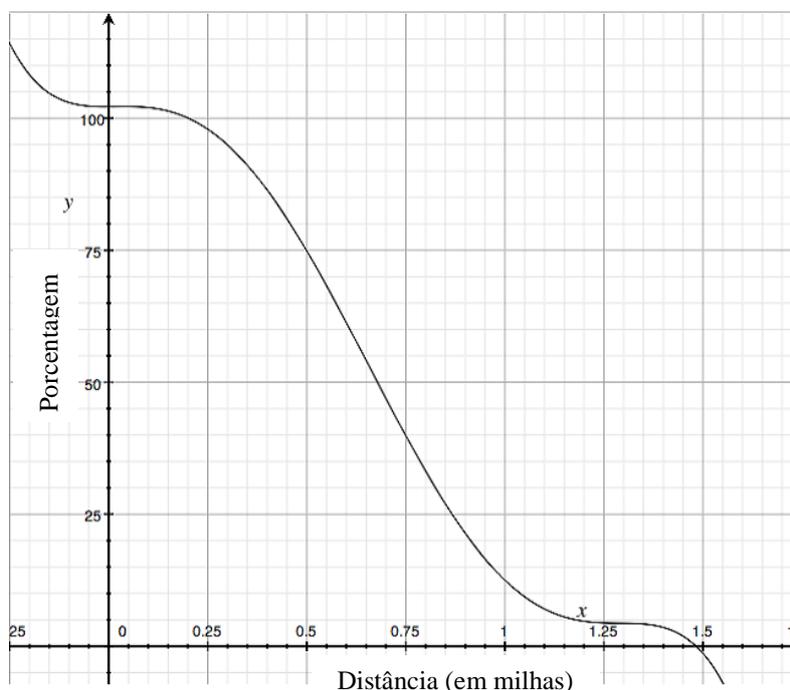


Figura 3.1: Gráfico da função decay, extraído de Front Seat (2013)

Exemplo, um supermercado que se encontra a uma distância de até 0,25 milhas (aproximadamente 400 metros) do endereço em estudo, receberá cerca de 98% do peso 3, porém se esta mesma atividade estiver a 1,5 milhas (aproximadamente 2400 metros) do mesmo, receberá 0% sobre o peso 3, ou seja, nenhum ponto.

Função de penalização

Esta função penaliza o índice de caminhabilidade quanto a densidade de interseções e comprimento dos quarteirões, conforme mostram as tabelas 3.3 e 3.4.

Tabela 3.3: Densidade de interseções (interseções por milha ao quadrado)

Número de interseções	Penalidade (%)
Acima de 200	0
150 – 200	1
120 – 150	2
90 – 120	3
60 – 90	4
Abaixo 60	5

Fonte: Front Seat (2013)

Tabela 3.4: Tamanho médio dos quarteirões (metros)

Tamanho dos quarteirões	Penalidade (%)
Abaixo de 120 m	0
120 – 150 m	1
150 – 165 m	2
165 – 180 m	3
180 – 195 m	4
Acima de 195 m	5

A pontuação final receberá até 10% de penalização.

Estes dois indicadores: Densidade de interseções e Tamanho médio dos quarteirões, com base na bibliografia consultada e analisada na seção 2.3, tem um papel relevante para representar a configuração da rede de caminhos e sua influência na geração de viagens. Observa-se na tabela 3.3 que a propensão à caminhada é mais indicada em áreas com um número superior a 200 interseções por milha ao quadrado (correspondendo a 5,18 hectares para cada grupo de 4 interseções) e que as opções de deslocamento diminuí quando se aproxima de 60 interseções (correspondendo a 17,27 hectares para cada grupo de 4 interseções). Já na tabela 3.4, a propensão às viagens a pé é maior para quarteirões com até 120 metros de extensão (que corresponde a 180 quarteirões por milha ao quadrado), se tornando mais restrita na medida em que este valor aumenta, em particular a partir dos 195 metros. Esta área de estudo corresponde a um círculo de aproximadamente 900 metros de raio. FTOD (2011) faz a mesma correspondência quanto a área, no entanto trabalha com outro indicador, a densidade de

quarteirões, e indica 150 quarteirões por milha ao quadrado sendo propenso ao deslocamento a pé (que equivale a quarteirões de 130 metros de extensão).

O cálculo do índice

Quando um endereço é indicado, o algoritmo busca seus dados no Open Street Map (um mapa livre e editável). Ele permite visualizar, editar e usar dados geográficos de maneira colaborativa de qualquer lugar, utilizado pelos países (Estados Unidos, Canadá, Grã-Bretanha, Irlanda, Austrália e Nova Zelândia), apresenta no Google Maps um conjunto de atividades, referente às categorias, próximo ao endereço mencionado e suas respectivas distâncias.

Este conjunto de atividades é classificado dentro das nove categorias, ver tabela 3.2. É aplicada a função Decay para cada atividade, multiplicando o peso da categoria referente à atividade pela porcentagem relacionada à distância, conforme mostra a figura 3.1, então é feito um somatório deste valor que posteriormente será multiplicado pelo fator de linearidade 6,67 – explicado anteriormente, gerando a pontuação de cada categoria. A pontuação final, que pode ser de 0-100 pontos, é o somatório do valor gerado de todas as categorias menos a porcentagem de penalização. Esta pontuação corresponde ao índice de caminhabilidade, representado pela equação 3.1 e classificado conforme mostrado na tabela 3.5:

$$Ic = \sum_j \left(\sum_i \left(\frac{p_i * v_i}{100} \right) * C \right)_j - (d + c) \quad (3.1)$$

Onde:

Ic = índice de caminhabilidade

j = são as categorias que vão de 1 – 9

i = é o número de categorias encontradas em uma determinada distância

p_i = porcentagem que cada categoria recebe em função da distância

v_i = valor (peso) de cada categoria

C = valor de linearidade (6,67)

d = porcentagem de penalidade (densidade de interseções)

c = porcentagem de penalidade (comprimento médio dos quarteirões)

Este *Ic* vai avaliar a região e indicar nenhum, pouco, médio, muito ou total dependência de automóvel utilizando o conceito de uso do solo.

Tabela 3.5: Classificação final da caminhabilidade

Pontuação da Caminhabilidade	Descrição
90-100	Paraíso do pedestre – As tarefas diárias não exigem um carro.
70-89	Muito caminhável – A maioria das atividades pode ser feita a pé.
50-69	Um pouco caminhável – Algumas atividades estão a uma curta distância.
25-49	Dependência de carro – Poucas atividades estão a uma curta distância.
0-24	Alta dependência de carro – Quase todas as atividades exigem um carro.

Fonte: Front Seat (2013)

Não fazem parte do algoritmo (desenho da rua, segurança – criminalidade e acidentes, topografia e climatização), apesar destes fatores terem sido citados pelos seus desenvolvedores.

3.3 Índices Brasileiros

Siebert *et al.* (1998) fazem o uso do termo caminhabilidade para expressar o conceito de acessibilidade do meio de transporte a pé. Baseado no trabalho de Bradshaw (1993), este índice foi adaptado à realidade local de Blumenau – SC, onde foi aplicado, atentando-se aos fatores de análise quantitativa (largura das calçadas, o estado de conservação, existência de obstáculos, proteção ao sol e a chuva, existência de mobiliário urbano, iluminação noturna e uso lindeiro) e eliminando-se ao máximo os fatores de análise qualitativa (entrevista com os pedestres), complementando os fatores quantitativos com: nivelamento do piso (rampas e degraus), travessia (com semáforo, sinalização e faixa de pedestre) e segurança. Não definindo o tamanho da área a ser estudada, indicando somente ser um bairro.

Santos (2005), baseado nos trabalhos de Bradshaw (1993) e Siebert *et al.* (1998), aplicou, nas cidades de Maringá, Porto Alegre, Blumenau, Londrina e Curitiba, o “Índice de Caminhabilidade”, conceituado como “a avaliação do grau de adequação das calçadas aos deslocamentos a pé, ou seja, o quanto as calçadas das cidades proporcionam aos pedestres um caminhar seguro e confortável”. Este trabalho dimensionou a área de estudo em um raio de 250 metros, circundando os principais

equipamentos urbanos e acessos de pedestres (escolas, postos de saúde, terminais de ônibus, shopping centers, prédios públicos, estádios de futebol etc).

Rutz *et al.* (2007) aplicaram o modelo de Siebert *et al.* (1998) na cidade de Foz do Iguaçu – PR, com o objetivo de determinar as características dos passeios, e como a sua qualidade e dimensões podem afetar a circulação dos pedestres.

Dorneles *et al.* (2008) usaram vários métodos para estimar o modelo do fluxo de pedestres baseado em sintaxe espacial, medidas de desempenho e redes neurais, gerando dois mapas: um com o índice de caminhabilidade – IC, da área em estudo, e outro com o índice de prioridade – IP, para manutenção da via.

Os métodos utilizados para levantamento de dados do IC foram:

- Análise morfológica – avaliação de como o pedestre percebe o desenho urbano;
- Contagem de fluxo de pedestres - número de pessoas na via de estudo;
- Levantamento físico – medição das dimensões das calçadas;
- Levantamento dos atratores - uso das edificações;
- Entrevistas - perguntas para os pedestres sobre o grau de importância dos atributos das calçadas: conforto (16%), atratividade (19%), segurança de trânsito (20%), manutenção (22%) e segurança pública (23%);
- Medidas de desempenho – avaliação técnica qualitativa sobre os atributos das calçadas, realizada por especialistas da área: arquitetos e urbanistas.

O IC foi determinado pela avaliação técnica do nível de serviço dos passeios ponderados pela preferência dos pedestres e pelas necessidades descobertas pelo modelo. Enquanto o IP relaciona os passeios que têm prioridade de manutenção, pois receberam as piores notas e tiveram o maior fluxo de pedestres.

Fontenelle (2008) apresenta um trabalho que consiste em utilizar dois métodos para analisar o fluxo de pedestres: o primeiro em quantificar a presença e o movimento dos pedestres na área de estudo e o outro em considerar a opinião dos pedestres e avaliar a medida desempenho da via em: atratividade, conforto, manutenção, segurança e

segurança pública. Foi escolhido o centro da cidade de Florianópolis – SC por sua heterogeneidade, neste caso, diversas classes sociais, atratores urbanos (uso e ocupação do solo) e uma dinâmica na circulação dos pedestres. No entanto, não há uma diferença marcante quanto à proposta de Dorneles *et al.* (2008), a não ser que são os pedestres que avaliam a calçada ao invés de técnicos.

Barbosa e Moura (2010) propõem uma avaliação técnica do serviço das calçadas, índice de caminhabilidade, com base em três fatores: fluidez, conforto e segurança, todos estes parâmetros conforme a visão do pedestre, com base em entrevista, entrevistaram 110 pessoas com base nos seguintes parâmetros: fluidez, conforto e segurança, conforme tabela 3.6:

Tabela 3.6: Parâmetros da avaliação utilizados no questionário

Fluidez	Conforto	Segurança
Largura	Revestimento Mobiliário	Manutenção
Continuidade	Inclinação Climático	Sinalização
Obstáculos	Visual Rebaixo	Iluminação Localização
Densidade	Acústico	Conflitos

Fonte: Barbosa e Moura (2010)

O diferencial do trabalho de Barbosa e Moura (2010) é a busca por parâmetros mais relevantes na visão dos usuários, a observação em campo e as ponderações realizadas para cada parâmetro.

Ferreira *et al.* (2010) buscam resolver a equação de continuidade para estimar o fluxo de pedestre utilizando a teoria de tráfego. Na teoria de tráfego a velocidade precisa ser constante para preservar o movimento dos veículos, e que para Ferreira *et al.* (2010) são os pedestres. No entanto, analisaram a velocidade constante e linear, gerando o que chamaram de modelo Hidrodinâmico.

As vantagens deste modelo são a sua simplicidade e rapidez computacional. Porém, eles avaliaram um trecho de cada vez (calçadas) e nos testes não consideraram as vias curvilíneas encontradas nas redes de caminhos.

A tabela 3.7 tem o propósito de apontar as características e abrangências que cada índice (o Canadense, o Americano e os Brasileiros). Estas características estão relacionadas com elementos locais como a infraestrutura e o nível de serviço da via, por outro lado elementos mais abrangentes, como a configuração da rede de caminhos bem como o uso do solo e o meio ambiente.

Tabela 3.7: Classificação dos fatores que influenciam a caminhada por autores

Índice	Autores	Fatores/Características
Canadense	Bradshaw (1993)	Permite a diminuição da poluição, da criminalidade, dos acidentes de trânsito e favorecer a caminhada; Usa pesquisa qualitativa (através de questionários) e quantitativa.
Americano	Front Seat (2013)	Classifica áreas como caminháveis ou pouco dependente de automóvel; Usa pesquisa quantitativa por meio de um mapa na Web (gmaps), avaliando o uso e a ocupação do solo e penalizando a região pelos seus aspectos topológicos.
	Siebert <i>et al.</i> (1998)	Avaliam as vias (calçadas) e ponderam as mesmas para medir a acessibilidade local das viagens a pé; Adaptação do modelo de Bradshaw (1993) retirando as percepções qualitativas e incluindo as quantitativas, não define área de abrangência.
	Santos (2005)	Baseado nos trabalhos de Bradshaw (1993) e Siebert (1998); Avalia o grau de adequação das calçadas aos deslocamentos a pé; Usa pesquisa quantitativa e dimensiona a área de estudo em um raio de 250 metros. Aplicou-se nas cidades de Maringá – PR, Porto Alegre – RS, Blumenau – SC, Londrina – PR e Curitiba – PR.
Brasileiro	Rutz <i>et al.</i> (2007)	Determinam as características dos passeios, aplica o modelo de Siebert <i>et al.</i> (1998) na cidade de Foz do Iguaçu – PR.
	Dorneles <i>et al.</i> (2008)	Avaliam a caminhada aplicando vários métodos que medem o nível de serviço e a qualidade da oferta; Usam pesquisas qualitativas e quantitativas; Dimensionam, para área de estudo, o anel central da cidade de Criciúma – SC.
	Fontenelle (2008)	Analisa a dinâmica do fluxo de pedestres através da presença e o movimento dos pedestres na área de estudo e considerar a opinião dos pedestres no desempenho da via. Usa pesquisas qualitativas e quantitativas; Dimensiona zona de central da cidade de Florianópolis – SC.
	Barbosa e Moura (2010)	Avaliam a qualidade do serviço; Usam pesquisas qualitativas na cidade de Belo Horizonte – MG, não houve relato da dimensão física da área estudada.
	Ferreira <i>et al.</i> (2010)	Estimam o fluxo de pedestre utilizando a teoria de tráfego, por meio da equação de continuidade. Usam modelos computacionais e uma área de estudo tem 600 metros de comprimento por 1 metro de largura.

Os índices de caminhabilidade Canadense e Americano são mais abrangentes que os demais trabalhos brasileiros e serviram de base para a maioria deles. O primeiro leva em consideração a criminalidade, a poluição, os acidentes de trânsito, além da qualidade da oferta e do nível de serviço. Já o segundo tem uma preocupação com as condições voltadas para a rede de caminhos em um todo. Enquanto os demais são mais direcionados ao nível de serviço e a qualidade da infraestrutura das calçadas.

O índice Americano se preocupa com a redução de veículos e a influência da área nas caminhadas. O Canadense pressupõe que quanto menor o número de veículos, as poluições sonoras e visuais além dos acidentes, proporcionados pela aglomeração dos automóveis no espaço urbano tende a diminuir. O índice Americano não leva em conta o aspecto da segurança que está relacionada a crimes, entretanto leva em consideração a configuração da rede de caminhos bem como o uso e a ocupação do solo e as distâncias percorridas pelos pedestres. Esta última não é considerada pelo índice Canadense, porém este envolve a consulta aos pedestres e o Americano não. O canadense tem como ponto de referência uma área e o Americano, mesmo estudando uma área, faz alusão ao endereço, o que vem de encontro com a proposta deste trabalho.

Pode-se observar que os índices de caminhabilidade contemplam características que influenciam a caminhada e em vários aspectos da rede de caminhos (configuração da rede, qualidade da infraestrutura e nível de serviço).

3.4 Análise dos Índices

Percebe-se que os índices abrangem aspectos da rede de caminhos como a sua configuração, a qualidade da oferta e o nível de serviço. Com isto, faz-se necessária a classificação dos índices de caminhabilidade, apresentados pelos trabalhos anteriormente citados, conforme pode ser observado na tabela 3.8.

Tabela 3.8: Classificação dos trabalhos sobre índice de caminhabilidade quanto aos aspectos

Aspectos		
Qualidade da oferta	Nível de Serviço	Configuração da rede de caminhos
Bradshaw (1993); Siebert <i>et al.</i> (1998); Santos (2005); Rutz <i>et al.</i> (2007); Dorneles <i>et al.</i> (2008); Barbosa e Moura (2010). Ferreira <i>et al.</i> (2010). Front Seat (2013);	Bradshaw (1993); Rutz <i>et al.</i> (2007); Dorneles <i>et al.</i> (2008); Fontenelle (2008); Barbosa e Moura (2010).	Front Seat (2013);

Pode-se verificar que a maioria dos trabalhos sobre índice de caminhabilidade, se preocupou com os aspectos da qualidade da oferta e do nível de serviço.

Há uma lógica para esta visão. As falhas na infraestrutura e a insuficiência do espaço físico para atender o fluxo de pedestres ficam mais evidentes quando se analisa a rede de caminhos. Buscar garantir conforto, fluidez e segurança na via é imprescindível para os pedestres e estimular as viagens a pé. O que pode justificar os vários índices e métodos destinados – por meio de consulta aos usuários ou procedimentos de avaliação técnica - a qualidade da oferta e o nível de serviço das calçadas e travessias que configuram os caminhos percorridos pelos pedestres. No entanto, a configuração da rede de caminhos, como já citado na seção 2.3, tem um papel fundamental na construção de um ambiente que promova o uso da caminhada como uma opção atraente e frequente de transporte. E isto realça a necessidade de determinar como os índices de caminhabilidade consideram tal configuração.

Neste contexto, Front Seat (2013) utiliza a variável distância das atividades (uso misto do solo) e os indicadores tradicionais (densidade de interseções e tamanho médio dos quarteirões), como ressaltado no capítulo 2. Ademais, este procedimento contempla não só a presença de atividades, mas a distância entre elas, que também é influenciada pela configuração da rede de caminhos.

Os dados utilizados pelo algoritmo do Front Seat (2013) têm origem no Open Street Map que é um projeto colaborativo para criar um mapa livre e editável do mundo, os

mapas são criados usando dados de receptores GPS portáteis, fotografias aéreas e outras fontes livres (Wikipédia, 2011), na qual o Brasil não faz uso, de forma que possa utilizar esta base de dados, gerando então uma inconsistência dos dados em relação as atividades.

A função Decay, do índice de caminhabilidade americano, utiliza os indicadores tradicionais Densidade de interseção e Tamanho médio dos quarteirões para penalizar a área de circulação do pedestre. O Tamanho médio dos quarteirões se preocupa com a distância a percorrer. Criam-se intervalos em metros para determinar a propensão em caminhar a certas distâncias. Já a Densidade de interseções se atenta para a quantidade de opções de caminhos que uma área tem e que pode influenciar nas viagens a pé.

Neste contexto, apresentado por Front Seat (2013), os deslocamentos a pé podem sofrer interferência quanto ao uso e ocupação do solo, assim como por indicadores tradicionais do desenho urbano como: a densidade de interseções e o tamanho médio dos quarteirões, que pode ser expresso pela densidade dos quarteirões, conforme classificação observada na seção 2.3. Ressalta-se, então, a importância da configuração da rede de caminhos na propensão das viagens a pé, porém, levando-se em consideração a interação com outros fatores. Estes indicadores tradicionais usados para representar a influência da configuração da rede de caminhos, tendem a ser mais utilizados e realistas em redes regulares no formato de malha ou grade, já que é mais visível à formação dos quarteirões e seus respectivos ciclos.

3.5 Considerações Finais

Em síntese, após estudo do capítulo 2, chegou-se aos indicadores, que foram denominados de tradicionais, no qual se preocuparam com a influência da configuração da rede de caminhos na propensão da caminhada, igualmente com os elementos que compõe a rede, que são: o nó, a ligação e o ciclo.

No estudo dos índices de caminhabilidade dois indicadores tradicionais foram encontrados: a Densidade de interseções, que faz referência ao elemento nó, e a Densidade de quarteirões, que faz referência ao ciclo. Não consideraram indicadores

que estudaram o elemento ligação, que neste trabalho foi caracterizado pelo indicador Densidade de ruas. Tampouco o indicador Ruas sem saída, que tem uma dupla função de auxiliar tanto o elemento nó quanto o elemento ligação.

Contudo, a Teoria de Grafos apresenta indicadores e equações mais elaboradas, que podem ser usadas para analisar a configuração da rede de caminhos de forma mais respaldada tecnicamente e segundo diferentes formatos. Além da configuração da rede de caminhos, há outros fatores que influenciam na geração de viagens, como os socioeconômicos e os locais, que precisam ser considerados para explicar a geração de viagens em uma dada área urbana.

Capítulo 4

INDICADORES DA TEORIA DE GRAFOS

O objetivo deste Capítulo é o de apresentar a Teoria de Grafos como opção a ser considerada por dispor de uma série de indicadores que podem ser usados para representar a conectividade e o desempenho da configuração da rede de caminhos, reforçando sua importância e possível influência na propensão das viagens a pé.

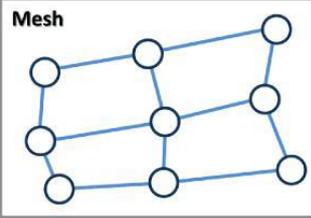
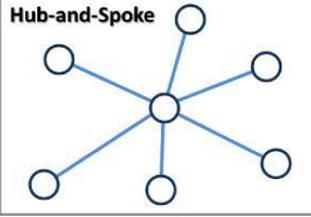
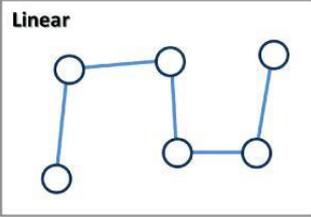
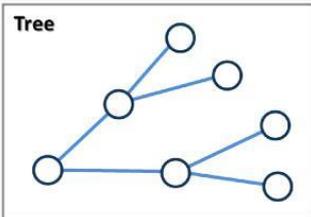
Os indicadores provenientes da teoria de grafos serão caracterizados, classificados, analisados e comparados entre si, bem como com os indicadores tradicionais, a fim de se determinar aqueles associados à conectividade da configuração da rede de caminhos e expressos pelo conjunto de nós, ligações e ciclos, conforme observado nos Capítulos 2 e 3.

4.1 A configuração da rede

Segundo Rodrigue *et al.* (2009), as redes, constituídas por um conjunto de nós e ligações, representam as conexões entre os locais por ela cobertos, sendo que a sua configuração, onde acontecem os deslocamentos a pé, podem influenciar nas condições que envolvem a caminhada.

Relembrando que a disposição dos nós e ligações contribuem para a forma do desenho urbano e da configuração da rede de caminhos. Os nós próximos sugerem ligações menores que sugerem caminhos de comprimentos menores (Cervero e Duncan, 2003). A presença de ciclos acrescenta a maior flexibilidade para esses caminhos se realizarem (Levinson, 2011; Parthasarathi, 2011). Conhecer suas formas nos dá um indicativo da facilidade para a realização dos deslocamentos a pé (Rodrigue *et al.*, 2009). De acordo com a configuração da rede de caminhos, composição de ligações e nós, elas podem ser classificadas conforme mostra a tabela 4.1.

Tabela 4.1: Classificação das formas da configuração da rede de caminhos.

Tipo de rede	Descrição	Representação
Rede reticulada ou em Malha (Mesh)	Rede onde há pelo menos dois nós com duas ligações	 <p>Mesh</p>
Rede em Estrela (Hub-and-Spoke)	Rede onde os nós periféricos são conectados a um nó central, denominado de hub.	 <p>Hub-and-Spoke</p>
Rede em Linha (Linear)	Rede onde há apenas uma ligação entre cada nó e pares de nó, onde cada nó tem um e no máximo dois ligações.	 <p>Linear</p>
Rede em Árvore (Tree)	Rede onde estão convergindo para um nó de uma hierarquia de nós	 <p>Tree</p>

Fonte: Rodrigue *et al.* (2009); Lynch (1981 *apud* Cassilha & Cassilha, 2009); Mitra *et al.* (2010)

Para Lynch (1981 *apud* Cassilha & Cassilha, 2009), as formas das cidades, ou seja, sua configuração expressam seus pós e contra, conforme mostra a tabela 4.2.

Tabela 4.2: As formas das cidades.

Tipo rede	Prós	Contras
Grelha retangular ou reticulada – é estruturada de acordo com uma malha retangular, dividida em quarteirões semelhantes.	Os terrenos possuem o mesmo formato e todos os pontos possuem acessibilidade às diversas atividades do centro.	Permite crescimento por todos os lados, considerando que esta forma não possui fronteiras pré-definidas (o que também pode ser positivo).
Estrela – tem um centro definido e a partir dele irradiam as vias.	Funcional para cidades de médio porte, modelo racional quando a cidade cresce ordenadamente nos extremos.	Sobrecarrega o centro e as vias de acesso onde normalmente se concentra grande fluxo.
Satélite – mesmo modelo da estrela, no entanto numa escala maior.	Permite manter o cinturão verde ao redor da cidade principal.	As cidades secundárias são limitadas quanto ao tamanho, este sendo atingido deve ser criada outra cidade.
Linear – baseada em uma linha com algumas paralelas.	Funcional para pequenas escalas.	Torna-se uma cidade muito extensa sem um centro definido, com grandes distâncias entre as atividades e baixa flexibilidade de acesso.
Axial barroca – formada por pontos referenciais e definida por uma malha triangular.	Funcional para cidades de médio porte.	Os edifícios não podem ser construídos próximos aos pontos de referências e vias principais.
Rendilhado – as vias encontram-se bem espalhadas, intercalando grandes espaços, transição entre meio rural e urbano.	As vias não são sobrecarregadas.	Espaços ociosos e baixa conectividade.
Cidade interior – delimitada por muralhas.	Extremamente protegida por meio externo.	Controle rígido e restrição a certos pontos.
Cidade em ninho – idealizada em anéis concêntricos, definidos por muralhas, que vão crescendo uns ao redor dos outros.	Segurança.	A população de menor renda situa-se nas periferias e as vias de ligação entre os anéis são descontínuas tanto à paisagem quanto as atividades urbanas.
Visões atuais (megaforma) – cidades formadas por grandes edifícios, habitação e comercio concentrados em um mesmo espaço.	Ocupação com parcimônia do território.	Desagradável para quem utiliza e requer muitos recursos para construção e manutenção.

Fonte: Lynch (1981 *apud* Cassilha & Cassilha, 2009).

Contudo, Mitra *et al.* (2010) mencionam as formas das ligações da configuração da rede de caminhos. Elas podem ter um padrão reto, curvo ou disforme (ver Tabela 4.3). As ruas em malha, com o padrão reto, normalmente são encontradas nos centros urbanos, em contrapartida as redes com o padrão disformes, com ruas sem saída, são encontradas nos subúrbios, criando aparentemente uma sensação de privacidade (Swenson & Dock, 2003). No entanto, sua conectividade poderá ser prejudicada por tais ruas sem saídas, o que deve ser considerado na análise da configuração da rede de caminhos, o que realça a sua complexidade. A teoria dos grafos apresenta vários indicadores devidamente

formalizados e respaldados matematicamente que medem o desempenho da configuração da rede. Raia Jr (2000), Bocanegra (2002), Cardoso (2006), Dias (2008), Rodrigue *et al.* (2009) e Ferreira (2011) defendem, dentre outros autores, o uso desta Teoria para estudar a eficiência de uma rede no geral e, em particular, a rede de caminhos.

Tabela 4.3: Configuração da rede de caminhos

Tipo de rede	Descrição	Representação
Malha	Ruas retas, normalmente uniformes e com alta densidade de interseções.	
Radial ou mista	Ruas retas e curvas, normalmente com um centro em comum.	
Disforme	Ruas curvilíneas que normalmente formam em loop's (círculos) e nós sem saída com a capacidade de segregar as atividades.	

Fonte: Mitra *et al.* (2010)

4.2 A teoria de grafos

A teoria dos grafos, em sua definição clássica, é um ramo da matemática que estuda as relações entre os objetos (grafos) de um determinado conjunto (nós e ligações ou vértices e arestas) representado matematicamente (Boaventura *et al.*, 2009; Rodrigue *et al.*, 2009):

$$G = (V, E) \quad (4.1)$$

Onde:

$G = \text{grafo}$

$V = \text{vértice ou nó}$

$E = \text{arestas ou ligações, que é um subconjunto formado por dois vértices}$

Para Rodrigue *et al.* (2009), o movimento de pessoas, mercadorias e informações podem ser representados pela teoria dos grafos. Ele relaciona vários elementos que possibilitam a análise destas ligações, conforme mostra a tabela 4.4.

Tabela 4.4: Estrutura básica das ligações

Elementos	Descrição
Conexão	Um conjunto de dois nós em que cada um está ligado ao outro. Considera-se que o movimento entre dois nós é possível, qualquer que seja a sua direção. Conhecendo as conexões permite-se descobrir a possibilidade de chegar e sair de um nó dentro de um grafo.
Caminho	Uma sequência de ligações que são percorridas na mesma direção. Para um caminho existir entre dois nós, deve ser possível viajar uma sequência ininterrupta de ligações. Encontrar todos os caminhos possíveis em um grafo é um atributo fundamental para quantificar os fluxos de acessibilidade e de tráfego.
Cadeia	Uma sequência de ligações que tenham uma conexão em comum com a outra. A direção não importa.
Comprimento de uma ligação ou caminho	Refere-se ao rótulo associado com uma ligação ou um caminho. Esta etiqueta pode ser à distância, a quantidade de tráfego, a capacidade ou qualquer outro atributo dessa ligação. O comprimento de um caminho é o número de ligações deste caminho.
Ciclo (Grafo não orientado)	Referem-se a uma cadeia onde o nó (inicial e final) é o mesmo e que não usa a mesma ligação mais de uma vez.
Circuito (Grafo orientado)	Um caminho onde o nó (inicial e final) se corresponde. É um ciclo onde todas as ligações são percorridas no mesmo sentido. Circuitos são muito importantes no transporte porque vários sistemas de distribuição estão usando circuitos para cobrir o território tanto quanto possível em uma direção (rota de entrega).
Clique	Um clique é um subgrafos completo, onde todos os (nós) estão conectados.
Agrupamento (Cluster)	Também chamado de comunitários, refere-se a um grupo de nós que tem relações mais compactas entre si do que com o resto da rede.
Região nodal.	Uma região nodal refere-se a um subgrupo (árvore) de nós polarizada por um nó independente (que a maioria das ligações se conecta com nó menor) e um número de nós subordinados (que a maioria das ligações conecta com um nó maior).

Fonte: Rodrigue *et al.* (2009)

Cada elemento citado anteriormente reflete uma relação com a configuração da rede de caminhos, tanto ao nível do nó quanto ao nível da rede. São atributos que representam

as propriedades de um grafo (configuração da rede) e expõe sua eficiência (Rodrigue *et al.*, 2009).

Para mostrar a amplitude da Teoria dos Grafos, serão inicialmente apresentados na tabela 4.5, alguns indicadores que se preocupam mais com propriedades específicas do nó, mas não com medidas de desempenho agregadas para a rede como um todo.

Tabela 4.5: Relação dos indicadores da teoria de grafos, o atributo nó

Descrição dos elementos	Autor(es)	Equação	N°
Acessibilidade de cada nó – “formulam um indicador que sintetiza um único valor das condições de acessibilidade de cada nó em termos de eficiência da rede, enfatizando o efeito da infraestrutura”. A_i é a acessibilidade do nó i ; N_{ij} é a impedância da rede entre o nó i e o centro de atividades de destino j ; E_{ij} é a impedância Euclidiana entre i e j , assumindo infraestrutura de eficiência ótima, e M_j é a massa do centro econômico de destino.	(Raia Jr., 2000)	$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{N_{ij}}{E_{ij}} M_j}{\sum_{j=1}^n M_j}$	4.2
Acessibilidade por zona – Levam-se em consideração a soma ponderada do número de oportunidades de empregos dentro de um tempo de viagem daquela zona	(Raia Jr., 2000; Ferreira, 2011)	$AI(T)_i = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{ijk} E(T)_{ijk}$	4.3
Acessibilidade por região – Levam-se em conta os parâmetros de tempo, número de rotas e capacidade destas rotas.	(Raia Jr., 2000; Bocanegra, 2002; Dias, 2008)	$A_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^n c_{ijn}}{1000} \times \left(\frac{\sum_{n=1}^n t_{ijn}}{n} \right)$	4.4
Índice de Shimbel (nodalidade) - Uma medida de acessibilidade que representa a soma do comprimento [distância] de todos os caminhos mais curtos ligando todos os outros nós no grafo. É o número de ligações conectadas a ele e é simples, medida eficaz para importância nodal. Quanto maior seu valor, mais importante é o nó em um grafo e muitas ligações convergem para ele. A medida inversa também é chamada de distância de centralidade.	(Raia Jr., 2000; Bocanegra, 2002; Cardoso, 2006; Dias, 2008; Rodrigue <i>et al.</i> , 2009; Ferreira, 2011)	$Sn_i = \sum_{j=1}^N d_{ij}$	4.5
Índice de Shimbel (global) – Uma medida de acessibilidade global de uma rede	(Raia Jr., 2000; Bocanegra, 2002)	$Sg_i = \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n d_{ij}$	4.6
Índice Theta - Medida a função de um nó (v), que é a quantidade média de tráfego por interseção $Q(G)$. Um teta maior, maior é a carga da rede. A medida também pode ser aplicada ao número de ligações (e).	(Rodrigue <i>et al.</i> , 2009; Levinson, 2011)	$\theta = \frac{Q(G)}{v}$	4.7
Densidade de interseção – Medida que estima a completude da rede (P_{vb}), ou seja, o quanto conectado ela está. Razão entre a quantidade de interseções (V_b) e a área (A_b) das viagens.	(Parthasarathi, 2011)	$P_{vb} = \frac{V_b}{A_b}$	4.8

Há outros indicadores que se preocupam com as ligações, não consideram explicitamente o nó na composição de sua medida, sabendo-se que para existir uma ligação precisa existir pelo menos um nó (circuito, ver tabela 4.4). A ligação tem uma

relação com a distância, o comprimento e o espaço que ocupa na área de estudo, conforme tabela 4.6.

Tabela 4.6: Relação dos indicadores da teoria de grafos, o atributo ligação

Descrição dos elementos	Autor(es)	Equação	Nº
Densidade da rede - Medida a ocupação territorial da rede de transporte em termos de km de ligações (L) por quilômetro quadrado de superfície (S). Quanto maior ele for, rede é mais desenvolvida.	(Rodrigue <i>et al.</i> , 2009; Parthasarathi, 2011)	$ND = \frac{L}{S}$	4.9
Índice PI - A relação entre o comprimento total do grafo $L(G)$ e da distância ao longo de seu diâmetro $D(d)$. Ele é rotulado como PI por causa de sua semelhança com o valor de PI real (3.14), que é expressar a razão entre a circunferência e o diâmetro de um círculo. Um alto índice mostra uma rede desenvolvida. É uma medida de distância por unidades de diâmetro e um indicador da forma de uma rede.	(Rodrigue <i>et al.</i> , 2009)	$\Pi = \frac{L(G)}{D(d)}$	4.10
Índice Eta - Comprimento médio por ligação. Adição de novos nós irá causar uma diminuição de Eta por conta do declínio do número de ligações (e).	(Rodrigue <i>et al.</i> , 2009, Levinson, 2011)	$\eta = \frac{L(G)}{e}$	4.11

No entanto, há indicadores que se preocupam em expressar o comprimento e o número de itinerários em uma rede de caminhos, que influencia a propensão quanto ao uso da caminhada em uma dada localidade. Estes indicadores relacionam o nó e a ligação na composição de suas medidas. Proporcionam, assim, equações que expressam outro elemento, o ciclo. Estes indicadores serão relacionados na tabela 4.7.

Tabela 4.7: Relação dos indicadores da teoria de grafos, os atributos nós, ligações e ciclo

Descrição dos elementos	Autor	Equação	Nº
Número de ciclos (conexidade) - É o número máximo de ciclos independentes em um grafo. Este número (u) é estimado através do número de nós (v), ligações (e) e de subgrafos (p).	(Dias, 2008; Rodrigue <i>et al.</i> , 2009)	$u = e - v + p$	4.12
Índice Beta - Mede o nível de conectividade em um grafo e é expresso pela relação entre o número de ligações (e) e o número de nós (v). Árvores e redes simples têm um valor Beta menor que um. A rede conectada com um ciclo tem um valor de 1. Redes mais complexas têm um valor maior que 1. Em uma rede com um número fixo de nós, quanto maior o número de ligações, maior o número de caminhos possíveis na rede. Redes complexas têm um alto valor de Beta.	(Rodrigue <i>et al.</i> , 2009; Levinson, 2011)	$\beta = \frac{e}{v}$	4.13
Índice Alpha - A medida de conectividade que avalia o número de ciclos em um grafo em comparação com o número máximo de ciclos. Quanto maior o índice Alpha, maior a conectividade da rede. Árvores e redes lineares terão valor 0. Um valor de 1 indica uma rede completamente conectada.	(Dias, 2008; Rodrigue <i>et al.</i> , 2009; Levinson, 2011; Parthasarathi, 2011)	(Para grafos planares) $\alpha = \frac{u}{2v - 5}$	4.14
Índice Gamma - A medida de conectividade que considera a relação entre o número de ligações observadas e o número de ligações possíveis. O valor de Gamma é entre 0 (sem conexão entre os nós) e 1 (rede completamente conectada, pouco usual na prática). Gamma é um valor eficiente para medir a progressão de uma rede no tempo.	(Dias, 2008; Rodrigue <i>et al.</i> , 2009; Levinson, 2011; Parthasarathi, 2011)	(Para grafos planares) $\gamma = \frac{e}{3(v - 2)}$	4.15

Por outro lado, a Teoria dos grafos pode abordar outras maneiras de medir a rede de caminhos. Dentre elas pode-se citar a que inverte a ordem de análise do grafo, isto é, as ruas viram os nós e as interseções serão as ligações. Este modelo é chamado de Negociação da continuidade de interseções, que permite conhecer a continuidade das ruas pela pluralidade dos nós. Porta *et al.* (2006), Thomson (2006), Curtis e Scheurer (2007) e Fujito (2007) relataram que este método se destaca pela simplicidade de captura, juntamente com as propriedades de conectividade, um dos componentes mais importantes da dimensão geográfica: à distância. Ainda há outras medidas mais robustas, que foram propostas pela física, levando em conta a complexidade interna do grafo (Rodrigue *et al.*, 2009),

A teoria dos grafos tem, portanto, uma quantidade relevante de indicadores que podem ajudar na análise e compreensão das configurações das redes de caminhos, assim como medir sua eficiência, utilizando o conjunto nó e ligação.

Todos estes indicadores trazem suas potencialidades para análise da rede de caminhos. No entanto, faz necessário classificá-los e compará-los quanto a sua funcionalidade e simplicidade em avaliar a configuração da rede de caminhos, levando em consideração os indicadores tradicionais.

4.3 Análise comparativa

O levantamento e caracterização dos indicadores, na seção 4.2, serviram para mostrar a possibilidade dos indicadores da Teoria de grafos, em mensurar o potencial da configuração da rede de caminhos, em favorecer ou não a caminhada, o que está relacionado à quantidade de nós, bem como ligações e ciclos e seus respectivos tamanhos.

No entanto, algumas equações se preocupam com o nó, ou seja, o grau de importância que o nó tem sobre todos os outros nós da rede, ver tabela 4.5. Outras equações se preocupam com as ligações, considerando o comprimento como principal importância na rede de caminhos, ver tabela 4.6. Já os indicadores da tabela 4.7, se preocupam não só com o comprimento do caminho, bem como com as opções de trajetos oferecidos pela configuração da rede de caminhos, ou seja, sua funcionalidade quanto ao conjunto nós, ligações e ciclos.

Neste contexto, analisou-se quais as equações que tiveram a preocupação em captar na configuração da rede de caminhos os elementos (nós, ligações e ciclo) que podem influenciar na propensão das pessoas a caminharem. Na tabela 4.5, mesmo considerando o nó, as equações 4.2 e 4.8 se preocuparam em analisar a rede como um todo. Isto também ocorreu com as equações 4.9, 4.10 e 4.11 da tabela 4.6, que tem como elemento principal a ligação. Finalmente, as equações da tabela 4.7, que se preocuparam em analisar a configuração da rede de caminhos, levaram em consideração os elementos nós, ligações e ciclos. Destaque para as equações 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15, que utilizaram

as arestas (nós) e os vértices (ligações) em sua composição, assim como o conceito de ciclos. Ao todo, classificaram-se nove indicadores (A_i , P_{vb} , ND , Π , η , u , β , α e γ) da Teoria de grafos.

Comparando os indicadores Tradicionais com os da Teoria dos grafos, conforme tabela 4.8, serão escolhidos os indicadores que apresentam uma agilidade na análise da configuração da rede de caminhos, pois se utilizam valores absolutos e podem ser capturados com uma simples contagem quando da observação de um mapa.

Tabela 4.8: Relação dos indicadores tradicionais e da teoria de grafos em relação aos elementos nós, ligações e ciclo

Indicadores	Elementos da configuração da rede de caminhos		
	Nós	Ligações	Ciclos
Tradicional	<i>Densidade de interseções</i>	<i>Densidade de Ruas.</i>	<i>Densidade de quarteirões.</i>
	<i>Ruas sem saída.</i>		
Teoria de grafos	A_i (equação 4.2); P_{vb} (equação 4.8).	ND (equação 4.9); Π (equação 4.10); η (equação 4.11). β (equação 4.13).	u (equação 4.12); α (equação 4.14); γ (equação 4.15).

Alguns dos Indicadores Tradicionais também se encontram formalizados na Teoria dos Grafos. A Densidade de interseções é contemplada na equação 4.8 (P_{vb}), a Densidade de ruas pela equação 4.9 (ND) e a Densidade de quarteirões com a equação 4.12 (u). O indicador Ruas sem saída, que são os nós com uma única ligação, é utilizado na concepção dos indicadores Densidade de interseções e de ruas.

Neste trabalho, como já citado, foram analisados e classificados os indicadores tradicionais e os da teoria de grafos, que se preocuparam com os elementos nós, ligações e ciclos na análise da configuração da rede de caminhos. Porém, o foco desta dissertação são as equações mais simples, que possam avaliar a configuração da rede de caminhos e exprimir sua influência nas viagens a pé.

Neste contexto, os indicadores escolhidos como Indicadores Tradicionais são: Densidade de interseções, que será chamado (di) e Densidade de quarteirões, que será chamado (dq). E como Indicadores da Teoria dos Grafos: ciclo (u), Índice Beta (β),

Alpha (α) e Gamma (γ). Os indicadores (d_i), (d_q) e (u) são formados por valores absolutos, enquanto os índices (β), (α) e (γ) são equações relativizadas, ou seja, há uma razão entre suas grandezas.

4.4 Considerações Finais

Desta forma, os indicadores Tradicionais e os da Teoria dos grafos, que levam em conta a importância e a influência da configuração da rede de caminhos na propensão das viagens a pé, foram caracterizados, classificados, analisados, comparados entre si e selecionados.

Os indicadores propostos se encontram na tabela 4.8, porém alguns deles (d_i , d_q – Tradicionais – e os índices u , β , α e γ – Teoria de grafos) foram selecionados, pois o objetivo deste trabalho são indicadores mais simples, no qual podem ser capturados com uma simples contagem quando da observação de um mapa.

Faz-se necessário, neste momento, definir um procedimento para aplicar e avaliar quais indicadores (Tradicionais e Teoria de grafos) selecionados, que serão chamados de indicadores topológicos, podem perceber melhor a influência da configuração da rede de caminhos na propensão das viagens a pé e recomendá-los.

Capítulo 5

PROCEDIMENTO PROPOSTO

O propósito deste capítulo é elaborar um procedimento de análise das unidades espaciais a serem estudadas, que normalmente se referem a zonas de tráfego ou bairros ou ainda polos geradores de viagens – PGVs e respectivas áreas de influência. Essas unidades espaciais devem ser selecionadas em quantidade e diversidade que proporcionem uma base favorável à investigação da relação entre a configuração da rede de caminhos, expressa por seus indicadores, e as viagens geradas a pé. Para isto, recomenda-se a caracterização e a classificação de cada unidade espacial, levando-se em conta as características tipológicas da configuração da rede da mesma forma que os demais fatores intervenientes considerados no capítulo 2. Após se escolher as unidades espaciais, passa-se a definir as variáveis dependentes (taxas de viagens a pé) e as variáveis independentes (indicadores topológicos). Faz-se o levantamento das taxas de viagens a pé (com base em pesquisas de origem e destino, no caso de zonas de tráfego ou bairros, ou em levantamentos de campo, no caso de PGVs) e depois se calculam os indicadores topológicos (Tradicionais e Teoria dos grafos). Dessa maneira, analisam-se as relações entre os indicadores Tradicionais e da Teoria dos Grafos que expressam a configuração da rede de caminhos com as taxas de viagens a pé. Complementarmente, são incluídos na análise outros fatores intervenientes. Emitem-se, então, a apresentação dos resultados e recomendações. Conforme mostra a figura 5.1, algumas etapas foram definidas esquematicamente para o comprimento da proposta.

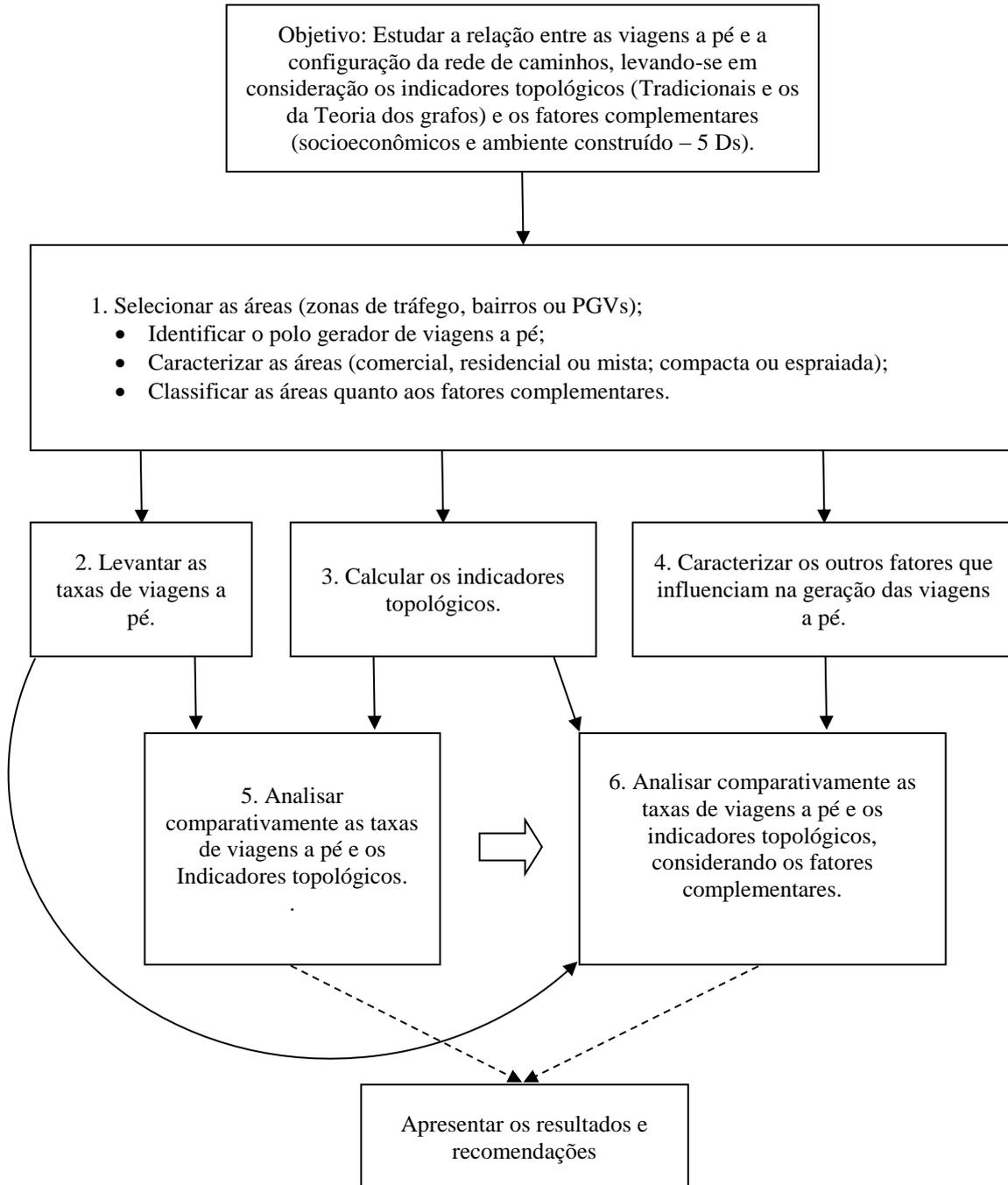


Figura 5.1: Estrutura metodológica.

Contudo, vale ressaltar que se pretende estudar a relação com a propensão à caminhada expressa pelas viagens realizadas a pé de forma gradativa, considerando:

1. Indicadores Topológicos derivados da Bibliografia, os Tradicionais (capítulos 2 e 3);
2. Indicadores Topológicos derivados da Teoria dos Grafos (capítulo 4);
3. Inclusão dos fatores socioeconômicos e dos fatores locais que refletem o ambiente construído e podem ser representados pelos 5Ds.

5.1 Escolher as áreas de estudo

De acordo com o objetivo desta pesquisa, pressupõe-se que as áreas a serem selecionadas se referem a unidades espaciais do território que possam ser percorridas a pé, cuja distância tipicamente varia de 400 a 1600 metros (Swenson e Dock, 2003; Scovino *et al.*, 2012; Front Seat, 2013). Estas unidades espaciais podem corresponder a um bairro ou zona de tráfego como também estarem associados à influência de um PGV, sendo geralmente indicados, pela sua natureza de produtora e atratora de viagens, os condomínios residenciais.

A fim de se estudar os possíveis efeitos dos fatores socioeconômicos e locais, que podem influenciar a importância da configuração da rede de caminhos na geração de viagens a pé, é importante que estes aspectos sejam contemplados nesta seleção. Portanto, para isolar a interferência dos fatores socioeconômicos se deve buscar que eles tenham uma similaridade, o que se aplica, por exemplo, no caso dos condomínios. Já os locais, deve-se classificar a área quanto à ocupação das atividades e uso do solo. O primeiro estuda as relações entre o comprimento e suas atividades, que podem apresentar áreas compactas ou espalhadas. O segundo se relaciona com o tipo predominante de atividade, que podem indicar áreas com características comerciais, residenciais, industriais ou mistas. Esta seleção possibilita uma ampla variação de condições que melhor reflitam a sua relação com a geração de viagens a pé.

5.2 Levantar as taxas de viagens a pé

Como já citado, no caso de zonas de tráfego e bairros, as viagens a pé podem ser obtidas nas pesquisas de origem e destino. Já no caso dos PGVs, para o estudo do levantamento

da taxa de viagem a pé, há duas possibilidades. Uma, compreender os deslocamentos a pé obtendo-se as taxas através de pesquisa primária, podendo-se utilizar o método do ITE (NITTRANS, 2011). Outra, obtendo-se os dados por meio de pesquisa secundária de algum órgão ou entidade de pesquisa, levando-se em conta a credibilidade dos mesmos. Estas taxas de viagens a pé serão definidas como variáveis dependentes. As variáveis independentes serão os indicadores topológicos.

5.3 Calcular os indicadores topológicos

Para calcular os indicadores topológicos, com base nos critérios anteriormente mencionados, as áreas pré-determinadas devem oferecer os dados necessários para o cálculo das equações. O desejável é que todos os nove indicadores apresentados na tabela 4.8 sejam contemplados. Entretanto, em função da disponibilidade de recursos e de dados, uma alternativa é adotar aqueles indicadores que possam ser obtidos com maior facilidade, como, por exemplo, os referenciados na tabela 5.1 e a seguir detalhados.

Tabela 5.1: Relação dos indicadores topológicos utilizados no procedimento proposto

Indicadores	Elementos da configuração da rede de caminhos		
	Nós	Ligações	Ciclos
Tradicional	Di		dq
Teoria de grafos		γ (equação 4.11). β (equação 4.13)	u (equação 4.12); α (equação 4.14).

Para a obtenção dos dados e a realização dos cálculos das equações da tabela 5.1, segue a descrição dos indicadores topológicos.

Densidade de interseções (di)

Avalia o número de interseções dentro de uma área. Neste caso, o número de ruas sem saída (nó do fim da rua) é subtraído na contagem.

$$di = v - rss \quad (5.1)$$

Onde:

di = densidade de interseções;
 v = número de nós;
 rss = ruas sem saídas;

Quanto maior o valor de di , mais conectada estará a rede de caminhos.

Densidade de quarteirões (dq)

Avalia o número de quarteirões dentro de uma área.

$$dq = q \quad (5.2)$$

Onde:

dq = densidade de quarteirões;
 q = número de quarteirões;

Quanto maior o valor de dq , maior o número de ciclos terá a rede de caminhos, consequentemente mais opções de trajeto.

Número de ciclos (u)

Avalia o número máximo de ciclos independentes em um grafo.

$$u = e - v + p \quad (5.3)$$

Onde:

u = número de ciclos;
 e = número de ligações;
 v = número de nós;
 p = subgrafos;

Exemplo de cálculo, conforme figura 5.5.

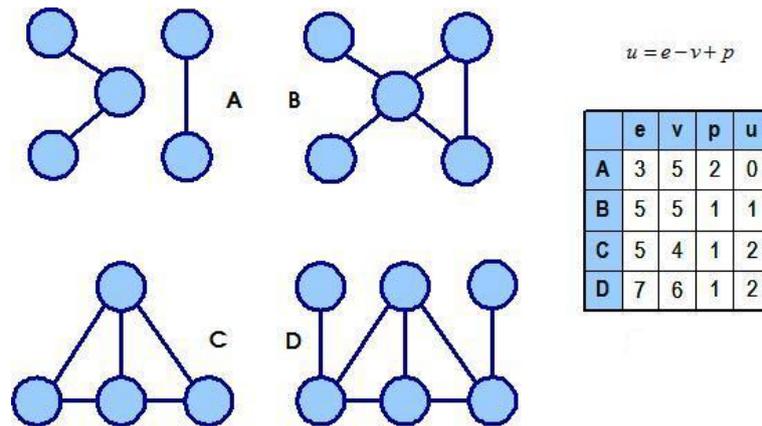


Figura 5.2: Cálculo do Ciclo, (Rodrigue et al., 2009).

Quanto maior o valor de u mais complexa a rede.

Índice Beta (β)

Avalia o nível de conectividade através da relação entre o número de ligações (e) sobre o número de nós (v).

$$\beta = \frac{e}{v} \tag{5.4}$$

Onde:

- β = índice Beta;
- e = número de ligações;
- v = número de nós;

Exemplo de cálculo, conforme figura 5.6.

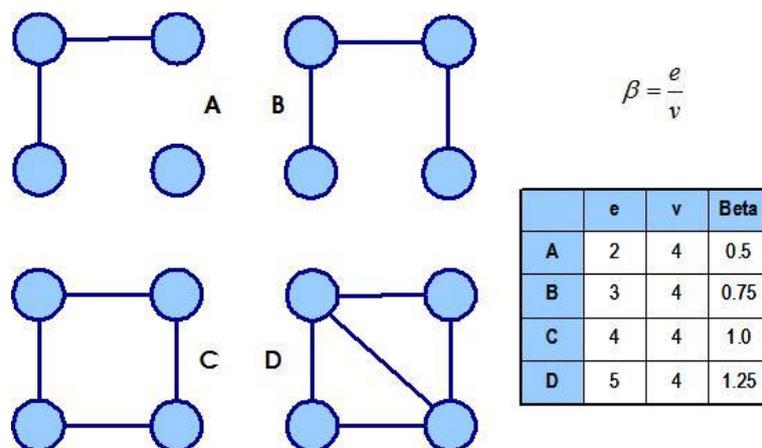


Figura 5.3: Cálculo de Beta, (Rodrigue et al., 2009).

O valor de Beta menor que 1 (um), grafo simples ou pouco conectado. Igual ou maior que 1 (um), bem conectado ou complexo.

Índice Alpha (α)

Avalia a conectividade através da relação entre o número de ciclos (u) com o número máximo de ciclos de um grafo.

$$\alpha = \frac{u}{2v - 5} \tag{5.5}$$

Onde:

- α = índice alpha;
- u = número de ciclos;
- v = número de nós;

Exemplo de cálculo, conforme figura 5.7.

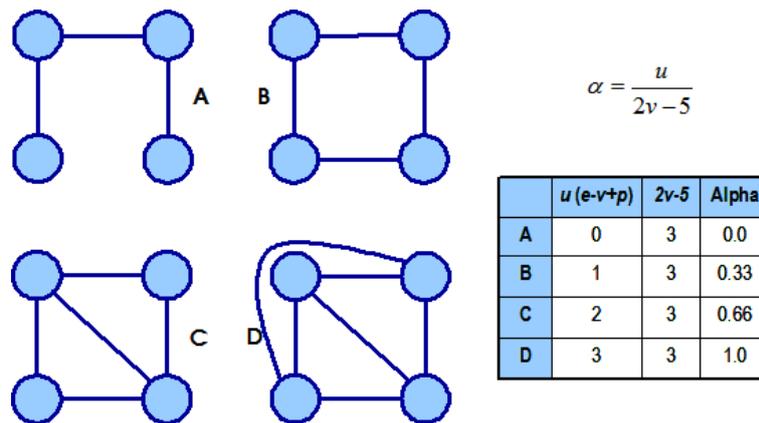


Figura 5.4: Cálculo de Alpha, (Rodrigue et al., 2009).

O valor igual a 0 (zero), provavelmente a rede é linear, árvore ou estrela, não tem ciclo. Quanto maior o índice, mais conectado está o grafo. O valor 1 (um) significa uma rede completamente conectada.

Índice Gamma (γ)

Avalia a conectividade através da relação entre o número de ligações (e) com o número de ligações possíveis do grafo.

$$\gamma = \frac{e}{3(v - 2)} \tag{5.6}$$

Onde:

γ = índice gamma;
 e = número de ligações;
 v = número de nós;

Exemplo de cálculo, conforme figura 5.8.

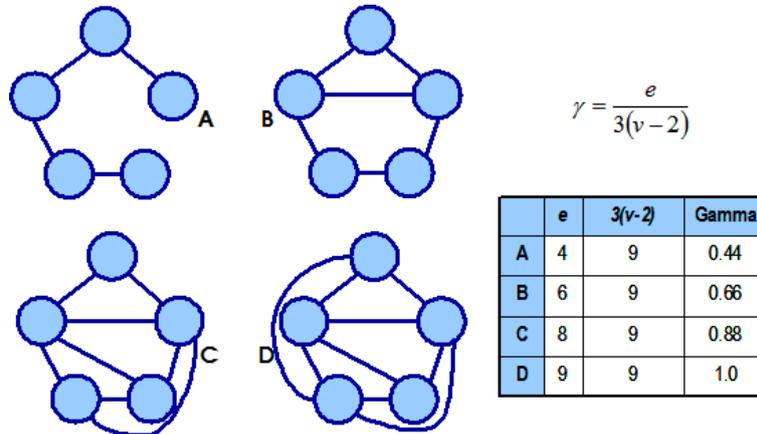


Figura 5.5: Cálculo de Gamma, (Rodrigue et al., 2009).

É um valor progressivo, entre 0 e 1. Quanto maior o índice mais conectado é o grafo.

5.4 Caracterização de outros fatores intervenientes nas viagens a pé

Após selecionar as unidades espaciais, levantar as taxas de viagens a pé e calcular os indicadores topológicos, devem ser considerados os fatores socioeconômicos e locais para uma melhor análise da influência dos indicadores.

Para se caracterizar os fatores socioeconômicos, uma técnica de fácil obtenção e que pode ser utilizada é a classificação por meio da classe social, que medirá o nível de renda. Pode ser encontrada no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, como mostra a tabela 5.2. Normalmente esta medida faz referência à região, bairro ou zonas de tráfego, não necessariamente por PGV (condomínio), apesar de poder ser estimado função dos padrões das suas instalações.

Tabela 5.2: Classificação da classe social de acordo com o salário mínimo

Classe	Salários mínimos (SM)	Renda familiar (R\$)
A	Acima 20 SM	R\$ 3.020 ou mais
B	10 a 20 SM	De R\$ 1.510 a R\$ 3.020
C	6 a 10 SM	De R\$ 906 a R\$ 1.510
D	3 a 6 SM	De R\$ 453 a R\$ 906
E	Até 3 SM	Até R\$ 453

Fonte: IBGE, censo 2000.

No entanto, esta média pode mascarar o nível de renda do condomínio, não refletindo a realidade local ou da área de estudo. Para tentar suprir esta necessidade, pode-se supor que quanto maior o número de quartos por unidade residencial, maior o poder aquisitivo do condomínio, classificando-os como menor, médio e maior, de acordo com a tabela 5.3.

Tabela 5.3: Classificação do poder aquisitivo pelo número de quartos

Número de Quartos	Poder Aquisitivo
1 a 2	Menor
2 a 3	Médio
Acima de 3	Maior

Já os fatores locacionais, que permitem analisar a interferência direta do espaço nas viagens a pé, observa-se a ocupação das atividades, que mede o quão próximos estão às atividades dentro de um espaço, podendo ser compactas (mais próximas) ou espalhadas (mais separadas) (Marcolini, 2012). Outra medida é o uso do solo, classificando-os como comercial, residencial, industrial ou misto, pressupondo-se que o uso misto do solo favorece as viagens a pé.

5.5 Analisar as relações entre os indicadores topológicos e as taxas de viagens a pé

Para estudar a influência da configuração da rede de caminhos na geração de viagens a pé, necessita-se estabelecer uma relação entre os indicadores topológicos e as taxas de geração de viagens a pé, mesmo reconhecendo que estas são também influenciadas por outros fatores (socioeconômicos e locacionais).

Esta análise visa, num primeiro momento, estabelecer os indicadores topológicos capazes de explicar a influência de configuração da rede de caminhos com as viagens a

pé, que serão representadas pelas taxas de viagens a pé. Num segundo momento, busca-se conhecer dentre os indicadores, qual ou quais, que apresentaram maior aderência em explicar tal influência. Para esta análise, estabeleceram-se relações econométricas entre os indicadores topológicos e as taxas de viagens a pé, por meio de correlação e regressão linear.

A correlação linear mede o grau de associação entre a variável dependente Y e a explicativa X (Matos, 1995). As correlações quantificam a força da relação e podem variar entre 1 e -1, quanto mais próximas a 1 ou -1 mais forte a correlação.

A regressão linear permite explicar a forma da relação, mostrando o efeito de X sobre Y (Matos, 1995), utilizando-se do método dos mínimos quadrados para gerar o coeficiente de determinação “R-quadrado”, que é uma porcentagem e sua variação está entre 0 a 100%. E, através do método, verifica-se o percentual das variáveis (independentes) capazes de explicar a relação entre as taxas de viagem a pé. Pode-se assim identificar os indicadores topológicos com maior capacidade de explicar as taxas de viagens a pé, gerando-se gráficos de dispersão. Para tal é recomendável utilizar um software estatístico, no qual se permite uma observação e análise dos indicadores de forma quantitativa.

5.6 Analisar comparativamente considerando outros fatores

No estudo das taxas com os fatores complementares, que podem ser divididos em socioeconômicos (Classe social e Poder aquisitivo) e locacionais (ocupação das atividades e o uso do solo).

Os dois fatores socioeconômicos buscam representar a renda, o primeiro mais geral (região) e o segundo mais local e relacionado ao PGV (condomínio). Será analisado o comportamento dos indicadores topológicos (tradicionais e teoria dos grafos) com as taxas de viagem a pé, encontrada na região ou em cada PGV, como condomínio. Observe a tabela 5.4.

Tabela 5.4: Modelo das relações econométricas entre fatores complementares, indicadores e taxas de viagem a pé

Regiões / Condomínios	Fatores complementares				Taxa de Viagem	Indicadores topológicos											
	Socioeconômicos		Locacionais			Tradicional			Teoria dos grafos								
	Classe social	Poder aquisitivo	Ocupação das Atividades	Uso do Solo		(di)	(dr)	(dq)	(A _i)	(P _{vb})	(ND)	(II)	(η)	(u)	(β)	(α)	(γ)
1	A	Menor	Compacto	Comercial													
2	B	Médio	Espraiado	Residencial													
3	C	Maior		Misto													
4	D																
5	E																

Classifique as taxas conforme tabela 5.4 e aplique as técnicas descritas na seção 5.5.

5.7 Apresentar os resultados e recomendações

Apresentar os indicadores que tiveram uma maior aderência com as viagens a pé, através da correlação, podendo confirmar a influência da configuração da rede de caminhos na geração de viagens a pé. Depois, se a inclusão de outros fatores, que transcendem o desenho urbano, podem contribuir para se entender melhor a geração de viagens e aqueles que se destacaram (ou não) no processo. Por fim, através do “R-quadrado” e da análise do gráfico de dispersão (visão qualitativa), quais indicadores podem sugerir a sua maior capacidade preditora para expressar a influência da configuração da rede de caminhos na geração de viagens a pé.

5.8 Considerações Finais

Portanto, este procedimento tem o objetivo de facilitar aos planejadores urbanos e de transportes a análise da influência da configuração da rede de caminhos nas viagens a pé, levando-se em consideração não só a área ou zona de tráfego bem como os fatores complementares socioeconômicos e locacionais.

Este procedimento será aplicado e avaliado mediante os dados de geração de viagens a pé levantados pelo NITTRANS – Niterói, Transportes e Trânsito e contemplando condomínios que servirão de referência no estudo da sua relação com os indicadores topológicos, levando em conta os selecionados na seção 5.3, que se propõem a medir a influência da configuração da rede de caminhos com a caminhada.

Capítulo 6

ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

Com base na metodologia apresentada no capítulo 5, seguem os passos para a delimitação da área de estudo, o levantamento das taxas de viagens a pé, os cálculos dos indicadores topológicos, sua análise e comparação dos resultados.

6.1 Escolha das áreas de estudo e levantamento das taxas de viagens a pé

A escolha das unidades espaciais foi direcionada aos PGVs, em especial os condomínios residenciais (ver seção 5.1). Esta opção foi escolhida pelo fato dos dados estarem disponíveis junto a Prefeitura de Niterói, encontrados no site da NITTRANS - Niterói, Transporte e Trânsito (NITTRANS, 2011).

Foram estudados 30 (trinta) condomínios, que estão dispostos em quatro regiões de tráfego como: Icaraí (12), Santa Rosa (6), Centro (6) e Oceânica (6). Todos os condomínios apresentam uso estritamente residencial, com renda média equivalente para que este atributo não distorça o estudo, conforme tabela 6.1.

Tabela 6.1: Zonas de Tráfego

Zona de Tráfego	População	Unidades residenciais	Área (ha)	Renda (R\$)
Icaraí	90.580	31.979	330	3.112,00
Santa Rosa	39.182	12.915	314	2.002,00
Centro	32.536	11.647	480	1.427,00
Oceânica	55.155	15.985	5.384	2.053,00

Fonte: NITTRANS (2011)

As zonas Icaraí, Santa Rosa e Centro são mais compactas, enquanto a Região Oceânica é mais espraiada. O uso do solo misto foi encontrado nas zonas de Icaraí e Santa Rosa, enquanto que no Centro o uso do solo é comercial e na Região Oceânica é residencial, mais detalhes ver anexo D.

As taxas de viagens a pé, consideradas diárias, foram obtidas no período das 06 às 20h, no qual se considerou os picos da manhã e da tarde. Vale ressaltar que estas taxas de viagens consideraram as viagens a pé e ao transporte público.

Para delimitar as áreas de estudo, utilizou-se o Google Maps (<http://maps.google.com.br/>). Cada área de estudo é representada por um único condomínio. Este é reconhecido através do seu endereço. Marcou-se no mapa o condomínio desejado e uma área com raio referente a 400 metros, para demarcar sua área de influência, considerando o intervalo sugerido na revisão (ver seção 5.1) bem como buscar um tamanho de rede de caminhos que refletisse um certo padrão de configurasse, que se torna mais difícil na medida em que aumenta.

6.2 Cálculo dos indicadores topológicos

De acordo com os indicadores propostos nas seções 4.3 e 5.3, foram utilizados os indicadores topológicos: Tradicionais (di – equação 5.1, dq – equação 5.2) e Teoria dos grafos (u – equação 5.3, β – equação 5.4, α – equação 5.5 e γ – equação 5.6). Após referenciar os condomínios, marcam-se todos os nós dentro deste círculo. Procedeu-se da mesma forma para fazer as ligações. Este procedimento é necessário para obter os números de nós e ligações. Estes são utilizados nas fórmulas de cada indicador (Tradicional e Teoria dos grafos), que se caracterizaram por se basear nestes dois parâmetros.

No anexo A, encontram-se todos os condomínios e suas marcações. No anexo B, encontra-se a tabela com as taxas de viagens a pé (variável dependente) e os cálculos dos indicadores topológicos (variáveis independentes) de cada condomínio: Densidade de interseções (di), Densidade de quarteirões (dq), Ciclo (u), Beta (β), Alpha (α) e Gamma (γ). A análise será feita por três perspectivas. A primeira observa-se o comportamento exclusivamente dos indicadores topológicos. A segunda considera e inclui os fatores socioeconômicos e por último os fatores locais. No Anexo C os gráficos das regressões lineares e no Anexo D a descrição e localização dos condomínios.

6.3 Análise das relações entre as taxas de viagens a pé e os indicadores topológicos

Analisam-se as taxas de viagens a pé de todas as zonas de tráfego. Levam-se em conta somente as taxas de viagens a pé e os indicadores topológicos, não considera os efeitos dos fatores complementares socioeconômicos e locacionais.

Análise geral dos dados

Neste passo, os 30 condomínios foram classificados pela média das taxas de viagens diárias a pé por zonas de tráfego (Icaraí – 9,63; Santa Rosa – 5,17; Centro – 5,07 e Oceânica – 3,43), na ordem decrescente e subclassificados pelas taxas de viagens a pé na ordem crescente, com seus respectivos condomínios e indicadores Topológicos. Estabeleceram-se, então, as relações econométricas (correlação e regressão linear) entre cada indicador Topológico (Tradicional e Teoria dos grafos) e as taxas de viagens a pé.

Tabela 6.2: Condomínios das Zonas de tráfego da cidade de Niterói

Região	Condomínio	Taxa de viagens a pé						
			(<i>di</i>)	(<i>dq</i>)	(<i>u</i>)	(β)	(α)	(γ)
Icaraí	Jardim Icaraí	5,23	60	26	175	1,35	1,21	0,46
Icaraí	Ed. Courchevel	5,95	54	23	143	1,32	1,20	0,46
Icaraí	Saint Paul	7,13	59	30	149	1,34	1,21	0,46
Icaraí	Summer Time	7,25	30	11	82	1,24	1,19	0,44
Icaraí	Park Avenue	7,78	61	32	176	1,42	1,25	0,49
Icaraí	Villa D'Este	9,94	77	39	221	1,41	1,23	0,48
Icaraí	Ed. Itaparica	10,42	50	29	150	1,44	1,26	0,49
Icaraí	Jd. Das Tulipas e das Acácias	11,37	37	18	104	1,39	1,25	0,48
Icaraí	Ed. Bonneville	11,76	44	24	134	1,41	1,25	0,49
Icaraí	Bernini	12,16	64	37	177	1,51	1,29	0,52
Icaraí	Sutton Place	13,03	61	36	177	1,47	1,27	0,50
Icaraí	Chácara do Abaeté	13,53	37	20	106	1,43	1,28	0,50
Santa Rosa	Vivenda Santa Rosa	2,73	18	3	49	1,08	1,14	0,39
Santa Rosa	Córsega	4,95	51	22	160	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Vila Albani	5,09	55	20	156	1,28	1,17	0,44
Santa Rosa	Portobello	5,19	51	22	158	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Ciudad de Vigo	5,23	46	16	134	1,25	1,17	0,43
Santa Rosa	Castel Gandolfo	7,82	80	35	219	1,27	1,16	0,43
Centro	Marques de Olinda	3,82	48	24	137	1,42	1,26	0,49
Centro	Solar da Tamarineira	4,07	32	13	95	1,29	1,20	0,45
Centro	Residencial Center	4,68	54	23	149	1,34	1,21	0,46
Centro	Porto Central	4,80	56	34	148	1,57	1,33	0,54
Centro	Mirante do Rio	6,09	42	21	121	1,39	1,25	0,48
Centro	Municipal	6,95	27	13	67	1,43	1,31	0,51
Oceânica	Ubá II	1,93	38	18	100	1,40	1,27	0,49
Oceânica	Grotão	2,48	45	11	128	1,22	1,15	0,42
Oceânica	Green Park	2,78	52	14	136	1,25	1,16	0,43
Oceânica	Ubá Itacoatiara	3,18	22	4	62	1,10	1,13	0,39
Oceânica	Aldeia	4,41	58	20	162	1,30	1,18	0,44
Oceânica	Ubá I	5,78	25	8	59	1,31	1,26	0,47

Relembrando: o indicador Densidade de interseções (*di*) tratará do número de interseções dentro de uma área, descontado os nós provenientes do número de ruas sem saída. O indicador Densidade de quarteirões (*dq*) considerará o número de quarteirões. O indicador Ciclo (*u*) tratará do número máximo de ciclos independentes da rede. O indicador Beta (β) tratará do nível de conectividade através da relação entre o número de ligações (*e*) e o número de nós (*v*). O indicador Alpha (α) tratará da conectividade através da relação entre o número de ciclos (*u*) e o número máximo de ciclos da rede. E o indicador Gamma (γ) tratará da conectividade através da relação entre o número de ligações (*e*) e o número de ligações possíveis da rede.

Utilizou-se o software, como uma planilha eletrônica, para fazer a correlação (tabela 6.3), regressão linear (tabela 6.4) e o gráfico de dispersão (figura 6.1). A correlação mede o grau de associação entre a variável dependente Y (taxa de viagens a pé) e a variável explicativa X (indicador topológico). Enquanto a regressão linear mostra o efeito de X (indicador topológico) sobre Y (taxas de viagens a pé) (Matos, 1995).

Tabela 6.3: Correlação taxa de viagens a pé com indicadores topológicos

Taxa de viagens a pé		(<i>di</i>)	(<i>dq</i>)	(<i>u</i>)	(β)	(α)	(γ)
Correlação	Geral	0,27	0,54	0,30	0,57	0,52	0,55

Considerando-se uma escala métrica entre -1 e 1, o indicador Densidade de interseções (*di*) em conjunto com o Ciclo (*u*) apresentaram uma correlação fraca. Os indicadores: Densidade de quarteirões (*dq*), Beta (β), Alpha (α) e Gamma (γ) tiveram valores de correlação moderados. Ressalta-se que o indicador Densidade de interseções (*di*), apesar de ser o mais citado na literatura, como mostram os capítulos 2 e 3, foi o que obteve o pior desempenho quanto à correlação. Vale ressaltar que três indicadores da teoria dos grafos e um tradicional (*dq*), mesmo que de forma moderada, se destacaram em relação aos demais. Ressalta-se que o (*dq*), aqui classificado como Tradicional pelo seu uso frequente nos estudos revisados, também é um indicador observado na Teoria dos Grafos.

Para a regressão linear, no anexo C, encontram-se todos os gráficos com seus respectivos R-quadrado.

Tabela 6.4: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos

Taxa de viagens a pé		(<i>di</i>)	(<i>dq</i>)	(<i>u</i>)	(β)	(α)	(γ)
R-quadrado	Geral	0,07	0,29	0,09	0,32	0,27	0,30

Mesmo respondendo em média 30% das taxas de viagens a pé, os indicadores da Teoria de grafos Beta (β), Alpha (α) e Gamma (γ), junto com o indicador Tradicional Densidade de quarteirões (*dq*), foram os que se saíram melhor para explicar a influência da rede de caminho nas viagens a pé. Por outro lado, os indicadores Densidade de

interseções (*di*) e Número máximo de Ciclos (*u*) responderam em média a 7-9% das taxas.

Em destaque na figura 6.1, separaram-se 3 condomínios, que fugiram dos padrões, para analisar a importância de outros fatores complementares na influência da caminhada.

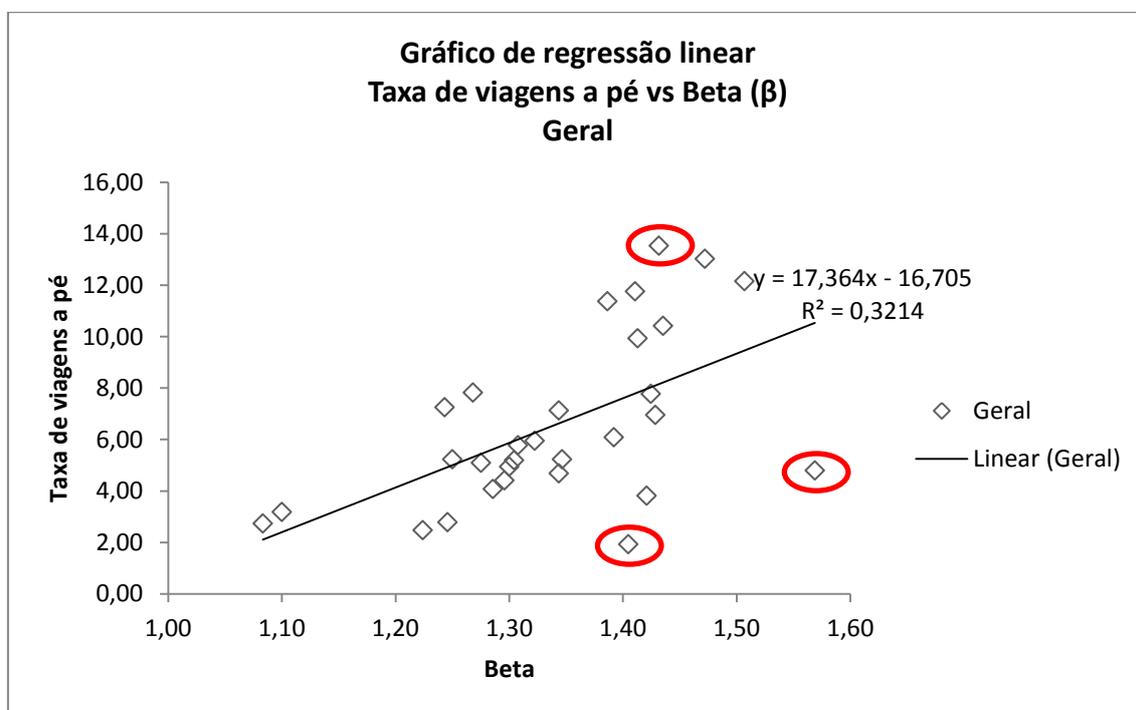


Figura 6.1: Gráfico de regressão linear, geral, indicador Beta (β)

Os condomínios Ubá II (Oceânica), Chácara do Abaeté (Icaraí) e Porto Central (Centro) apresentaram alta conectividade 1,40; 1,43 e 1,57, porém eles se afastaram da tendência observada. Quanto ao condomínio Ubá II, a configuração da rede de caminhos não é um reticulado tradicional (ver anexo A, p. 121) e sua taxa de viagens a pé é de 1,93 e uso do solo é predominantemente residencial. O condomínio Chácara do Abaeté obteve uma taxa de 13,53, uma configuração tradicional reticulado (ver anexo A, p. 108) e o uso misto do solo, apresentou 7 ruas sem saída. Já o condomínio Porto Central, obteve uma taxa de viagem a pé de 4,8, configuração reticulada (ver anexo A, p. 112), porém uso do solo predominantemente comercial.

Observou-se que em uma configuração reticulada e uso misto do solo, taxa de viagens a pé foi de 13,53, com a mesma configuração, porém com o uso do solo comercial a taxa

caiu para 4,8. Já em um ambiente espraiado e uso do solo residencial a taxa foi para 1,93, uma diferença de 11,60 viagens diárias e 8 vezes menor que o primeira. Esses 3 casos apontam que os fatores locais foram mais determinantes que a conectividade da rede de caminhos na geração de viagens a pé.

Em síntese, levando-se em consideração a média das taxa de viagens a pé, ver tabela 6.5, a região de Icarai obteve uma taxa de 9,63, seguida de Santa Rosa (5,17), Centro (5,07) e Oceânica (3,43).

Embora Icarai pertença à classe social A, não se esperava que a região com maior classe social fosse a que apresentasse a maior taxa de viagens a pé. Um dos motivos pode ser que esta região de maior classe social, Icarai, também é a que apresenta fatores locais mais próximos ao defendidos pelo TOD - Transit Oriented Development, o que sugere o peso do ambiente construído em relação aos aspectos socioeconômicos..

A região Oceânica, que apresentou a menor taxa de viagens a pé (3,43), caracterizou-se por uma ocupação espraiada e uso do solo residencial, o que se permite inferir que foram os influenciadores da menor propensão à caminhada.

Tabela 6.5: Média da taxa de viagens a pé por região

Região	Média da Taxa de viagens a pé	Classe	Ocupação das atividades	Uso do solo
Icarai	9,63	A	Compacto	Misto
Santa Rosa	5,17	B	Compacto	Misto
Centro	5,07	C	Compacto	Comercial
Oceânica	3,43	B	Espraiado	Residencial

Neste cenário, uma análise incluindo os fatores complementares socioeconômicos e locais, podem explicar melhor estas relações.

6.4 Caracterização de outros fatores complementares

Analisa-se neste contexto, a relação entre os indicadores topológicos e as taxas de viagens a pé com os fatores complementares socioeconômicos e locais.

O primeiro busca analisar a influência do nível de renda em conjunto com os indicadores topológicos na propensão das viagens a pé. Serão subdivididos em classe

social e poder aquisitivo. Este utiliza o número de quartos por condomínios para analisar o nível de renda, apresenta uma visão local. Aquele analisa o nível de renda da zona de tráfego ou região, apresenta uma visão regional.

O segundo analisará a influência das atividades, que será dividida em ocupação das atividades e uso do solo. Este se preocupará com o tipo das atividades (comercial, residencial, industrial ou mista). Aquele se atentará com a proximidade das atividades (compacto e espraiado).

6.5 Análise dos indicadores topológicos em relação aos fatores socioeconômicos

Neste momento, se analisará os indicadores topológicos quanta à classe social, que tem o foco na renda familiar por região, apresentando uma visão geral. Depois uma análise quanto ao poder aquisitivo, que relaciona o número de quartos por condomínios, exibindo uma visão local.

Análise quanto à classe social

Classificam-se as zonas de tráfego de acordo com a classe social, estas áreas de estudo podem abrigar um a vários condomínios. As classes sociais foram classificadas segundo o padrão do IBGE, conforme tabela 5.2 da seção 5.4.

Os condomínios apresentados na tabela 6.6 estão organizados em ordem crescente quanto à classe social, no qual expressam suas rendas e subclassificados pelas taxas de viagens a pé na ordem crescente.

Tabela 6.6: Classificação quanto à classe social, fator socioeconômico

Região	Classe social	Condomínio	Taxa de viagens						
			a pé	(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
Icaraí	A	Jardim Icaraí	5,23	60	26	175	1,35	1,21	0,46
Icaraí	A	Ed. Courchevel	5,95	54	23	143	1,32	1,20	0,46
Icaraí	A	Saint Paul	7,13	59	30	149	1,34	1,21	0,46
Icaraí	A	Summer Time	7,25	30	11	82	1,24	1,19	0,44
Icaraí	A	Park Avenue	7,78	61	32	176	1,42	1,25	0,49
Icaraí	A	Villa D'Este	9,94	77	39	221	1,41	1,23	0,48
Icaraí	A	Ed. Itaparica	10,42	50	29	150	1,44	1,26	0,49
Icaraí	A	Jd. Das Tulipas e das Acácias	11,37	37	18	104	1,39	1,25	0,48
Icaraí	A	Ed. Bonneville	11,76	44	24	134	1,41	1,25	0,49
Icaraí	A	Bernini	12,16	64	37	177	1,51	1,29	0,52
Icaraí	A	Sutton Place	13,03	61	36	177	1,47	1,27	0,50
Icaraí	A	Chácara do Abaeté	13,53	37	20	106	1,43	1,28	0,50
Santa Rosa	B	Vivenda Santa Rosa	2,73	18	3	49	1,08	1,14	0,39
Santa Rosa	B	Córsega	4,95	51	22	160	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	B	Vila Albani	5,09	55	20	156	1,28	1,17	0,44
Santa Rosa	B	Portobello	5,19	51	22	158	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	B	Ciudad de Vigo	5,23	46	16	134	1,25	1,17	0,43
Santa Rosa	B	Castel Gandolfo	7,82	80	35	219	1,27	1,16	0,43
Oceânica	B	Ubá II	1,93	38	18	100	1,40	1,27	0,49
Oceânica	B	Grotão	2,48	45	11	128	1,22	1,15	0,42
Oceânica	B	Green Park	2,78	52	14	136	1,25	1,16	0,43
Oceânica	B	Ubá Itacoatiara	3,18	22	4	62	1,10	1,13	0,39
Oceânica	B	Aldeia	4,41	58	20	162	1,30	1,18	0,44
Oceânica	B	Ubá I	5,78	25	8	59	1,31	1,26	0,47
Centro	C	Marques de Olinda	3,82	48	24	137	1,42	1,26	0,49
Centro	C	Solar da Tamarineira	4,07	32	13	95	1,29	1,20	0,45
Centro	C	Residencial Center	4,68	54	23	149	1,34	1,21	0,46
Centro	C	Porto Central	4,80	56	34	148	1,57	1,33	0,54
Centro	C	Mirante do Rio	6,09	42	21	121	1,39	1,25	0,48
Centro	C	Municipal	6,95	27	13	67	1,43	1,31	0,51

Segue a correlação (tabela 6.7) e a regressão linear (tabela 6.8).

Tabela 6.7: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a classe social

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
Correlação	Classe A	-0,14	0,20	-0,06	0,74	0,88	0,83
	Classe B	0,57	0,65	0,57	0,22	0,03	0,13
	Classe C	-0,48	-0,32	-0,57	0,19	0,46	0,35

Observa-se que, pela ótica da renda por região em que se localiza os condomínios, as correlações foram negativas entre os indicadores (di) e (u) na classe A, isto também ocorreu na classe C, acrescido do indicador (dq) . O que leva a entender que quanto menor a taxa de viagem a pé, maior o índice. Que é o oposto da hipótese, pois, quanto maior a taxa, espera-se um aumento no índice.

Neste contexto, os indicadores (β) , (α) e (γ) apontaram uma forte correlação com a classe A, o que não era esperado. Entretanto, verifica-se que todos os condomínios de classe A se localizam em Icaraí, cujas taxas são de moderadas a altas, variando de 5,23 a 13,53 viagens a pé por unidade residencial, o que pode justificar tal resultado. Porém, para as outras classes os indicadores (β) , (α) e (γ) foram inexpressivos, mas os indicadores (di) , (dq) e (u) foram moderados no que se referem a classe B.

Para regressão linear, buscam-se apresentar o quanto os indicadores topológicos podem explicar as taxas de viagens a pé, conforme tabela 6.8.

Tabela 6.8: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a classe social

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
	Classe A	0,02	0,04	0,00	0,55	0,78	0,68
R-quadrado	Classe B	0,33	0,42	0,33	0,05	0,00	0,02
	Classe C	0,23	0,10	0,33	0,04	0,21	0,12

O índice (α) explicou 78% das taxas de viagens a pé para os condomínios localizados em bairros de Classe A, todos situados em Icaraí, e representando 40% da amostra. Já o indicador Tradicional (dq) explicou 42% das taxas de viagens a pé para os condomínios localizados em bairros de Classe B.

Em uma tentativa de analisar o nível de renda local, avaliou-se o número de quartos por condomínio. Considera-se que quanto maior o poder aquisitivo de cada condomínio maior o número de quartos.

Análise quanto ao poder aquisitivo

A classe social não deixa de ser uma medida que expressa o poder aquisitivo, porém os dados fornecidos pelo NITTRANS (2011) são correspondentes às zonas de tráfego, na qual os condomínios se encontram. Neste caso, buscou-se avaliar o nível de renda de cada condomínio. Com os dados existentes na descrição dos condomínios (ver anexo D), a variável que permitiu tal análise foi o número de quartos, mesmo reconhecendo-se que diversos fatores influenciam nesse processo. Assim, pressupõe-se que condomínios, cujas unidades residenciais têm um número maior de quartos, possivelmente terão um maior poder aquisitivo.

Através da tabela 5.3 seção 5.4, buscou-se classificar os condomínios pelo seu poder aquisitivo em menor, médio e maior, de acordo com o número de quartos por unidade residencial, como mostra a tabela 6.9.

Tabela 6.9: Classificação quanto ao poder aquisitivo, fator socioeconômico

Região	Poder aquisitivo	Condomínio	Taxa de viagens a pé						
			(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)	
Centro	Menor	Marques de Olinda	3,82	48	24	137	1,42	1,26	0,49
Centro	Menor	Residencial Center	4,68	54	23	149	1,34	1,21	0,46
Icaraí	Menor	Jardim Icaraí	5,23	60	26	175	1,35	1,21	0,46
Centro	Menor	Municipal	6,95	27	13	67	1,43	1,31	0,51
Santa Rosa	Menor	Ciudad de Vigo	5,23	46	16	134	1,25	1,17	0,43
Centro	Médio	Mirante do Rio	6,09	42	21	121	1,39	1,25	0,48
Icaraí	Médio	Ed. Courchevel	5,95	54	23	143	1,32	1,20	0,46
Icaraí	Médio	Park Avenue	7,78	61	32	176	1,42	1,25	0,49
Icaraí	Médio	Saint Paul	7,13	59	30	149	1,34	1,21	0,46
Santa Rosa	Médio	Vivenda Santa Rosa	2,73	18	3	49	1,08	1,14	0,39
Santa Rosa	Médio	Castel Gandolfo	7,82	80	35	219	1,27	1,16	0,43
Santa Rosa	Médio	Portobello	5,19	51	22	158	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Médio	Vila Albani	5,09	55	20	156	1,28	1,17	0,44
Centro	Médio	Porto Central	4,80	56	34	148	1,57	1,33	0,54
Icaraí	Médio	Ed. Itaparica	10,42	50	29	150	1,44	1,26	0,49
Icaraí	Médio	Summer Time	7,25	30	11	82	1,24	1,19	0,44
Icaraí	Médio	Villa D'Este	9,94	77	39	221	1,41	1,23	0,48
Icaraí	Médio	Ed. Bonneville	11,76	44	24	134	1,41	1,25	0,49
Santa Rosa	Médio	Córsega	4,95	51	22	160	1,30	1,19	0,45
Centro	Maior	Solar da Tamarineira	4,07	32	13	95	1,29	1,20	0,45
Oceânica	Maior	Ubá II	1,93	38	18	100	1,40	1,27	0,49
Oceânica	Maior	Grotão	2,48	45	11	128	1,22	1,15	0,42
Oceânica	Maior	Green Park	2,78	52	14	136	1,25	1,16	0,43
Oceânica	Maior	Ubá Itacoatiara	3,18	22	4	62	1,10	1,13	0,39
Oceânica	Maior	Aldeia	4,41	58	20	162	1,30	1,18	0,44
Oceânica	Maior	Ubá I	5,78	25	8	59	1,31	1,26	0,47
Icaraí	Maior	Jd. Das Tulipas e das Acácias	11,37	37	20	104	1,39	1,25	0,48
Icaraí	Maior	Bernini	12,16	64	37	177	1,51	1,29	0,52
Icaraí	Maior	Sutton Place	13,03	61	36	177	1,47	1,27	0,50
Icaraí	Maior	Chácara do Abaeté	13,53	37	18	106	1,43	1,28	0,50

As médias das taxas de viagens a pé quanto ao poder aquisitivo são: Menor (5,18), Médio (6,92) e Maior (6,79). As médias do poder aquisitivo Médio e Maior são relativamente próximas, talvez pelo fato de Icaraí (9,63) que possui uma média alta na análise geral, ver tabela 6.5, agregou-se com a região Oceânica (3,43) que tem a menor média da taxa de viagens a pé.

Segue a correlação (tabela 6.10) e a regressão linear (tabela 6.11).

Tabela 6.10: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao poder aquisitivo

Taxa de viagens a pé		(<i>di</i>)	(<i>dq</i>)	(<i>u</i>)	(β)	(α)	(γ)
Correlação	Menor	-0,70	-0,75	-0,70	0,12	0,45	0,34
	Médio	0,38	0,52	0,42	0,46	0,37	0,42
	Maior	0,33	0,70	0,38	0,76	0,73	0,75

Os resultados indicam que a configuração da rede de caminhos tende a influenciar a geração de viagens a pé nos condomínios com maior poder aquisitivo. Dos 11 condomínios classificados com o maior poder aquisitivo, 6 são da região Oceânica, cuja ocupação espreada tende a inibir a prática da caminhada. Os outros 5 condomínios se localizam em áreas mais compactas e uso do solo preponderantemente misto, o que não ocorre na região Oceânica que tem seu uso do solo predominantemente residencial.

Nesta perspectiva, apesar dos indicadores (*di*), (*dq*) e (*u*) terem uma forte correlação, é porém negativa, com os condomínios de menor renda, como mostra o gráfico 6.2.

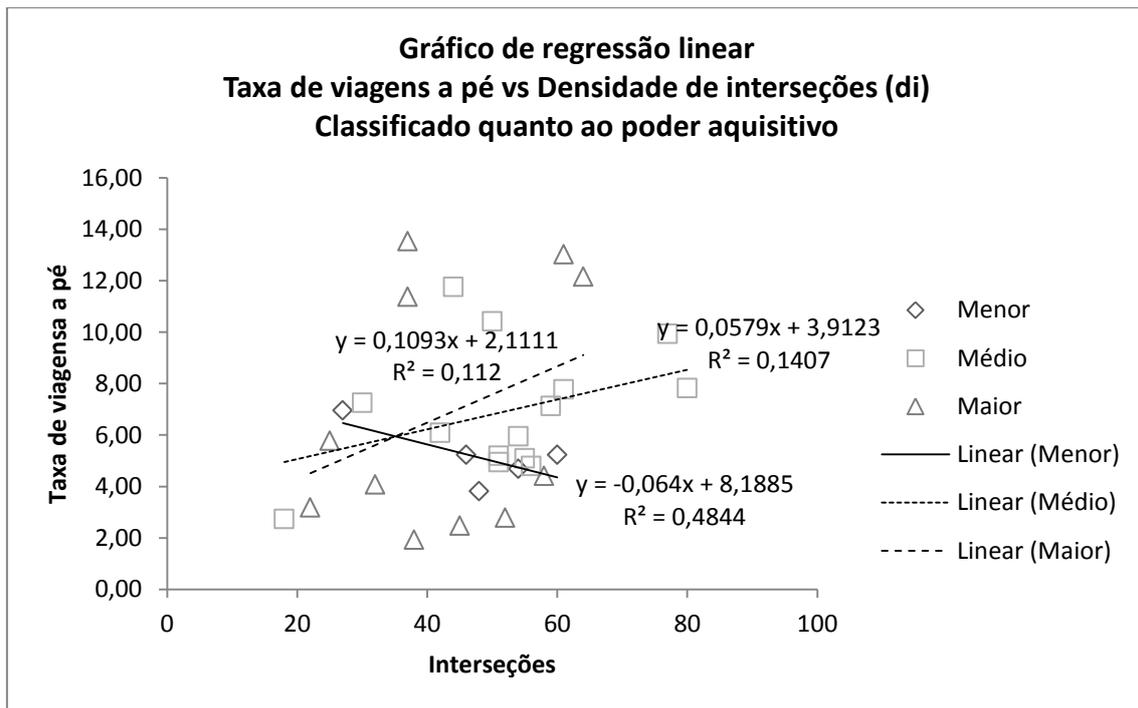


Figura 6.2: Gráfico de regressão linear, poder aquisitivo, indicador Densidade de interseções (*di*)

Os indicadores (β) , (α) e (γ) , teoria de grafos, e (dq) , tradicional, tiveram uma correlação superior a 0,70, que é relativamente alta em estudos deste tipo. Esta correlação indica que a opção pela caminhada é mais utilizada pelos condomínios com maior renda, contrariando a hipótese de que pessoas de menor renda deslocam-se mais a pé. Isto se deve ao fato de que quatro condomínios (Jd. Das Tulipas e das Acácias - 11,37; Bernini - 12,16; Sutton Place - 13,03; Chácara do Abaeté - 13,53) em um total de 11 condomínios, tiveram altas taxa de viagens a pé, por se localizarem em Icaraí, como já citado, bairro compacto, de solo diversificado, com disponibilidade de transporte público e próximo do centro da cidade.

Para regressão linear, buscam-se apresentar o quanto os indicadores topológicos podem explicar as taxas de viagens a pé, conforme tabela 6.11.

Tabela 6.11: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao poder aquisitivo

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
R-quadrado	Menor	0,48	0,56	0,49	0,01	0,20	0,12
	Médio	0,14	0,27	0,18	0,21	0,14	0,18
	Maior	0,11	0,49	0,14	0,57	0,53	0,57

Os indicadores topológicos provenientes da teoria de grafos explicaram aproximadamente 60% das taxas de viagens a pé no caso dos condomínios de poder aquisitivo, que representam 37% da amostra. Já os indicadores Tradicionais explicaram em cerca de 50% as viagens a pé para os condomínios de menor poder aquisitivo (17% da amostra).

6.6 Análise dos indicadores topológicos em relação aos fatores locais

Na análise dos indicadores topológicos em relação aos fatores locais se analisará quanto à ocupação das atividades, que tem o foco na proximidade das mesmas (compacta ou espalhada). E uma análise quanto ao uso do solo, que relaciona o tipo de atividade (comercial, residencial, industrial ou mista).

Análise quanto à ocupação das atividades

Considera-se que quanto mais compacto, maior a influência nas viagens a pé. Utilizou-se a seguinte classificação: compacto e espraiado. Denso significa a proximidade das atividades e espraiado as atividades dispersas (Marcolini, 2012). Apresentam-se os valores organizados quanto a ocupação das atividades e subclassificados em ordem crescente as taxas de viagens a pé, conforme tabela 6.12.

Tabela 6.12: Classificação quanto a ocupação das atividades

Região	Ocupação das Atividades		Taxa de viagens a pé	(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
		Condomínio							
Santa Rosa	Compacto	Vivenda Santa Rosa	2,73	18	3	49	1,08	1,14	0,39
Centro	Compacto	Marques de Olinda	3,82	48	24	137	1,42	1,26	0,49
Centro	Compacto	Solar da Tamarineira	4,07	32	13	95	1,29	1,20	0,45
Centro	Compacto	Residencial Center	4,68	54	23	149	1,34	1,21	0,46
Centro	Compacto	Porto Central	4,80	56	34	148	1,57	1,33	0,54
Santa Rosa	Compacto	Córsega	4,95	51	22	160	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Compacto	Vila Albani	5,09	55	20	156	1,28	1,17	0,44
Santa Rosa	Compacto	Portobello	5,19	51	22	158	1,30	1,19	0,45
Icaraí	Compacto	Jardim Icaraí	5,23	60	26	175	1,35	1,21	0,46
Santa Rosa	Compacto	Ciudad de Vigo	5,23	46	16	134	1,25	1,17	0,43
Icaraí	Compacto	Ed. Courchevel	5,95	54	23	143	1,32	1,20	0,46
Centro	Compacto	Mirante do Rio	6,09	42	21	121	1,39	1,25	0,48
Centro	Compacto	Municipal	6,95	27	13	67	1,43	1,31	0,51
Icaraí	Compacto	Saint Paul	7,13	59	30	149	1,34	1,21	0,46
Icaraí	Compacto	Summer Time	7,25	30	11	82	1,24	1,19	0,44
Icaraí	Compacto	Park Avenue	7,78	61	32	176	1,42	1,25	0,49
Santa Rosa	Compacto	Castel Gandolfo	7,82	80	35	219	1,27	1,16	0,43
Icaraí	Compacto	Villa D'Este	9,94	77	39	221	1,41	1,23	0,48
Icaraí	Compacto	Ed. Itaparica	10,42	50	29	150	1,44	1,26	0,49
Icaraí	Compacto	Jd. Das Tulipas e das Acácias	11,37	37	20	104	1,39	1,25	0,48
Icaraí	Compacto	Ed. Bonneville	11,76	44	24	134	1,41	1,25	0,49
Icaraí	Compacto	Bernini	12,16	64	37	177	1,51	1,29	0,52
Icaraí	Compacto	Sutton Place	13,03	61	36	177	1,47	1,27	0,50
Icaraí	Compacto	Chácara do Abaeté	13,53	37	18	106	1,43	1,28	0,50
Oceânica	Espraiado	Ubá II	1,93	38	18	100	1,40	1,27	0,49
Oceânica	Espraiado	Grotão	2,48	45	11	128	1,22	1,15	0,42
Oceânica	Espraiado	Green Park	2,78	52	14	136	1,25	1,16	0,43
Oceânica	Espraiado	Ubá Itacoatiara	3,18	22	4	62	1,10	1,13	0,39
Oceânica	Espraiado	Aldeia	4,41	58	20	162	1,30	1,18	0,44
Oceânica	Espraiado	Ubá I	5,78	25	8	59	1,31	1,26	0,47

As médias das taxas de viagens a pé quanto à ocupação das atividades são: Denso (7,37) e Espraiado (3,43). As taxas das regiões compactas foram mais que o dobro nas regiões espraiadas. Observa-se que num universo de 30 condomínios, somente 6 apresentam a ocupação das atividades espraiada, todos localizados na região Oceânica.

Segue a correlação (tabela 6.13) e a regressão linear (tabela 6.14).

Tabela 6.13: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a ocupação das atividades.

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
Correlação	Denso	0,21	0,44	0,23	0,54	0,49	0,52
	Espraiado	-0,22	-0,21	-0,26	0,02	0,25	0,15

Há novamente uma divisão entre os indicadores: Tradicional e Teoria de grafos. Apesar das correlações dos indicadores da Teoria de grafos (Beta, Alpha e Gamma), seguido pelo indicador Tradicional (Densidade de quarteirões), serem modestos, 80% da amostra possui ocupação das atividades compacta. Esta sugere que quanto mais próximo às atividades, ou seja, mais compacto e maior a influência na caminhada. Os resultados indicam que a configuração da rede de caminhos tende a influenciar mais a geração de viagens a pé em áreas compactas, pouco afetando em áreas espraiadas.

Para regressão linear, buscam-se apresentar o quanto os indicadores topológicos podem explicar as taxas de viagens a pé, conforme tabela 6.14.

Tabela 6.14: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto a ocupação das atividades.

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
R-quadrado	Compacto	0,05	0,19	0,05	0,29	0,24	0,27
	Espraiado	0,05	0,04	0,07	0,00	0,06	0,02

Vale a pena destacar que este foi o fator que isoladamente apresentou as piores correlações. Nenhum indicador e em nenhuma categoria (compacto e espraiado) superou os 27%.

Para uma análise mais qualitativa, observe o indicador (β) , representante da Teoria de grafos, conforme figura 6.3.

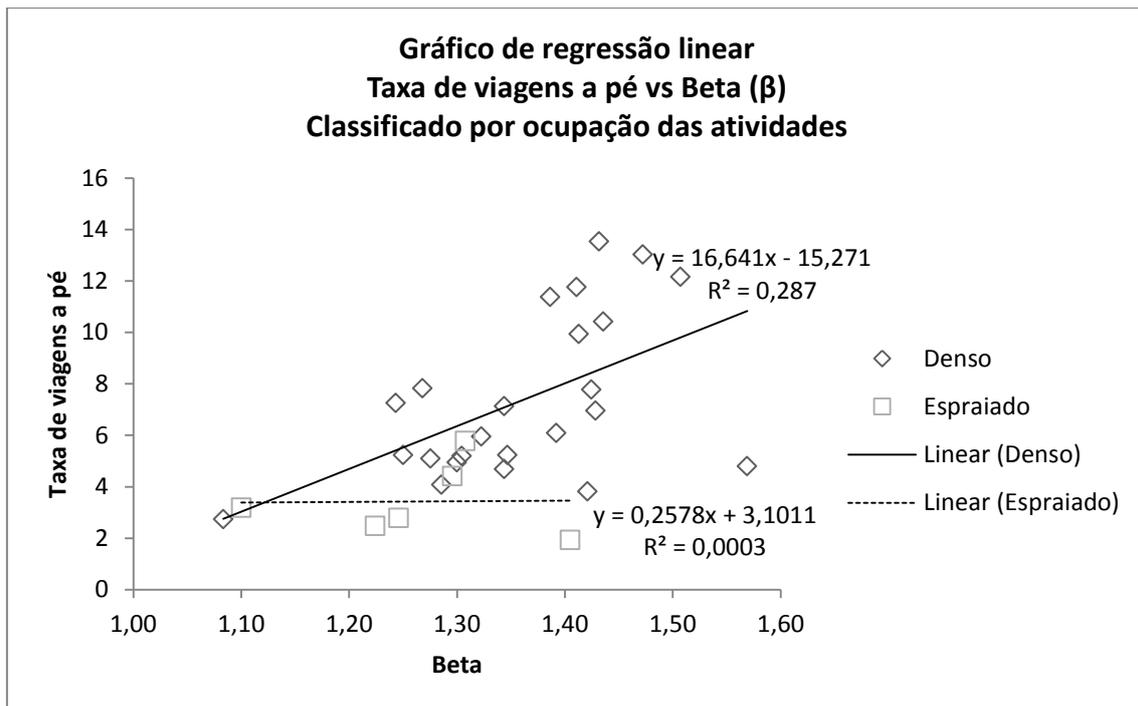


Figura 6.3: Gráfico de regressão linear, ocupação das atividades, indicador Beta (β)

Pode-se acompanhar o aumento das taxas de viagens junto com o aumento do indicador Beta, que é um indicador de conectividade, ou seja, a razão entre o número de ligações e o número de nós. Supõe-se que quanto maior a conectividade maior a taxa de viagens a pé.

Para ocupação espreada, na qual sua hipótese é quanto mais espreada menor a caminhada, ou seja, quanto mais espalhado suas atividades menor as viagens a pé. O indicador Beta (β) sinalizou para uma taxa de viagem a pé quase constante, enquanto aumentava sua conectividade. Leva-se a supor que mesmo com uma boa conectividade as atividades espalhadas influenciam na caminhada, confirma-se a hipótese.

Análise quanto ao uso do solo

Parte-se do pressuposto que o uso misto do solo tem uma maior influência na caminhada. Neste contexto, classifica-se o uso do solo em: industrial, comercial, residencial e misto (comercial/residencial). Apresentam-se os valores organizados alfabeticamente por uso do solo e subclassificados pelas taxas de viagens a pé na ordem crescente, conforme tabela 6.15.

Tabela 6.15: Classificação quanto ao uso do solo

Região	Uso do solo	Condomínio	Taxa de viagens a pé						
			(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)	
Centro	Comercial	Marques de Olinda	3,82	48	24	137	1,42	1,26	0,49
Centro	Comercial	Solar da Tamarineira	4,07	32	13	95	1,29	1,20	0,45
Centro	Comercial	Residencial Center	4,68	54	23	149	1,34	1,21	0,46
Centro	Comercial	Porto Central	4,80	56	34	148	1,57	1,33	0,54
Centro	Comercial	Mirante do Rio	6,09	42	21	121	1,39	1,25	0,48
Centro	Comercial	Municipal	6,95	27	13	67	1,43	1,31	0,51
Santa Rosa	Misto	Vivenda Santa Rosa	2,73	18	3	49	1,08	1,14	0,39
Santa Rosa	Misto	Córsega	4,95	51	22	160	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Misto	Vila Albani	5,09	55	20	156	1,28	1,17	0,44
Santa Rosa	Misto	Portobello	5,19	51	22	158	1,30	1,19	0,45
Icaraí	Misto	Jardim Icaraí	5,23	60	26	175	1,35	1,21	0,46
Santa Rosa	Misto	Ciudad de Vigo	5,23	46	16	134	1,25	1,17	0,43
Icaraí	Misto	Ed. Courchevel	5,95	54	23	143	1,32	1,20	0,46
Icaraí	Misto	Saint Paul	7,13	59	30	149	1,34	1,21	0,46
Icaraí	Misto	Summer Time	7,25	30	11	82	1,24	1,19	0,44
Icaraí	Misto	Park Avenue	7,78	61	32	176	1,42	1,25	0,49
Santa Rosa	Misto	Castel Gandolfo	7,82	80	35	219	1,27	1,16	0,43
Icaraí	Misto	Villa D'Este	9,94	77	39	221	1,41	1,23	0,48
Icaraí	Misto	Ed. Itaparica	10,42	50	29	150	1,44	1,26	0,49
Icaraí	Misto	Jd. Das Tulipas e das Acácias	11,37	37	20	104	1,39	1,25	0,48
Icaraí	Misto	Ed. Bonneville	11,76	44	24	134	1,41	1,25	0,49
Icaraí	Misto	Bernini	12,16	64	37	177	1,51	1,29	0,52
Icaraí	Misto	Sutton Place	13,03	61	36	177	1,47	1,27	0,50
Icaraí	Misto	Chácara do Abaeté	13,53	37	18	106	1,43	1,28	0,50
Oceânica	Residencial	Ubá II	1,93	38	18	100	1,40	1,27	0,49
Oceânica	Residencial	Grotão	2,48	45	11	128	1,22	1,15	0,42
Oceânica	Residencial	Green Park	2,78	52	14	136	1,25	1,16	0,43
Oceânica	Residencial	Ubá Itacoatiara	3,18	22	4	62	1,10	1,13	0,39
Oceânica	Residencial	Aldeia	4,41	58	20	162	1,30	1,18	0,44
Oceânica	Residencial	Ubá I	5,78	25	8	59	1,31	1,26	0,47

As médias das taxas de viagens a pé são: Comercial (5,07), Misto (8,14) e Residencial (3,43). O uso do solo misto apresenta uma maior taxa, na qual a ocupação das

atividades é compacta. O que não ocorre na região onde o uso do solo é residencial e a ocupação das atividades é espraiada.

Segue a correlação (tabela 6.16) e a regressão linear (tabela 6.17).

Tabela 6.16: Correlação, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao uso do solo

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
Correlação	Comercial	-0,48	-0,32	-0,57	0,19	0,46	0,35
	Misto	0,17	0,49	0,17	0,83	0,90	0,88
	Residencial	-0,22	-0,21	-0,26	0,02	0,25	0,15

Nesta análise, 18 condomínios (Icaraí e Santa Rosa) tem características de uso do solo misto, 6 (Centro) uso do solo comercial e 6 (Oceânica) uso do solo residencial. Alguns indicadores confirmaram a hipótese de que o uso Misto do solo propicia a escolha da caminhada como opção de transporte. Os indicadores: Beta (β), Alpha (α) e Gamma (γ) obtiveram uma correlação forte e positiva, próximas a 1 (um). E dentre estes um destaque para o (α) que se aproximou a 0,9 décimos. Os resultados indicam que a configuração da rede de caminhos tende a influenciar mais a geração de viagens a pé em áreas de uso Misto, que foi o fator que parece apresentou maiores valores de R-quadrado.

Para regressão linear, buscam-se apresentar o quanto os indicadores topológicos podem explicar as taxas de viagens a pé, conforme tabela 6.17.

Tabela 6.17: Regressão linear, taxa de viagens a pé e indicadores topológicos quanto ao uso do solo

Taxa de viagens a pé		(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
R-quadrado	Comercial	0,23	0,10	0,33	0,04	0,21	0,12
	Misto	0,03	0,24	0,03	0,69	0,80	0,77
	Residencial	0,05	0,04	0,07	0,00	0,06	0,02

Os indicadores (β), (α) e (γ) conseguem explicar de 69 a 80 % das taxas de viagens a pé, que representou 60% da amostra (18 condomínios). Em particular para o indicador Alpha (α) que explicou 80% das taxas. Percebe-se que os indicadores (β), (α) e (γ) sugerem que áreas de uso misto tenham médias de taxas de viagens a pé mais elevadas (8,14), contra 5,07 (Comercial) e 3,43(Residencial).

Observe na figura 6.4, o aumento da taxa de viagens a pé proporcionalmente com o aumento da conectividade. Sustenta a hipótese, que quanto maior o uso do solo maior a taxa de viagens a pé.

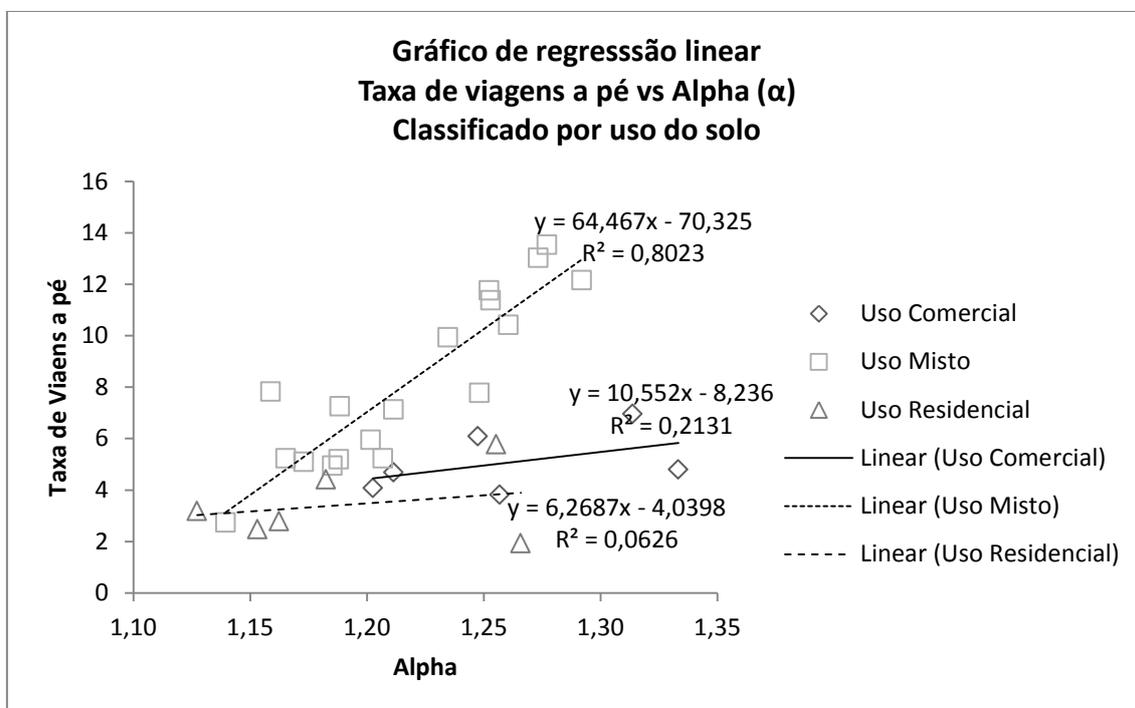


Figura 6.4: Gráfico de regressão linear, uso do solo, indicador Alpha (α)

No entanto, observou-se que para cada fase desta análise alguns indicadores, principalmente os da teoria de grafos tiveram seu mérito. Portanto, uma síntese dos indicadores permitirá uma melhor análise.

6.7 Análise comparativa dos resultados

O propósito de apresentar os gráficos (6.5, 6.6) é o de analisar as correlações e regressões lineares dos indicadores topológicos e verificar aqueles que puderam expressar melhor a propensão das viagens a pé em relação à configuração da rede de caminhos.

A da figura 6.5 é um gráfico de linhas que expressa o comportamento dos indicadores para cada um dos 5 fatores analisados. Observou-se que, nos fatores complementares Classe social (A, B e C) e o Poder aquisitivo (Menor e Médio), as correlações foram

antagônicas, contrariamente ao observado para os fatores “Uso do Solo” e “Ocupação das Atividades” que tiveram um padrão.

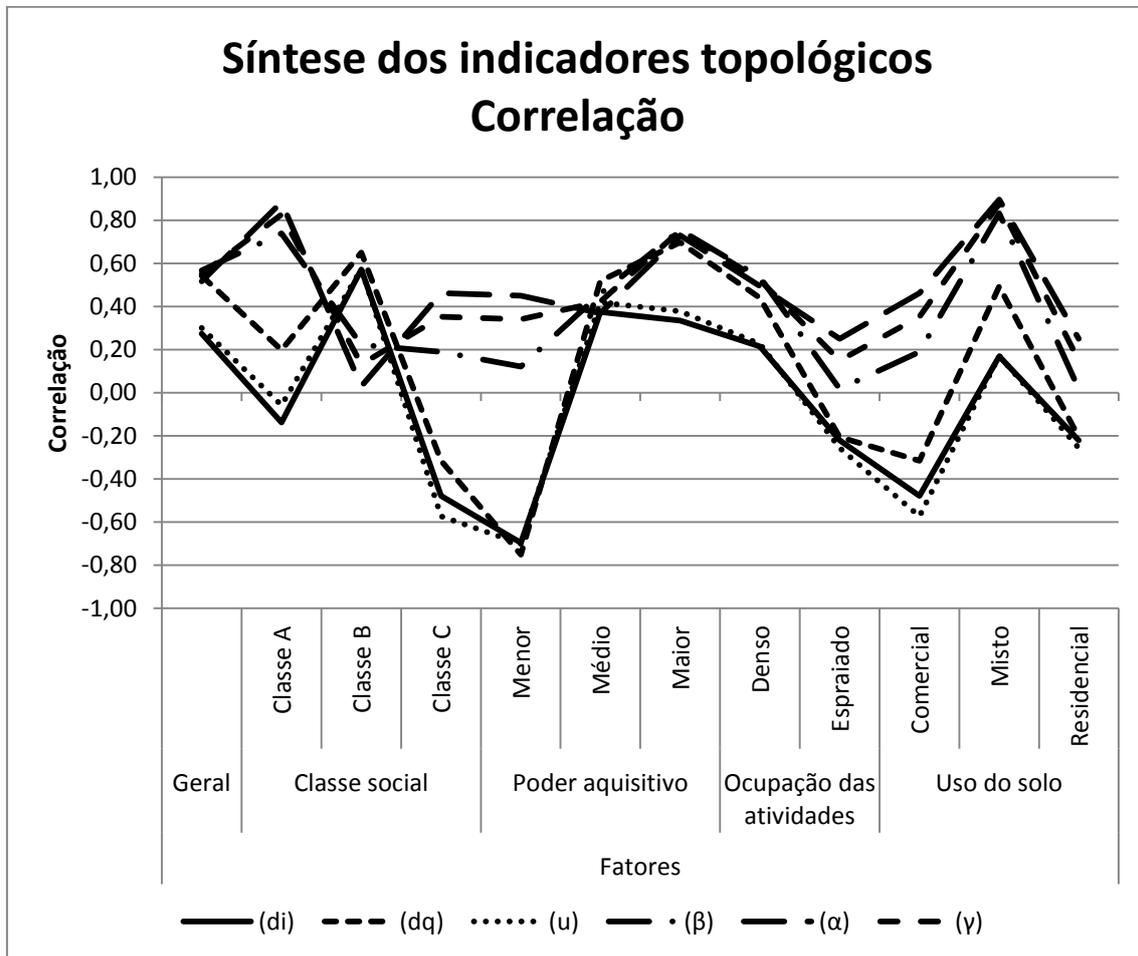


Figura 6.5: Síntese dos indicadores, correlação

No geral, os indicadores que apresentaram melhores correlações envolveram três da Teoria dos Grafos (Alpha (α), Gamma (γ), Beta (β)) e um Tradicional (dq). Enquanto os demais tiveram desempenho relativamente pior, além de, em algumas vezes, correlações negativas, contrariando o que se espera da configuração da rede em influenciar favoravelmente a geração de viagens a pé. Isto transpareceu nas regressões lineares, ver figura 6.6.

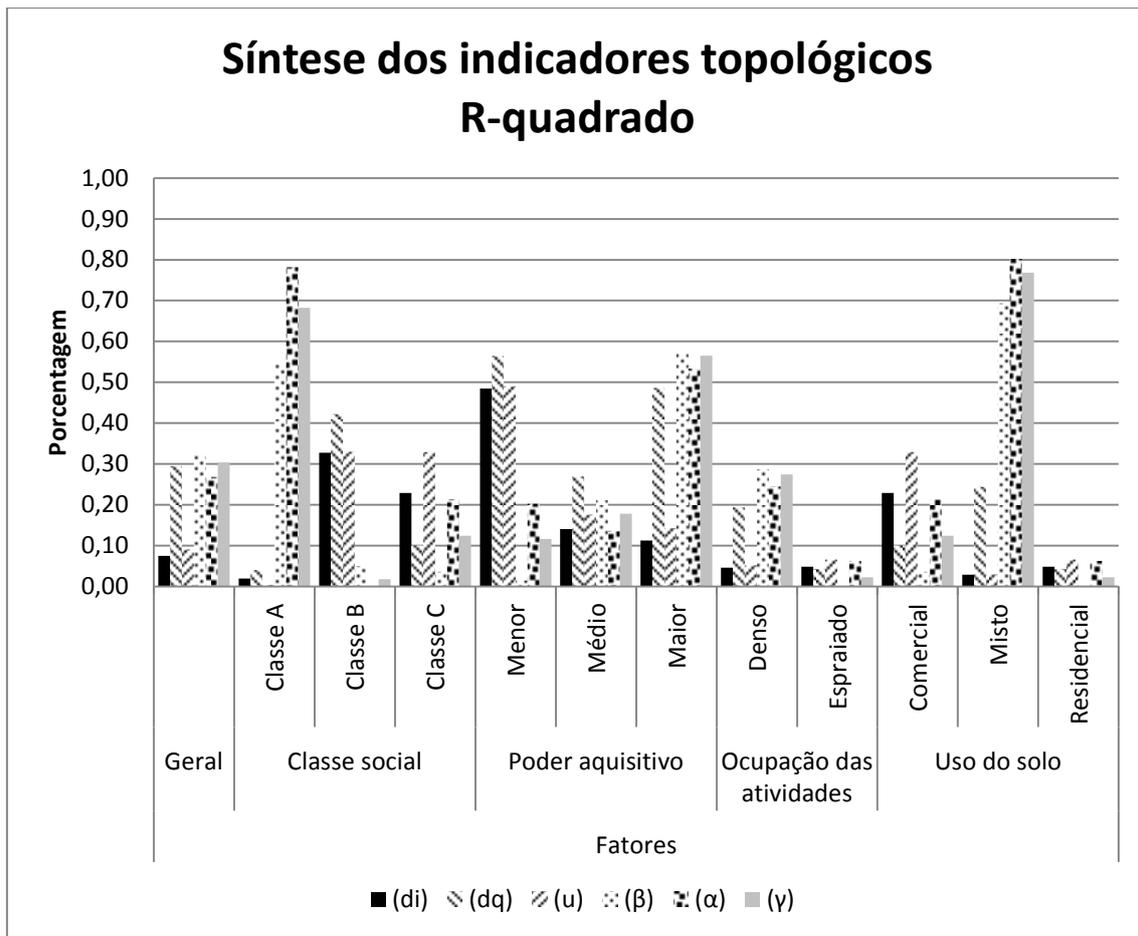


Figura 6.6: Síntese dos indicadores, R-quadrado

De uma forma geral os indicadores da teoria de grafos, mais especificamente o Beta (β), o Alpha (α) e o Gamma (γ), bem como o indicador tradicional Densidade de quarteirões (dq) apresentaram um poder de explicar as taxas de viagens a pé para os fatores: Classe social e Uso do solo. Destaque para o fator socioeconômico (Classe A) e o uso do solo (Misto), pois o indicador Alpha atingiu mais de 80% de explicação. Ressalta-se que o uso do solo misto é predominante na região classificada como Classe A.

Capítulo 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho não tem a pretensão de definir um indicador que possa determinar a influência da configuração da rede de caminhos nas viagens a pé, pela complexidade e pela multiplicidade de fatores de diversas naturezas (socioeconômicos, ambientais, segurança e estrutura urbana) que interferem neste processo, como mostra o capítulo 2.

Assim, sem perder de vista este panorama geral, uma análise mais específica tratou da estrutura urbana, mais precisamente a dimensão do desenho urbano, pois o objetivo principal foi a influência da configuração da rede de caminhos nas viagens a pé. Neste contexto, analisaram-se trabalhos que estudaram o desenho urbano e seus indicadores, no qual se chamaram de Tradicionais. E outros trabalhos, que se preocuparam com a acessibilidade, denominados como índice de caminhabilidade, e a presença de tais indicadores, ver capítulos 2 e 3.

Percebeu-se que a Teoria dos grafos, pelo acervo de indicadores devidamente formalizados e respaldados matematicamente, seria uma fonte complementar à prática disponível na bibliografia, a fim de medir a eficiência topológica da configuração da rede de caminhos na propensão das viagens a pé, ver capítulo 4. Nessa direção e com vistas a se estudar a relação entre tais indicadores e a geração de viagens a pé, com base na econometria, se desenvolveu um procedimento metodológico (capítulo 5), que foi aplicado em 30 condomínios residenciais localizados no município de Niterói, cujos resultados foram devidamente tratados e analisados (capítulo 6).

7.1 Conclusões

O procedimento de análise proposto nesta dissertação se mostrou exequível em sua aplicação e possibilitou se ter uma melhor compreensão da influência da configuração da rede de caminhos e a propensão das pessoas andarem a pé numa determinada área.

Os resultados deste trabalho confirmaram que os indicadores da configuração da rede de caminhos apresentaram diferentes capacidades para explicar a geração de viagens, o que

mostra a importância desta investigação para se escolher os mais indicados para modelar essa relação. Dentre os 6 indicadores selecionados, 2 classificados como Tradicional (Densidade de interseções e Densidade de quarteirões) e 4 como da Teoria dos Grafos (Ciclo, Beta, Alpha e Gamma), quatro deles se destacaram: Alpha, Gamma, Beta e Densidade de quarteirões, aproximadamente nesta ordem e com uma leve superioridade dos indicadores da Teoria dos Grafos.

De forma agregada, os fatores locacionais (5 Ds do ambiente construído ou estrutura urbana) se mostraram mais influentes que os socioeconômicos (classe social e poder aquisitivo). Por exemplo, Icaraí com a maior taxa de viagens a pé e que, apesar de ter a maior renda média, apresenta fatores locacionais favoráveis à caminhada, como densidade, uso do solo misto, além da proximidade do centro e disponibilidade da oferta de transporte público.

Ressalta-se que, de forma desagregada por condomínio, as melhores correlações aconteceram para as localidades com o Uso do Solo Misto. A seguir para aquelas com Classe social A e o Poder Aquisitivo Maior. Já a Ocupação das atividades não mostrou bons resultados.

O uso do solo misto era esperado como atrator de viagens a pé, enquanto a classe social A e o maior poder aquisitivo pode ser justificado pelo peso dos condomínios situados em Icaraí.

Enfim, considera-se que o procedimento proposto para analisar a configuração da rede de caminhos em conjunto com os indicadores Tradicionais e os da Teoria de grafos na observação e análise da influência topológica nas viagens a pé alcançou seu objetivo.

7.2 Recomendações

Embora o objetivo e a contribuição tenham sido alcançados, recomenda-se o uso dos indicadores da Teoria de grafos (Beta, Alpha e Gamma) e o Tradicional (Densidade de quarteirões) para análise da influência da configuração da rede de caminhos na propensão da caminhada. No entanto, há uma necessidade de maior refinamento na

obtenção das taxas de viagens a pé, pois as viagens ao transporte público deveriam estar desvinculadas das viagens a pé, o que não ocorreu neste trabalho. Capturar mais amostras com regiões espalhadas e estudar os efeitos de áreas não ocupadas. Vale ressaltar a dificuldade de encontrar pesquisas quantitativas das viagens a pé no Brasil. Parabeniza-se a iniciativa da prefeitura de Niterói.

Além disto, outros pontos a serem considerados envolvem a utilização de todos os indicadores selecionados na tabela 4.8 seção 4.3 e o emprego de correlações múltiplas entre eles, bem como melhor investigar a relação entre os indicadores Densidade de quarteirões e o (u).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERSON, K. J. (2005).** *A GIS Approach to Evaluating Streetscape and Neighborhood Walkability*. An Exit Project. Presented to the Department of Planning, Public Policy and Management and the Graduate School of the University of Oregon.
- ANTP. (1997).** *Transporte humano, cidades com qualidade de vida*. Associação Nacional de Transportes Públicos, São Paulo, SP.
- BANISTER, D. (2011).** *The trilogy of distance, speed and time*. Journal of Transport Geography. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.12.004.
- BARBOSA, H.; MOURA, M. (2010).** *Avaliação de calçadas em Centros urbanos segundo a opinião de pedestres*. XVI Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego e Transportes e Logística – PANAM. CESUR/Instituto Superior Técnico, de Lisboa, Portugal.
- BLUMENFELD-LIEBERTHAL, E. (2009).** The Topology of Transportation Networks: A Comparison Between Different Economies. *Netw Spat Econ* 9. p. 427–458.
- BOAVENTURA, P. O.; JURKIEWICZ, S. (2009).** *Grafos: Introdução e prática*. São Paulo: Ed. Blucher.
- BOCANEGRA, C. W. R. (2002).** *Procedimento para tornar mais efetivo o uso das redes neurais artificiais em planejamento de transporte*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- BRADSHAW, C. (1993).** *Creating -- And Using -- A Rating System For Neighborhood Walkability Towards An Agenda For "Local Heroes"*. 14th International Pedestrian Conference, Boulder, Colorado.
- CARDOSO, C. E. P. (2006).** *Acessibilidade - alguns conceitos e indicadores*. Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 29 - 2006 - 4º trimestre.
- CASSILHA, S. A.; CASSILHA, G. A. (2009).** *Planejamento urbano e meio ambiente*. Curitiba: Ed. IESDE Brasil S. A., 176p.
- CAVADINHA, E. V. C. (2009).** *Análise de critérios topológicos aplicados em redes metropolitanas de transporte de passageiros por ônibus através da aplicação no estudo de caso: A rede do terminal da PE-15 do sistema estrutural integrado da região metropolitana do Recife e sua área de abrangência*. Universidade Federal de Pernambuco. PE
- CERVERO, R.; DUNCAN, M. (2003).** *Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area* University of California, Berkeley. University of California Transportation Center.
- CERVERO, R.; KOCHELMAN, K. (1997).** *Travel demand and 3D's: density, diversity and design*. Transportation Research, Part D, N° 3, p. 199-219.
- CERVERO, R.; SARMIENTO, O. L.; JACOBY, E.; GOMEZ, L. F.; NEIMAN, A. (2009).** *Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá*. International Journal of Sustainable Transportation, Volume 3, issue 4, p. 203-226.
- CHO, G; RODRÍGUEZ, D. A.; EVENSON, K. R. (2009).** *Identifying walking trips using GPS data*. University of North Carolina. Chapel Hill, NC. TRB 2010 Annual Meeting CD-ROM.

- CURTIS, C; SCHEURER, J. (2007). Accessibility Measures: Overview and Practical Applications. Working Paper No 4: Urbanet, Department of Urban and Regional Planning, Curtin University.
- DAROS, E. J. (2000). *O pedestre*. Associação Brasileira de Pedestres - ABRASPE. São Paulo, SP.
- DIAS, R. F. (2008). *Procedimento para elaboração do índice de acessibilidade com apoio de Sistema de Informação Geográfica – SIG*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, UFRJ. Cap.II, p. 12-31.
- DORNELES, V. G.; ZAMPIERI, F. L. L. (2008). *Acessibilidade nas calçadas em Criciúma*. 7º Seminário Internacional. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – NUTAU/USP. São Paulo, SP.
- DUARTE, F.; LIBARDI, R.; SÁNCHEZ, K. (2008). *Introdução à mobilidade Urbana*. Ed. Juruá, Curitiba, 108p.
- EWING, REID; CERVERO, ROBERT. (2010). *Travel and the Built Environment*. Journal of the American Planning Association, 76:3, 265-294.
- FERDOUS, FARHANA. (2012). *The spatial analysis and morphological evolution of the ‘Bazaar Streets’ and urban structure of Dhaka city*. Macmillan Publishers Ltd. URBAN DESIGN International, 1–15. site: www.palgrave-journals.com/udi/
- FERREIRA, D. I. R. (2011). *Indicadores de Acessibilidade. Contributos para a Síntese de Conhecimento*. Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais. Lisboa.
- FERREIRA, M.; GRAMANI, L.; KAVISKI, E. (2010). *Teoria de tráfego de pedestre usando os conceitos de fluido para um sistema macroscópico*. XVI Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego e Transportes e Logística – PANAM. CESUR/Instituto Superior Técnico, de Lisboa, Portugal.
- FONTENELE, R. B.; LIBARDONI, V. S.; ZAMPIERI, F. L.; BINS ELY, V. H. M. (2008). *Avaliação da qualidade das calçadas relacionada com o fluxo de pedestre no Centro de Florianópolis*. 7º Seminário Internacional. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – NUTAU/USP. São Paulo, SP.
- FRANK, L. D.; GREENWALD, M. J.; KAVAGE, S.; DEVLIN, A. (2011). *An Assessment of Urban Form and Pedestrian and Transit Improvements as an Integrated GHG Reduction Strategy*. Washington State Department of Transportation, WA.
- FRENKEL, D. B. (2008). *A Revitalização Urbana e as Viagens a pé: uma Proposta de Procedimento Auxiliar na Análise de Projetos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.
- FRONT SEAT. (2010). *Walk Score Methodology*. 3503 NE 45th St. Suite 2W, Seattle. USA.
- FTOD. (2011). *A framework for transit oriented development in Florida*. Florida Department of Transportation and Department of Community Affairs. site: <http://www.reconnectingamerica.org/assets/Uploads/201103FloridaTODFramework.pdf>. Visitado em: 29/01/2013.

- FUJITO, T. (2007).** *A Primal-Dual Approach to Approximation of Node-Deletion Problems for Matroidal Proprieties*. Dept. of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Hiroshima University - Kagamiyama, Higashi - Hiroshima 739 JAPAN. e-mail:fujito@huis.hiroshima-u.ac.jp.
- GALLIMORE, J. M.; BROWN, B. B.; WERNER, C. M. (2011).** *Walking routes to school in new urban and suburban neighborhoods: An environmental walkability analysis of blocks and routes*. Journal of Environmental Psychology 31, 184-191
- GF-SEDHPR (2006).** *Guia de acessibilidade urbana*. Governo federal – Secretaria Especial de Direitos Humanos da Presidência da República, Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Minas Gerais; Belo Horizonte: 2006. 96p.
- GOLD, P. A.(2004).** *Nota Técnica: Melhorando as condições de caminhada em calçadas*. Gold Projects, São Paulo.
- HENDRICKS, SARA J. (2005).** *Impact of Transit Oriented Development on Public Transportation Ridership*. National Center for Transit Research. Center for Urban Transportation Research. University of South Florida.
- HOOGENDOORN, S. P.; BOVY, P.H.L. (2005).** *Pedestrian Travel Behavior Modeling*. Instituto do Ambiente. Springer Science + Business Media, Inc. Manufactured in The Netherlands. Networks and Spatial Economics, 5: (2005) 193–216.
- HOOGENDOORN, S. P.; CAMPANELLA, M.; DAAMEN, W. (2009).** *Macroscopic Fundamental Diagrams for Pedestrian Networks*. Delft University of Technology. TRB 2010 Annual Meeting CD-ROM.
- ITE. (2011).** *Planning Urban Roadway Systems: An ITE Proposed Recommended Practice*. ISBN-13:978-1-933452-61-6. Washington, DC. USA.
- KELLY, C.E., et al. (2010)** *A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment*. J. Transp. Geogr., doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.08.001
- KRIZEK, K. J. (2003).** *Operationalizing Neighborhood Accessibility for Land Use – Travel Behavior Research and Regional Modeling*. Journal of Planning Education and Research 22. p. 270-287.
- LEVINSON, DAVID. (2011).** *Network Structure and City Size*. University of Minnesota. Department of Civil Engineering, 500 Pillsbury Drive SE, Minneapolis, MN. 55455 USA, dlevinson@umn.edu <http://nexus.umn.edu>
- LITMAN, TODD. (2011).** *Measuring Transportation Traffic, Mobility and Accessibility*. Victoria Transport Policy Institute. (www.vtpi.org/measure.pdf)
- MAGHELAL, P. K. (2011).** *Walking to Transit: Influence of built Environment at Varying Distances*. ITE Journal / February 2011.
- MAGHELAL, P. K.; CAPP, CARA JEAN. (2011).** *Walkability: A Review of Existing Pedestrian Indices*. URISA Journal - Vol. 23, No. 2.
- MARCOLINI, S. (2012).** *Ambiente urbano e geração de viagens: Niterói, um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Urbana – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Escola Politécnica.
- MATOS, O. C. (1995).** *Econometria básica: teoria e aplicações*. São Paulo: Atlas.
- MAYUMI, L. (2005).** *A cidade antiga nos CIAM, 1950-59*. FAUUSP. São Paulo
- MCIDADES (2004).** *Política de mobilidade urbana sustentável*. Caderno MCIDADES – Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades. Governo federal. DF.

- MCIDADES (2007).** *PlanMob – Construindo uma cidade sustentável.* Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana. SeMob – Ministério das Cidades. Governo federal. DF.
- MELO, BRUNA PINHEIRO. (2004).** *Indicadores de ocupação urbana sob o ponto de vista da infraestrutura Viária.* Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro.
- MITRA, R.; BULIUNG, R. N.; FAULKNER, G. E. J. (2010).** *Spatial clustering and the temporal mobility of walking school trips in the Greater Toronto Area, Canada.* *Health e Place* 16 (2010) 646–655.
- MOUDON, a. v.; LEE, C.; CHEADLE, A. D.; GARVIN, C.; JOHNSON, D.; SCHMID, T. L.; WETHERS, R. D.; LIN, L. (2006).** *Operational Definitions of Walkable Neighborhood: Theoretical and Empirical Insights.* *Journal of Physical Activity and Health* 2006, 3, Suppl 1, S99-S117.
- MTC. (2006).** *Transit-Oriented Development Policy.* Metropolitan Transportation Commission. Association of Bay Area Governments.
- NITTRANS. (2011).** *Geração de Viagens Uso Residencial.* Caderno Técnico da NITTRANS N° 01. Prefeitura de Niterói - RJ. Site: <http://www.nittrans.niteroi.rj.gov.br/>.
- NZTA. (2009).** *Pedestrian planning and design guide.* NZ Transport Agency. New Zealand
- PARTHASARATHI, PAVITHRA. (2011).** *Network Structure and Travel.* A DISSERTATION SUBMITTED TO THE FACULTY OF THE GRADUATE SCHOOL OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA. IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF Doctor of Philosophy
- PETRITSCH, T. A.; McLEOD, P. S.; LANDIS, B. W. (2009).** *Pedestrian Level of Service Model for Urban Streets.* Sprinkler Consulting Inc. Lutz, FL.
- PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. et al. (2006).** *The network analysis of urban streets: A dual approach.* *Physica A* 369. p853–866.
- REGGIANI, A.; BUCCI, P.; RUSSO, G. (2010).** *Accessibility and Network Structures in the German Commuting.* Springer Science. Netw Spat Econ.
- RENNE, JOHN LUCIANO. (2007).** *Measuring the performance of transit-oriented developments in western Autralia.* Planning and Transport Research Centre. Institute for Sustainability and Technology Policy. Murdoch University.
- ROBUSTÉ, F. (2010).** *The future of transport in urban areas.* Directorate general for internal policies. Policy Department B: Structural and cohesion policies. Transport and tourism.
- RODRIGUE, J-P; COMTOIS, C; SLACK, B. (2009).** *The Geography of Transport Systems.* Hofstra University, Department of Global Studies e Geography
- ROE, M. (2009).** *Using Spatial Analysis to Prioritize Pedestrian Safety Interventions and Describe Geographic Trends in Pedestrian Safety.* New York City Department of Transportation. NY. TRB 2010 Annual Meeting CD-ROM.
- RUTZ, N.; PRADO, F. H. (2007).** *Determinação do índice de caminhabilidade.* 16° Congresso Nacional de Transporte e Trânsito. Associação Nacional de Transporte Público – ANTP. Maceió, Alagoas.
- SADEK, A. W.; WANG, Q.; SU, P.; TRACY, A. J. (2011).** *Reducing vehicle miles traveled through smart land-use design.* FINAL REPORT C-08-29. NEW YORK STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. NY

- SAMPEDRO, A.; CAMPOS, V. B. G. (2006).** *Avaliação e tratamento das características da infraestrutura viária urbana que influenciam a segurança do tráfego.* IME. In: Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, P-4800-058 Guimarães, Portugal. Revista Engenharia Civil – UM, número 27. p. 123-134.
- SANTOS, E. C. (2005).** Situação atual das calçadas nas principais cidades do Sul do Brasil. 4o Seminário Paranaense de Calçadas: Calçadas seguras, responsabilidade de todos. Foz do Iguaçu, Paraná, PR.
- SANTOS, R. A. (2008).** *Planos nacionais de viação: a integração nacional através do caminho.* Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo.
- SCHMID, T. L.; WEATHERS, R. D.; LIN, L. (2006).** *Operational Definitions of Walkable Neighborhood: Theoretical and Empirical Insights.* Journal of Physical Activity and Health, 3, Suppl 1, p. 99-117.
- SCOVINO, A. S.; FRENKEL, D.; DÍAZ; J. e PORTUGAL, L.S. (2012).** Viagens a pé, p. 455 – 496, in “Polos Geradores de Viagens orientados à Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens”. PORTUGAL, L. S. (ORG.). Editora Interciência. ISBN 978-85-7193-305-7. Rio de Janeiro. Brasil. 708 p.
- SCOVINO, A. S. (2008).** *As Viagens a Pé na Cidade do Rio de Janeiro: um Estudo da Mobilidade e Exclusão Social.* Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ.
- SHAH, M. Z.; SILVA, A. N. R. (2010).** *Pedestrian infrastructures and Sustainable Mobility in Developing Countries: The Cases of Brazil and Malaysia.* XVI PANAM, July 15-18 – Lisboa, Portugal.
- SIEBERT, C. F.; LORENZINI, L. (1998).** *Caminhabilidade: uma proposta de aferição científica.* Dynamis: revista tecno-científica. v. 6, n. 23, p. 89-107, abr./jun. 1998.
- STANTEC. (2010).** *Proposed Walkability Strategy for Edmonton.* Stantec Consulting Ltda. Glattig Jackson Kercher Anglin, Inc. Project for Public Spaces.
- STEINER, R. L.; LI, I. (2003).** MULTIMODAL TRADE-OFF ANALYSIS IN TRAFFIC IMPACT STUDIES. FINAL REPORT. The Florida Department of Transportation, Office of Systems Planning.
- SWENSON, C. J.; DOCK, F. C. (2003).** *Urban Design, Transportation, Environment and Urban Growth: Transit-Supportive Urban Design Impacts on Suburban Land Use and Transportation Planning.* Design Center for American Urban Landscape. University of Minnesota. Minneapolis, MN.
- TRANSIT-ORIENTED COMMUNITIES. (2010).** *A literature review on the relationship between the built environment and transit ridership.* Literature review. Trans Link.
- THOMSON, R. C. (2006).** The ‘Stroke’ Concept in Geographic Network Generalization and Analysis. The Robert Gordon University, School of Computing, St. Andrew St., Aberdeen.
- VASCONCELLOS, E. A. (2001).** *Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas.* São Paulo: Annablume. 218 p.
- YASMIN, F.; LARSEN, J.; EL-GENEUDY, A. (2009).** *Examining Travel Distances by Walking and Cycling.* Montréal, Canada. School of Urban Planning, McGill University, Montréal, QC.

SITES

FRONT SEAT. (2013). *Walk Score*. 3503 NE 45th St. Suite 2W, Seattle. USA. Site: <http://www.walkscore.com>, visitado em: 01/02/2013.

DENATRAN. (2011). *Estatística de Frota de veículos no Brasil*. Site: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>- visitado em 13/02/2011.

WASELFISZ, JULIO JACOBO. (2012). *Mapa da Violência 2012. Os novos padrões da violência homicida no Brasil*. São Paulo, Instituto Sangari. Site: http://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2012/mapa2012_transito.pdf. Visitado: 29/01/2013.

WIKIPÉDIA. (2011). *Open Street Map*. Site: <http://pt.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap> visitado em: 21/05/2011.

ANEXOS

Anexo A (Mapas das áreas de estudo)

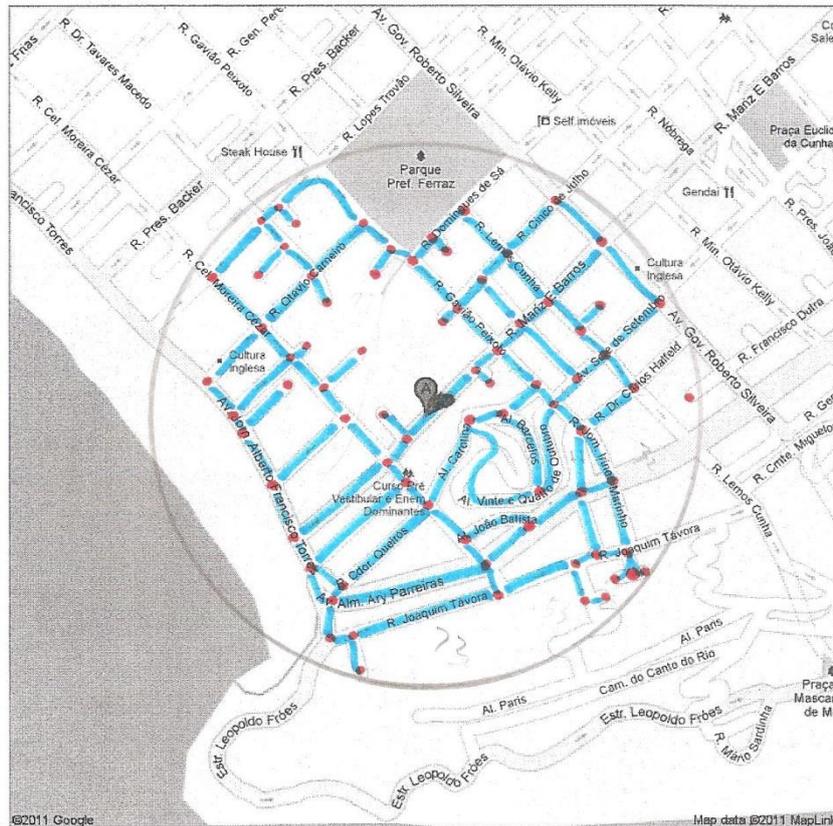
26/12/11

Rua Mariz E Barros, 121, Icaraí, Niterói - Rio de Janeiro - Google Maps

Google

Endereço R. Mariz E Barros, 121 - Icaraí
Niterói - RJ, 24220-121

Condomínio Jardim Icaraí



Nós – 75

Ligações – 101

Subgrafos – 1

Ruas sem saída – 15

Quarteirões – 26

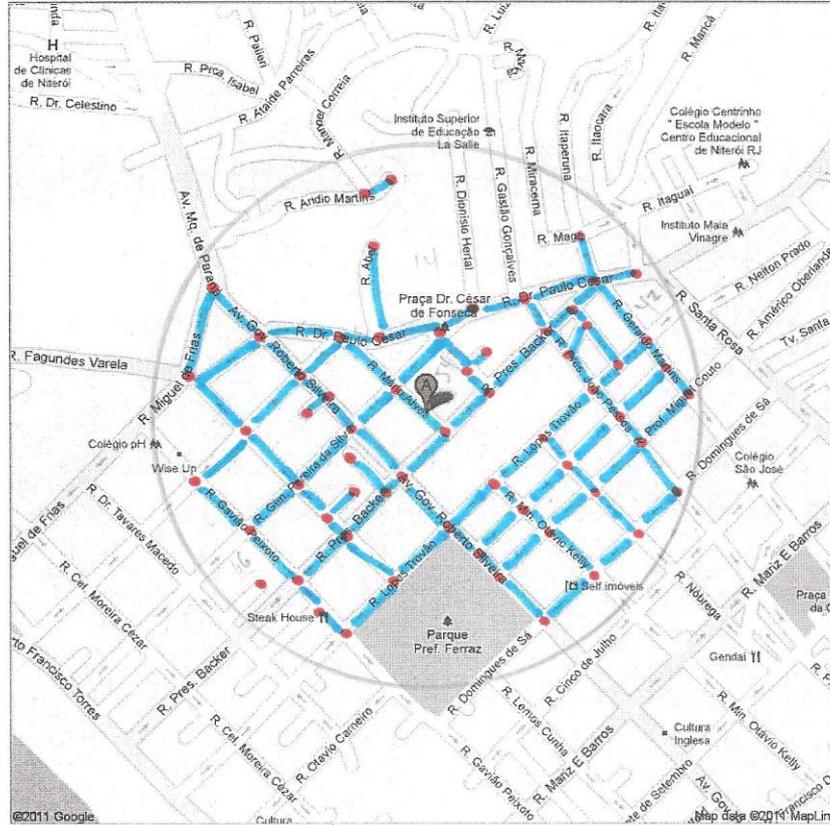
maps.google.com.br/maps?f=q&source=s_q&hl=pt-BR&geocode=&q=R...

1/1



Endereço R. Mário Alves, 78 - Icaraí
Niterói - RJ, 24220-270

Condomínio Saint Paul



Nós – 64

Ligações – 86

Subgrafos – 1

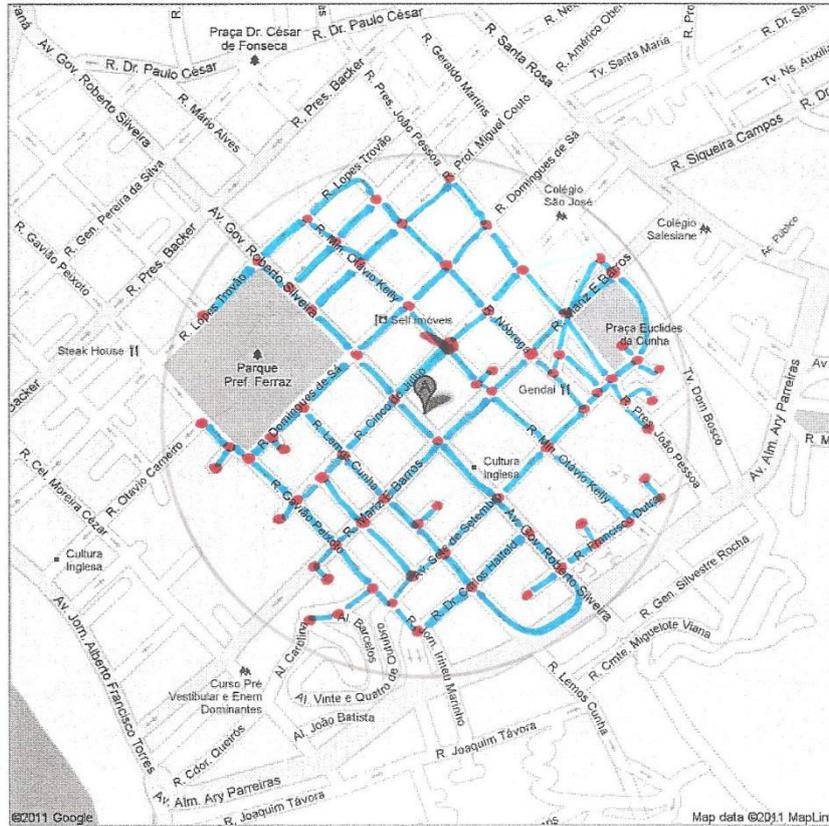
Ruas sem saída – 5

Quarteirões – 30



Endereço Av. Governador Roberto Silveira,
349 - Icaraí
Niterói - RJ, 24110-206

Condomínio Park Avenue



Nós – 73

Ligações – 104

Subgrafos – 1

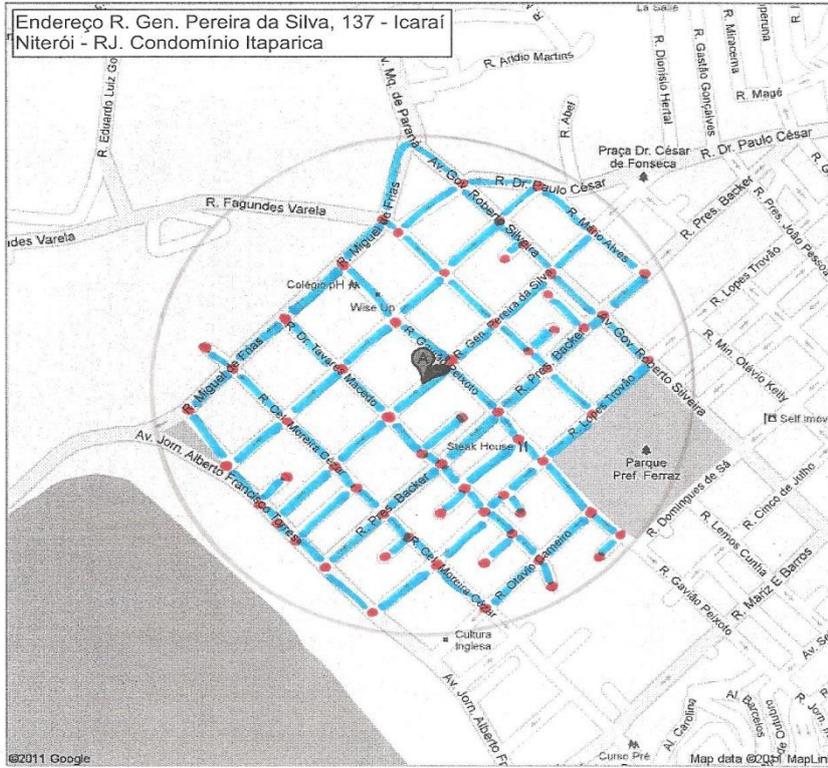
Ruas sem saída – 12

Quarteirões – 32



Endereço R. Gen. Pereira da Silva, 137 -
Icaraí
Niterói - RJ, 24220-030

Escala 200 metros



Nós – 62

Ligações – 89

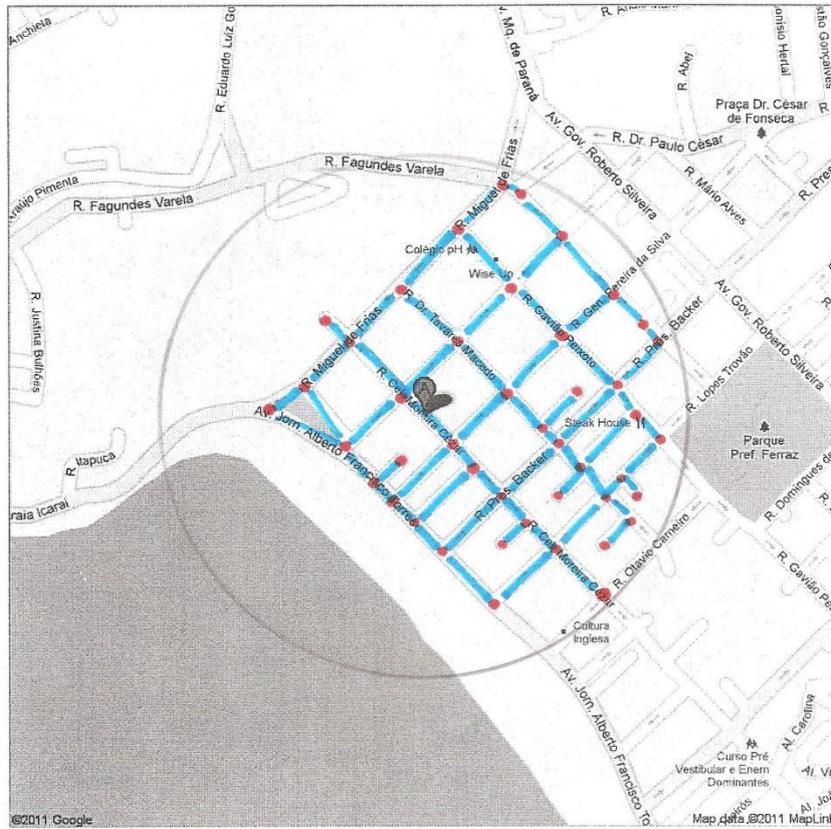
Subgrafos – 1

Ruas sem saída – 12

Quarteirões – 29



Endereço R. Cel. Moreira César, 72 - Icaraí Condomínio Jardim das tulipas e das acácias Niterói - RJ, 24230-065



Nós – 44

Ligações – 61

Subgrafos – 1

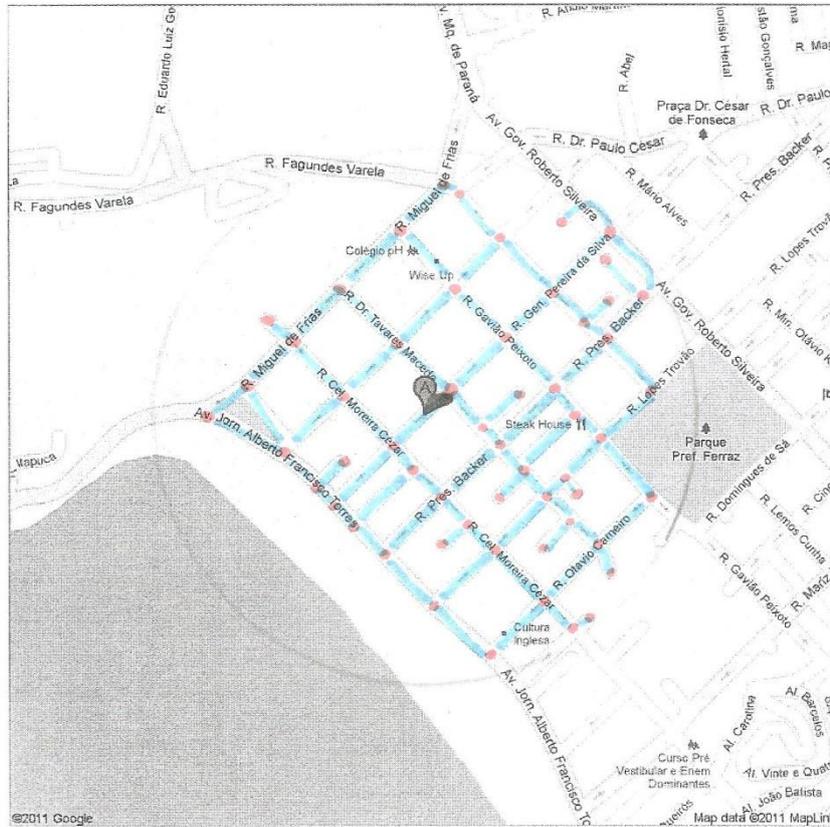
Ruas sem saída – 7

Quarteirões – 18



Endereço R. Gen. Pereira da Silva, 90 -
Icaraí
Niterói - RJ, 24220-030

Condomínio Bonneville



Nós – 56

Ligações – 79

Subgrafos – 1

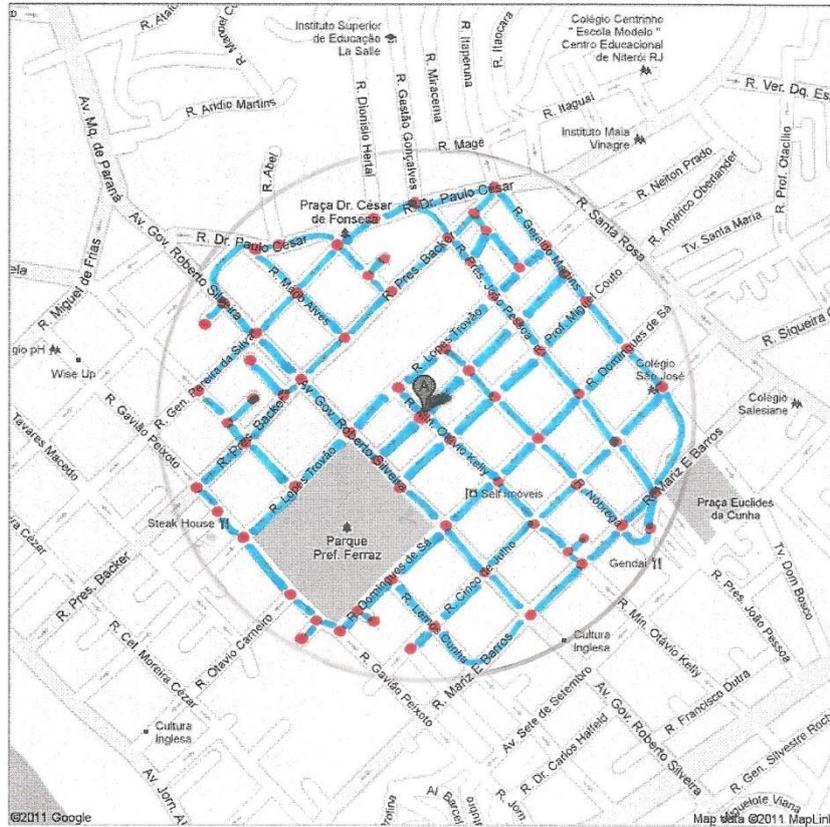
Ruas sem saída – 12

Quarteirões – 24



Endereço R. Erotides de Oliveira, 44 - Icaraí
Niterói - RJ, 24230-230

Condomínio Bemini



Nós – 71

Ligações – 107

Subgrafos – 1

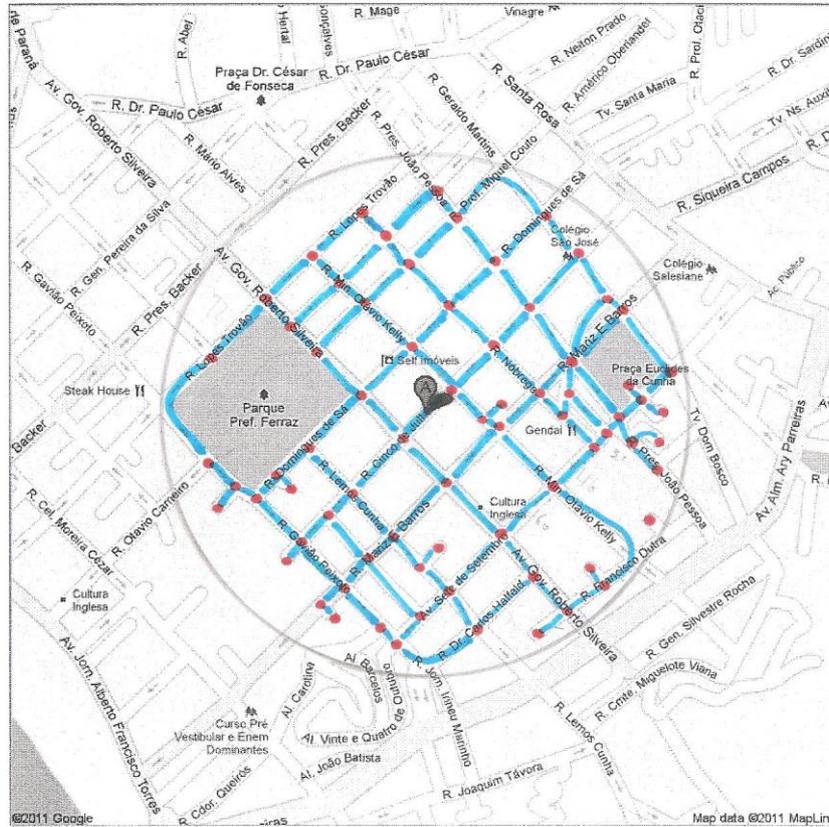
Ruas sem saída – 7

Quarteirões – 37



Endereço R. Cinco de Julho, 304 - Icaraí
Niterói - RJ, 24220-110

Condomínio Sutton Place



Nós – 72

Ligações – 106

Subgrafos – 1

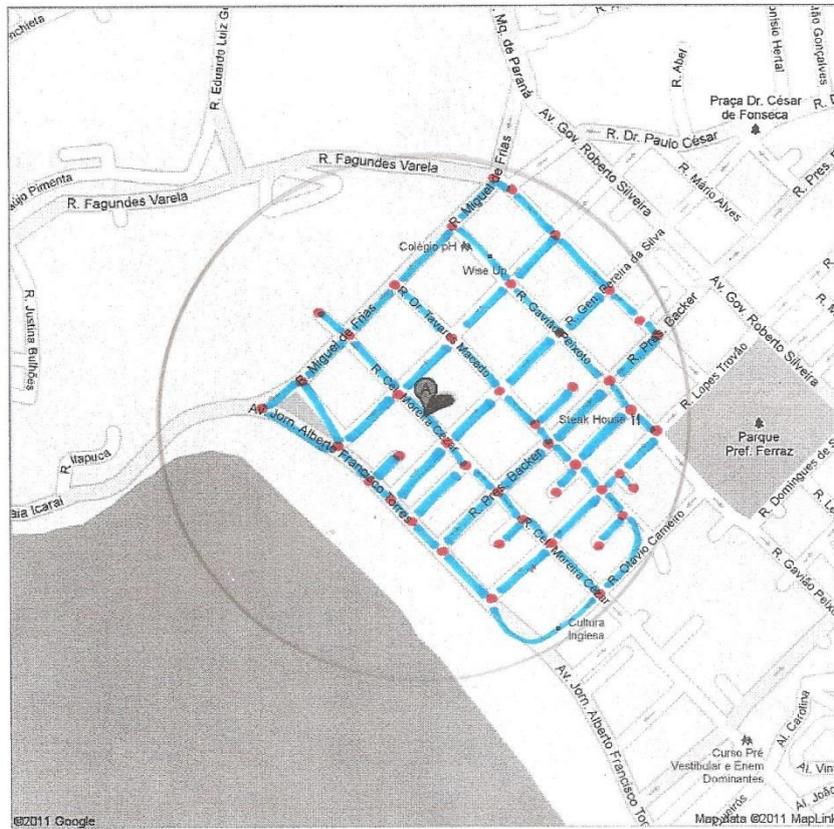
Ruas sem saída – 11

Quarteirões – 36



Endereço R. Cel. Moreira César, 77 - Icaraí
Niterói - RJ, 24230-065

Condomínio Chácara do Abaeté



Nós – 44

Ligações – 63

Subgrafos – 1

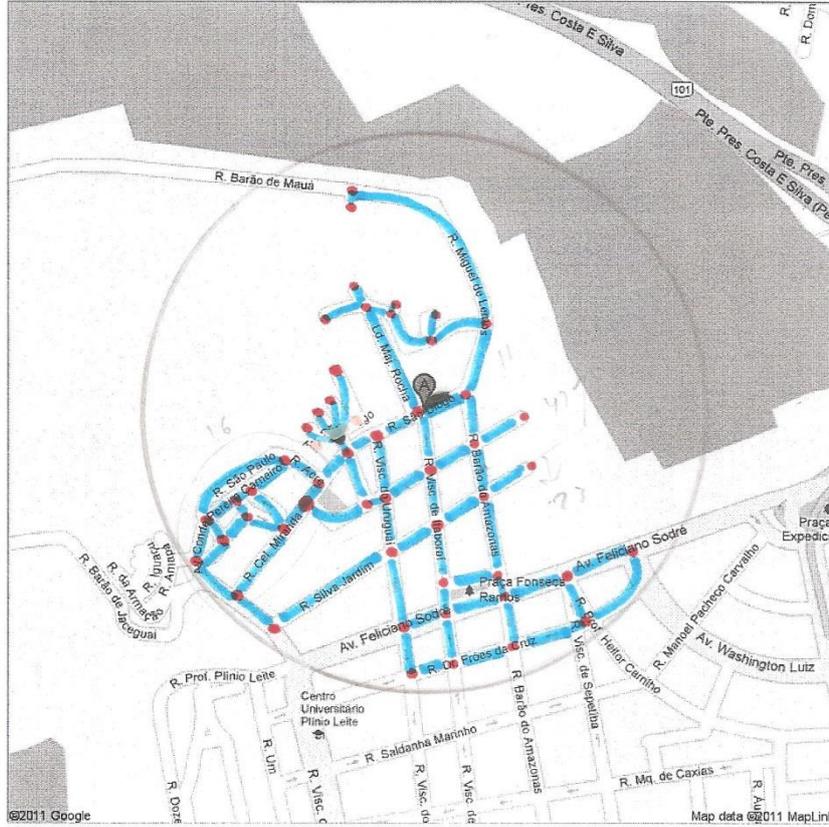
Ruas sem saída – 7

Quarteirões – 20



Endereço R. Visc. de Itaboraí, 1 - Centro
Niterói - RJ, 24030-090

Condomínio Mirante do Rio



Nós – 51

Ligações – 71

Subgrafos – 1

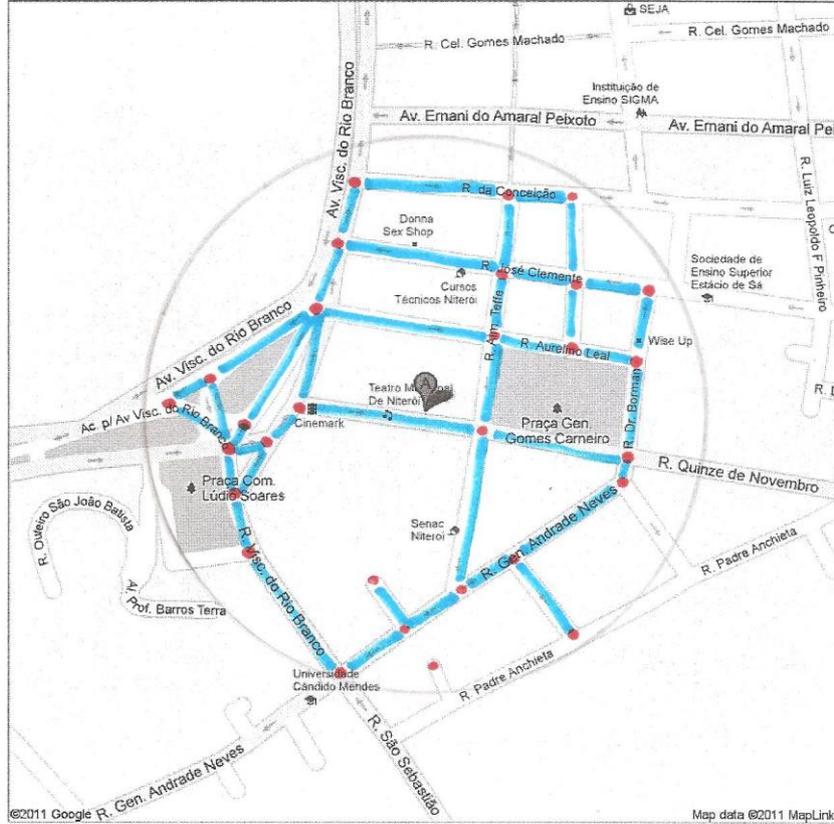
Ruas sem saída – 9

Quarteirões – 21



Endereço R. Quinze de Novembro, 49 -
Morro do Estado
Niterói - RJ, 24020-125

Condomínio Municipal



Nós – 28

Ligações – 40

Subgrafos – 1

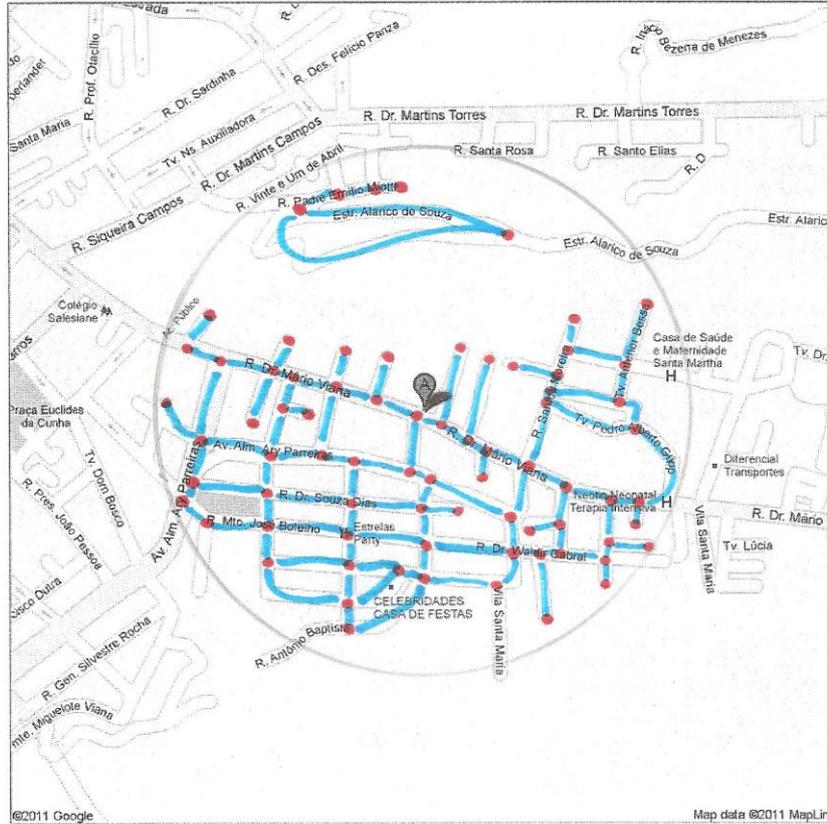
Ruas sem saída – 1

Quarteirões – 13



Endereço R. Dr. Mário Viana, 469 - Santa Rosa
Niterói - RJ, 24241-000

Condomínio Córsega



Nós – 70

Ligações – 91

Subgrafos – 1

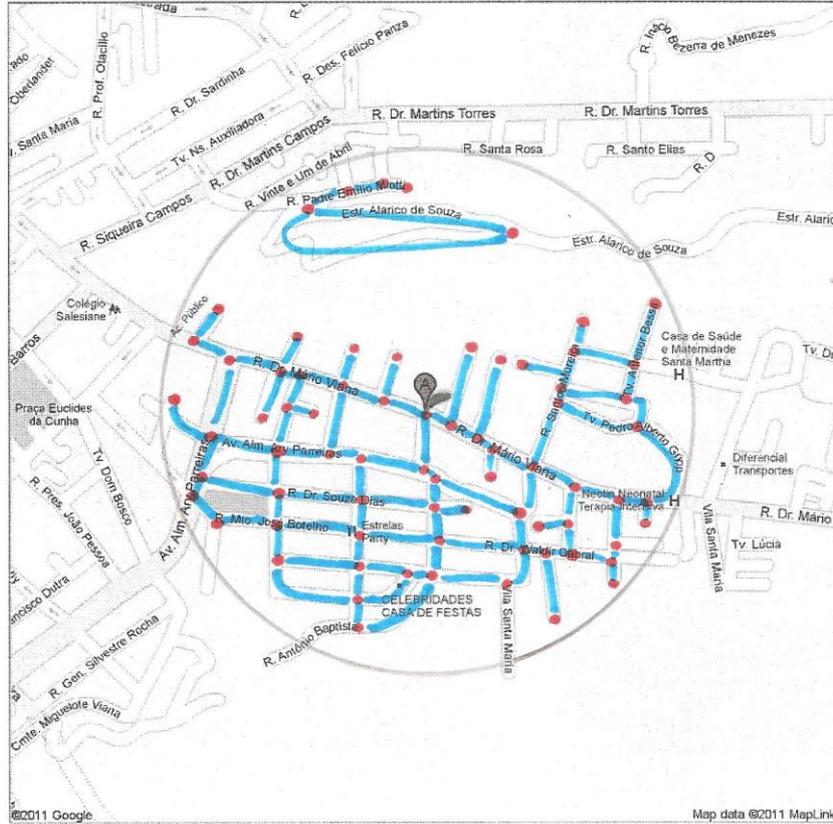
Ruas sem saída – 19

Quarteirões – 22



Endereço R. Dr. Mário Viana, 459 - Santa Rosa
Niterói - RJ, 24241-000

Condomínio Portobello



Nós – 69

Ligações – 90

Subgrafos – 1

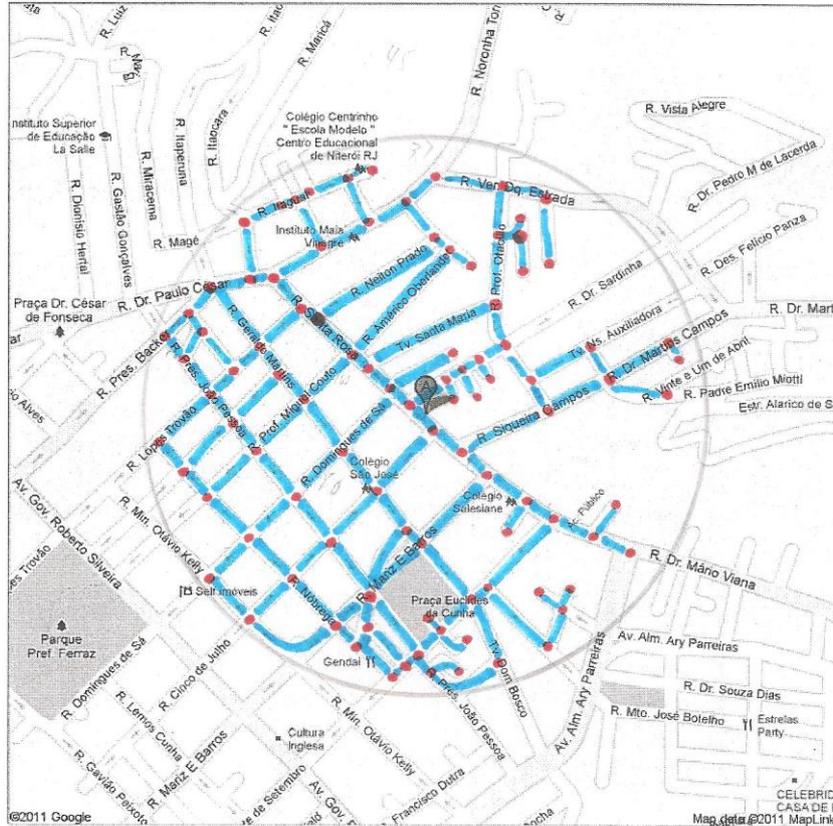
Ruas sem saída – 18

Quarteirões – 22



Endereço R. Santa Rosa, 141 - Santa Rosa
Niterói - RJ, 24220-420

Condomínio Castel Gandolfo



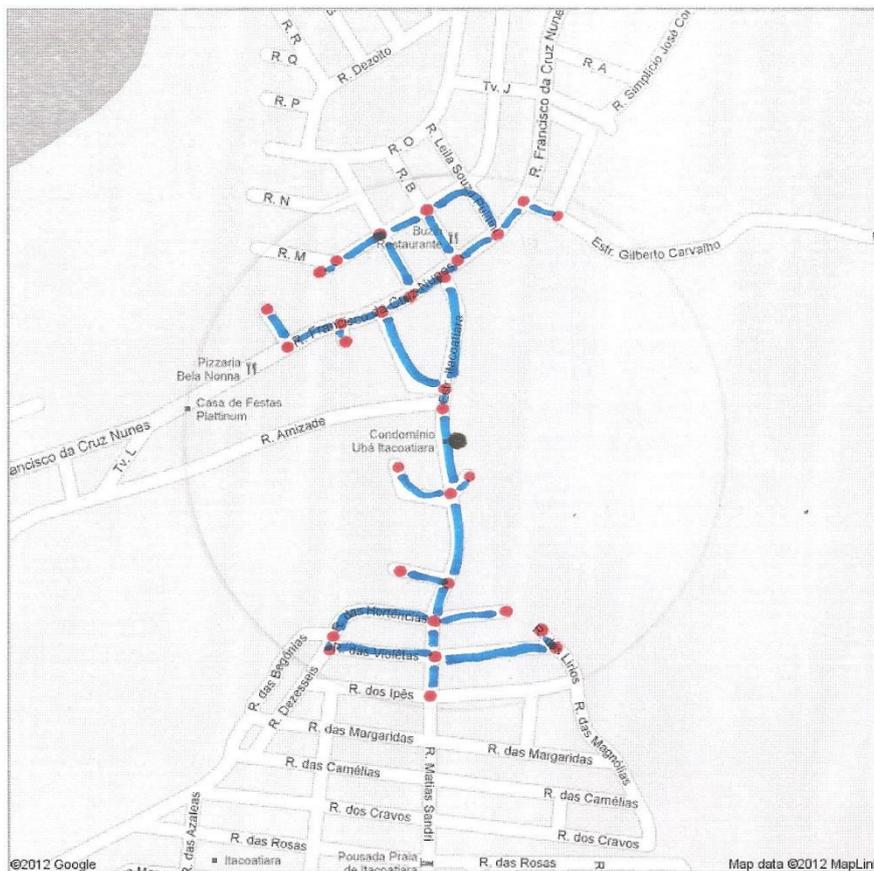
Nós – 97

Ligações – 123

Subgrafos – 1

Ruas sem saída – 17

Quarteirões – 35



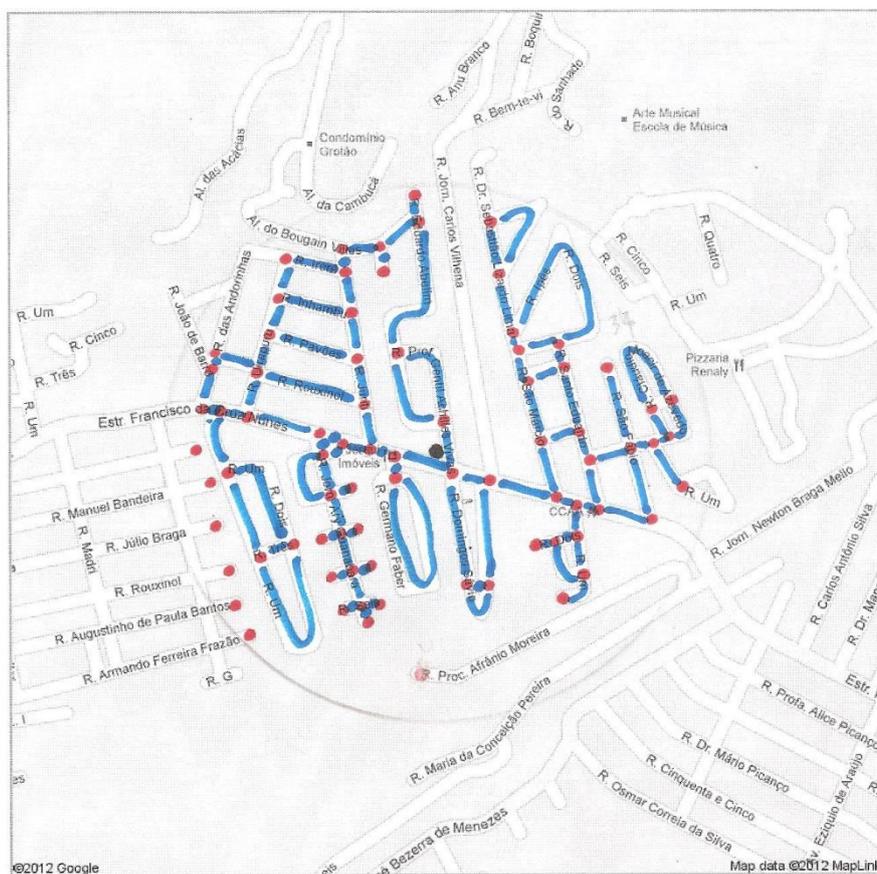
Nós – 30

Ligações – 33

Subgrafos – 1

Ruas sem saída – 8

Quarteirões – 4



Nós – 71

Ligações – 92

Subgrafos – 1

Ruas sem saída – 13

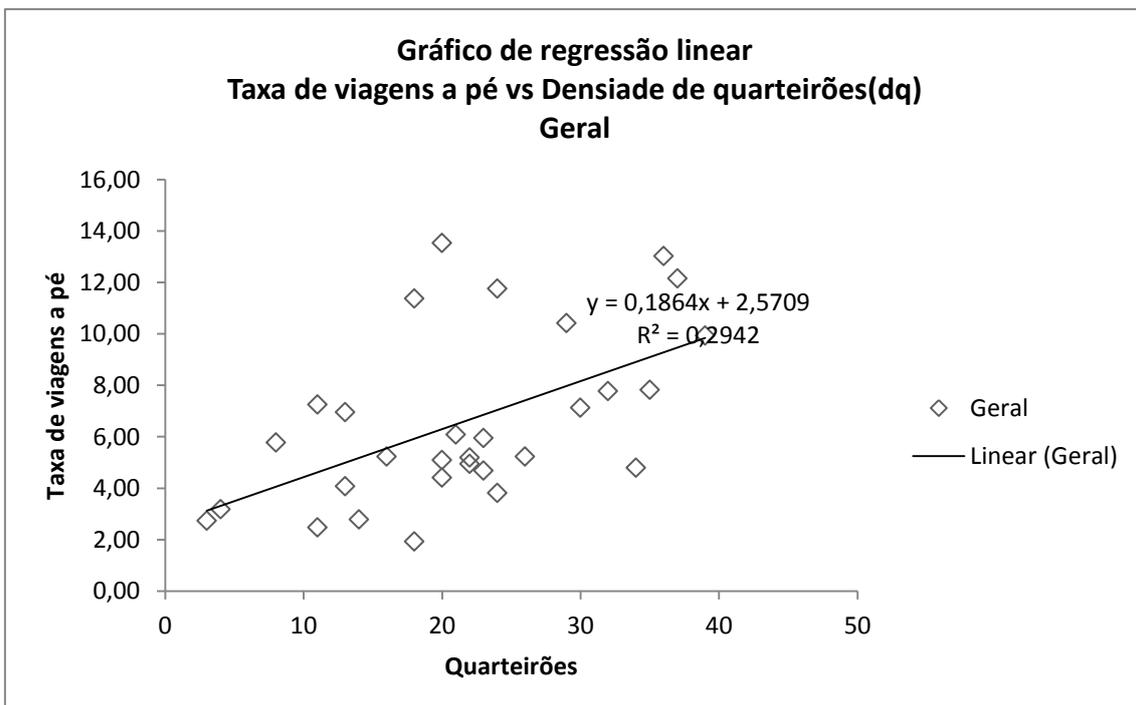
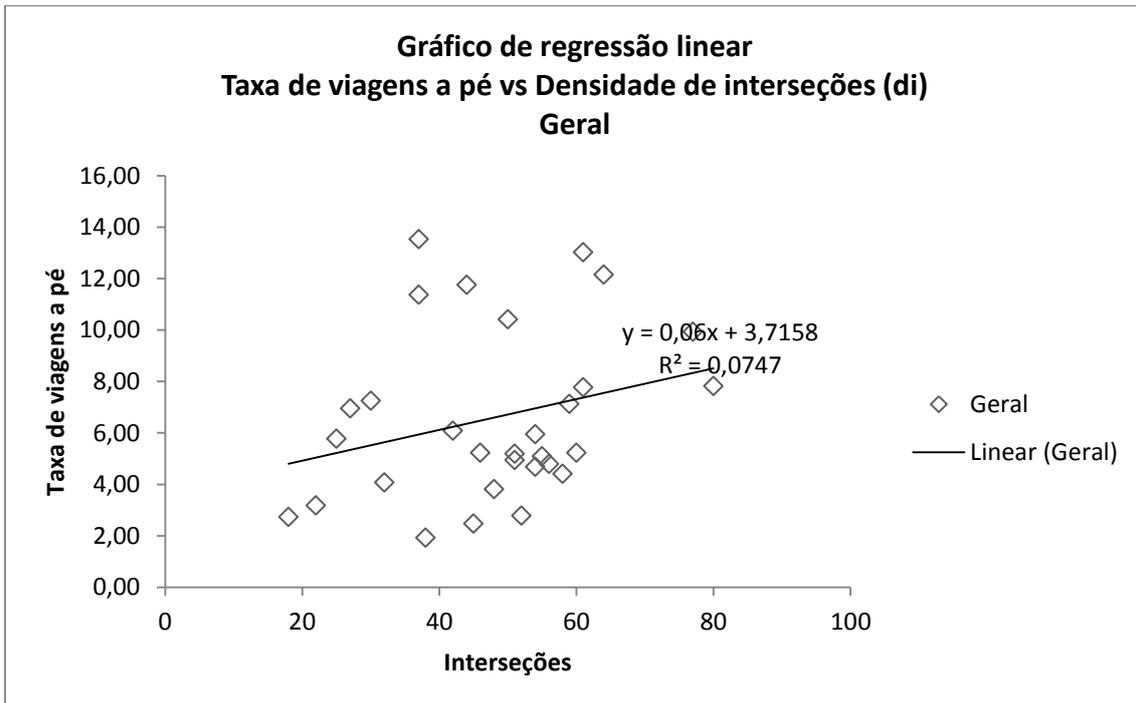
Quarteirões – 20

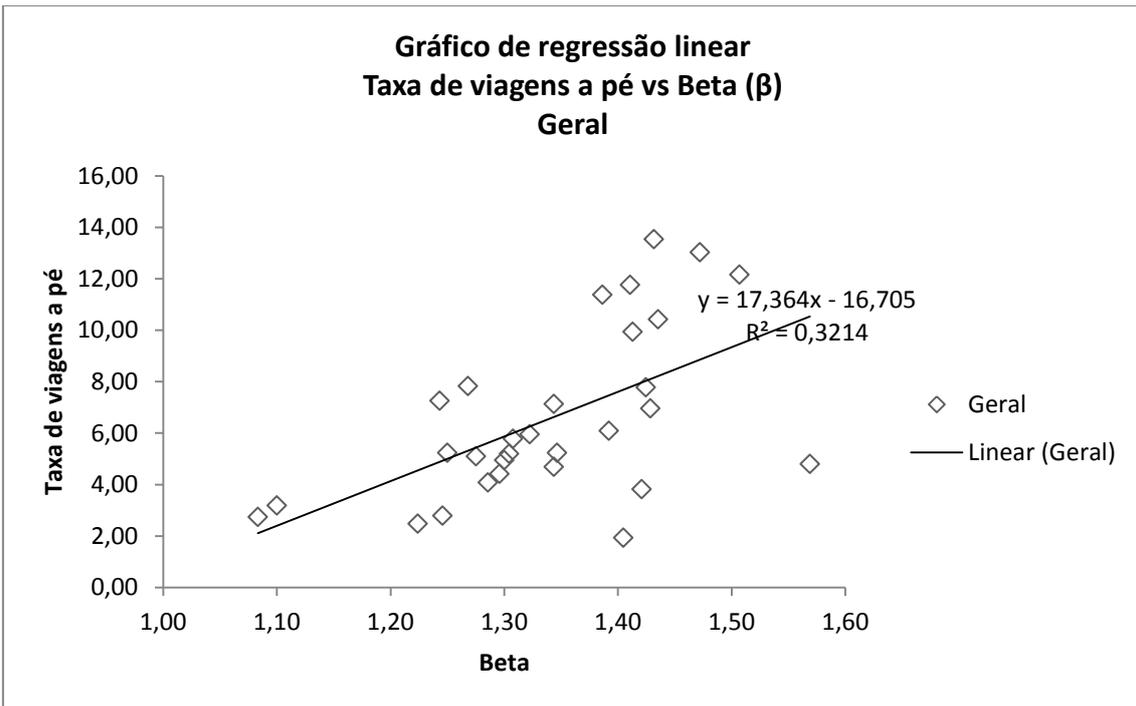
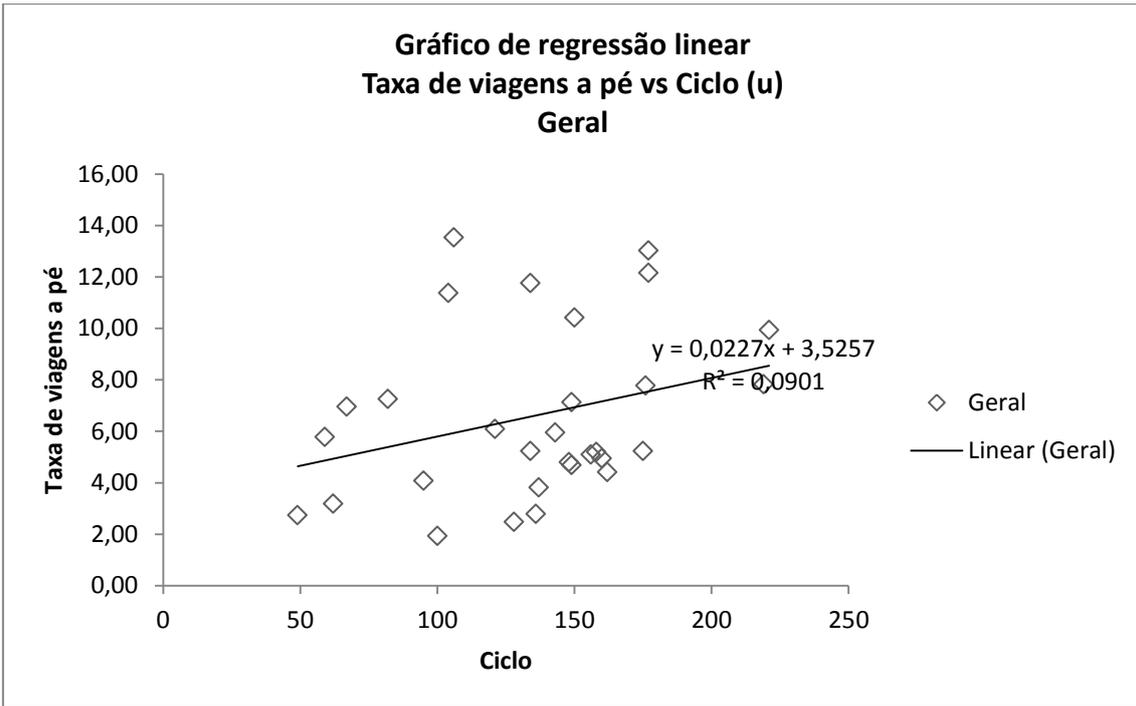
Anexo B (Folha de cálculos dos indicadores)

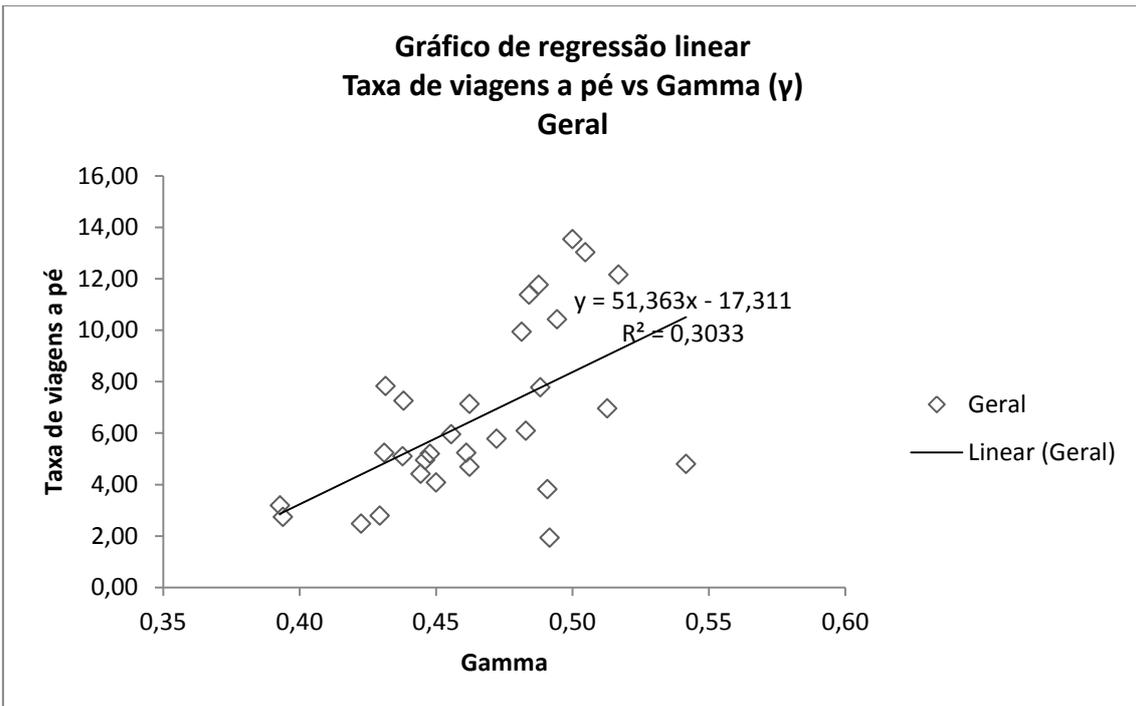
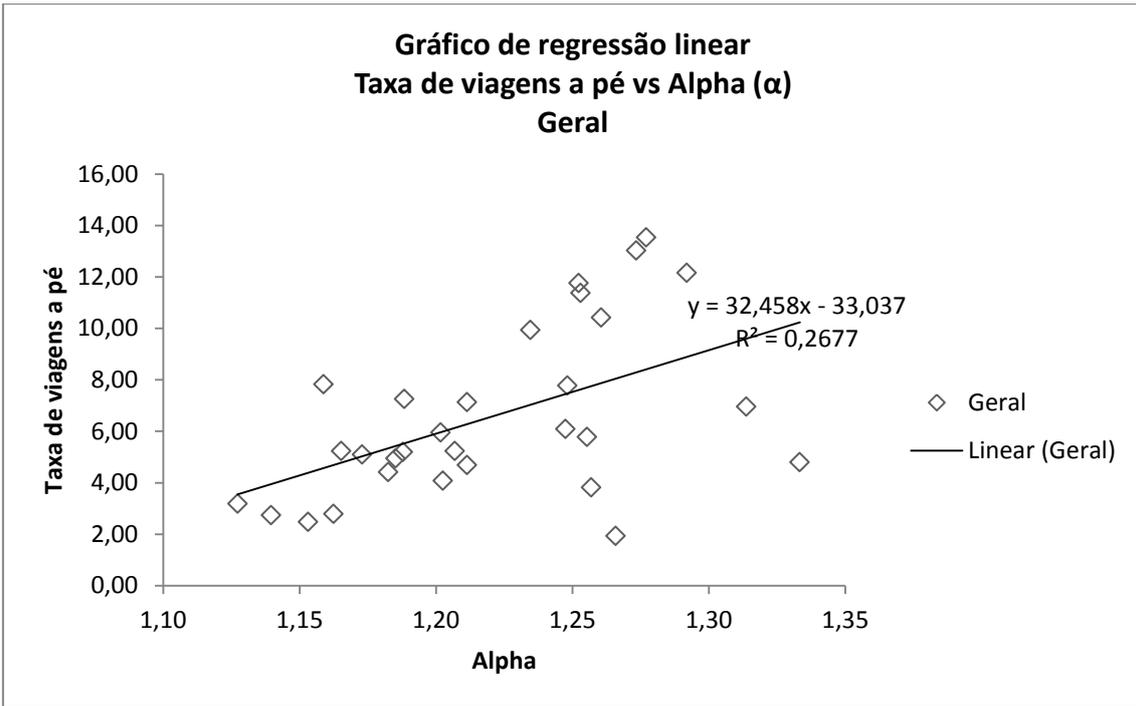
Região	Condomínio	Classe social	Poder aquisitivo	Ocupação das atividades	Uso do solo	Taxa de viagens a pé	(v)	(e)	(p)	(rss)	(q)	Indicadores					
												(di)	(dq)	(u)	(β)	(α)	(γ)
Icaraí	Jardim Icaraí	A	Pequeno	Compacto	Misto	5,23	75	101	1	15	26	60	26	175	1,35	1,21	0,46
Icaraí	Ed. Courchevel	A	Médio	Compacto	Misto	5,95	62	82	1	8	23	54	23	143	1,32	1,20	0,46
Icaraí	Saint Paul	A	Médio	Compacto	Misto	7,13	64	86	1	5	30	59	30	149	1,34	1,21	0,46
Icaraí	Summer Time	A	Médio	Compacto	Misto	7,25	37	46	1	7	11	30	11	82	1,24	1,19	0,44
Icaraí	Park Avenue	A	Médio	Compacto	Misto	7,78	73	104	1	12	32	61	32	176	1,42	1,25	0,49
Icaraí	Villa D'Este	A	Médio	Compacto	Misto	9,94	92	130	1	15	39	77	39	221	1,41	1,23	0,48
Icaraí	Ed. Itaparica	A	Médio	Compacto	Misto	10,42	62	89	1	12	29	50	29	150	1,44	1,26	0,49
Icaraí	Jd. Das Tulipas e das Acácias	A	Grande	Compacto	Misto	11,37	44	61	1	7	18	37	18	104	1,39	1,25	0,48
Icaraí	Ed. Bonneville	A	Médio	Compacto	Misto	11,76	56	79	1	12	24	44	24	134	1,41	1,25	0,49
Icaraí	Bernini	A	Grande	Compacto	Misto	12,16	71	107	1	7	37	64	37	177	1,51	1,29	0,52
Icaraí	Sutton Place	A	Grande	Compacto	Misto	13,03	72	106	1	11	36	61	36	177	1,47	1,27	0,50
Icaraí	Chácara do Abaeté	A	Grande	Compacto	Misto	13,53	44	63	1	7	20	37	20	106	1,43	1,28	0,50
Centro	Marques de Olinda	C	Pequeno	Compacto	Comercial	3,82	57	81	1	9	24	48	24	137	1,42	1,26	0,49
Centro	Solar da Tamarineira	C	Grande	Compacto	Comercial	4,07	42	54	1	10	13	32	13	95	1,29	1,20	0,45
Centro	Residencial Center	C	Pequeno	Compacto	Comercial	4,68	64	86	1	10	23	54	23	149	1,34	1,21	0,46
Centro	Porto Central	C	Médio	Compacto	Comercial	4,80	58	91	1	2	34	56	34	148	1,57	1,33	0,54
Centro	Mirante do Rio	C	Médio	Compacto	Comercial	6,09	51	71	1	9	21	42	21	121	1,39	1,25	0,48
Centro	Municipal	C	Pequeno	Compacto	Comercial	6,95	28	40	1	1	13	27	13	67	1,43	1,31	0,51
Santa Rosa	Vivenda Santa Rosa	B	Médio	Compacto	Misto	2,73	24	26	1	6	3	18	3	49	1,08	1,14	0,39
Santa Rosa	Córsega	B	Médio	Compacto	Misto	4,95	70	91	1	19	22	51	22	160	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Vila Albani	B	Médio	Compacto	Misto	5,09	69	88	1	14	20	55	20	156	1,28	1,17	0,44
Santa Rosa	Portobello	B	Médio	Compacto	Misto	5,19	69	90	1	18	22	51	22	158	1,30	1,19	0,45
Santa Rosa	Ciudad de Vigo	B	Pequeno	Compacto	Misto	5,23	60	75	1	14	16	46	16	134	1,25	1,17	0,43
Santa Rosa	Castel Gandolfo	B	Médio	Compacto	Misto	7,82	97	123	1	17	35	80	35	219	1,27	1,16	0,43
Oceânica	Ubá II	B	Grande	Espraiado	Residencial	1,93	42	59	1	4	18	38	18	100	1,40	1,27	0,49

Oceânica	Grotão	B	Grande	Espraiado	Residencial	2,48	58	71	1	13	11	45	11	128	1,22	1,15	0,42
Oceânica	Green Park	B	Grande	Espraiado	Residencial	2,78	61	76	1	9	14	52	14	136	1,25	1,16	0,43
Oceânica	Ubá Itacoatiara	B	Grande	Espraiado	Residencial	3,18	30	33	1	8	4	22	4	62	1,10	1,13	0,39
Oceânica	Aldeia	B	Grande	Espraiado	Residencial	4,41	71	92	1	13	20	58	20	162	1,30	1,18	0,44
Oceânica	Ubá I	B	Grande	Espraiado	Residencial	5,78	26	34	1	1	8	25	8	59	1,31	1,26	0,47

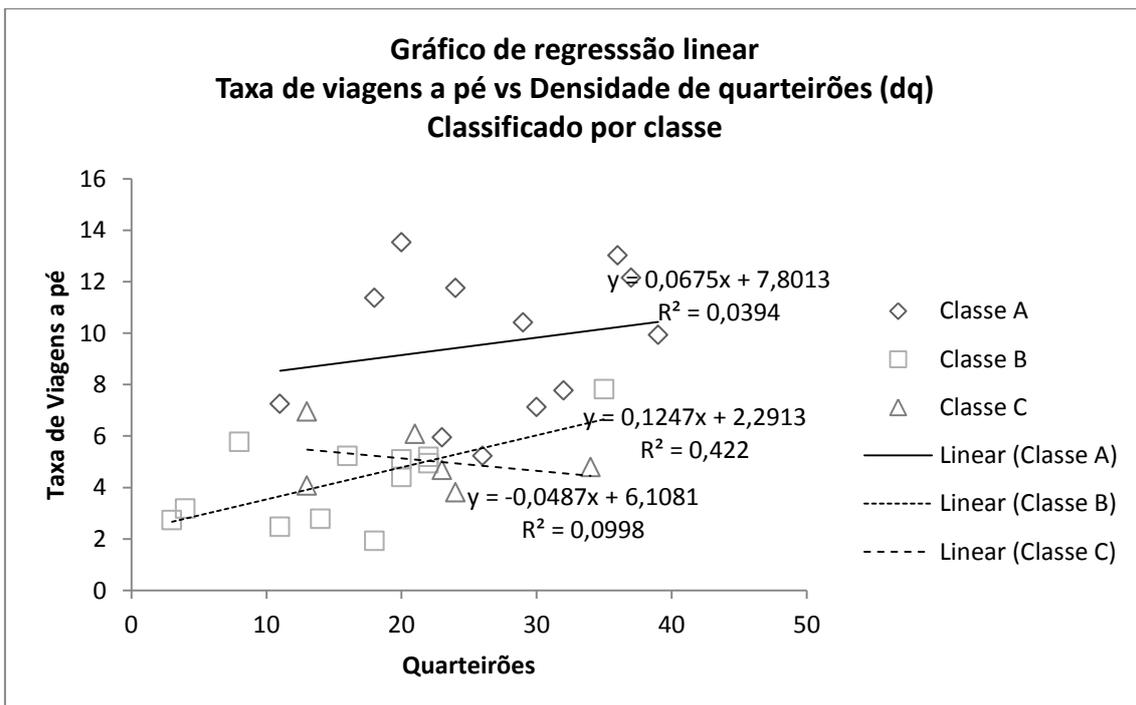
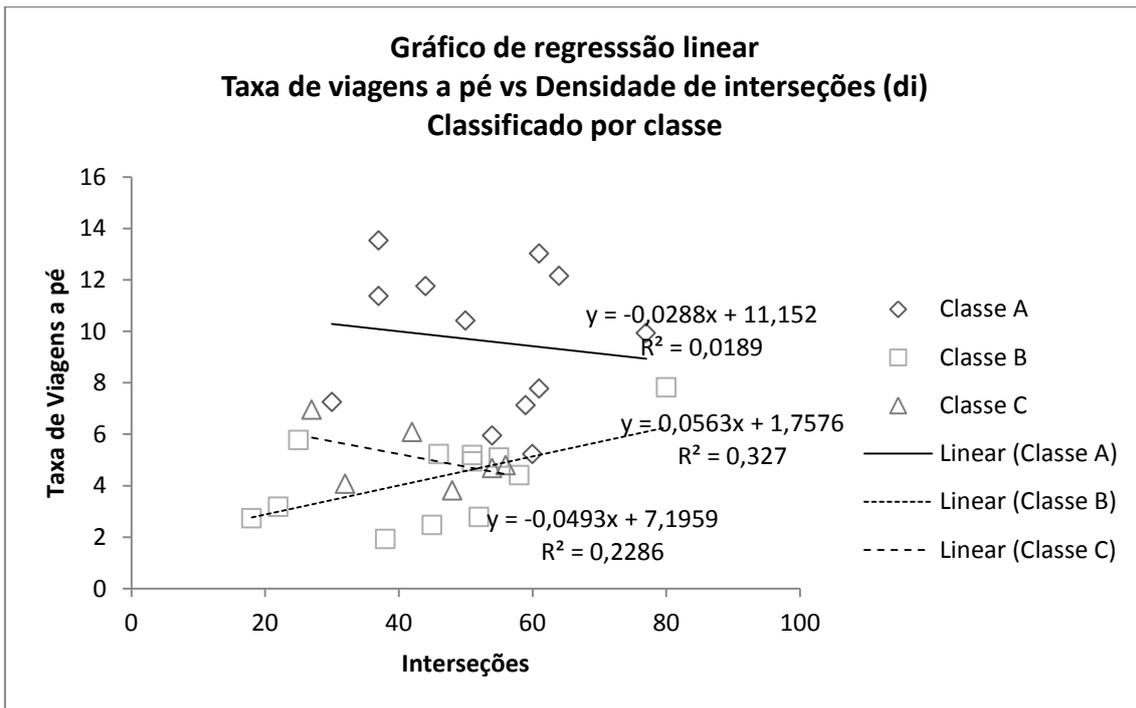
Anexo C (Gráficos de regressão linear)
Análise Geral

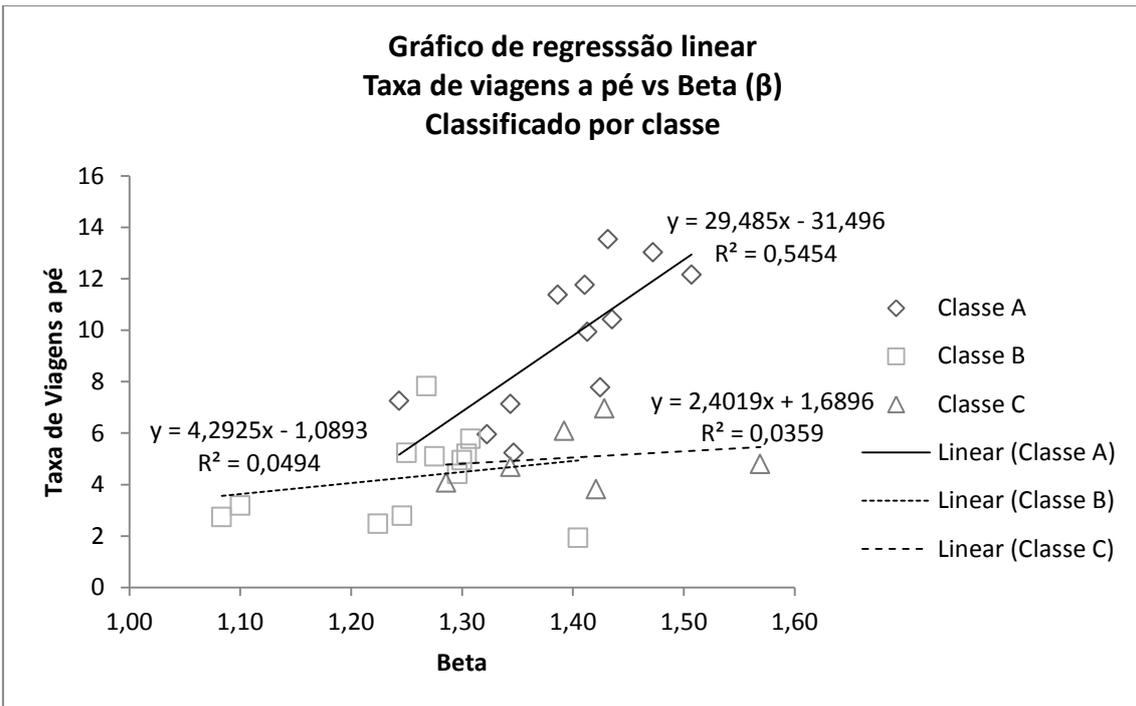
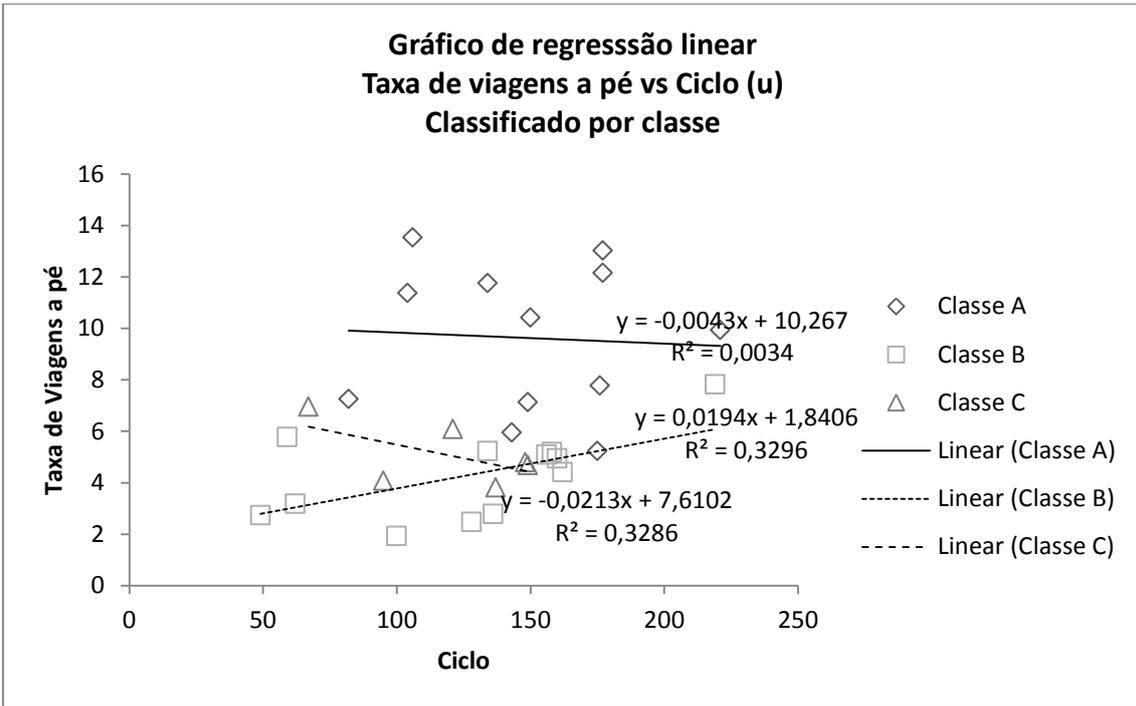


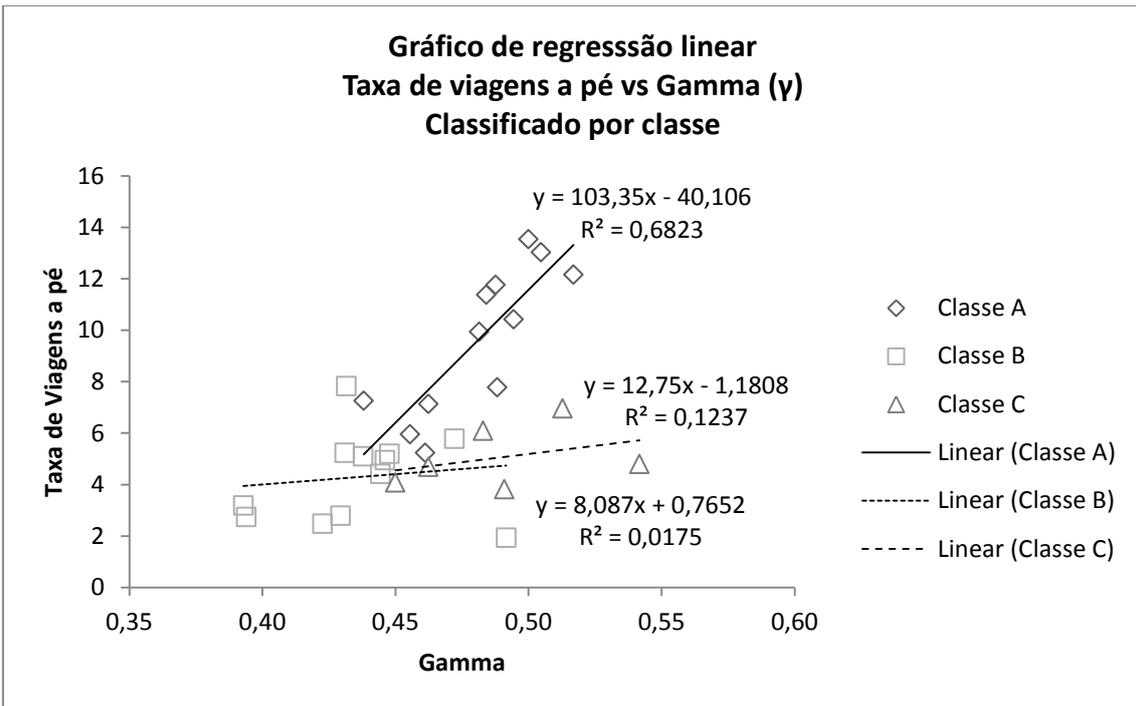
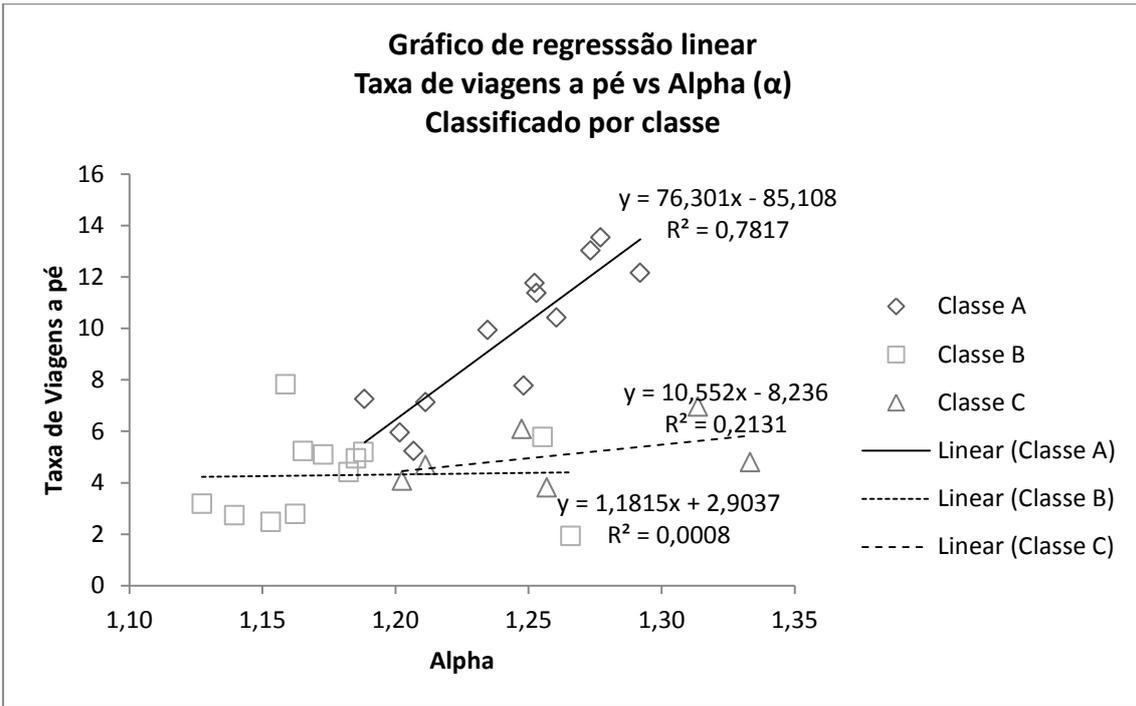




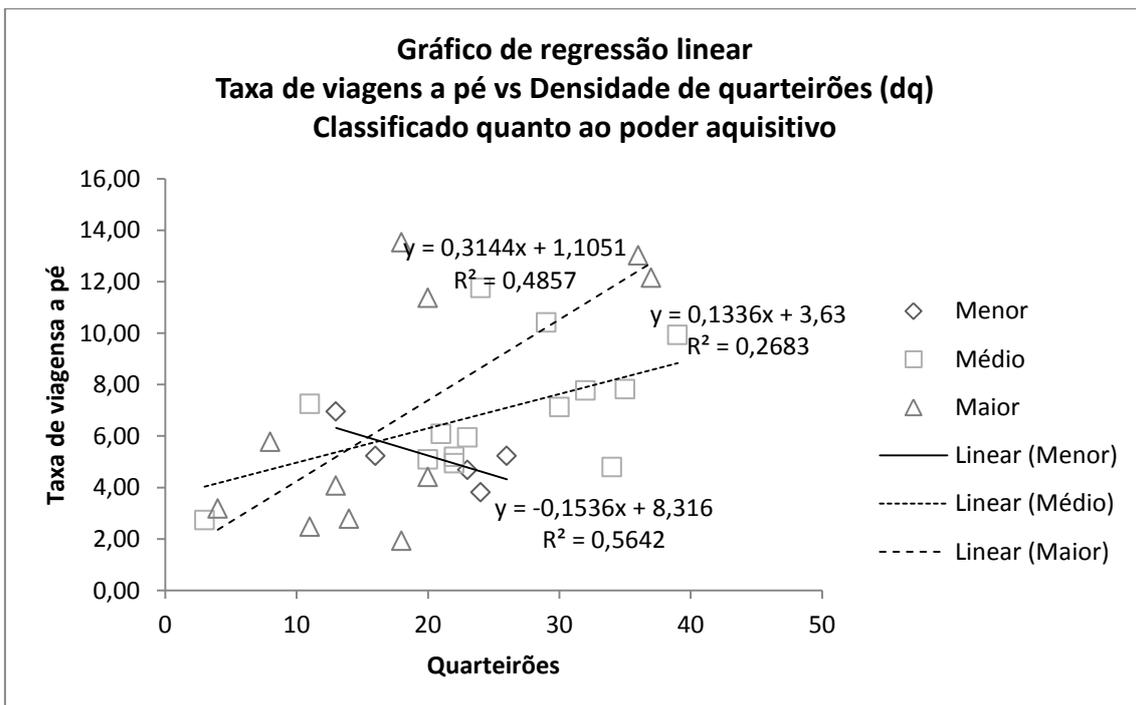
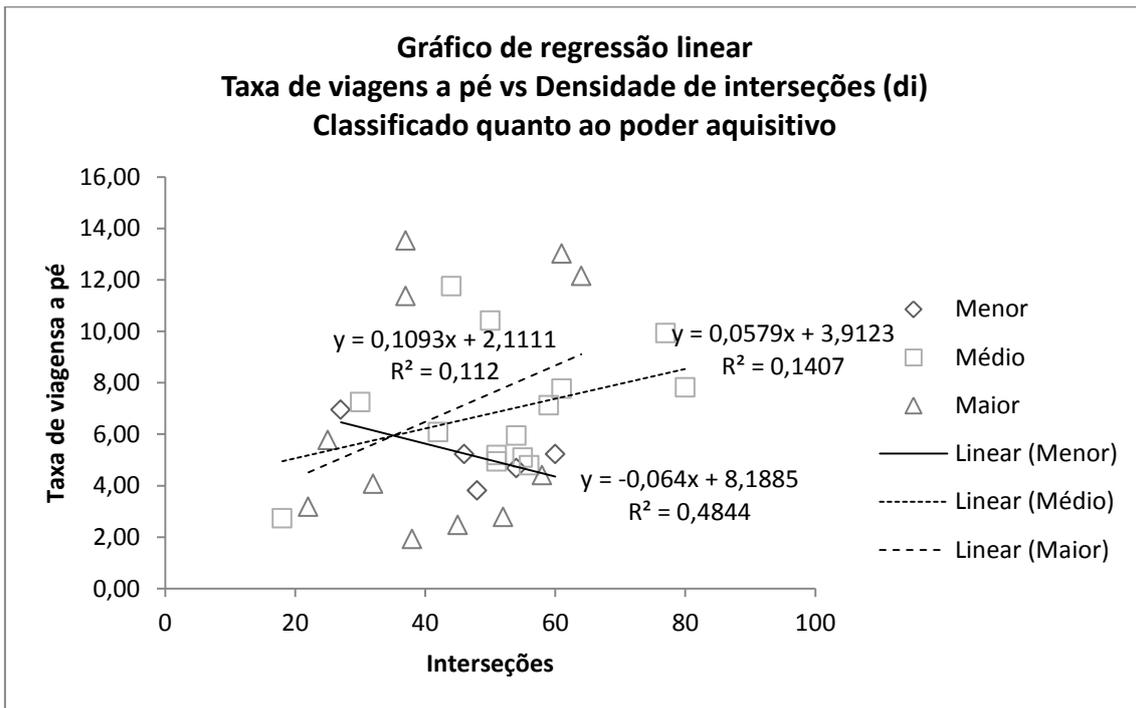
Análise quanto a Classe social

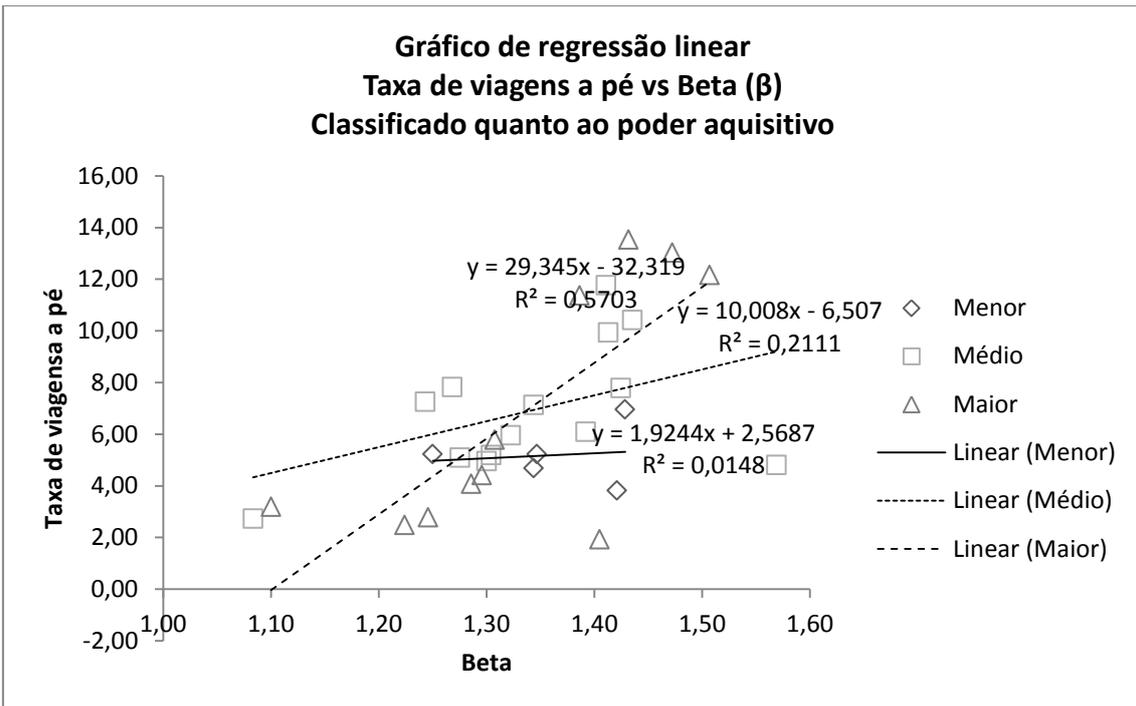
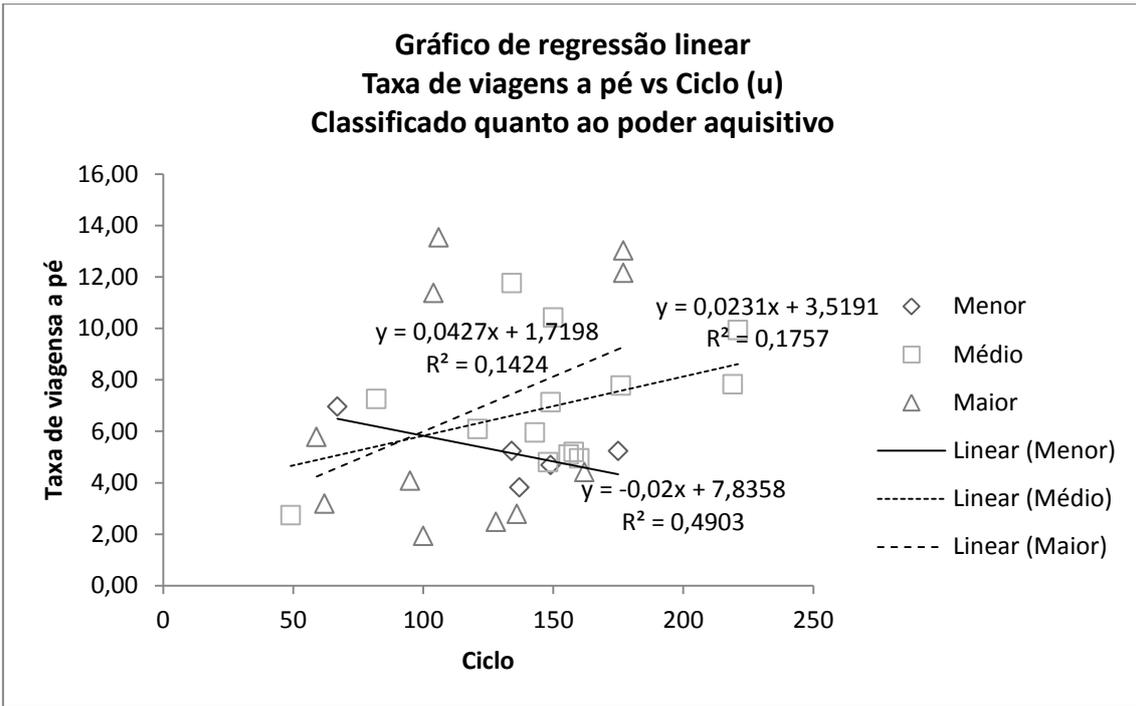


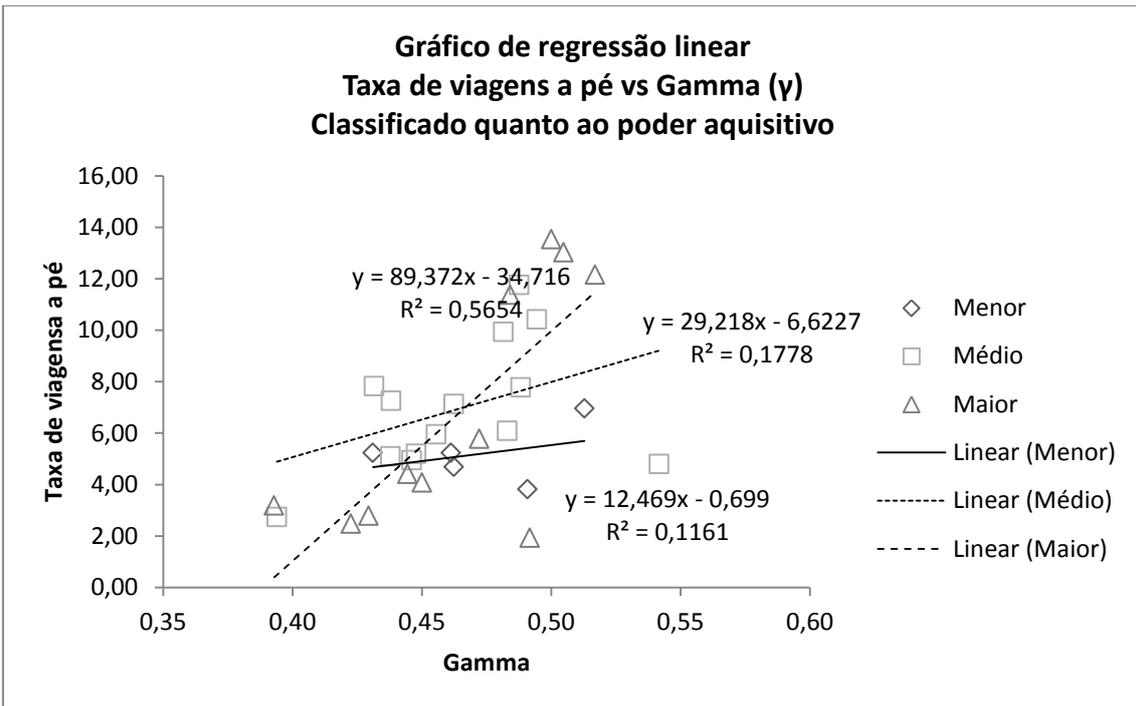
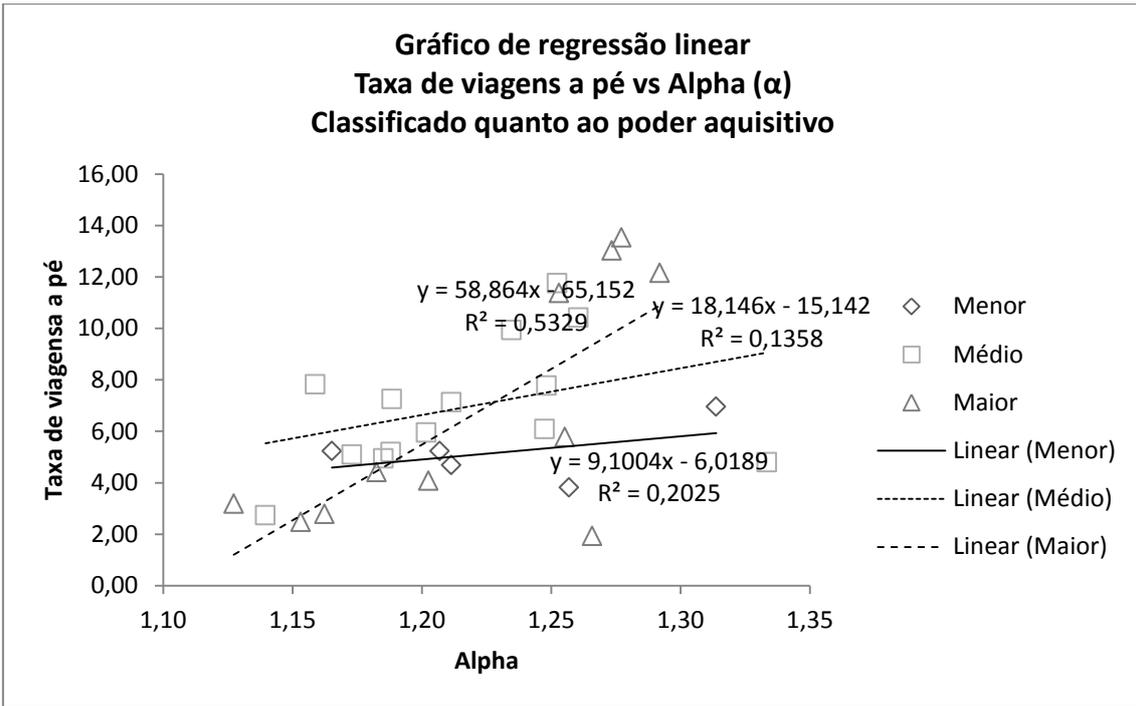




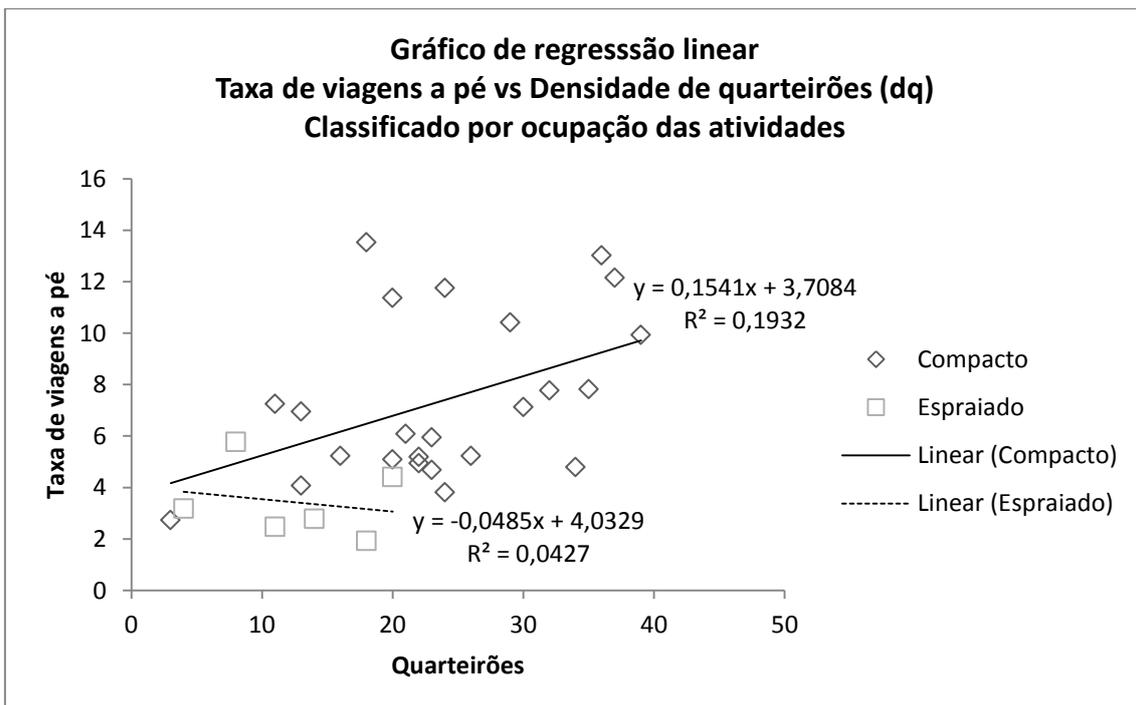
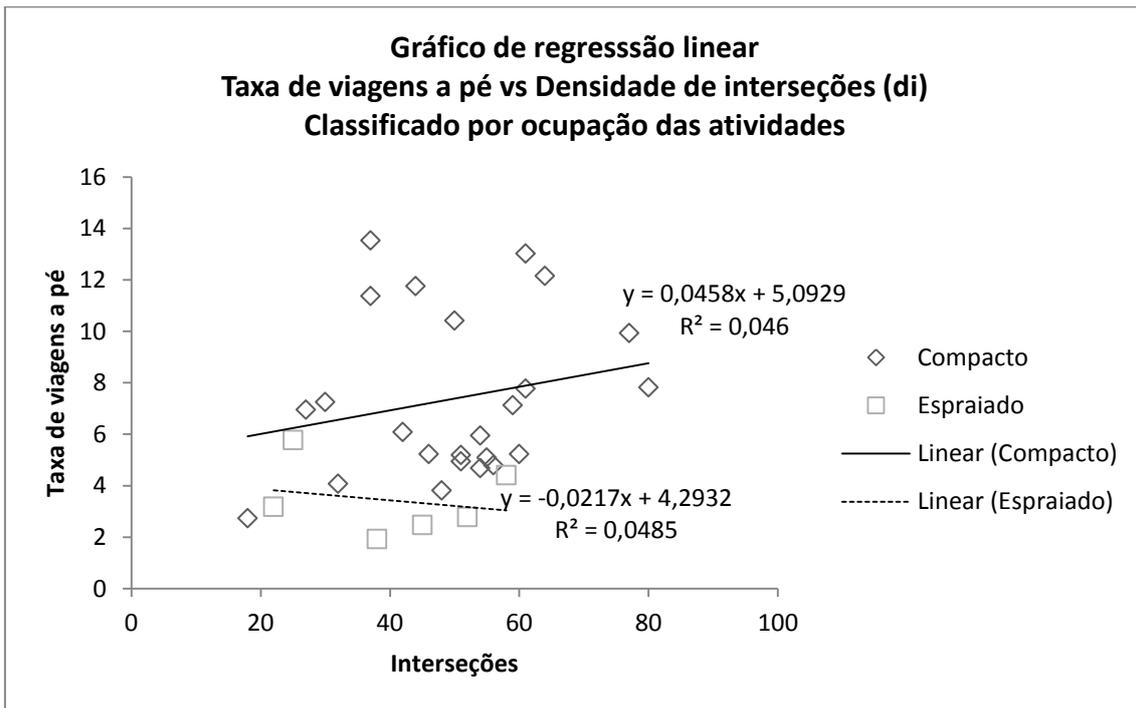
Análise quanto ao Poder Aquisitivo

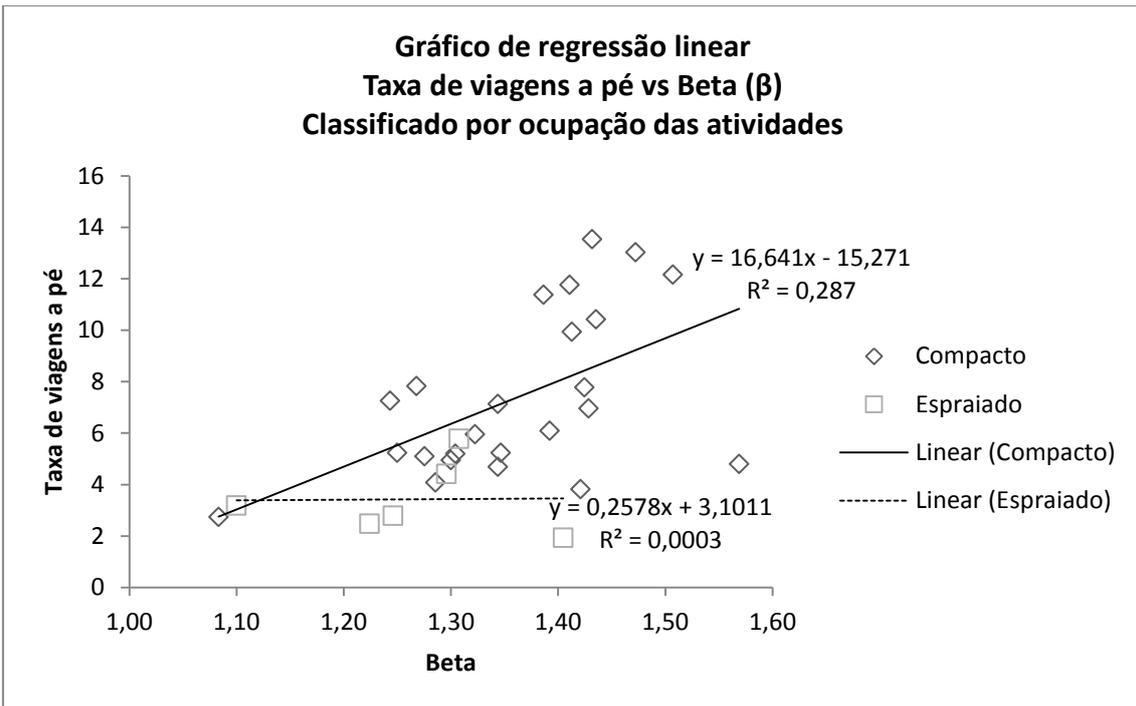
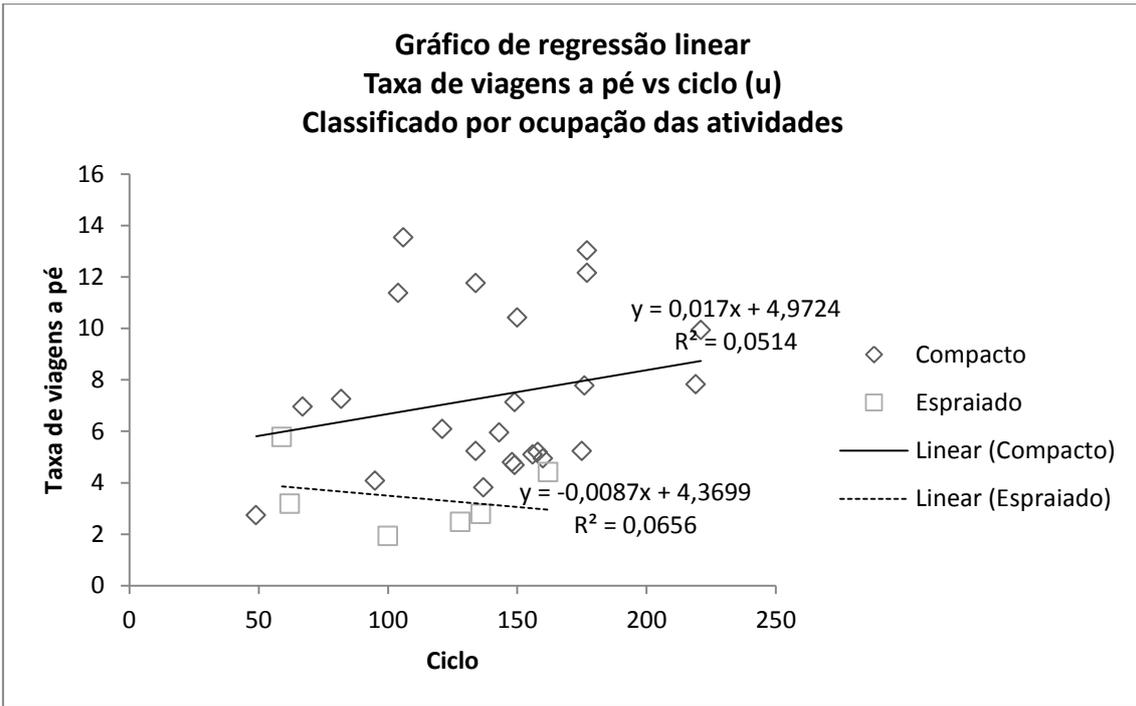


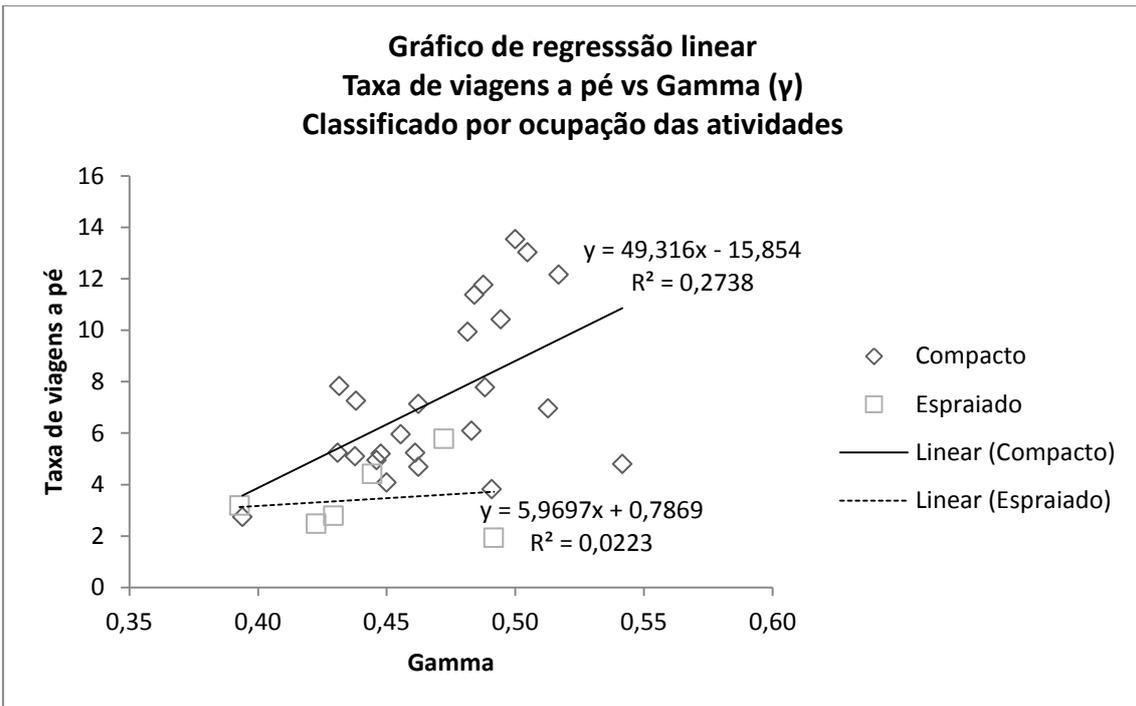
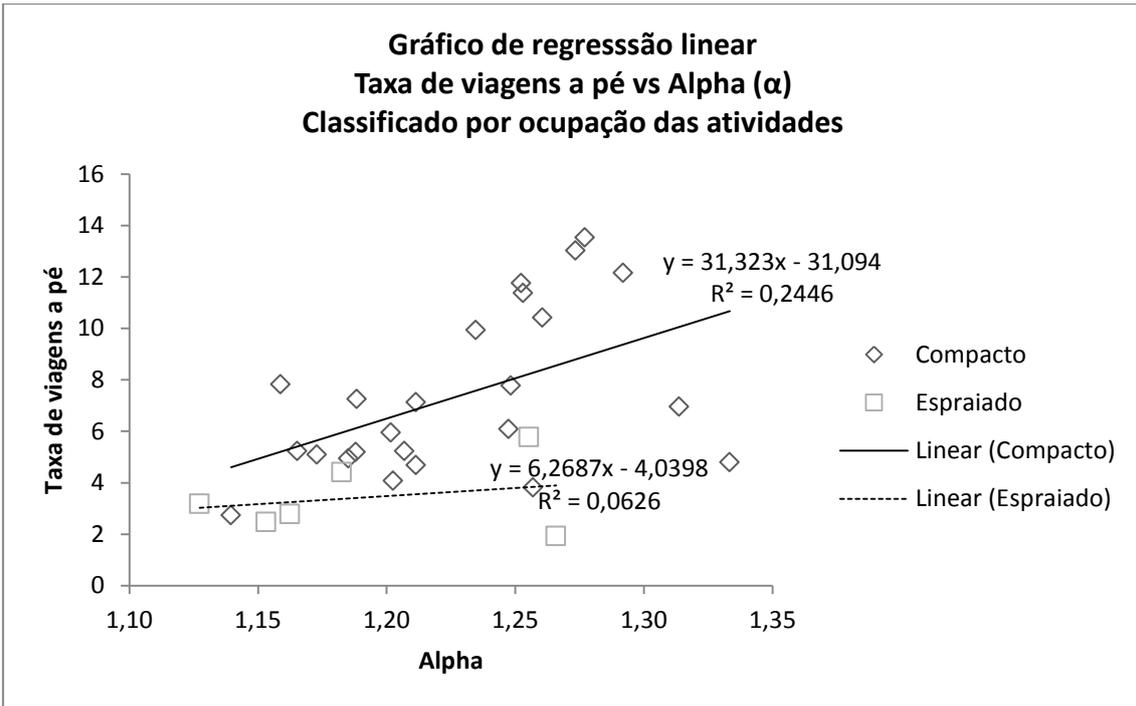




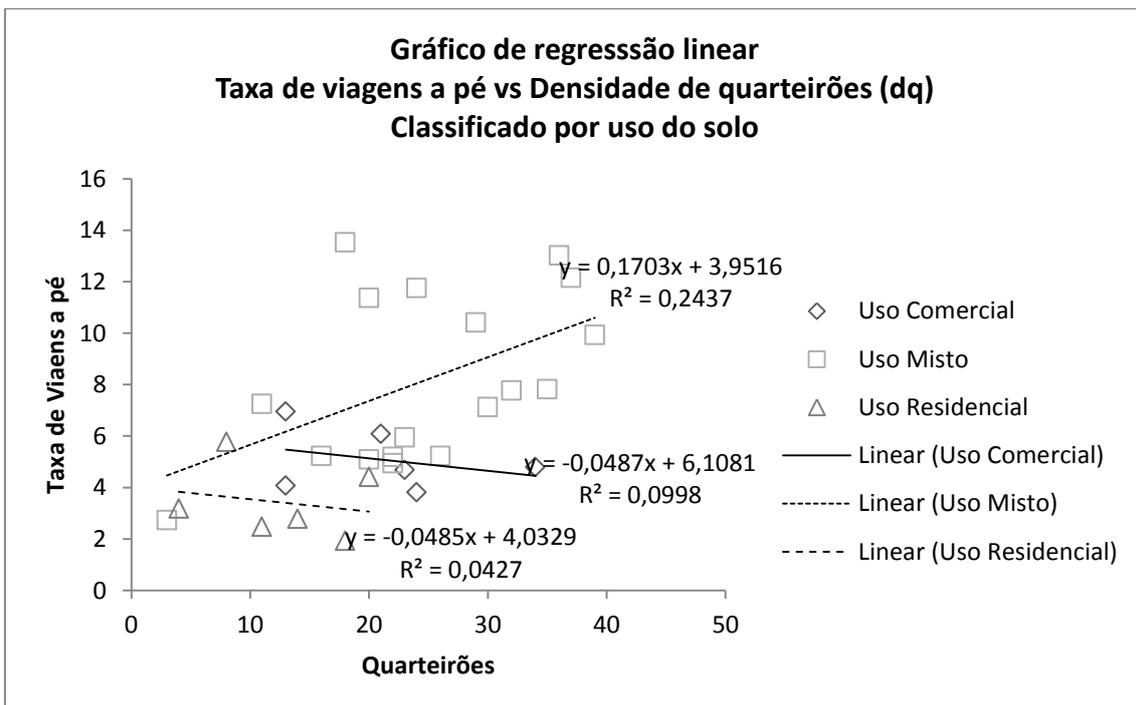
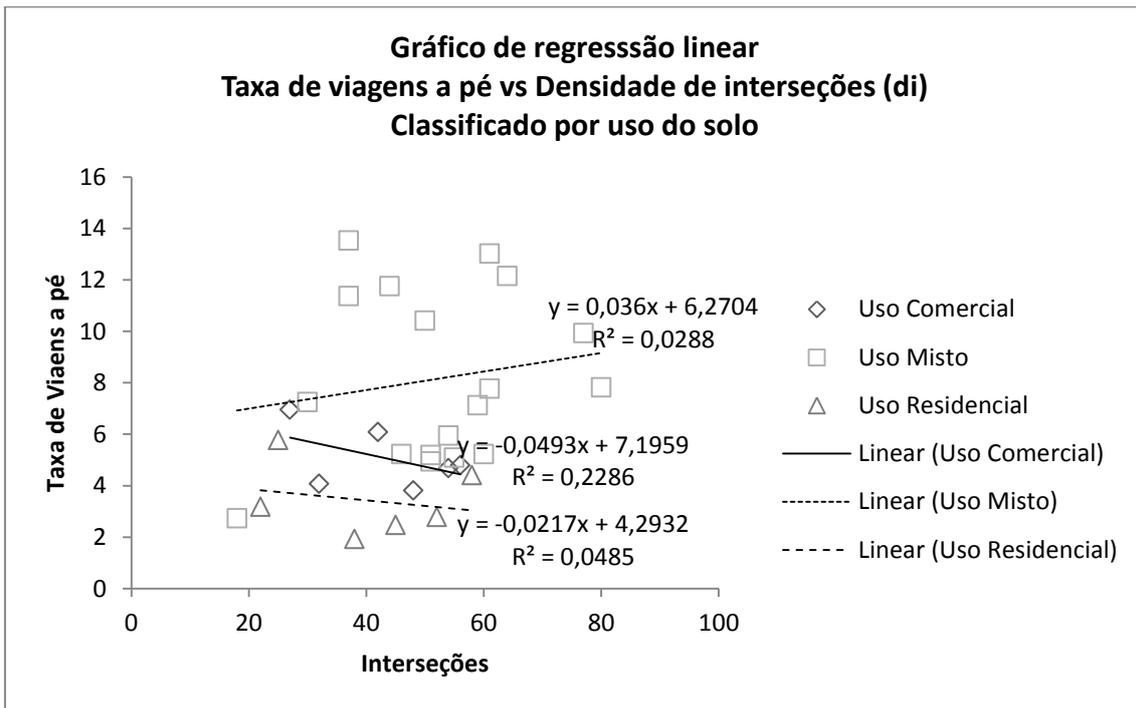
Análise quanto à ocupação das Atividades

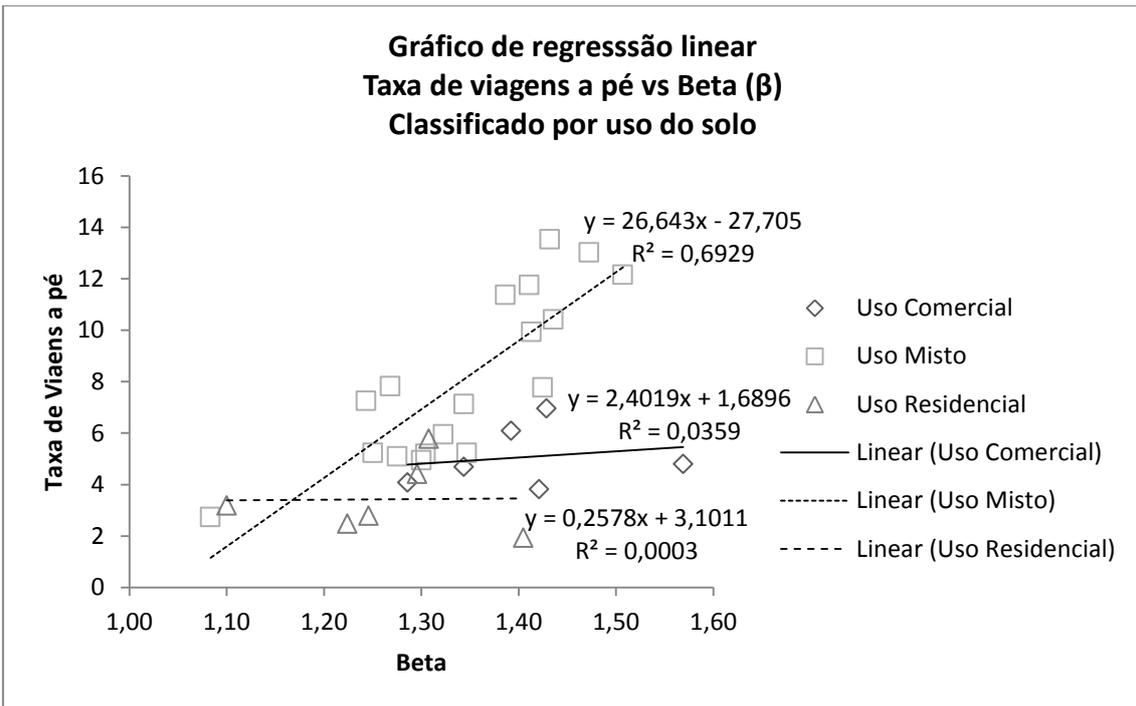
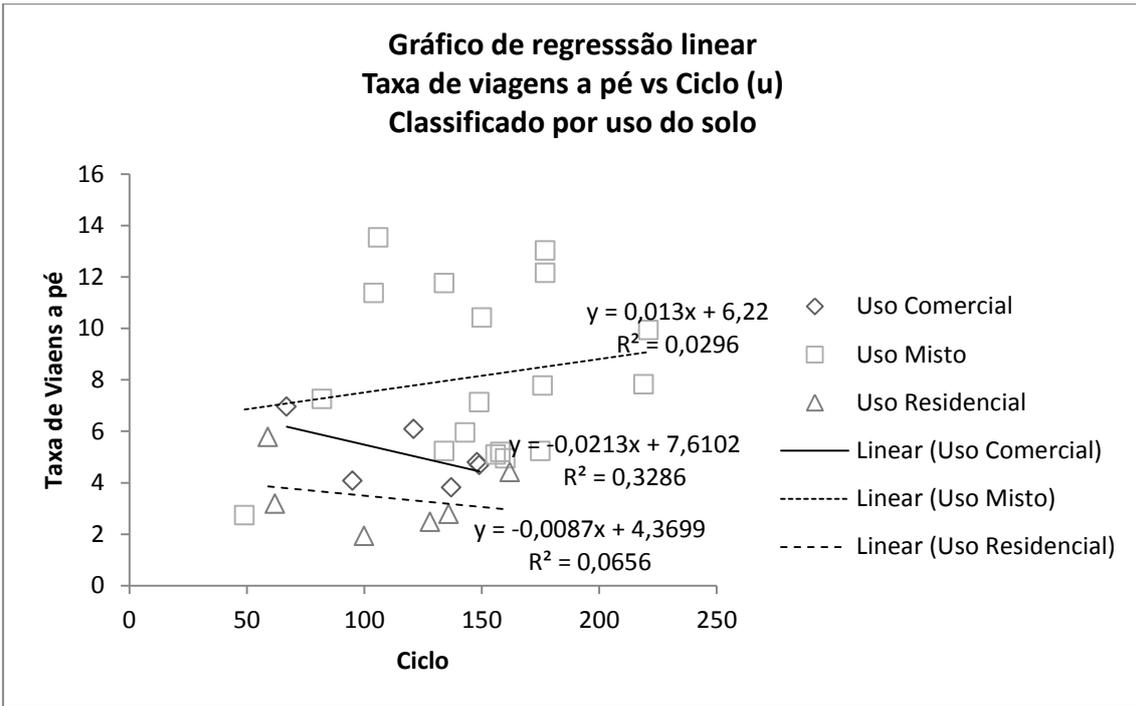


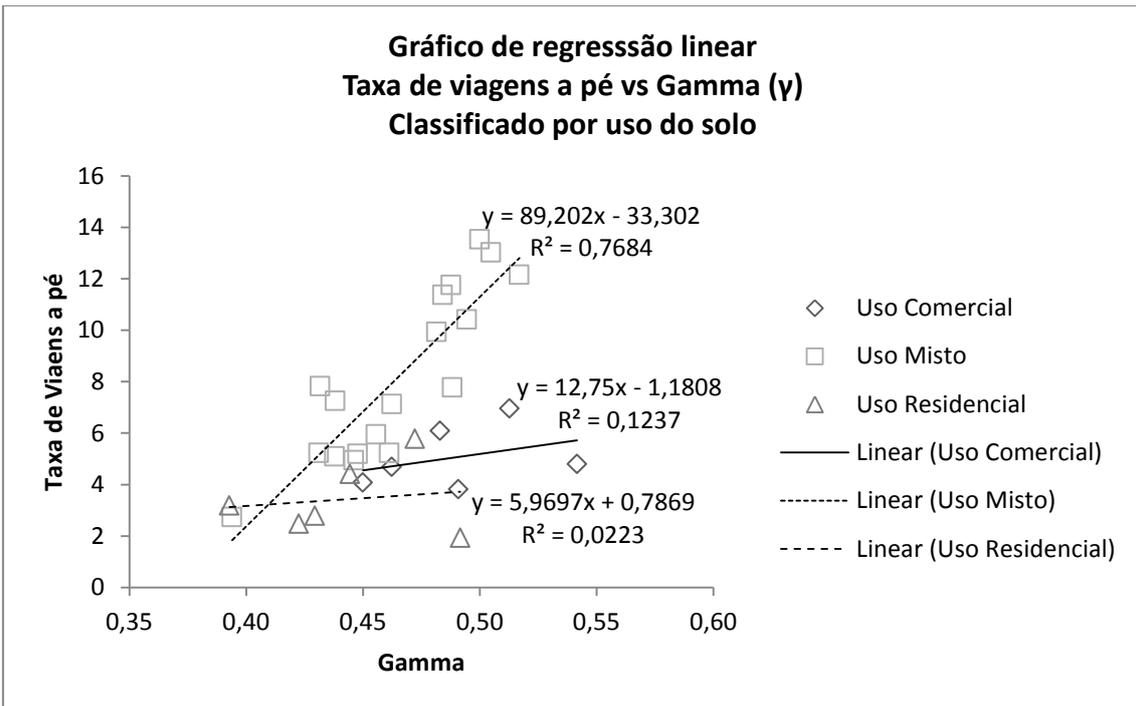
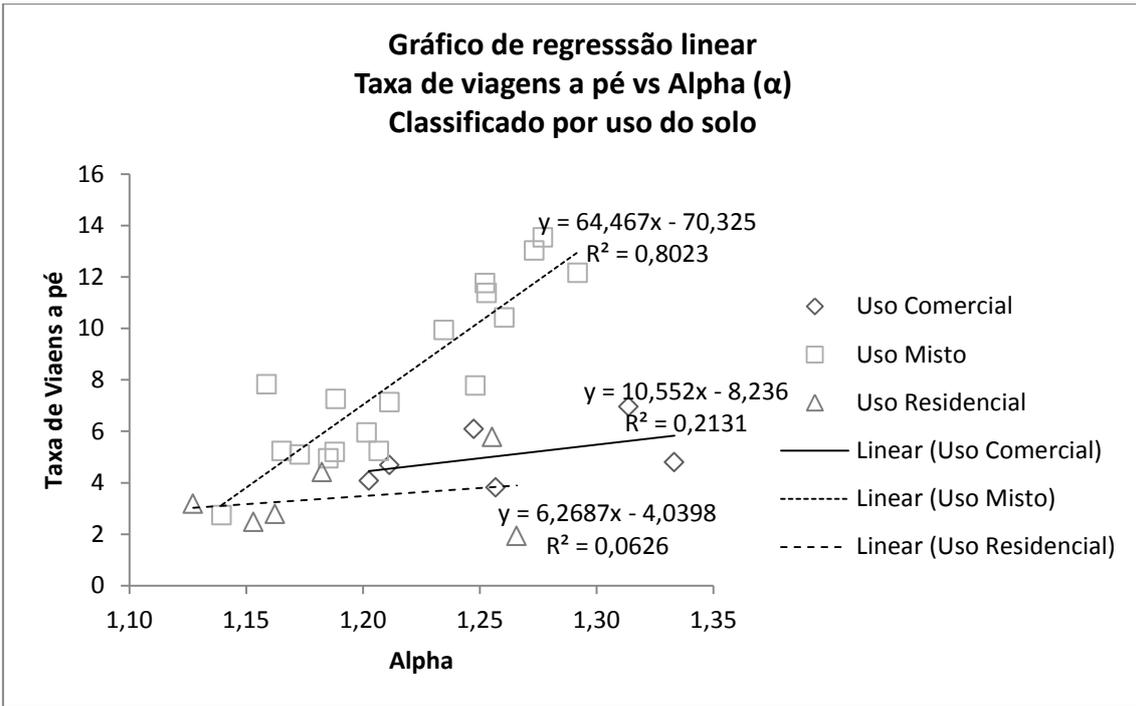




Análise quanto ao Uso do solo







Anexo D (Descrição e localização dos condomínios)

ZONAS	CONDOMÍNIOS	ENDEREÇO	DATA	UNIDADES OCUPADAS	VAGAS	QUARTOS	CARACTERÍSTICAS
Icaraí	Itaparica	R. Gal. Pereira da Silva 137	07/10/2010	125	126	2 e 3	Localiza-se entre a Rua Tavares de Macedo e Rua Gavião Peixoto, a vizinhança apresenta grande oferta de comércio e serviço. Proximidade com o Campo de São Bento.
	Bonneville	R. Gal. Pereira da Silva 90	05/10/2010	84	168	2 e 3	Localiza-se na segunda quadra da Praia de Icaraí, entre a Rua Cel. Moreira César e Rua Tavares de Macedo. Apresenta grande oferta de comércio e serviço, com destaque para lojas de vestuários.
	Summer Time	R. Joaquim Távora 50	05/10/2010	134	144	2 e 3	Situa-se entre a Praia de Icaraí e a Cel. Moreira César. Via coletora com característica de via de passagem, apresenta pequeno comércio em sua extensão.
	Jardim Icaraí	R. Mariz e Barros 121	07/10/2010	120	100	1	Localiza-se na segunda quadra da Praia de Icaraí, entre a Rua Cel. Moreira César e Rua Gavião Peixoto. Mesmo sendo rua extensa apresenta pouca oferta de comércio e serviço. Proximidade com centros educacionais e restaurantes.
	Jard. Das Tulipas e das Acácias	R. Moreira César 72	06/10/2010	88	106	3 e 4	Localizado entre a Rua Alvarez de Azevedo e Rua Gen. Pereira da Silva. Apresenta grande oferta de comércio e serviço, com destaque para lojas de vestuários.
	Courchevel	Av. Ari Parreiras 301	06/10/2010	66	66	2	Localiza-se na Av. Ari Parreiras esquina com Rua Lemos Cunha. Proximidade com a Estação de Tratamento de Água e Esgoto de Niterói.
	Park Avenue	Av. Roberto Silveira 349	05/10/2010	102	102	2	Localiza-se em via arterial de grande fluxo, apresenta comércio variado tendo como referência a Rua Gavião Peixoto. Proximidade com o Campo de São Bento para a área de lazer e entretenimento.
	Sutton Place	R. Cinco de Julho 304 (Jardim Icaraí)	07/10/2010	36	72	4	Localiza-se entre a Rua Ministro Otávio Kelly e Rua Governador Roberto Silveira. Proximidade com comércio e serviços variados e centros médicos. Característica de zona residencial.
	Bernini	R. Dr. Herotides de Oliveira 44 (Jardim Icaraí)	06/10/2010	36	64	3 e 4	Localiza-se no cruzamento da Rua Dr. Herotides de Oliveira com Rua Ministro Otávio Kelly. Próximo ao Campo de São Bento; Igreja da Porciúncula; Centro de Reabilitação Fluminense e comércio variado na Rua Gavião Peixoto.
	Villa D'Este	R. João Pessoa 197 (Jardim Icaraí)	05/10/2010	80	120	2 e 3	Localizada entre a Rua Cinco de Julho e Rua Mariz e Barros. Pequeno comércio nas proximidades.
	Saint Paul	R. Mario Alves 78 (Jardim Icaraí)	06/10/2010	120	128	2	Situado entre a Rua Pereira da Silva e Rua Presidente Backer. Proximidade com o Campo de São Bento; Estádio Caio Martins, Instituto Abel e comércio variado próximo.
Chacara do Abaeté	R. Moreira César 77	07/10/2010	120	360	4	Localiza-se em uma rua sem saída, onde a circulação de carros e pedestres é monitorada por cancelas que foram instaladas no local. O condomínio possui dois blocos e tem um alto padrão construtivo. Próximo ao Colégio São Vicente de Paula, restaurantes variados e oferta de serviços.	
Centro	Residencial Center	R. Senador Nabuco 9	20/10/2010	56	56	1	Localizada entre vias de grande circulação como a Avenida Marquês de Paraná e Avenida Amaral Peixoto. Rua tipicamente residencial, proximidade com centros educacionais como Colégio Liceu Nilo Peçanha e Centro Educacional de Niterói.
	Marques de Olinda	Av. Amaral Peixoto 935	20/10/2010	49	49	1	Localiza-se na Avenida Ernani do Amaral Peixoto, via arterial de grande fluxo do Centro da cidade. Proximidade com a Câmara Municipal de Niterói, 76ª Delegacia de Polícia, Novo Fórum de Niterói, Hospital Universitário Antônio Pedro e Hospital das Clínicas de Niterói.
	Mirante do Rio	R. Visc. De Itaboraí 1	21/10/2010	304	300	2	Situado entre a Rua Visconde de Itaboraí e Rua Barão de Amazonas. Condomínio localizado em rua com pouca oferta de comércio e serviços, prédio antigo com baixo valor comercial. Proximidade com o Terminal João Goulart; Rodoviária Roberto Silveira; Centro Educacional Plínio Leite; Batalhão da Polícia Militar e empresas do setor naval, como o Estaleiro Mauá e Porto de Niterói.
	Porto Central	R. Saldanha Marinho 131	21/10/2010	88	72	2 e 3	Condomínio situado entre a Rua Visconde de Itaboraí e Rua Barão de Amazonas. Comércio variado, porém com grande influência de lojas de peças automotivas. Proximidade com o Terminal João Goulart; Rodoviária Roberto Silveira; Centro Educacional Plínio Leite e Batalhão da Polícia Militar.
	Municipal	R. Quinze de Novembro 49	21/10/2010	60	25	1 e 2	Condomínio situado entre a Rua Almirante Teffé e a Avenida Visconde do Rio Branco. Localiza-se em frente ao Plaza Shopping e tem proximidade com a Receita Federal; Praça do Rink; Universidade Federal Fluminense; DCE-UFF; Estação Hidroviária – Barcas SA; Teatro Municipal de Niterói.
	Solar Tamarineira	Av. Visconde do Rio Branco 767	21/10/2010	45	88	3	Próximo a Rua Prof. Ernani Melo em frente a Concha Acústica. Proximidade com a Empresa Ampla SA; Universidade Federal Fluminense; Faculdades Integradas Maria Thereza e Clube Canto do Rio.

ZONAS	CONDOMÍNIOS	ENDEREÇO	DATA	UNIDADES OCUPADAS	VAGAS	QUARTOS	CARACTERÍSTICAS
Santa Rosa	Córsega	R. Dr. Mario Viana 469	19/10/2010	55	63	2 e 3	Situa-se entre a Travessa Santa Rosa do Viterbo e a Travessa Matos Coutinho, pertencendo a um trecho de grande fluxo. Área predominantemente residencial e apresenta pequena variedade de comércio. Próximo ao Colégio Salesianos.
	Portobello	R. Dr. Mario Viana 459	19/10/2010	79	81	2	Situa-se entre a Travessa Santa Rosa do Viterbo e a Travessa Matos Coutinho, pertencendo a um trecho de grande fluxo. Área predominantemente residencial e apresenta pequena variedade de comércio. Próximo ao Colégio Salesianos.
	Castel Gandolfo	R. Santa Rosa 141	19/10/2010	56	56	2	Localiza-se entre em uma via arterial entre a Vila Marieta Decache e a Rua Siqueira Campos. Apresenta variedade de comércio e serviços. Proximidade com o Colégio Salesianos e a área comercial do Largo do Marrão.
	Vivenda Santa Rosa	R. Noronha Torrezão 335	19/10/2010	480	480	2	Área predominantemente residencial, apresenta pouca oferta de comércio e serviços. Prédio antigo com baixo valor comercial, apresenta grande circulação devido o grande número de condôminos. São quatro blocos cada um com 120 apartamentos.
	Ciudad de Vigo	Travessa Faria 28	20/10/2010	128	128	1 e 2	Localiza-se entre a Rua Itaguaí e a Rua Noronha Torrezão, sendo uma área tipicamente residencial. Grande oferta de comércio e serviços próximos, centros educacionais e clínicas médicas.
	Villa Albani	Travessa Faria 2	20/10/2010	56	60	2	Localiza-se entre a Rua Itaguaí e a Rua Noronha Torrezão, sendo uma área tipicamente residencial. Grande oferta de comércio e serviços próximos, centros educacionais e clínicas médicas.
Região Oceânica	Ubá I	Est. Francisco da Cruz Nunes	19/10/2010	108	216 *	3 ou + **	Situado na Estrada Francisco da Cruz Nunes. Apresenta pequena área de comércio e serviços, centros médicos e áreas de lazer.
	Grotão	Est. Francisco da Cruz Nunes	19/10/2010	90	180 *	3 ou + **	Situado na Estrada Francisco da Cruz Nunes com entrada pela Rua Juriti. Área com baixa variedade de oferta de comércio e serviços.
	Aldeia	Est. Francisco da Cruz Nunes	20/10/2010	51	102 *	3 ou + **	Situado na Estrada Francisco da Cruz Nunes, área com baixa variedade de oferta de comércio e serviços.
	Green Park	Est. Francisco da Cruz Nunes	20/10/2010	96	192 *	3 ou + **	Localiza-se entre a Rua São Márcio e a Rua São Fábio. Área tipicamente residencial, apresentando baixa oferta de comércio e serviço.
	Ubá II	Av. Ewerton da Costa Xavier	21/10/2010	226	452 *	3 ou + **	Localizado na Avenida Ewerton da Costa Xavier, apresenta baixa oferta de comércio e serviços, sendo uma área tipicamente residencial.
	Ubá Itacoatiara	Estrada de Itacoatiara	21/10/2010	100	200 *	3 ou + **	Localiza-se na Estrada de Itacoatiara, entre a Estrada Francisco da Cruz Nunes e a Rua Quinze. Pouca oferta de comércio e serviços.

Fonte: NITTRANS (2011)