

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA MOBILIDADE DOS USUÁRIOS DO CAMPUS  
DARCY RIBEIRO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
UTILIZANDO DADOS DE TELEFONIA MÓVEL**

**MATHEUS FELIPE ZAIATZ**

**ORIENTADOR: DR. PASTOR WILLY GONZALES TACO**

**PROJETO FINAL**

**BRASÍLIA/DF: JUNHO/2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA MOBILIDADE DOS USUÁRIOS DO CAMPUS  
DARCY RIBEIRO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
UTILIZANDO DADOS DE TELEFONIA MÓVEL**

**MATHEUS FELIPE ZAIATZ**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**PASTOR WILLY GONZALES TACO, Dr. (ENC/UnB)**  
**(ORIENTADOR)**

---

**MICHELLE ANDRADE, Dra. (ENC/UnB)**  
**(EXAMINADORA INTERNA)**

---

**GEORGES DANIEL AMYAME NZE, Dr. (ENE/UnB)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 18 de Junho de 2018.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

ZAIATZ, MATHEUS FELIPE

Análise da Mobilidade dos Usuários do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília Utilizando Dados de Telefonia Móvel [Distrito Federal] 2018.

xi, 74p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Mobilidade urbana

2. Telefone móvel

3. Histórico de localização

4. GPS

I. ENC/FT/UnB

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ZAIATZ, M. F. (2018). Análise da Mobilidade dos Usuários do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília Utilizando Dados de Telefonia. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 74p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Matheus Felipe Zaiatz

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise da Mobilidade dos Usuários do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília Utilizando Dados de Telefonia

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2018.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Matheus Felipe Zaiatz

mfzcivil@gmail.com

70908-021 - Brasília/DF – Brasil

## AGRADECIMENTOS

Sou grato primeiramente a Deus, que me concede a cada dia a oportunidade de tentar ser melhor e me abençoa com familiares e amigos que me apoiam.

Agradeço ao professor Pastor, que depositou confiança em meu trabalho e me deu orientação e suporte sempre que o procurei. Também sou grato à professora Michelle e ao professor Georges pelas contribuições e recomendações feitas durante a primeira banca de projeto final, que me auxiliaram a desenvolver um trabalho de maior qualidade.

Agradeço aos meus pais, Miguel e Rosângela, por me ensinarem, através do exemplo, a buscar ser esforçado e honesto, e desde sempre me incentivaram a estudar. Ao meu irmão, Eduardo, pelo companheirismo e pelas dicas de *design* para aprimorar as ilustrações deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas (e amigos) de trabalho, em especial Arthur, pelos *insights* em geoprocessamento, muito úteis nesta pesquisa, Laís, pelas dicas de redação e Simone e Vinícius, pela preocupação com meu desenvolvimento profissional.

## RESUMO

Poucos dispositivos são melhores sensores de mobilidade que um telefone móvel. O instrumento é portado por seu usuário a maior parte do tempo e tem tecnologias de localização cada vez mais avançadas; por conseguinte, o uso das suas potencialidades em transportes desperta grande interesse. Nesse contexto, o presente trabalho desenvolveu um método para coleta de dados da mobilidade dos usuários do *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília valendo-se da localização GPS de telefones móveis. O método também possibilita a geração de matrizes origem-destino (O-D), a determinação de áreas potenciais de deslocamento e a identificação de padrões individuais de mobilidade.

Por meio de um popular aplicativo de celular, foram coletados os históricos de localização por GPS de 86 estudantes da Universidade de Brasília (UnB), divididos em dois grupos com características socioeconômicas e de mobilidade distintas. Para cada grupo, foram construídas duas matrizes O-D, uma de tamanho 22x22, que representa as viagens internas ao *Campus* da UnB, e outra 30x30, em que o *Campus* corresponde a uma zona de tráfego em meio a 29 outras no DF e entorno. Também foram determinadas suas áreas potenciais de deslocamento pelo método da Elipse de Desvio Padrão, com o auxílio do *software* QGIS. Por fim, foram contabilizados os padrões diários de viagem seguidos por cada usuário entre seus locais de residência, de estudo e de outras atividades.

O grupo de indivíduos com maior renda apresentou maior dispersão de locais visitados e percorreu maiores distâncias diariamente. Foram verificados fenômenos já observados em pesquisas anteriores, como a relação entre a simplicidade de um padrão de viagem e sua probabilidade de ocorrência (JIANG *et al.*, 2016), a relação entre distâncias percorridas e anisotropia das trajetórias e também a regularidade e reprodutibilidade dos padrões diários de viagem (GONZÁLEZ *et al.*, 2008).

**PALAVRAS-CHAVE:** mobilidade urbana; telefone móvel; histórico de localização; GPS.

## ABSTRACT

Few devices are better mobility sensors than a mobile phone. The instrument is ported by its user most of the time and has increasingly advanced localization technologies; therefore, transportation research has interest in using its capabilities. In this context, the present research developed a method to collect mobility data from users of the University of Brasilia's Darcy Ribeiro Campus applying the GPS location of mobile phones. The method also allows the generation of origin-destination matrices (OD), the evaluation of potential path areas and the identification of individual mobility patterns.

Through a popular mobile application, GPS location histories were collected from 86 University of Brasília's (UnB) students, divided in two groups with different socioeconomic and mobility characteristics. For each group, two OD matrices were constructed, one having size 22x22, which represents the internal trips in the UnB Campus, and another 30x30, in which the Campus corresponds to a traffic zone in the midst of 29 others in Federal District (Brazil) and surroundings. Their potential path areas were also evaluated by the Standard Deviation Ellipse Method, using the software QGIS. Finally, the daily travel patterns followed by each user between their places of residence, study and other activities were counted.

The group of individuals with higher income presented greater dispersion of visited places and traveled greater distances daily. We found phenomena already observed in previous research, such as the relation between the simplicity of a travel pattern and its probability of occurrence (JIANG *et al.*, 2016), the relation between travel distances and anisotropy of trajectories and also the regularity and reproducibility of the daily travel patterns (GONZÁLEZ *et al.*, 2008).

**KEYWORDS:** urban mobility; mobile phone; location history; GPS.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Apresentação .....	1
1.2	Problema.....	1
1.3	Hipótese .....	2
1.4	Objetivos.....	2
1.4.1	Geral .....	2
1.4.2	Específicos.....	2
1.5	Justificativa.....	2
1.6	Metodologia do Projeto Final .....	4
1.6.1	Etapa 1: Revisão Bibliográfica .....	4
1.6.2	Etapa 2: Desenvolvimento do Método de Coleta, Tratamento e Análise de Dados de Localização GPS de Telefones Móveis .....	4
1.6.3	Etapa 3: Análise da Mobilidade dos Usuários do Campus Darcy Ribeiro .....	4
1.7	Estrutura do Projeto Final.....	5
2	MOBILIDADE E DADOS DE TELEFONIA MÓVEL.....	7
2.1	Mobilidade Urbana.....	7
2.2	Abordagem Comportamental em Transportes.....	8
2.2.1	Abordagem de Viagens Baseadas em Atividades .....	10
2.2.2	Padrão de Viagem e Cadeia de Viagem. ....	13
2.3	Estudos em Mobilidade com Telefones Móveis.....	20
2.3.1	Perspectiva Individual .....	21
2.3.2	Perspectiva Urbana.....	26
2.4	Dados de Telefonia e Suas Características .....	28
2.4.1	Histórico de Localização GPS.....	29
2.4.2	Dados do Tipo CDR .....	30
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
3.1	Área de Estudo Principal .....	33
3.2	Área de Estudo Adjacente: Divisão Administrativa.....	36
3.3	Caracterização da Mobilidade na Área de Estudo por Outros Trabalhos.....	37
4	MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS .....	41
4.1	Uso do GPS em Substituição ao CDR.....	41
4.2	Coleta de Dados.....	42
4.2.1	Procedimento de Coleta.....	42
4.2.2	Delimitação dos Grupos de Indivíduos Estudados .....	43
4.3	Processamento dos Dados .....	45
4.4	Construção das Matrizes Origem-Destino.....	48
4.4.1	Local de Estadia.....	48
4.4.2	Matriz O-D de Viagens Internas ao Campus.....	49
4.4.3	Matriz O-D de Viagens no DF .....	50

4.5	Determinação da Área Potencial de Deslocamento.....	52
4.6	Análise dos Padrões de Viagem .....	53
5	RESULTADOS .....	55
5.1	Matrizes Origem-Destino .....	55
5.1.1	Grupo 1 – Alunos de Engenharia .....	55
5.1.2	Grupo 2 – Moradores da CEU.....	58
5.2	Área Potencial de Deslocamento.....	61
5.3	Padrões Diários de Viagem .....	63
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
	APÊNDICE A – Planta Baixa do Campus Darcy Ribeiro Com Suas 21 Zonas de Tráfego Internas .....	70



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Esquema do Projeto Final .....	6
<b>Figura 2.1</b> – Diversos fatores que influenciam o comportamento de viagem .....	10
<b>Figura 2.2</b> – Deslocamentos prováveis de um indivíduo durante o dia.....	11
<b>Figura 2.3</b> – Mapa conceitual da teoria dos padrões de atividade de Chapin .....	12
<b>Figura 2.4</b> – Evolução das análises de viagens.....	14
<b>Figura 2.5</b> – Evolução na consideração da unidade de análise.....	15
<b>Figura 2.6</b> – Exemplos de padrões de viagens .....	16
<b>Figura 2.7</b> – Caminhos espaço-temporais .....	16
<b>Figura 2.8</b> – Uma trajetória em uma rede viária no espaço-tempo .....	17
<b>Figura 2.9</b> – Prisma espaço-tempo entre dois pontos de âncora.....	18
<b>Figura 2.10</b> – Representação do prisma espaço-tempo .....	19
<b>Figura 2.11</b> – Regularidade horária $R(t)$ e número de locais visitados por hora $N(t)$ .....	22
<b>Figura 2.12</b> – Redes de mobilidade de 2 usuários capturadas por dados de telefonia .....	23
<b>Figura 2.13</b> – Probabilidade do raio de giro, $P(r_g)$ , obtida de 2 conjuntos de dados.....	26
<b>Figura 2.14</b> – Densidade de locais de "casa" e "outros" em Boston com 2 resoluções.....	27
<b>Figura 2.15</b> – Esquema da determinação da posição por satélites GPS .....	29
<b>Figura 2.16</b> – Representação de rede celular.....	30
<b>Figura 2.17</b> – Amostra de conjunto de dados CDR .....	31
<b>Figura 3.1</b> – Evolução da população universitária da UnB de 2011 a 2015 .....	33
<b>Figura 3.2</b> – Evolução da população universitária da UnB por categoria, 2011 a 2015 .....	34
<b>Figura 3.3</b> – Instituto Central de Ciências (ICC) em 1972.....	34
<b>Figura 3.4</b> – Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN).....	35
<b>Figura 3.5</b> – Mapa de localização das Regiões Administrativas do DF.....	36
<b>Figura 3.6</b> – Pessoas que moram e trabalham na mesma RA (em %).....	37
<b>Figura 3.7</b> – Área potencial dos alunos de Engenharia Civil obtida por Souza (2015) .....	39
<b>Figura 3.8</b> – Área potencial dos alunos da FT obtida por Souza (2015).....	39
<b>Figura 3.9</b> – Distribuição de modos de transporte para chegar ao <i>Campus</i> .....	40
<b>Figura 4.1</b> – Procedimento de coleta de dados .....	42
<b>Figura 4.2</b> – Comparação das características dos grupos estudados .....	44
<b>Figura 4.3</b> – Exemplo de parte de arquivo JSON coletado na pesquisa.....	46
<b>Figura 4.4</b> – Visualização do deslocamento de um usuário do <i>Campus</i> Darcy Ribeiro .....	47
<b>Figura 4.5</b> – Local de estadia em um conjunto de pontos de localização .....	48
<b>Figura 4.6</b> – Matriz O-D ilustrativa, com apenas três zonas .....	50
<b>Figura 4.7</b> – Ângulo de orientação e eixos da elipse.....	52
<b>Figura 4.8</b> – Sequência H-S-H.....	53
<b>Figura 4.9</b> – Sequência H-S-O-H .....	53
<b>Figura 4.10</b> – Sequência H-S-O-S-H.....	53
<b>Figura 4.11</b> – Sequência H-S-O-S-O-H.....	54
<b>Figura 5.1</b> – Matriz O-D de viagens internas à UnB – Grupo 1.....	56
<b>Figura 5.2</b> – Matriz O-D de viagens no DF – Grupo 1.....	57
<b>Figura 5.3</b> – Matriz O-D de viagens internas à UnB – Grupo 2.....	59
<b>Figura 5.4</b> – Matriz O-D de viagens no DF – Grupo 2.....	60
<b>Figura 5.5</b> – Áreas potenciais de deslocamento dos 2 grupos estudados .....	61
<b>Figura 5.6</b> – Características do Grupo 1 que resultam na maior área potencial.....	62
<b>Figura 5.7</b> – Área potencial de deslocamento do Grupo 2 .....	63
<b>Figura 5.8</b> – Parcela de ocorrência de cada padrão de deslocamento .....	64
<b>Figura 5.9</b> – Distribuição de padrões observada na pesquisa de Jiang <i>et al.</i> (2016).....	65

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 3.1</b> – Áreas do <i>Campus</i> Darcy Ribeiro .....	35
<b>Tabela 3.2</b> – Renda dos alunos entrevistados por Souza (2015) .....	38
<b>Tabela 3.3</b> – Áreas potenciais de deslocamento obtidas por Souza (2015).....	38
<b>Tabela 4.1</b> – Número e porcentagem de voluntários da pesquisa.....	45
<b>Tabela 4.2</b> – Exemplo de parte da tabela de atributos resultante do processamento .....	47
<b>Tabela 5.1</b> – Atributos das elipses de desvio padrão .....	62
<b>Tabela 5.2</b> – Síntese da ocorrência dos padrões .....	64
<b>Quadro 4.1</b> – Zonas de tráfego internas e alguns locais pertencentes a elas.....	49
<b>Quadro 4.2</b> – Zonas de tráfego do DF propostas neste trabalho .....	51

## LISTA DE SIGLAS

AVBA	Abordagem de Viagens Baseada em Atividades
CDR	<i>Call Detail Record</i>
CEU	Casa do Estudante Universitário
CGCEU	Coordenação Geral da Casa do Estudante Universitário
CSV	<i>Comma-separated values</i>
ERB	Estação de Rádio Base
ENC	Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
GeoJSON	<i>Geographic JavaScript Object Notation</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
O-D	Origem-Destino
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PTV	Posição, Tempo e Velocidade
RA	Região Administrativa
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UIT	União Internacional de Telecomunicações
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO

Em um país onde tantas áreas urbanas – inclusive Brasília, uma cidade planejada – apresentam sérios problemas de mobilidade, como engarrafamentos crescentes e transporte público ineficiente, políticas de transporte bem estruturadas são urgentes. O bom planejamento de tais políticas depende do conhecimento dos aspectos de mobilidade dos usuários de um sistema de transporte, e esse conhecimento provém de dados coletados em quantidade e relevância satisfatórias para caracterizar os usuários.

A coleta de dados é usualmente feita por pesquisas domiciliares ou nas vias, com a aplicação de questionários padronizados que visam conhecer a geração e atração de viagens, os modos de deslocamento, características socioeconômicas da população, entre outros elementos. Embora possam fornecer descrições detalhadas de local de residência e características de viagem, essas pesquisas possuem limitações. Entre elas está o alto custo de realização, que faz com que sejam feitas com uma baixa frequência – por exemplo, a cada dez anos –, e o longo tempo necessário para se analisar os dados (JIANG *et al.*, 2013). Entretanto, o desenvolvimento de novas tecnologias para capturar, armazenar e analisar dados pode trazer métodos alternativos para inferir características e padrões de mobilidade urbana.

O telefone móvel tem grande potencial como fonte de dados para o estudo da mobilidade urbana. A localização de um telefone móvel pode ser rastreada por meio do GPS ou de registros na rede de telefonia – CDRs (YUAN, 2013). Um dos pontos fortes para seu emprego em pesquisas é a grande quantidade de pessoas que o utilizam. Em 2014, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), cerca de 82,3% da população urbana brasileira já usava o celular. Desse modo, como exposto por Jiang *et al.* (2013), os dados de telefones celulares oferecem aos pesquisadores de transporte uma nova forma de análise de mobilidade.

## 1.2 PROBLEMA

O *Campus* Darcy Ribeiro e seus arredores sofrem constantemente com problemas de transporte, como congestionamentos em horários de pico. A Universidade, por sua localização e porte, se configura como um polo gerador de viagens, tendo considerável influência sobre as condições de mobilidade de sua região. Conhecer os padrões de deslocamento, tanto no *Campus* como na

cidade de Brasília, é importante para a tomada de decisões relativas ao Planejamento de Transportes. Entretanto, a coleta de dados para conhecimento desses padrões é onerosa se feita pelos métodos tradicionais. Assim, investigar a potencialidade de outras fontes de dados se faz necessário. Além disso, a Universidade, ambiente de criação e investigação de ideias, é um excelente lugar para buscar soluções ainda pouco exploradas.

Considerando o exposto, é possível obter dados de telefonia georreferenciados e, utilizando recursos computacionais, analisar a mobilidade dos usuários do *Campus Darcy Ribeiro* de forma eficiente?

### **1.3 HIPÓTESE**

É possível, a partir de dados de um aplicativo para *smartphone* baseado em GPS, inferir características de mobilidade dos usuários do *Campus Darcy Ribeiro* da Universidade de Brasília.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Geral**

Desenvolver um método para coletar, processar e analisar dados de deslocamentos dos usuários do *Campus Darcy Ribeiro* da Universidade de Brasília, tendo como fonte telefones móveis.

#### **1.4.2 Específicos**

- a) Estudar a mobilidade de grupos de alunos da Universidade de Brasília;
- b) Obter Matrizes Origem-Destino dos deslocamentos internos e externos ao *Campus Darcy Ribeiro*;
- c) Obter a área potencial de deslocamento dos grupos estudados;
- d) Identificar os padrões diários de viagem dos alunos estudados.

### **1.5 JUSTIFICATIVA**

Em um mundo onde pessoas e máquinas estão conectadas, tem-se a oportunidade de encontrar melhores métodos para coletar, armazenar e analisar dados. O Planejamento de Transportes pode se beneficiar das Tecnologias da Informação e Comunicação para tomar decisões rápidas e assertivas. Nesse sentido, este trabalho é motivado por três fatores principais:

*i) Fator científico:*

Em uma busca em bases de dados amplas, como o Portal de Periódicos da CAPES e o *Google Scholar*, foram encontrados apenas 3 dissertações e 2 artigos brasileiros que se propõe a utilizar dados de telefonia móvel para analisar a mobilidade humana. A carência de pesquisadores nacionais nesta área mostra sua necessidade de exploração e pesquisa. Em função disso, o Grupo de Pesquisa Comportamento em Transportes e Novas Tecnologias (GCTNT) do Programa de Pós-Graduação em Transportes (PPGT), cadastrado no CNPq, vêm realizando estudos nesta área de conhecimento, a fim de proporcionar novas formas de obtenção, armazenamento e análise de dados para fins de Planejamento de Transportes.

*ii) Fator econômico:*

Em estudos convencionais de viagens, a coleta de dados costuma ser feita através de pesquisas nas vias ou residências (IQBAL, 2014), abordagem que apresenta alto custo e pouca automatização, o que limita a frequência de atualização dos dados. Aproveitar-se de dados de telefones móveis pode reduzir o custo de caracterização da demanda por transporte e gerar economia aos cofres públicos.

*iii) Fator social:*

De acordo com González *et al.* (2008), a análise da mobilidade utilizando telefones móveis pode auxiliar o projeto de soluções para melhorar a qualidade de vida da população, em cidades que devem ser cada vez mais “inteligentes”. A demanda por transporte é dinâmica; ao automatizar a coleta e análise de dados, pesquisadores e órgãos de transporte podem obter informações mais rapidamente, o que agiliza o processo de planejamento e acelera a resposta das políticas de transporte às necessidades da população. Os problemas de transporte nas cidades brasileiras – como os congestionamentos frequentes – causam estresse, diminuição da produtividade econômica, prejuízos financeiros e ambientais e diversos outros efeitos negativos à sociedade. Por esses motivos, é importante buscar a constante evolução das técnicas análise da mobilidade urbana, a fim de encontrar as melhores soluções para otimizá-la.

O *Campus Darcy Ribeiro* da Universidade de Brasília foi escolhido como área de estudo pois, além de ser uma região de grande atratividade de viagens, extensão geográfica significativa e importância considerável no contexto do Distrito Federal, é um núcleo de geração e exploração de novas técnicas.

## **1.6 METODOLOGIA DO PROJETO FINAL**

A metodologia do Projeto Final está dividida em três etapas, mostradas a seguir.

### **1.6.1 Etapa 1: Revisão Bibliográfica**

Inicialmente, são mencionadas contribuições acadêmicas de trabalhos científicos sobre mobilidade, comportamento em transportes, padrões e encadeamento de viagens, assuntos inerentes à proposta do trabalho. São então apresentados os principais estudos referentes à mobilidade urbana analisada por meio de dados de telefonia móvel e as características de dois tipos de dados de localização relacionados a aparelhos celulares: registros da rede de telefonia (CDRs) e histórico de localização GPS.

### **1.6.2 Etapa 2: Desenvolvimento do Método de Coleta, Tratamento e Análise de Dados de Localização GPS de Telefones Móveis**

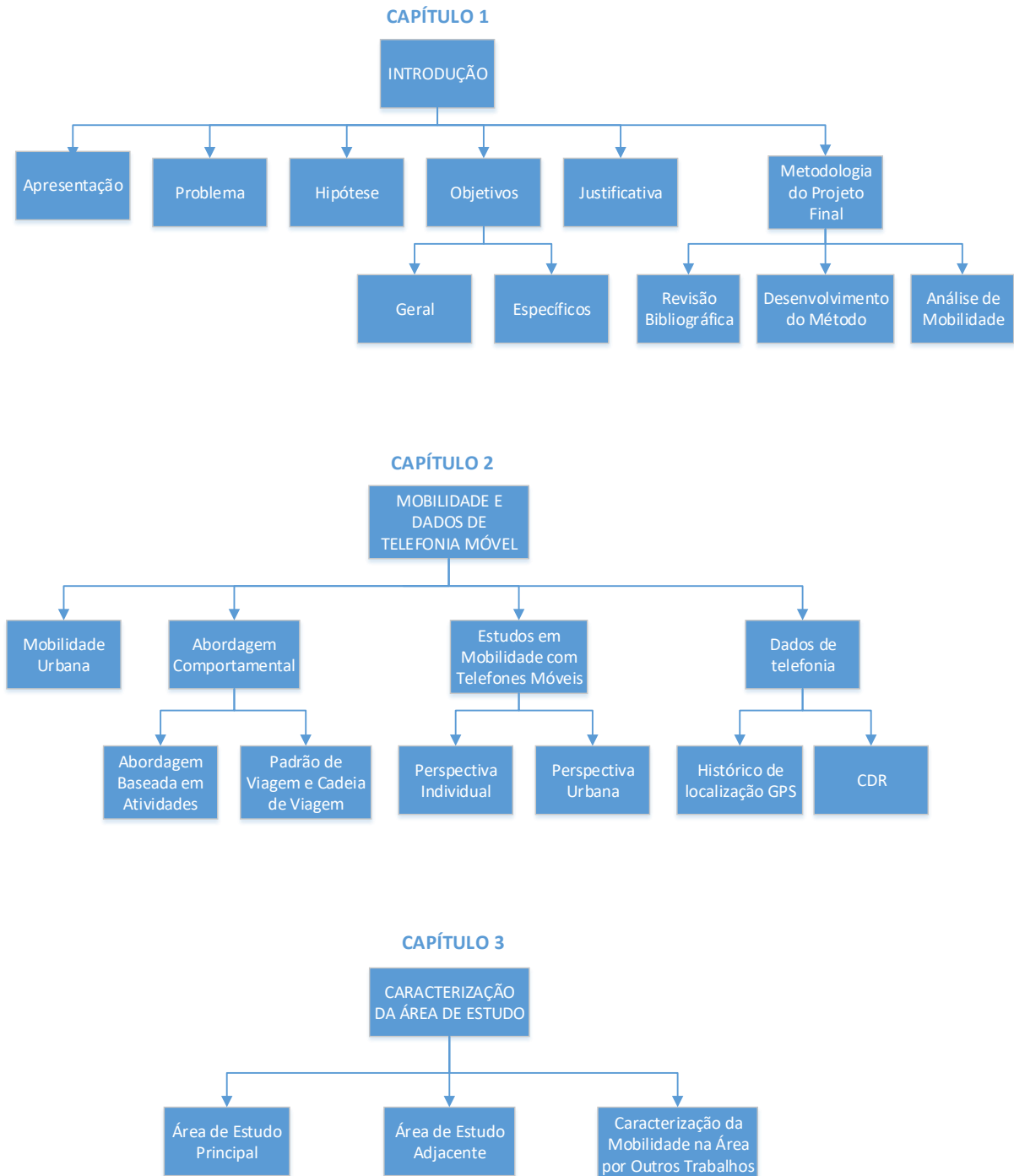
Foram definidos, nesta etapa, os recursos e procedimentos de análise utilizados na pesquisa. A solução escolhida para a coletar dados de deslocamento envolve o uso do aplicativo de celular *Google Maps* para gerar os históricos de localização GPS de dois grupos de voluntários – alunos da Universidade de Brasília. Foi criada uma base de dados e foi fornecido um *link* aos voluntários para que esses enviassem as informações à base. Os dados obtidos passaram por um processo de tratamento, que os tornaram adequados ao uso em programas de SIG, e foram filtrados com base em delimitações de pesquisa, para viabilizar sua interpretação. Pela análise das informações, foram detectados os locais visitados pelos os participantes da pesquisa, além da sequência temporal dessas visitas.

### **1.6.3 Etapa 3: Análise da Mobilidade dos Usuários do *Campus Darcy Ribeiro***

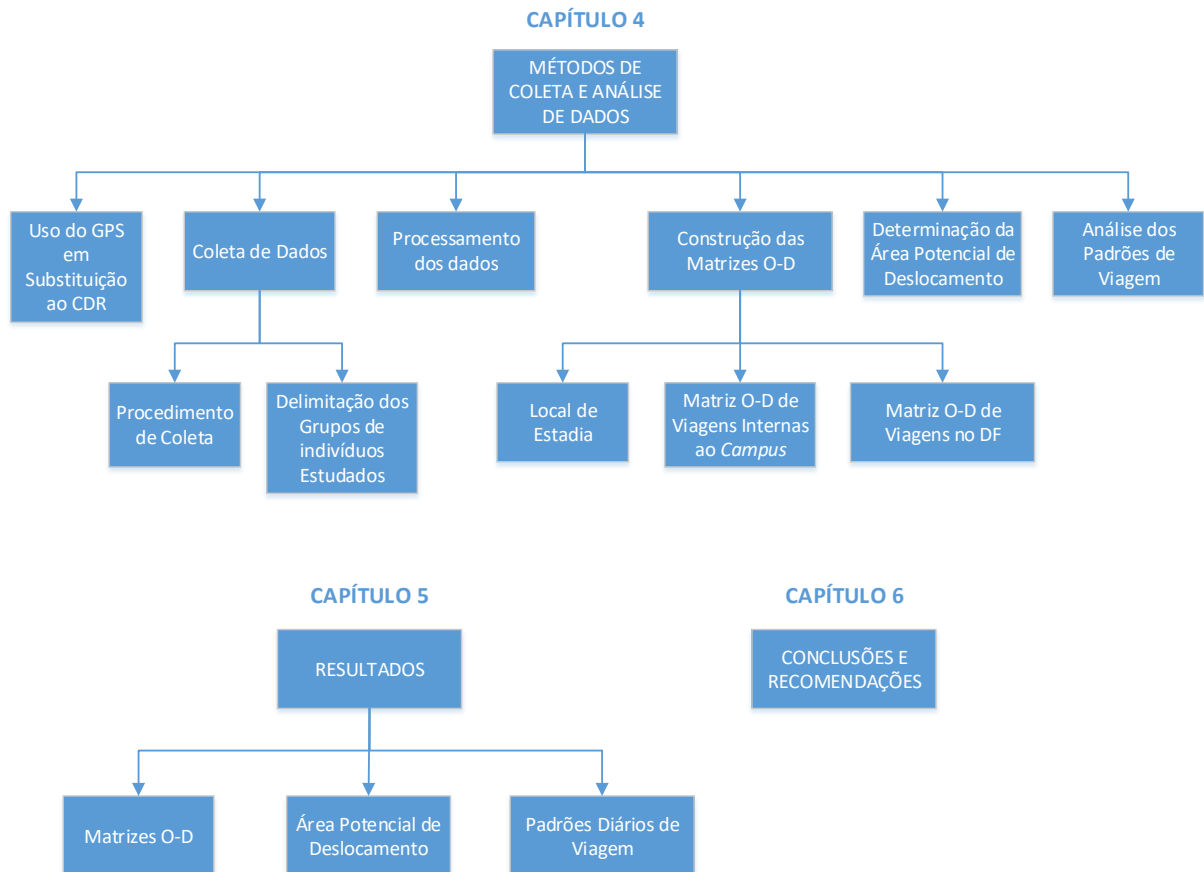
As características de mobilidade dos grupos estudados foram analisadas de três formas. Primeiro, foram construídas, para cada grupo, duas Matrizes Origem-Destino; uma delas tem foco nos deslocamentos internos ao *Campus* da UnB e a outra estuda o *Campus* no contexto do Distrito Federal e entorno. Então, foi determinada a área potencial de deslocamento dos grupos. Por fim, foram identificados os padrões diários de viagem dos alunos.

## 1.7 ESTRUTURA DO PROJETO FINAL

A estrutura do Projeto Final é esquematizada na Figura 1.1, apresentada abaixo, e que continua na próxima página.







**Figura 1.1** – Esquema do Projeto Final

## **2 MOBILIDADE E DADOS DE TELEFONIA MÓVEL**

O conhecimento do padrão de deslocamento populacional é de fundamental importância para a tomada de decisões relativas ao planejamento de transportes (González *et al.*, 2008) e tem se tornado uma questão de pesquisa em diversos campos, com considerável e contínuo progresso das teorias, métodos e aplicações.

De acordo com Yuan *et al.* (2012), pesquisadores têm identificado duas perspectivas principais no que concerne aos padrões de mobilidade extraídos de dados celulares: a individual ou microscópica e a urbana ou macroscópica. Na perspectiva individual, o foco principal está na identificação de trajetórias individuais, sua regularidade e a sua relação com atributos sociais dos usuários. Na perspectiva urbana, a mobilidade é resultado da interação entre deslocamentos de pessoas e a própria cidade, que é um sistema complexo constituído por diversos processos e elementos. Nesse caso, a análise é feita de forma agregada e busca entender a divisão e morfologia da cidade, além das concentrações e as expansões espaciais urbanas.

Nesse sentido, para melhor compreensão deste trabalho, se discorre neste capítulo sobre mobilidade e os conceitos de comportamento de viagem, padrões e encadeamento de viagens, relacionados à perspectiva individual ou microscópica do deslocamento. São então apresentados os principais estudos em mobilidade com dados de telefonia móvel e há uma sucinta explicação sobre as características dos dados que serão trabalhados neste estudo.

### **2.1 MOBILIDADE URBANA**

O conceito de mobilidade se desdobra em uma grande variedade de temas, como os ligados ao turismo, movimentos migratórios, pequenos deslocamentos, entre outros. Também há um olhar sobre a mobilidade que se baseia nas condições geodemográficas, dividindo-a assim em mobilidade rural e urbana. Pelo fato da área de estudo deste trabalho ser o *Campus Darcy Ribeiro*, que, como melhor explicado no Capítulo 4, tem características de zona urbana, a mobilidade aqui tratada será a mobilidade urbana.

A mobilidade urbana é fundamental para que os habitantes de uma cidade tenham acesso aos seus bens. Convém diferenciar mobilidade de acessibilidade, que são conceitos que andam juntos, mas possuem definições distintas. Mobilidade representa a capacidade de se deslocar, ou, segundo Hanson (1995), "refere-se à habilidade de mover-se entre diferentes locais para

realizar atividades". Para Raia Jr. (2000), a mobilidade urbana é analisada através de três fatores: os grupos populacionais e seus movimentos; a rede, representada pela infraestrutura por onde os deslocamentos ocorrem; e os fluxos, que são decisões ou condicionantes que orientam o processo.

Acessibilidade é uma característica que qualifica e quantifica a facilidade de acesso entre pessoas, bens e atividades. Essencialmente, é o que se procura maximizar quando se estuda, planeja e gere a mobilidade. Na carta Construindo uma Cidade Acessível, do Ministério das Cidades (2007), acessibilidade é definida como a possibilidade de:

Um indivíduo se movimentar, locomover e atingir um destino almejado, 'dentro de suas capacidades individuais', isto é, realizar qualquer movimentação ou deslocamento por seus próprios meios, com total autonomia e em condições seguras, mesmo que para isso precise de aparelhos específicos. Nesse sentido, a acessibilidade é antes de tudo, uma medida de inclusão social.

A mobilidade pode estar associada a externalidades positivas ou negativas – a poluição por automóveis é uma externalidade negativa, enquanto a ida de uma criança à escola tem externalidades positivas. Alguns dos principais problemas de mobilidade nas cidades são os acidentes de trânsito, congestionamentos, baixa segurança para pedestres e poluição do ar e sonora. No Brasil, para Alves *et al.* (2009), tem acontecido no último século um aumento da mobilidade – uma maior distância percorrida por cada pessoa – mas restrições na acessibilidade – facilidade de acesso a atividades. Segundo o autor, a razão disso é o afastamento entre os locais de residência e do emprego e a dispersão urbana, que reduz os índices de acessibilidade, principalmente para grupos demográficos que não têm acesso ao transporte individual.

Não é adequado considerar a mobilidade do indivíduo isoladamente, sem considerar seu contexto social, econômico e cultural; pelo contrário, seu entendimento é bem mais satisfatório quando ponderados os ambientes em que o indivíduo se encontra – doméstico, familiar e social (HANSON, 2010). Na próxima seção, é exposta uma linha de pesquisa que busca incorporar ao estudo de mobilidade o contexto em que o indivíduo se encontra.

## **2.2 ABORDAGEM COMPORTAMENTAL EM TRANSPORTES**

De acordo com Santos (2009), o Planejamento de Transportes pode ser entendido como a elaboração de planos e programas que visam obter soluções aos problemas de mobilidade da população. Encontrar boas soluções depende do entendimento da demanda por transportes.

Pesquisadores de transportes utilizam diversas abordagens na análise da demanda. Uma das mais tradicionais é o Modelo Sequencial de Quatro Etapas, primeiramente implementado na década de 50 em Detroit e Chicago (MCNALLY, 2007). O modelo, que sistematiza o processo de decisão que os indivíduos realizam nas suas viagens, se divide nas seguintes etapas:

- i) Geração de viagens: o objetivo desta etapa é estimar o número de viagens originadas e atraídas por cada zona de tráfego. Em geral as estimativas são baseadas nas características residenciais e de emprego;
- ii) Distribuição de viagens: nesta fase as origens e destinos das viagens são ligadas. Estima-se o número de viagens para cada zona de tráfego, ou, em outras palavras, como as viagens produzidas se distribuem no espaço;
- iii) Escolha modal: deseja-se prever as escolhas de modo de transporte dos usuários. Por exemplo, é importante saber a parcela de deslocamentos em que se usa transporte público, bicicleta, entre outros;
- iv) Alocação de viagens: a etapa final consiste em determinar os caminhos físicos utilizados pelos usuários para chegar aos seus destinos. É avaliado o volume de tráfego em cada arco de uma rede viária.

Modelos agregados, como o modelo quatro etapas, são indicados principalmente para resolverem problemas de dimensionamento de infraestrutura (TAKANO, 2010). Uma das limitações dessa abordagem é que frequentemente ela não considera o comportamento de usuários individuais, mas o agrega em um comportamento médio de um grupo, o que limita a acurácia da previsão de demanda (MLADENOVIC, 2014).

A partir da década de 70 – e com ganho de força na década de 80 – começaram a ser explorados os modelos comportamentais, que tendem a trabalhar com um maior número de variáveis explicativas dos fenômenos de mobilidade (SANTOS, 2009). A pesquisa em comportamento busca entender o perfil de viagem dos usuários em uma área urbana e permite atender suas necessidades por meio de tecnologias de transporte adequadas. De acordo com Takano (2010), as questões estudadas são amplas e tem grande relação com a análise de atividades e o estudo do tempo de viagem. Deseja-se conhecer, entre outros aspectos, o que motiva um indivíduo a realizar uma viagem, qual o padrão dos deslocamentos e quem acompanha quem em um grupo de familiares e amigos. Como indicado na Figura 2.1, para entender o comportamento de viagem é necessário estudar vários fatores, como as características demográficas da região, as

interações entre as pessoas, a influência do ambiente urbano, restrições monetárias e de tempo e a atitude individual na realização das viagens.

## COMPORTAMENTO DE VIAGEM



**Figura 2.1** – Diversos fatores que influenciam o comportamento de viagem

Fonte: Adaptado de Singleton (2010)

Segundo Ettema (1996), o fato dos modelos comportamentais costumarem lidar com mais aspectos que a abordagem tradicional aumenta a necessidade de dados sobre os deslocamentos, como informações geográficas e demográficas, conhecimento da estrutura viária e informações sobre a realização de atividades. É percebida a necessidade de analisar de forma combinada os diversos fatores que influenciam nas decisões de viagens para a implementação e soluções de transporte efetivas. No final dos anos 80 a Abordagem de Viagens Baseada em Atividades (AVBA) começou a ganhar importância nos estudos de transportes. Nessa linha de pesquisa o foco de análise está nas atividades, e a demanda por viagens é vista como consequência do desejo e necessidade de participar em atividades.

### 2.2.1 Abordagem de Viagens Baseadas em Atividades

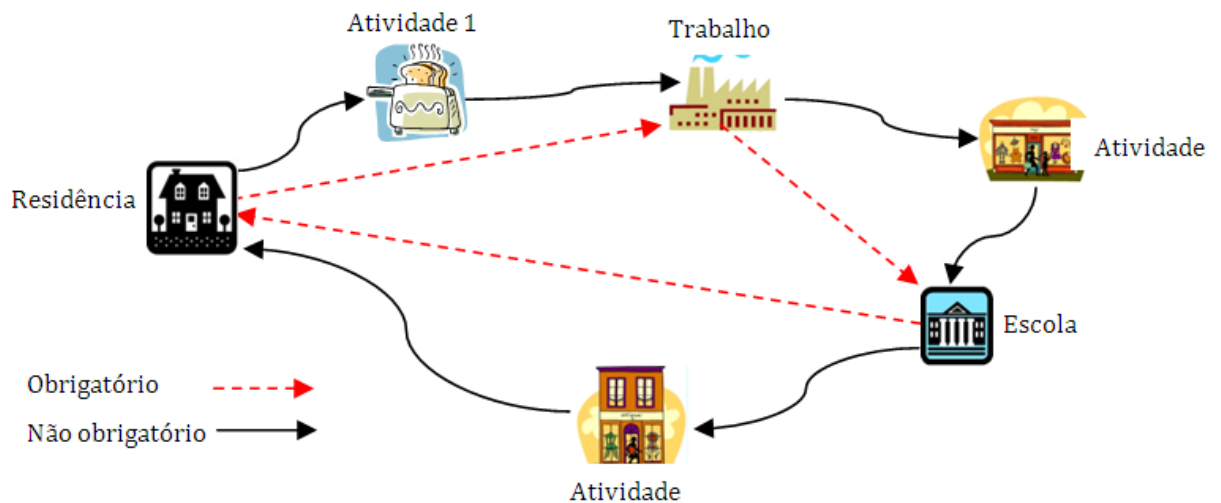
A mobilidade tem grande relação com o uso do solo em áreas urbanas; desse modo, são elementos importantes para o seu entendimento a distribuição de locais de atividades e a oferta de transporte. A decisão de viagens do usuário depende da sua participação em atividades e é compreendida melhor quando se conhece o contexto das atividades e deslocamentos relacionados (MCNALLY, 2000). Para participar em atividades, que na maioria das vezes acontecem fora do lar, os indivíduos se deslocam e nesse processo o ambiente oferece oportunidades e restrições.

A atividade pode ser definida como uma ação motivada pela satisfação de desejos ou necessidades (SANTOS, 2009), podendo ser classificada em:

- i) Atividade biológica, essencial à sobrevivência, como comer e dormir;
- ii) Atividade obrigatória, relacionada à subsistência, como trabalhar e estudar;
- iii) Atividade secundária, relacionada ao lazer e prazer, como ir ao cinema e ao parque.

Essa classificação indica a tendência de prioridade da atividade, com as biológicas sendo prioritárias, seguidas pelas obrigatórias e por último as secundárias.

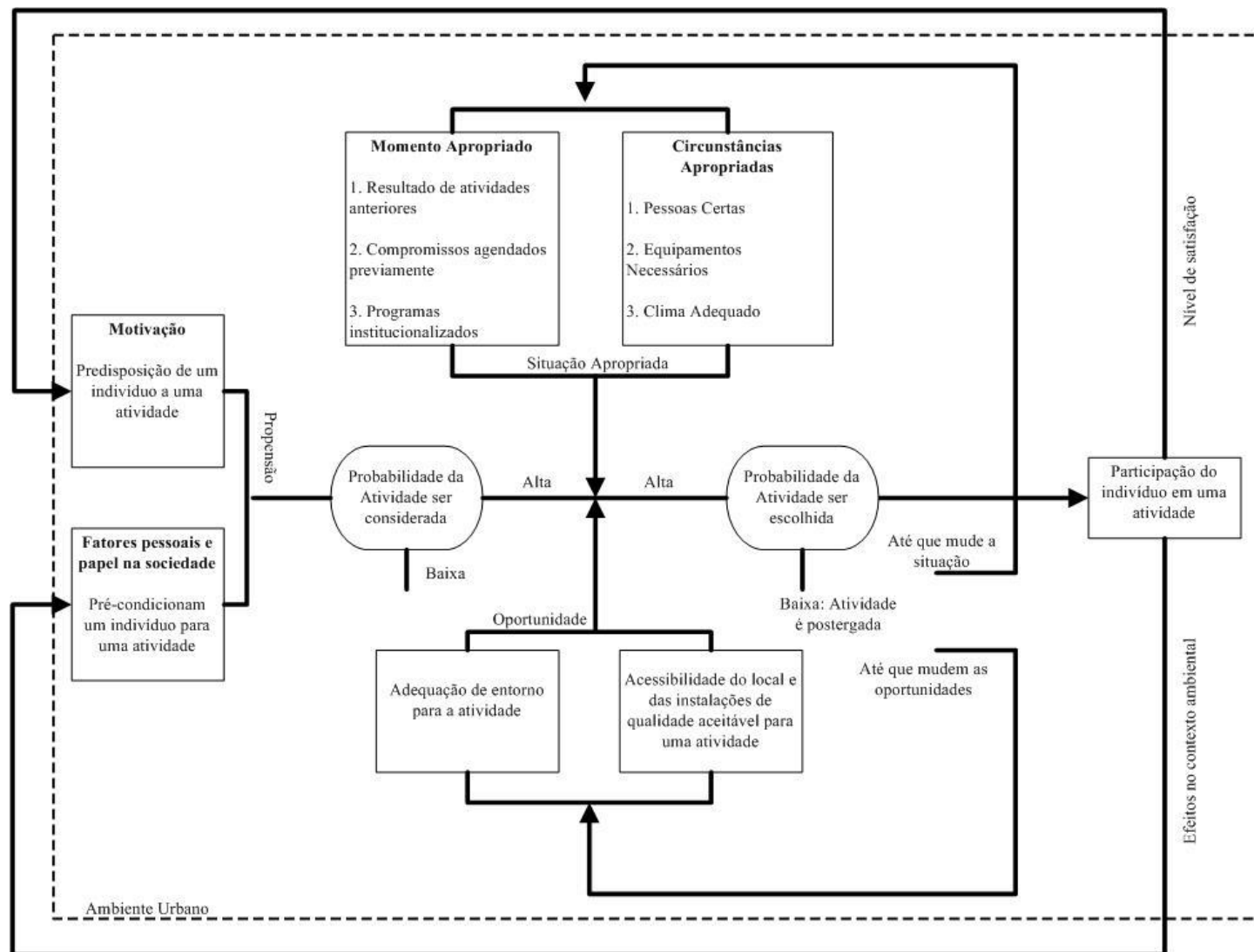
Na AVBA, viagens são analisadas como padrões diários de comportamento, relacionados e originados de diferentes estilos de vida e participação em atividades. O indivíduo se desloca ao longo do dia para a realização de atividades por percursos obrigatórios, que são os deslocamentos necessários ao cumprimento das principais atividades, e percursos não obrigatórios, feitos para a realização de outras atividades que podem ser realizadas no tempo disponível entre as atividades principais (SILVA, 2008). Na Figura 2.2 são exemplificados alguns destes deslocamentos.



**Figura 2.2** – Deslocamentos prováveis de um indivíduo durante o dia

Fonte: Silva (2008)

Para McNally (2007), a motivação dessa abordagem é que as decisões de viagem são realmente baseadas nas atividades, e qualquer compreensão do comportamento de viagem vem depois da uma compreensão fundamental do comportamento da atividade. Segundo a Teoria dos Padrões de Atividades de Chapin, ilustrada na Figura 2.3, a necessidade de sobrevivência ou o desejo de satisfação e encontros pessoais gera a demanda por atividades.



**Figura 2.3** – Mapa conceitual da teoria dos padrões de atividade de Chapin

Fonte: Takano (2010)

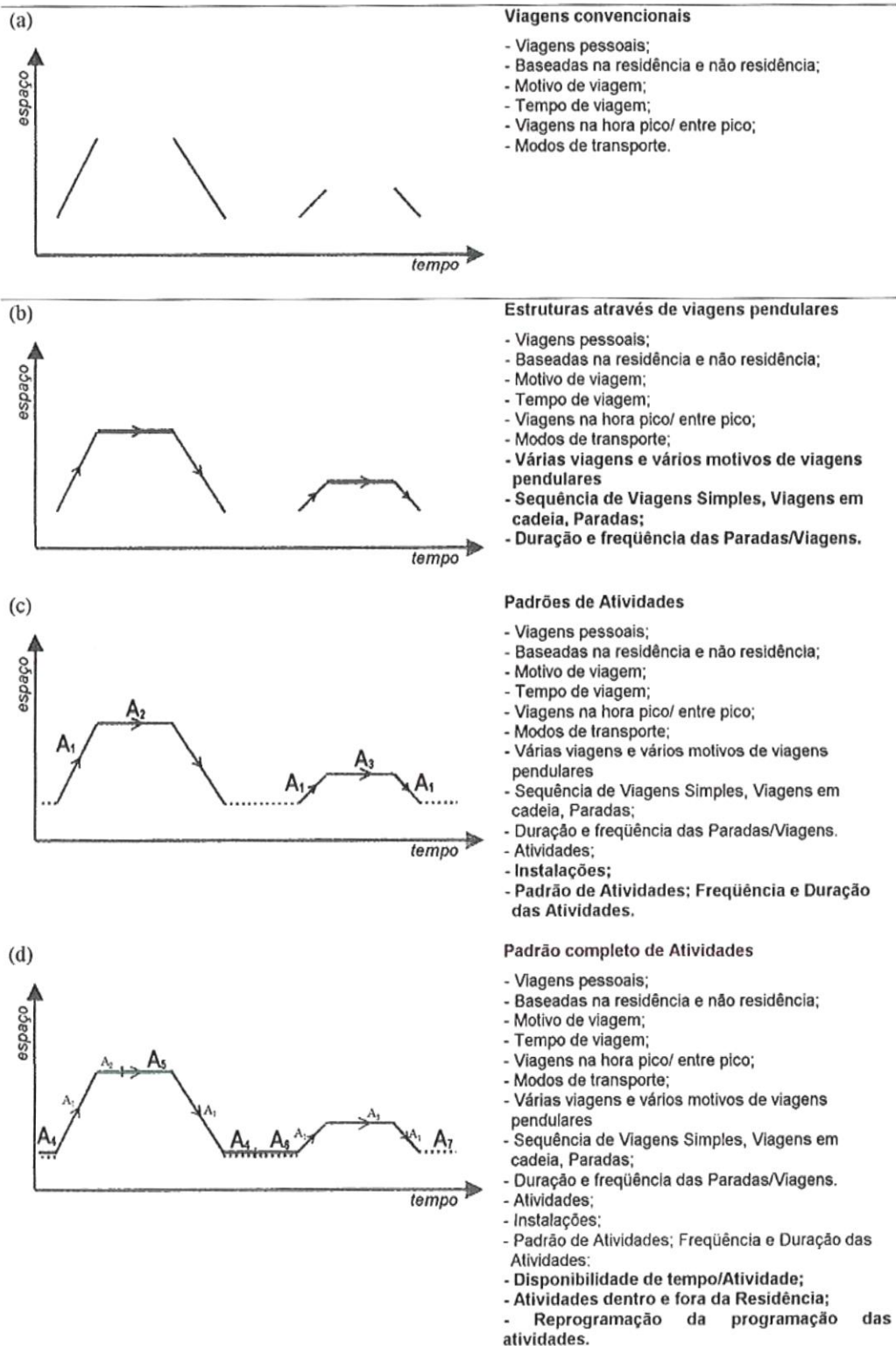
A análise baseada em atividades constitui "uma metodologia exploratória (...), em que pesquisadores começaram analisando o comportamento do indivíduo levando-se em conta sua condição familiar, num contexto mais amplo de padrão de comportamento diário" (JONES *et al.*, 1983). Um dos principais pontos fortes dessa abordagem é a inserção e avaliação do padrão total de viagem num dia completo. Também é importante o reconhecimento de que as viagens não podem ser analisadas de forma independente, pois frequentemente as atividades realizadas em um período de tempo estão inter-relacionadas. A AVBA tenta corrigir a dificuldade existente dos modelos baseados em viagens de refletir o comportamento individual e, portanto, de responder à evolução das políticas de gestão e expansão da infraestrutura de transporte e serviços. Essa teoria, a AVBA, fornece uma boa estrutura de análise de comportamento de viagem e de previsão de demanda por transporte.

### **2.2.2 Padrão de Viagem e Cadeia de Viagem.**

O padrão de atividade-viagem, unidade básica de análise da AVBA, pode ser definido como o padrão de comportamento representado por viagens e atividades durante um período específico (geralmente um dia). Estes padrões surgem através da programação e execução de atividades. Os programas de atividades resultam de algum processo de decisão que busca alocar as tarefas de forma consistente com as várias restrições ambientais, de transporte e de tempo. As sequências de atividades são tomadas como uma agenda de participação, ou o plano de um indivíduo para viagens e atividades que, após programadas, resultam em um padrão de atividade individual diário (MCNALLY, 2007).

De acordo com Takano (2010), alguns modelos baseados em atividades usam circuitos ou cadeias de viagem como a unidade básica de análise, metodologia que começou a ser explorada no final dos anos 70 com o objetivo de melhorar a acurácia da modelagem da mobilidade urbana. A cadeia de viagem engloba o conjunto de atividades e viagens realizadas em um dia de análise, da partida da residência ao retorno a ela. Esse percurso diário passando pelos locais de atividades pode ser chamado de *tour*, e essa forma de análise é conhecida como abordagem baseada em *tours*. As viagens e atividades são representadas por uma sequência em que os elementos podem ser caracterizados por um conjunto de atributos, como a motivação, modo de transporte e duração. Na Figura 2.4, várias abordagens são descritas como um processo de complexidade crescente, começando com as abordagens convencionais.



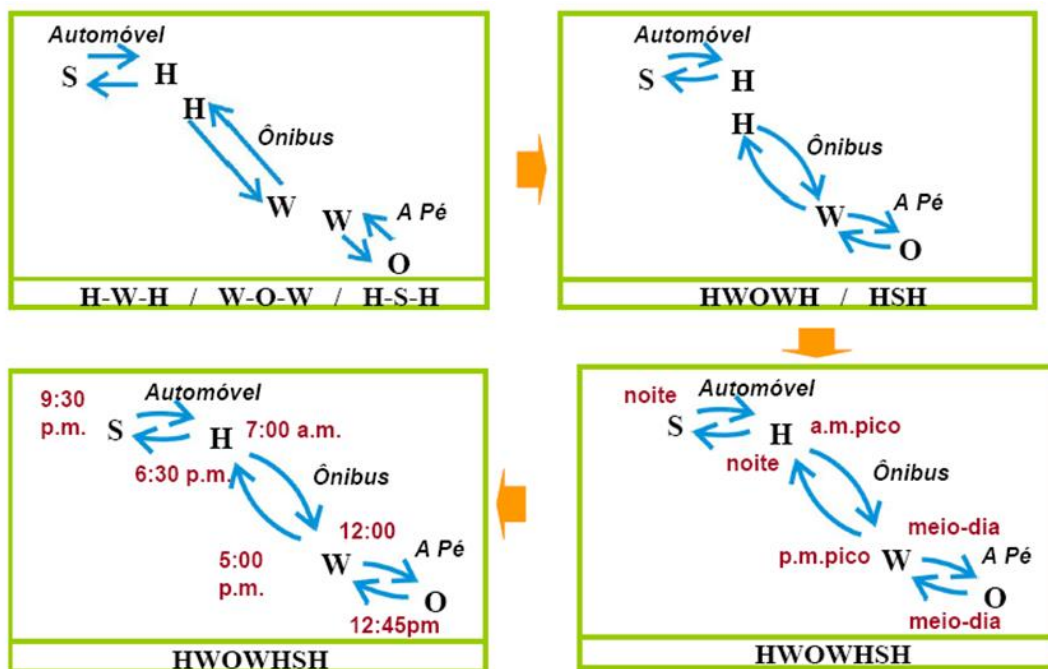


**Figura 2.4 – Evolução das análises de viagens**

Fonte: Baseado em Jones (1983)

A representação do comportamento é colocada por Jones (1983) em duas dimensões, com espaço e tempo. As viagens são os vetores de deslocamento de um ponto a outro. Os períodos de viagem são analisados usualmente nos picos ou entre os picos. A complexidade começa a aumentar na Figura 2.4(b), quando se analisa a viagem em uma estrutura completa. As viagens de casa ao trabalho e de volta à casa são descritas como viagem pendular ou cadeia de viagem simples. A sequência de viagem, seus motivos e quantidade já são importantes. A Figura 2.4(c) acrescenta um nível de complexidade no estudo de comportamento de viagens: a análise de padrões de atividades. Na Figura 2.4(d) é representada a análise de um padrão diário completo de atividades e viagens.

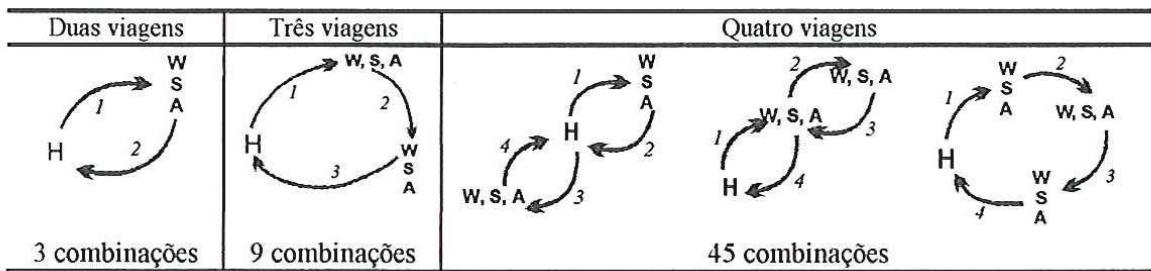
A Figura 2.5, oriunda do trabalho de Taco (2003), ilustra a evolução na consideração da unidade de análise no estudo de viagens e o acréscimo de detalhamento. As letras correspondem a (H) Residência, (W) Trabalho, (S) Escola e (O) outras atividades.



**Figura 2.5** – Evolução na consideração da unidade de análise

Fonte: Taco (2003)

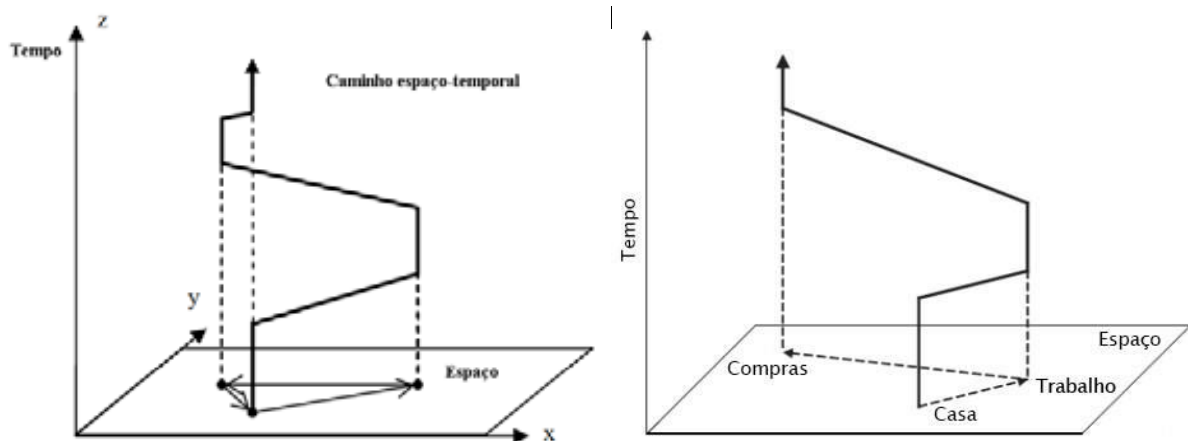
É importante ponderar que o estudo através dos padrões de atividade/viagem tende a aumentar os níveis de análise e a complexidade de análise. Quando o número de viagens realizadas aumenta, há um grande acréscimo no número de combinações possíveis. Para 5 viagens, por exemplo, existem 216 combinações dos elementos. Esse aumento é ilustrado na Figura 2.6.



**Figura 2.6** – Exemplos de padrões de viagens

Fonte: Ichikawa (2002)

Considerando a importância de, no estudo dos padrões de viagens, avaliar o espaço e o tempo simultaneamente, o caminho espaço-temporal é uma alternativa de análise interessante. No processo de deslocamento, o indivíduo descreve certa trajetória no espaço. Quanto maior o grau de mobilidade de uma pessoa, que é influenciado por fatores como a renda, maior o consumo de espaço no deslocamento (SILVA, 2008). Um caminho espaço-temporal representa graficamente como é a trajetória de deslocamento no ambiente e quanto tempo se gastou para chegar a cada destino (Figura 2.7).



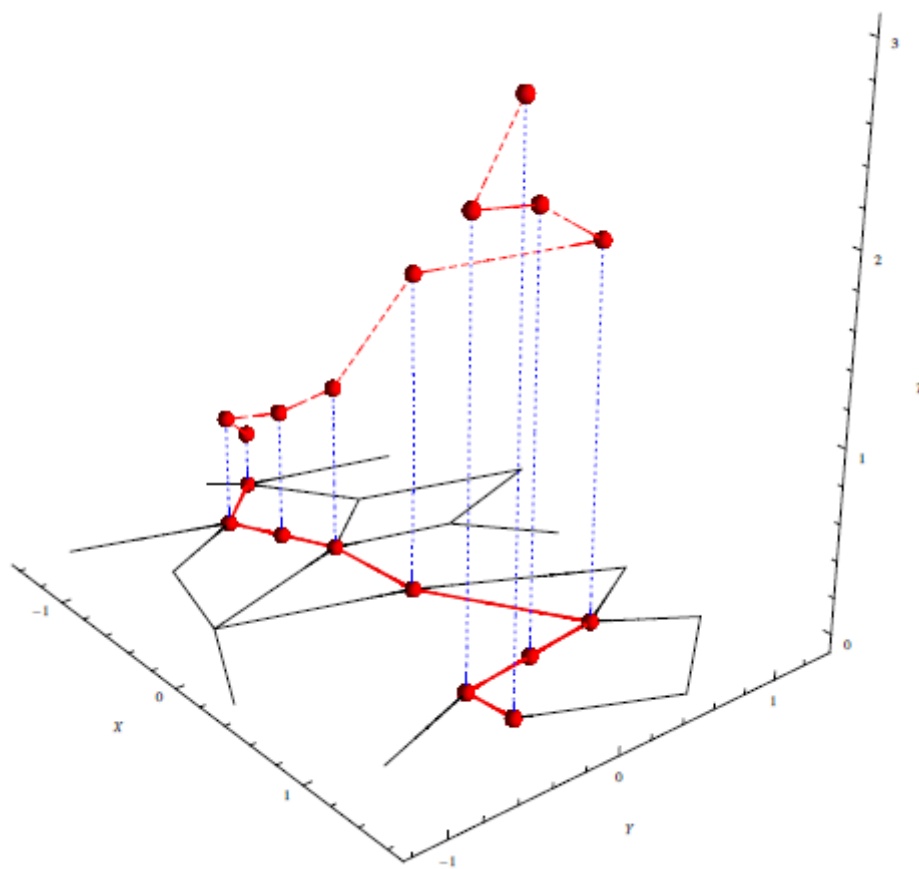
**Figura 2.7** – Caminhos espaço-temporais

Fonte: Silva (2008) e Ichikawa (2002)

O modelo de *space time paths* (caminhos espaço-temporais) é baseado nos conceitos propostos por Hägerstrand (1970) e tem como finalidade explicar e representar como ocorrem os deslocamentos das pessoas levando em conta suas restrições. Compõe-se de um gráfico em eixos cartesianos usualmente em 3 dimensões, em que o plano horizontal – formado pelos eixos  $x$  e  $y$  – define o espaço e um eixo vertical  $z$  representa a variável tempo, como mostrado na Figura 2.7. Quando  $x$  e  $y$  permanecem fixos e apenas  $z$  (tempo) varia, o indivíduo está parado. As retas

inclinadas representam viagens, sendo que a projeção no plano x-y indica os espaços percorridos e a variação no eixo z indica o tempo gasto na viagem.

A Figura 2.8 mostra como Kuijpers (2012) representou a trajetória hipotética de um indivíduo sobre uma rede viária utilizando o conceito de caminho espaço-temporal. Os nós são pontos de parada ou de medição, as linhas tracejadas vermelhas são o caminho no espaço-tempo e as linhas sólidas vermelhas são a projeção desses caminhos no espaço (plano horizontal x-y). As linhas pretas são as vias da rede.

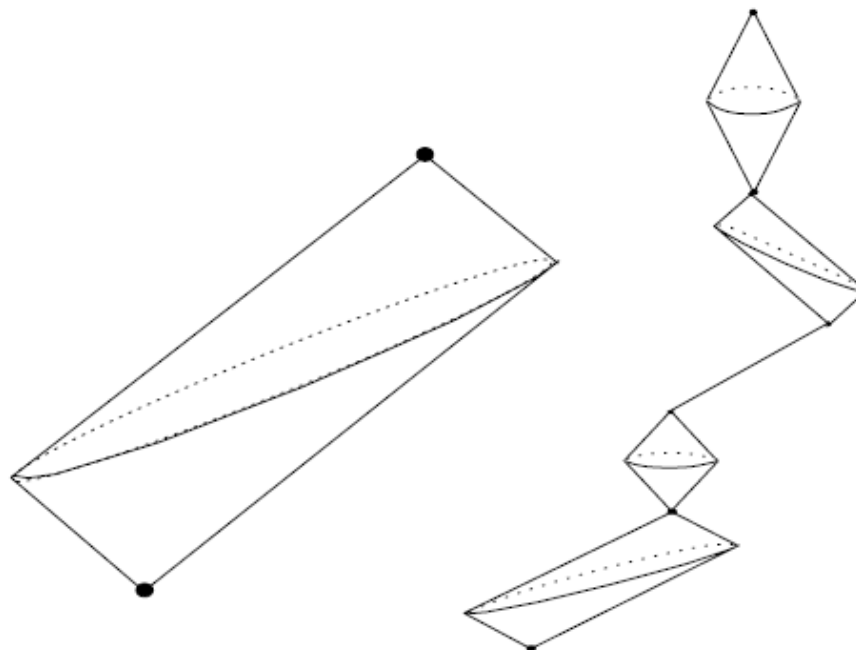


**Figura 2.8** – Uma trajetória em uma rede viária no espaço-tempo e sua projeção

Fonte: Kuijpers (2012)

Informações como o limite de velocidade possível de uma pessoa em movimento podem prover um modelo bem informativo, que é fornecido pela estrutura de prisma espaço-tempo. Este modelo fornece, entre dois locais consecutivos, o conjunto de possíveis localizações de uma pessoa (ou objeto) em movimento no espaço-tempo, dado um limite em sua velocidade. Os pontos medidos em determinado local do espaço e em determinado instante de tempo são chamados de pontos de âncora ou pontos de ancoragem.

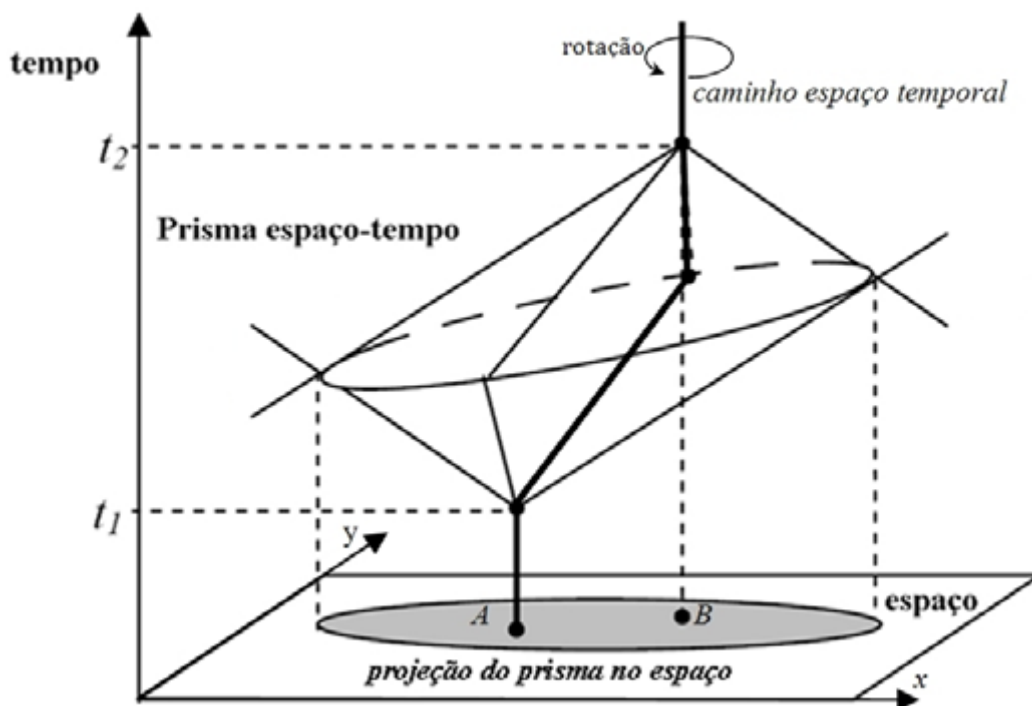
Um prisma espaço-temporal entre dois pontos de âncora é um objeto geométrico no espaço espaço-tempo que delimita todos os locais onde o objeto em movimento pode ir, dados os locais medidos, o intervalo de tempo entre eles e o limite de velocidade do objeto.



**Figura 2.9** – Prisma espaço-tempo entre dois pontos de âncora (esquerda) e cadeia de prismas espaço-tempo em uma sequência de seis pontos com variados limites de velocidade (direita)  
 Fonte: Kuijpers (2012)

Como ilustrado na Figura 2.9, diferentes velocidades entre pontos de ancoragem geram prismas mais ou menos largos. Quanto maior a velocidade, maior o espaço que o indivíduo pode cobrir, e mais largo o prisma. A projeção de um prisma espaço-temporal sobre o plano x-y – componente espacial do gráfico – é uma elipse que delimita a coleção de locais possíveis que o objeto ou pessoa em movimento pode ter visitado (KUIJPERS, 2012).

O prisma espaço-temporal é uma extensão do caminho espaço-temporal. No entanto, o prisma não traça os movimentos observados através no espaço de um indivíduo durante um intervalo de tempo; em vez disso, mostra quais partes do espaço são possíveis para um indivíduo estar em horários especificados. O prisma é uma entidade tridimensional existente em uma região limitada do espaço-tempo. Uma das formas de se obter um prisma espaço-tempo é rotacionando um caminho espaço-temporal em torno do eixo vertical do tempo, como feito por Lenntorp (1976) e como é mostrado na Figura 2.10.



**Figura 2.10** – Representação do prisma espaço-tempo

Fonte: Silva (2008)

A projeção do prisma espaço-tempo no plano do espaço corresponde a uma área chamada de área potencial de deslocamento, tem uma forma elíptica, com os pontos focais correspondendo aos pontos de âncora. A forma da área potencial varia a depender das restrições do meio e do comportamento de mobilidade do indivíduo. Por exemplo, indivíduos de maior renda costumam ter uma área potencial de deslocamento maior, e em uma cidade em que o deslocamento em uma direção é mais fácil que nas outras, como numa cidade ao longo de uma rodovia, a área potencial tende a ter uma forma mais achatada.

Como foi visto, a pesquisa de mobilidade pela perspectiva do comportamento individual é de grande valia por trazer diversas possibilidades de análise e permite levar em consideração uma grande quantidade de fatores, mas pode envolver um alto grau de complexidade. De acordo com Ichikawa (2002), essa complexidade motiva diversas linhas de pesquisa a aperfeiçoar seus métodos de análise e desenvolver soluções alternativas. Entre elas, a modelagem e simulação de fenômenos relacionados a transportes vem ganhando espaço aliada ao desenvolvimento da tecnologia. No item 2.3 serão citadas abordagens utilizadas por pesquisadores para o entendimento das escolhas temporais e espaciais dos indivíduos através de históricos de localização GPS e de *Call Detail Records* (CDRs). Esses pesquisadores perceberam que os telefones móveis podem ser excelentes fontes de informação de mobilidade individual.

### 2.3 ESTUDOS EM MOBILIDADE COM TELEFONES MÓVEIS

Cada vez mais, os telefones celulares se tornam onipresentes pelo mundo. De acordo com dados da União Internacional de Telecomunicações (UIT), agência da ONU, de 2000 a 2015 o número de aparelhos em uso no mundo cresceu de 738 milhões em 2000 para 7 bilhões em 2015, e o alcance da tecnologia 3G em 2015 chegou a 69% da população global e 83% da população urbana global. Com celulares como fontes de informação, estudos têm feito novas descobertas sobre o comportamento de transporte. Dados de telefones móveis têm sido explorados de várias maneiras, incluindo o monitoramento da mobilidade da população, a inferência de estruturas sociais, o entendimento das relações entre contexto social e espaço físico e a detecção de eventos naturais – como tempestades e terremotos – e sociais – como festas e manifestações.

Na área de Transportes, aparelhos celulares tem sido usados, com sucesso, na pesquisa comportamental, como nos estudos de Song *et al.* (2010) e González *et al.* (2008). Os pesquisadores da área de comportamento têm se beneficiado de celulares para descobertas de vários tipos, como padrões de mobilidade individuais e a interação do indivíduo com a cidade. Segundo Lu (2015), a pesquisa em comportamento nos últimos anos oferece recursos para o conceito transporte sustentável, que está mudando a ideia de atender a demanda através de obras de aumento da capacidade pela ideia de gerenciar essa demanda tornando mais eficiente o uso dos sistemas já existentes. Telefones móveis também são fontes de dados para estimativas agregadas de tráfego, como tempo e velocidade de viagem, volume de tráfego e montagem de matriz origem-destino, como no estudo de Calabrese *et al.* (2011).

Os dados de telefonia móvel a que este trabalho faz referência podem ser de dois tipos: histórico de localização GPS e *Call Detail Record* (CDR). O histórico de localização é um tipo de dado com importância crescente em SIG – Sistema de Informação Geográficas –, e corresponde ao registro da localização de uma entidade no espaço geográfico ao longo de um intervalo de tempo (Egenhofer *et al.*, 2004). Os dados do tipo CDR são gerados a cada vez que se faz uma ligação, se envia uma mensagem ou se usa a tecnologia 3G ou 4G; esses dados são referenciados ao tempo e espaço – se conhece o local e o horário em que foram gerados – e produzem informações de localização de milhões de usuários em longos períodos de tempo.

Coletar dados não é um fim em si mesmo, mas serve como uma entrada em várias aplicações. Assim sendo, as vantagens e desvantagens de cada tipo de dado coletado depende de sua aplicação. Como será discutido no item 2.4 e como foi reconhecido em estudos anteriores, como

o de Ahas (2010) e o de Jiang (2016), o uso de CDRs possui problemas como limitação de precisão, a necessidade de algoritmos para dar significado aos dados e o desafio de tratar uma quantidade muito grande de dados. Por sua vez, os dados de localização GPS, embora mais precisos, têm o problema da dificuldade de se obter grandes amostras.

A seguir são apresentados estudos que investigam os padrões de mobilidade urbana através da utilização de dados de aparelhos celulares. Para facilitar a revisão, os estudos são divididos em duas categorias: os realizados através de uma perspectiva individual, ou microscópica, e os que têm uma perspectiva urbana, ou macroscópica. Estudos que usam uma visão microscópica focam no comportamento de viagem do indivíduo. Os pesquisadores que adotam uma visão macroscópica estão interessados em viagens agregadas de uma população.

### **2.3.1 Perspectiva Individual**

Uma vez que as pessoas mantêm um telefone perto delas a maior parte do tempo, a localização do dispositivo móvel pode ser usada para aproximar as trajetórias individuais no espaço e no tempo, ou seja, aproximar os caminhos espaço-temporais. Esta linha de pesquisa – com perspectiva individual – caracteriza as viagens de uma pessoa ou grupo com base em suas trajetórias reconstruídas a partir de atualizações de localização de dispositivos móveis.

O histórico de localização obtido não é contínuo; na verdade, os dados são pontuais. Quando se usa a rede de telefonia como fonte de dados, esses são gerados quando se faz uma ligação, se envia uma mensagem ou se usa a tecnologia 3G ou 4G. Devido à natureza dispersa do uso do telefone, as amostras de dados não fornecem jornadas completas no espaço e tempo para cada indivíduo. No caso do histórico de localização obtido por um aplicativo baseado em GPS, o problema da dispersão dos dados não é tão grave. Os dados podem ser gerados em intervalos de poucos minutos.

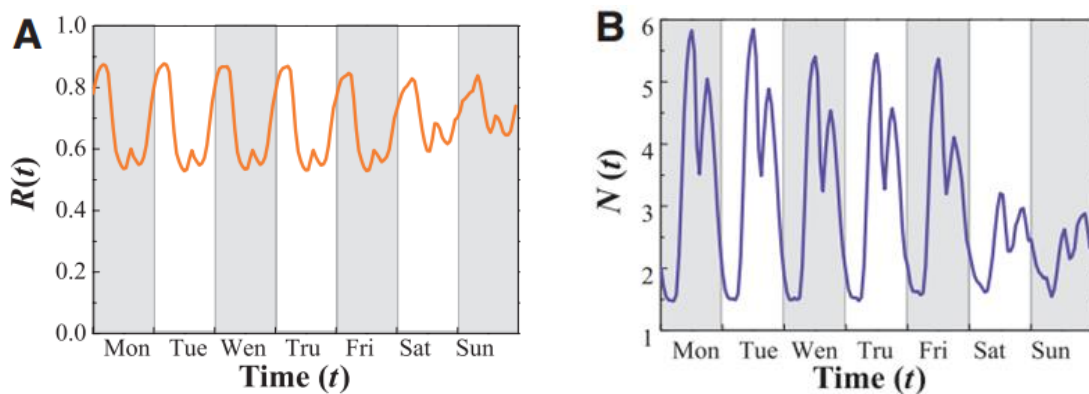
Para ambos os casos, rede de telefonia ou aplicativo GPS, com o tratamento dos dados e a aplicação de algoritmos apropriados baseados no conhecimento atual de mobilidade, as informações extraídas se tornam valiosos para os pesquisadores de transporte e vêm permitindo identificar e caracterizar por onde cada indivíduo passa ou onde está, e até mesmo inferir os tipos de atividades realizadas. Algumas descobertas dos estudos recentes sobre as características de mobilidade individual são expostas nos próximos parágrafos.



**i) Regularidade:**

As viagens individuais têm significativa regularidade espacial e temporal em vários aspectos. Calabrese *et al.* (2013) notaram que as pessoas tendem a seguir uma mesma trajetória em diferentes dias e criaram um modelo capaz de identificar essas trajetórias usando dados de telefonia móvel. Outros pesquisadores identificaram a natureza periódica das viagens, como González *et al.* (2008), que mediram a probabilidade de um usuário retornar à posição em que foi observado pela primeira vez após um tempo “*t*” em horas. Os autores encontraram nesta probabilidade picos às 24 h, 48h e 72 h, o que evidencia o padrão diário da mobilidade.

Também há um padrão semanal nas viagens, como identificado em Song *et al.* (2010), onde os autores estudaram as viagens de um conjunto de pessoas ao longo de seis meses e identificaram os locais mais visitado por essas. Foi observado que, em média, os indivíduos permanecem no local mais visitado em certo dia da semana 70% do tempo – uma prova forte da frequência semanal das viagens. Na Figura 2.11 Song *et al.* (2010) mostram, no diagrama A, o parâmetro  $R(t)$ , que corresponde à fração de tempo em que os usuários são rastreados no seu local mais visitado em relação ao total de rastreamentos e, no diagrama B, o número de locais visitados  $N(t)$  em uma hora. O comportamento de  $R(t)$  e  $N(t)$  em função do tempo é mostrado para os 7 dias da semana, começando por segunda-feira e terminando no domingo. Há um padrão claro de repetição nos dias de segunda a sexta e uma correlação negativa entre  $R(t)$  e  $N(t)$ .

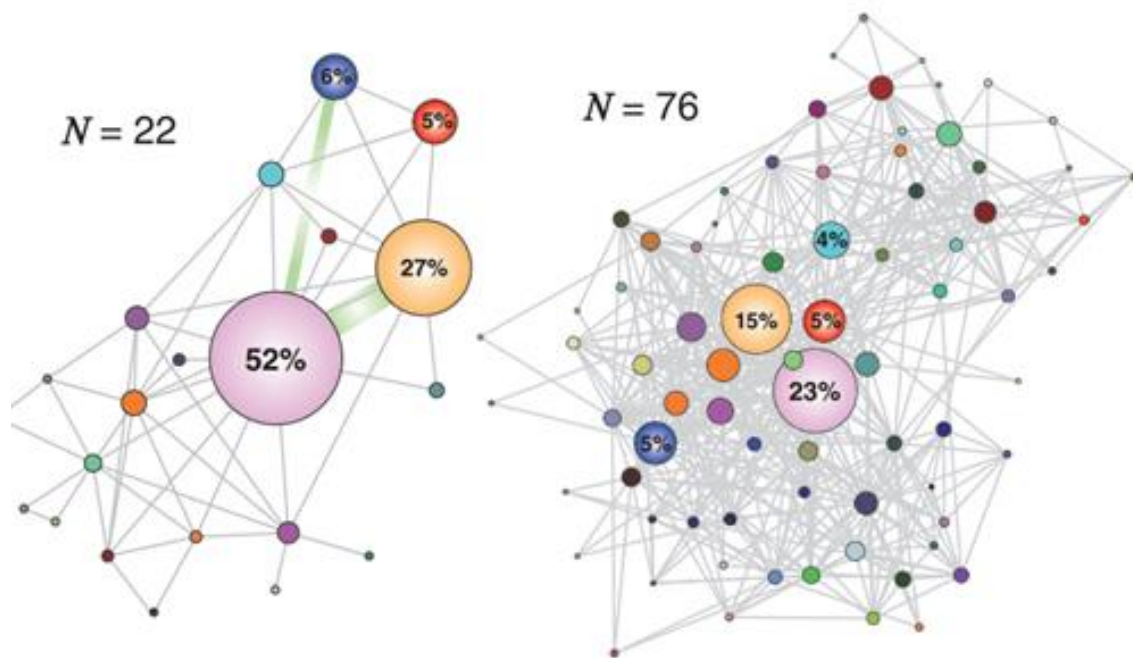


**Figura 2.11** – Regularidade horária  $R(t)$  e número de locais visitados por hora  $N(t)$

Fonte: Song *et al.* (2010).

Tostes *et al.* (2013) identificaram que as pessoas tendem a visitar lugares mais populares, onde dedicam a maior parte do seu tempo, e que a popularidade pode variar de acordo com o período do dia. A partir dessas informações, os autores propuseram um modelo para prever o fluxo de veículos nas vias em diferentes períodos do dia. Song *et al.* (2010) examinaram a fração de

tempo que dois usuários passaram em seus locais mais visitados. Os usuários permaneceram boa parte do tempo em seus dois principais locais (Figura 2.12). Lu *et al.* (2013) elaboraram esses resultados mostrando que essas porcentagens podem diferir dependendo do número de locais únicos visitados. Em média, aqueles que visitaram mais de 10 locais passaram aproximadamente 75% do seu tempo nos dois principais locais, enquanto esse percentual poderia ser de até 95% para aqueles que apenas visitaram quatro locais distintos.



**Figura 2.12** – Redes de mobilidade de 2 usuários distintos capturadas por dados de telefonia  
Fonte: Song *et al.* (2010)

A Figura 2.12 mostra as trajetórias de dois usuários com padrões de mobilidade muito diferentes. O primeiro usuário move-se na proximidade de  $N = 22$  torres em uma região de 30 km, enquanto a segunda visita tanto quanto  $N = 76$  torres abrangendo aproximadamente um bairro de 90 km. Para entender a natureza da mobilidade individual, foi atribuída a cada usuário uma rede de mobilidade, na qual os nós são os locais visitados pelo usuário (cada local correspondente a uma torre de telefone celular), e as linhas representam os movimentos observados entre estes. Os tamanhos dos nós indicam a porcentagem de tempo que o usuário passou na proximidade da torre particular, e mostram que os indivíduos tendem a passar a maior parte do tempo em alguns locais selecionados. A espessura das linhas é proporcional à frequência do movimento direto entre duas torres.

Ainda no trabalho de Song *et al.* (2010), os autores investigaram o número de locais visitados em vários intervalos de tempo e identificaram que as pessoas tendem a retornar ao local previamente visitado. Embora os indivíduos tendessem a visitar novos lugares ao longo do tempo, foi evidente a diminuição na taxa de locais adicionais e, após 3 meses de observação se notou uma saturação – o número de novos locais visitados praticamente não aumentava. A mesma constatação foi feita no estudo de Jiang *et al.* (2016) que quantificou o número de locais novos visitados ao longo do tempo e perceberam que a taxa de visita a novos locais diminuiu consideravelmente para longos períodos de tempo.

## ii) **Previsibilidade:**

O trabalho de González *et al.* (2008) indica que os padrões de mobilidade costumam possuir características similares para diferentes localidades. Isso torna possível comparar a movimentação de pessoas em locais com diferentes culturas e organizações políticas e sociais. Além disso, a viagem individual tem se mostrado altamente previsível. Pesquisadores têm conseguido prever as escolhas dos usuários com uma boa precisão.

Estudos como o de Lu *et al.* (2013) mediram a previsibilidade da mobilidade com dois conceitos relacionados: entropia  $S$  e máxima previsibilidade  $\Pi$ . A entropia  $S$  é um conceito fundamental na medição de distúrbios em uma série de tempo e caracteriza o grau de previsibilidade. Uma trajetória do usuário com  $S = 2$  pode ser interpretada como a incerteza de  $2^S = 2^2 = 4$  localizações no paradeiro deste usuário. Previsibilidade máxima  $\Pi_{\text{máx}}$  é a probabilidade de que um algoritmo de previsão apropriado pode prever corretamente o paradeiro de um usuário. Em outras palavras,  $\Pi_{\text{máx}} = 0,2$  significa que se pode prever o paradeiro de um usuário com um nível de precisão superior a 20%, não importa quão bom seja o algoritmo de previsão.

Embora a previsão máxima estabeleça o limite teórico da precisão da predição, diversos modelos práticos de previsão de mobilidade foram desenvolvidos em estudos empíricos com dados de telefones móveis, inclusive no estudo de Lu *et al.* (2013). Estes estudos relataram um nível de precisão de previsão variando de 60% a mais de 90%.

## iii) **Distância de Viagem:**

Um parâmetro importante de mobilidade individual é a distância de viagem, que varia entre os indivíduos. Estudos como o de Lu *et al.* (2012) mostram que a distribuição de probabilidade da distância de viagem diária das pessoas exibiu um decaimento em distâncias de viagem maiores.

No estudo citado, enquanto a maioria das pessoas cobria uma distância diária de até 10 km, algumas viajavam regularmente até 100 a 300 km por dia. A diferença na distância de viagem se mostrou relacionada a fatores como a estrutura da cidade e suas restrições à mobilidade.

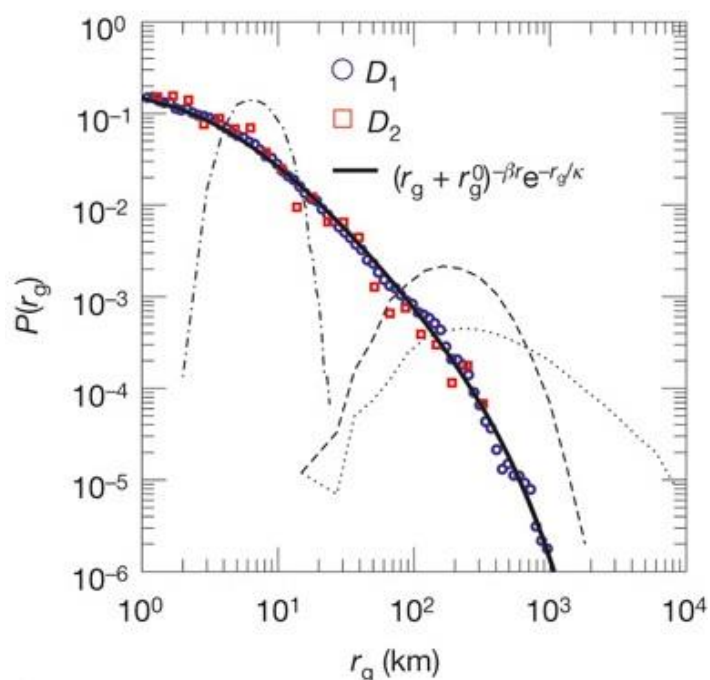
Uma medida chave relacionada a trajetórias de mobilidade humana é o raio de giro ( $r_g$ ), que é uma medida de quão longe do centro de massa está a massa de um corpo, ou, no estudo da mobilidade, o tamanho da trajetória média de um indivíduo em relação a uma localização média. Para cada usuário, o raio de giro pode ser calculado por:

$$r_g(t) = \sqrt{\frac{1}{n(t)} \sum_{i=1}^n (r_i - r_{cm})^2} \quad (1)$$

onde  $r_g$  representa a posição  $i = 1, 2, \dots, n(t)$  visitada por um usuário, enquanto  $r_{cm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$  é o centro de massa da trajetória.

Uma das descobertas do trabalho de González *et al.* (2008) é que, quanto maior a distância de viagem, maior a anisotropia das trajetórias. Isso significa que, quanto maiores as distâncias percorridas, maior a tendência de que os locais visitados se distribuam de forma mais alongada – tendo uma direção preferencial.

Como dito anteriormente, a probabilidade do raio de giro – distância de viagem – do deslocamento diário de um usuário cai quando o raio de giro aumenta, pois a maioria dos indivíduos viajam distâncias curtas no dia a dia, enquanto alguns poucos se deslocam centenas de quilômetros. Esse fenômeno é mostrado na Figura 2.13, que consiste em um gráfico de probabilidade do raio de giro  $P(r_g)$  em função do raio de giro  $r_g$ , obtido por González *et al.* (2008), com duas amostras de dados,  $D_1$  e  $D_2$ , e onde a linha sólida representa uma função truncada de  $P(r_g)$  sugerida para se adequar aos dados empíricos.



**Figura 2.13** – Probabilidade do raio de giro,  $P(r_g)$ , obtida de 2 conjuntos de dados,  $D_1$  e  $D_2$   
 Fonte: González *et al.* (2008)

### 2.3.2 Perspectiva Urbana

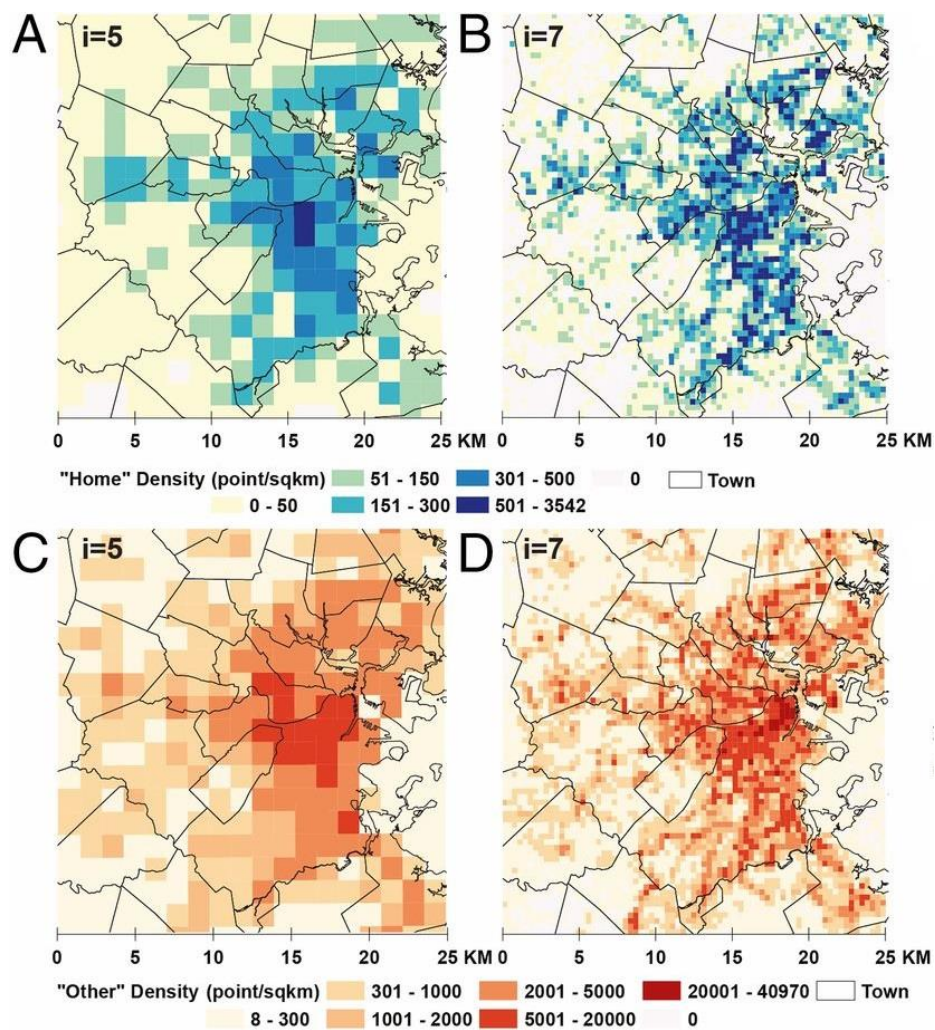
Uma visão global do ambiente urbano é de grande valia para os pesquisadores de transporte. Entender o deslocamento das populações e a interferência do ambiente urbano construído nesses deslocamentos é necessário para fundamentar boas políticas de transporte. Os dados individuais dos dispositivos móveis, quando agregados, podem ser usados para aproximar a localização e o fluxo da população no espaço. Um número significativo de estudos tem aplicado dados de telefones móveis para estudar elementos como a estrutura urbana e o comportamento agregado da população durante eventos especiais.

#### i) Estrutura Urbana:

Uma série de estudos foram capazes de produzir informações valiosas sobre a configuração do espaço urbano com dados de telefones celulares (YUAN, 2012). Jiang *et al.* (2016) investigaram a influência do uso do solo na distância de viagem. Os pesquisadores foram capazes de obter, para a área metropolitana de Boston, a distribuição dos locais de residência e de outras atividades, obtidas de dados de telefonia móvel (CDRs). A distribuição foi obtida em 2 escalas ou resoluções. Na escala com grades mais grossas e menor resolução, os locais de residência e de outras atividades aparecem misturados no espaço e mostram alta correlação

espacial. Na escala com grades menores e maior resolução, a separação entre casa e outros tipos de uso do solo se torna mais clara, como pode ser visto na Figura 2.14.

Na Figura 2.14, (A e B) representam a distribuição de locais de residência em Boston em 2 escalas distintas. (C e D) mostram a distribuição de locais de outras atividades. As cores representam diferentes densidades de pontos de residência ou outros em pontos por km<sup>2</sup>. A resolução das grelhas é dado pelo nível de cascata *i*. Se *i* = 0, a área de estudo delimitada – que tem forma quadrada – é tomada inteira, por uma única célula; se *i* = 1, a área é dividida em 4 pela grelha; para *i* = 2, a área é dividida em 16 células. Em resumo, o número de células da malha é dada por 4<sup>*i*</sup>, e quanto maior o valor de *i* maior a resolução da análise. Em (A e C), *i* = 5 e a malha tem 4<sup>5</sup> = 1024 divisões; nessa escala, locais de casa e outras atividades se mostram próximos. Em (B e D), *i* = 7 e a malha tem 4<sup>7</sup> = 16384 divisões e é possível observar separação entre uso do solo residencial e de outro tipo.



**Figura 2.14** – Densidade de locais de "casa" e "outros" em Boston com 2 resoluções  
 Fonte: Jiang *et al.* (2016)

A identificação de locais de residência e outras atividades utilizando dados de telefonia já havia sido feito por Ahas (2010) com menor detalhamento. Outro exemplo é um estudo conduzido em Nova Jersey (Becker, 2011), em que os autores aplicaram dados de telefones móveis para identificar o conjunto de áreas residenciais em que vivem a maioria dos trabalhadores. No estudo de Cheng *et al.* (2011), foi mostrado que nos grandes centros urbanos a mobilidade geral da população é maior – maior número de quilômetros percorridos – quando comparada à mobilidade em pequenas cidades. De acordo com os autores, isso se deve ao maior número de lugares que se pode visitar nas grandes cidades e à grande distância entre esses lugares, e também à distância relativamente alta entre casa e local de trabalho.

## **ii) Eventos especiais:**

Os padrões de mobilidade podem sofrer mudanças repentina quando ocorrem emergências, desastres naturais, eventos de esporte, manifestações, entre outros. De acordo com Bagrow *et al.* (2011), há um aumento quase instantâneo na utilização do celular durante um evento especial. Xavier *et al.* (2012) analisaram o comportamento dos usuários em uma partida de futebol e identificaram que a quantidade de ligações aumenta no início, diminui levemente durante o evento e volta a aumentar na saída do local, até que a rede volte ao nível normal de utilização. Desse modo, uma grande quantidade de dados na rede repentinamente pode indicar que está ocorrendo algo diferente do usual no local. Calabrese *et al.* (2011) constatou que os diferentes tipos de eventos geram padrões de mobilidade distintos em seu início e no fim.

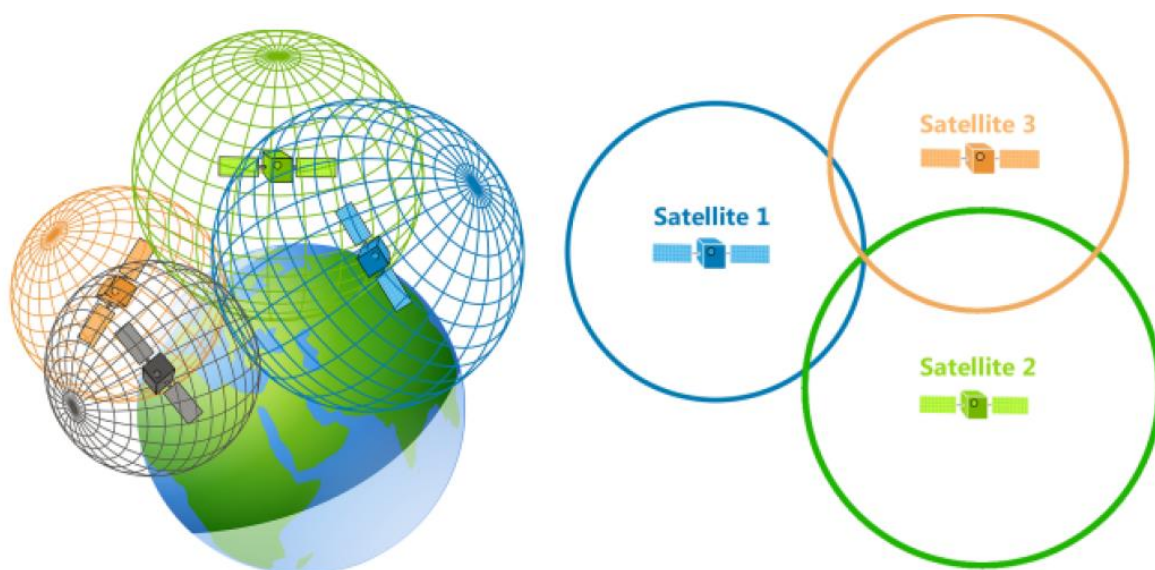
Bengtsson *et al.* (2011) se utilizaram de dados de telefones móveis para determinar o deslocamento populacional após o terremoto no Haiti e monitorar os movimentos de população durante um surto de doença. Bagrow *et al.* (2011) aplicaram dados de telefones móveis para estudar a mobilidade e a interação entre pessoas durante oito emergências do mundo real, como ataques à bomba.

## **2.4 DADOS DE TELEFONIA E SUAS CARACTERÍSTICAS**

Neste trabalho se faz referência a dois dos principais tipos de dados que podem ser coletados por telefones móveis. São eles os de localização GPS, que são obtidos por meio de algum aplicativo instalado no *smartphone*, e os CDRs, que são registrados na rede de telefonia quando esta é usada pelo aparelho celular. Os atributos de cada um deles, além de seus pontos fortes e fracos em análise de mobilidade, são descritos nos itens seguintes.

### 2.4.1 Histórico de Localização GPS

O *Global Positioning System* (GPS), em português Sistema de Posicionamento Global, é um sistema de radionavegação baseado em satélites e operado pela Força Aérea dos Estados Unidos. Ele fornece informações de geolocalização e de tempo a um receptor GPS em qualquer lugar da Terra onde haja uma linha de “visão” sem obstáculos para quatro ou mais satélites GPS. Três deles são necessários para determinar a posição do receptor e o quarto é importante na temporalização (RODRÍGUEZ, 2017).



**Figura 2.15** – Esquema da determinação da posição por satélites GPS

Fonte: Rodríguez, 2017

Em seu manual, Abel e Chaffee (1991) explicam que o sistema consiste de três partes – os satélites, a rede de controle de solo e o equipamento do usuário (receptor GPS). Os satélites na órbita terrestre fornecem os sinais e dados de navegação para o equipamento do usuário. A rede de controle de solo monitora e controla os satélites. Além disso, a rede de controle também atualiza as correções do relógio de satélite, bem como vários outros parâmetros essenciais para determinar a posição, velocidade e tempo (PVT) do usuário. O receptor GPS recebe sinais dos satélites e calcula a PVT do usuário.

Com a tecnologia GPS, pode ser criado um histórico de localização, que corresponde ao registro da localização do receptor GPS no espaço geográfico ao longo do tempo. Esse tipo de dado tem sido usado em estudos de mobilidade para estudar comportamentos e preferências relacionadas a viagens, como no estudo de Zheng e Xiezheng (2011).

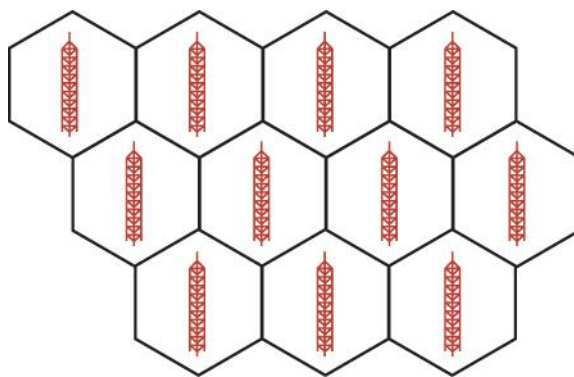


Um serviço com grande potencial para a geração de históricos de localização é o *Google Maps*, que possui um aplicativo para *smartphones*. O serviço possui a ferramenta *Timeline*, ou Linha do Tempo, que recorda os locais pelos quais o usuário passou. A Linha do Tempo só pode ser acessada com o e-mail e senha da conta *Google* de quem a usa. Existe a opção de baixar histórico de localização gerado pela ferramenta. Embora os dados baixados não sejam inteligíveis em sua forma bruta, é possível tratá-los, como explicado no capítulo 4, e utilizá-los no estudo de mobilidade.

#### 2.4.2 Dados do Tipo CDR

Dados de localização de telefonia celular podem ser automaticamente coletados dos usuários. A enorme quantidade de informação é fonte de oportunidades para investigar vários aspectos da dinâmica humana, de padrões de mobilidade individuais ao comportamento coletivo de massas (Candia *et al.* 2008). Cada *Call Detail Record* (CDR), em português Registro de Chamada Telefônica, coletado por operadoras de telefonia como produto de suas operações diárias, contém informação sobre quando e onde ocorreu uma ligação, SMS, uso de 3G, etc. Devido à grande cobertura espacial e populacional dos CDRs, esse tipo de dado tem sido bastante usado para investigar os padrões de mobilidade e vários aspectos da dinâmica urbana.

Uma rede celular é aquela que permite que os telefones celulares se comuniquem uns com os outros. A cobertura do sinal de uma determinada área se dá através da Estação de Rádio Base (ERB), que transmite o sinal aos dispositivos móveis (IQBAL, 2014). A área servida por uma estação base é chamada célula. Cada célula tem uma identificação única e costuma ser representada por uma área hexagonal (Figura 2.16). De acordo com Iqbal (2014), a densidade populacional é um fator importante na distribuição das ERBs.



**Figura 2.16** – Representação de rede celular  
Fonte: Xavier *et al.* (2012)

Os operadores de rede celular não mantêm posições de usuários em todos os momentos devido ao desempenho da rede e às razões de economia de largura de banda. O posicionamento só é considerado necessário quando um utilizador utiliza a rede para se comunicar. Quando um utilizador inicia um evento de ligação de rede – por exemplo, uma chamada de voz – o operador de rede celular tem de conhecer a sua localização para determinar a torre de células utilizada para canalizar este evento. Portanto, esses dados de posicionamento apenas descrevem os locais dos usuários no espaço quando ocorre um evento. Esses dados são gerados de forma automática e passiva para os propósitos próprios das operadoras de rede celular, incluindo a coleta de informações de faturamento e o gerenciamento da rede.

Após sua geração, o CDR é gravado, normalmente, em um arquivo que contém um conjunto de chamadas de um determinado período e/ou quantidade. A este arquivo dá-se o nome de arquivo de bilhetes ou arquivo de CDRs (CARVALHO, 2002). As informações contidas no CDR, além de seu formato, podem variar muito, dependendo do modelo da central que o gerou, do tipo de chamada (de telefone móvel para fixo, de móvel para móvel, entre outros) ou da customização requerida pela operadora de telecomunicações (CARVALHO, 2002). Um exemplo de conjunto de dados de telefones móveis é mostrado na Figura 2.17.

ID	Call Date	Call Time	Duration	Latitude	Longitude
AH03JAC8AAAbXtAId	20120701	09:34:19	18	23.8153	90.4181
AAH03JABiAAJKnPAa5	20120707	06:15:20	109	23.8139	90.3986
AAH03JABiAAJKnPAa5	20120707	09:03:06	109	23.7042	90.4297
AAH03JABiAAJKnPAa5	20120707	10:34:19	16	23.6989	90.4353
AAH03JABiAAJKnPAa5	20120707	18:44:53	154	23.6989	90.4353
AAH03JABiAAJKnPAa5	20120707	20:00:08	154	23.8092	90.4089
AAH03JAC5AAAdAYAE	20120701	09:15:05	62	23.7428	90.4164
AAH03JAC+AAAcVKAC	20120707	08:56:34	242	23.7908	90.3753

**Figura 2.17** – Amostra de conjunto de dados CDR  
Fonte: Iqbal (2014)

Um CDR é composto por campos que servem para identificar e descrever a chamada, como indicado na Figura 2.17. Algumas das informações que podem estar contidas em um *Call Detail Record* são:

- a) A identificação do dispositivo que realizou a chamada (*calling party*) e do que recebeu a chamada (*called party*);
- b) Data e horário de início da chamada;
- c) Localização do aparelho utilizado – latitude e longitude;
- d) Tempo de estabelecimento da chamada;
- e) Tempo de duração da chamada;
- f) Tipo de chamada, como voz, SMS, etc.;
- g) Os resultados da tentativa, indicando se a conexão foi estabelecida, por exemplo;
- h) Recursos utilizados durante a chamada.

A resolução espacial dos dados varia de acordo com a técnica adotada pelo operador de rede. Alguns operadores a obtêm em termos da torre em que o usuário está conectado em determinado instante, o que pode fornecer uma baixa precisão, de algumas centenas de metros; outros operadores determinam a localização por triangulação, tempo de atraso de transmissão e outras técnicas mais avançadas, que refinam a resolução para dezenas de metros ou poucos metros. Em áreas rurais costuma-se ter a menor resolução, chegando a alguns quilômetros, devido ao alto espaçamento entre as torres. A resolução temporal de um modelo baseado em dados de telefonia depende principalmente da frequência de envio de dados. Felizmente para os pesquisadores de transporte, o uso da tecnologia 3G e 4G aumentou a frequência de geração de CDRs, permitindo uma temporalização mais precisa da movimentação dos indivíduos.

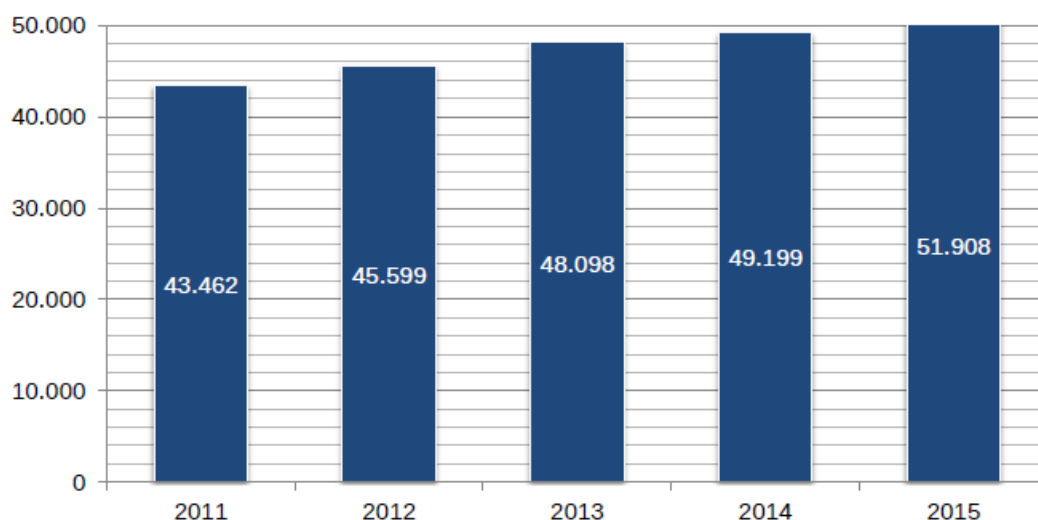
Um dos desafios atuais é tratar, armazenar e analisar a imensa quantidade de CDRs que é gerada diariamente a fim de obter informações úteis à área de transportes. O processo de exame de um grande volume de dados para encontrar padrões e correlações é denominado *Big Data Analytics*, sendo cada vez mais utilizado por empresas para identificar tendências de mercado, preferências de clientes e outras informações úteis à tomada de decisões comerciais. Os pesquisadores de transporte têm a oportunidade de adaptar ferramentas de *Big Data Analytics* desenvolvidas para uso comercial e aproveitá-las no estudo de mobilidade.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

São expostas aqui algumas características do *Campus* Darcy Ribeiro – área de estudo principal – que afetam a demanda por transporte na área. Em seguida, são apresentadas algumas características do Distrito Federal pertinentes a este estudo, como a divisão em RAs – Regiões Administrativas. Por fim, mostram-se conclusões sobre a mobilidade no *Campus* obtidas em estudos de outros autores.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO PRINCIPAL

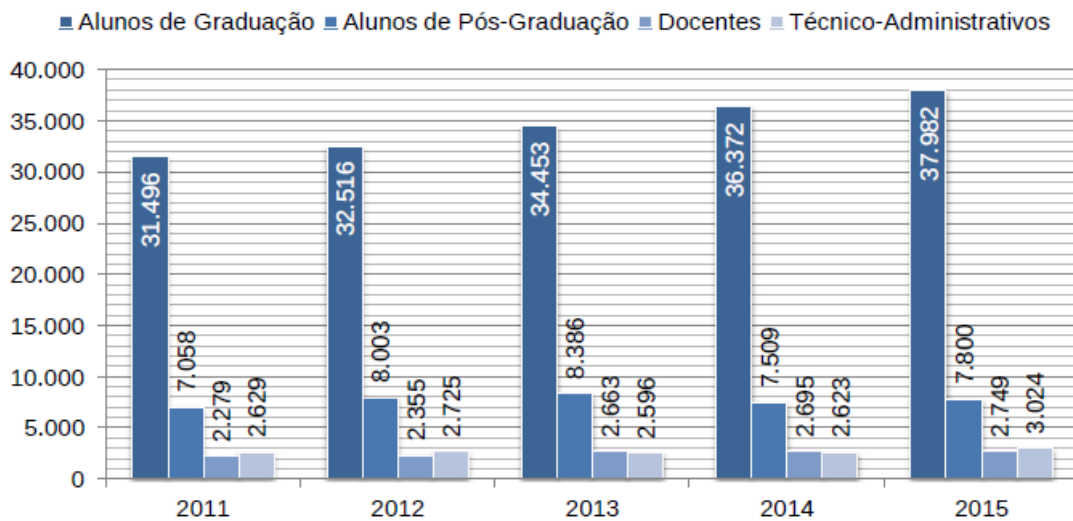
A Universidade de Brasília (UnB) foi criada em 1962 na região do Plano Piloto na cidade de Brasília, no Distrito Federal. Atualmente a instituição possui 4 *campi*, que estão localizados nas cidades de Brasília, Planaltina, Gama e Ceilândia; também há o projeto de um *Campus* no Paranoá. A população universitária, que é a quantidade de alunos, docentes e técnicos da UnB, cresce a cada ano, como mostra o gráfico da Figura 3.1.



**Figura 3.1** – Evolução da população universitária da UnB de 2011 a 2015

Fonte: Anuário Estatístico da UnB (2016)

O crescimento da população universitária se deve principalmente ao aumento do número de alunos de graduação e de pós-graduação, como mostra a Figura 3.2. Um dos principais motivos desse aumento é a criação de novos cursos de graduação e pós-graduação.



**Figura 3.2** – Evolução da população universitária da UnB por categoria, 2011 a 2015  
 Fonte: Anuário Estatístico da UnB (2016)

A área de estudo principal deste trabalho é o *Campus* Universitário Darcy Ribeiro, localizado em Brasília, na Asa Norte, nas proximidades do Lago Paranoá, e é considerado um dos 241 bairros de Brasília, tendo 3.950.569,07 m<sup>2</sup> de área e 18 ruas. O *Campus* abriga alguns edifícios da década de 60 e 70 como o Instituto Central de Ciências (ICC), a Biblioteca Central (BCE), o Restaurante Universitário (RU) e a Faculdade de Tecnologia (FT). O grande aumento da população universitária nos últimos anos levou à necessidade da construção de prédios novos no *Campus*, como o Instituto de Ciências Biológicas (IB), o Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN), entre outros. A Figura 3.3 mostra o ICC em 1972, término da sua construção, e a Figura 3.4 mostra o BSAN, construído em 2011.



**Figura 3.3** – Instituto Central de Ciências (ICC) em 1972  
 Fonte: UnB Agência (2012)



**Figura 3.4** – Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN)  
Foto: Joana França<sup>1</sup> (2012)

O *Campus* da UnB da Asa Norte é extenso geograficamente e possui um grande espaço não construído. A Tabela 3.1 mostra as áreas total, construída, urbanizada e de ocupação do *Campus* atualmente.

**Tabela 3.1** – Áreas do *Campus* Darcy Ribeiro

Denominação	m <sup>2</sup>
Área Total	3.950.579,07
Área Construída Completa	475.804,34
Área Construída Descoberta	115.121,55
<b>Área Total Construída</b>	<b>590.925,89</b>
<b>Área Não Construída</b>	<b>3.579.604,24</b>
Urbanizada	1.818.854,20
Não Urbanizada	1.760.750,04
Área de Ocupação	370.974,83

Fonte: Anuário Estatístico da UnB (2016)

A planta baixa do *Campus* Darcy Ribeiro em 2015 é mostrada no Apêndice A.

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://www.joanafranca.com/ceplan-unb.html>>

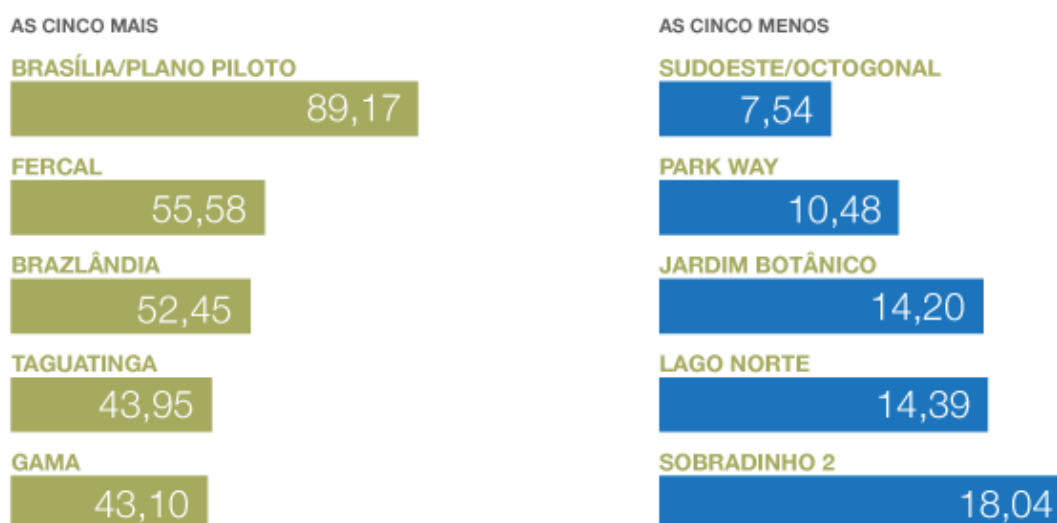
### 3.2 ÁREA DE ESTUDO ADJACENTE: DIVISÃO ADMINISTRATIVA

Para melhor compreensão deste trabalho, é necessário conhecer a estrutura do Distrito Federal, unidade da federação de que faz parte o *Campus* Darcy Ribeiro. De forma distinta dos outros estados do Brasil, o Distrito Federal não é dividido em cidades e bairros; assim, não há prefeitos ou vereadores, mas administradores regionais e secretários indicados pelo Governador do Distrito Federal. A capital é constituída de 31 Regiões Administrativas (RAs), que são mostradas na Figura 3.5.



**Figura 3.5** – Mapa de localização das Regiões Administrativas do DF  
Fonte: CODEPLAN (2017)

De acordo com Caiado (2005), a RA do Plano Piloto – onde se localiza o *Campus* Darcy Ribeiro – é o núcleo do DF e centraliza atividades que geram emprego. Essa RA é composta de setores com diferentes usos, como residenciais (e.g. SQN e SQS), de lazer (e.g. Setor de Diversões Sul), comerciais, de hospedagem, entre outros. É muito comum, entre as demais RAs, o uso residencial e a característica de cidade dormitório. A Figura 3.6 mostra as cinco Regiões Administrativas com maior porcentagem de habitantes que trabalham na própria região, além das cinco com a menor porcentagem. É evidente a diferença do Plano Piloto em relação às outras RAs nesse sentido.



**Figura 3.6** – Pessoas que moram e trabalham na mesma RA (em %)   
 Fonte: Araújo (2015)

Segundo Araújo (2015), a Ceilândia é a RA mais populosa do DF, com 456 mil habitantes em 2015, seguida por Samambaia, com 229 mil, pelo Plano Piloto, com 216 mil e por Taguatinga, com 214 mil. Com relação à renda as regiões com maior renda *per capita* são as do Lago Sul, Sudoeste, Octogonal, Cruzeiro e Plano Piloto, enquanto as com menor renda *per capita* são as da Estrutural, Recanto das Emas, Santa Maria, Ceilândia e Itapoã.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA MOBILIDADE NA ÁREA DE ESTUDO POR OUTROS TRABALHOS

Estudos anteriores já buscaram caracterizar a mobilidade no *Campus* Darcy Ribeiro. O conhecimento de suas conclusões é interessante para fins de comparação com os resultados que serão obtidos neste trabalho. Serão aqui expostos os principais resultados de dois estudos recentes, o de Souza (2015) e o de Aruwajoye (2016), ambos orientados pelo Prof. Dr. Pastor W. G. Taco.

No estudo de Souza (2015) o objetivo foi determinar as áreas potenciais de deslocamento de usuários do *Campus* Darcy Ribeiro, mais especificamente os alunos dos cursos de Engenharia da Faculdade de Tecnologia. O autor aplicou um questionário a 196 dos 3909 alunos matriculados nesses cursos e levantou seu gênero, idade, o fato de trabalharem ou não, os locais de residência, entre outras informações. Foi constatado que a maior parte dos alunos de Engenharia são homens com idade entre 20 e 23 anos, e que há uma grande variedade de locais de residência, mas a Asa Norte e a Asa Sul são as regiões com o maior número de alunos. Além disso, o



questionário incluía um campo sobre a renda familiar dos entrevistados. Os resultados da caracterização da renda familiar dos alunos estudados são mostrados na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** – Renda familiar dos alunos entrevistados por Souza (2015)

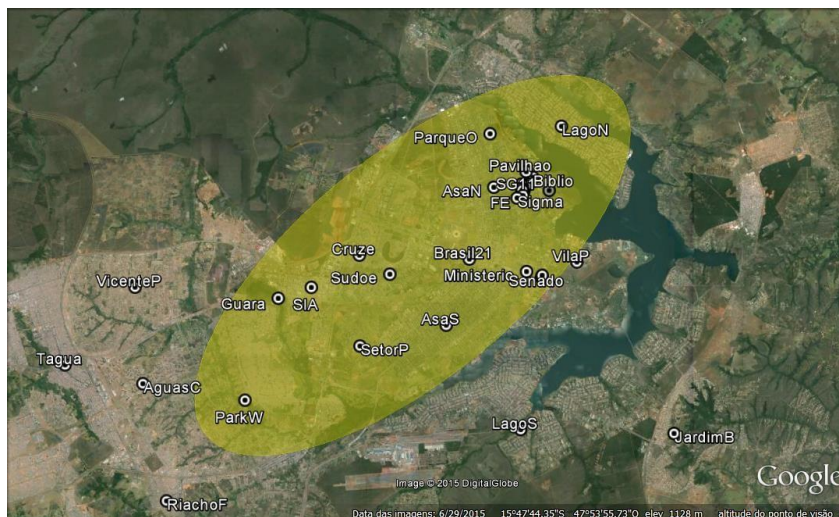
Engenharia	Renda (salários mínimos)					
	0 a 1	2 a 4	4 a 8	8 a 12	12 a 16	Mais de 16
Ambiental			1	2	8	6
Civil				3	9	14
Computação				1	10	6
Elétrica				6	10	8
Florestal		1		4	14	5
Mecânica		1		3	11	10
Mecatrônica				2	11	8
Produção					10	15
Redes					6	11
<b>Total parcial</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>89</b>	<b>83</b>
<b>TOTAL</b>	<b>196</b>					

Souza (2015) determinou, utilizando o *software* ArcGIS e os dados coletados pelo questionário, as áreas potenciais de deslocamento dos alunos de cada curso de Engenharia. Os resultados são mostrados na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3** – Áreas potenciais de deslocamento obtidas por Souza (2015)

Curso	Área (km <sup>2</sup> )	Diferença para a MÉDIA (km <sup>2</sup> )
<b>Ambiental</b>	296,29	120,21
<b>Mecânica</b>	230,52	54,44
<b>Redes</b>	175,87	-0,21
<b>Civil</b>	174,75	-1,34
<b>Computação</b>	173,52	-2,57
<b>Florestal</b>	171,00	-5,08
<b>Mecatrônica</b>	132,85	-43,23
<b>Elétrica</b>	113,28	-62,80
<b>Produção</b>	75,55	-100,53
<b>MÉDIA</b>	176,08	0,00

As áreas potenciais de deslocamento foram transferidas pelo autor para um mapa espacial no *Google Earth*. O resultado para os alunos de Engenharia Civil é mostrado na Figura 3.7.



**Figura 3.7** – Área potencial de deslocamento dos alunos de Engenharia Civil obtida por Souza (2015)

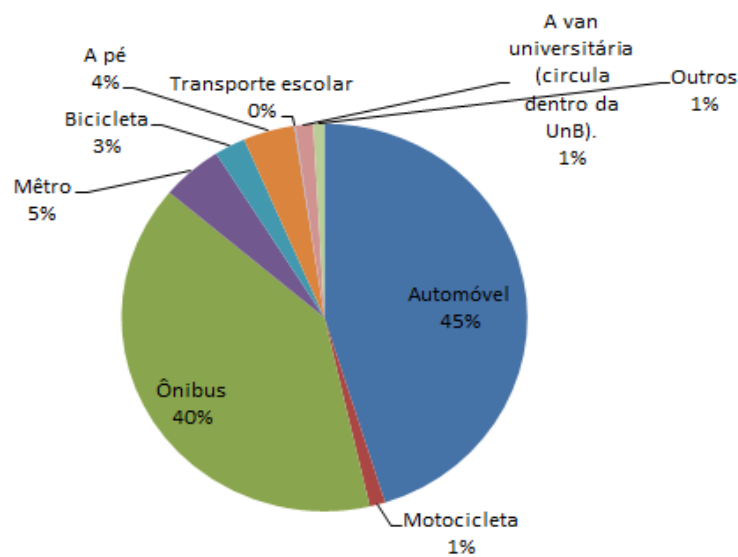
A área potencial de deslocamento média dos alunos de todas as engenharias é mostrada na Figura 3.8.



**Figura 3.8** – Área potencial de deslocamento dos alunos da Faculdade de Tecnologia obtida por Souza (2015)

O segundo estudo exposto é o Aruwajoye (2016). Por meio de aplicação de questionário a 1127 usuários do *Campus*, o autor verificou que, para acessar o *Campus*, há um equilíbrio entre o uso do automóvel, que é de 45% e transporte público – ônibus e metrô, que representam o mesmo percentual de 45%. Os restantes 10% se distribuí em 4,3% pelo modo a pé e 2,6% de

bicicleta e 4,1% outros (carona, transporte escolar e táxi). Na Figura 3.9, o gráfico mostra a distribuição modal de viagem.



**Figura 3.9** – Distribuição de modos de transporte para chegar ao *Campus*  
Fonte: Aruwajoye (2016)

Com o mesmo questionário, Aruwajoye (2016) também determinou a porcentagem de viagens geradas em diferentes cidades do Distrito Federal e das cidades do Entorno com destino ao *Campus* Darcy Ribeiro, e constatou que há uma grande variedade de cidades de origem, mas que cerca de um quinto dos usuários do *Campus* partem da Asa Norte.

Para determinar a atração de viagens ao *Campus*, Aruwajoye (2016) propôs uma divisão do *Campus* em 23 zonas de tráfego e calculou a parcela dos entrevistados que eram atraídos, no momento de chegada à UnB, para cada zona. Convertendo as informações da amostra em dados da população total, o autor determinou a produção e a atração de viagens para o *Campus* D. Ribeiro e montou matrizes origem-destino para o ano base e para uma projeção de 10 anos. As matrizes foram desenvolvidas para o número de viagens individuais, viagens de automóveis e viagens de ônibus.

Algumas das principais constatações a partir das matrizes origem-destino foram que a região que gera o maior número de para o *Campus* é a Asa Norte, como esperado, e que o local da UnB que mais atrai viagens de automóvel é a Faculdade de Tecnologia. Com a projeção da população, o autor concluiu que é muito provável que em 2026, se nada for feito, o *Campus* tenha problemas graves com congestionamentos.

## **4 MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

Este capítulo se destina a descrever os recursos e procedimentos de análise utilizados nesta pesquisa. Inicialmente, é relatada a razão para o uso de dados de localização de telefones móveis por GPS em lugar de dados da rede de telefonia. É então mostrada a forma de coleta de dados junto aos voluntários da pesquisa, além da delimitação dos grupos de pessoas a serem estudados. Em seguida, é descrito o processo pelo qual os dados recebidos são refinados de modo a tornarem-se adequados para o estudo.

Por fim, é explicada a análise da mobilidade dos grupos estudados, realizada por meio dos seguintes instrumentos: Matriz Origem-Destino, Área Potencial de Deslocamento e identificação dos padrões diários de deslocamento.

### **4.1 USO DO GPS EM SUBSTITUIÇÃO AO CDR**

No momento inicial deste projeto, havia a intenção de coletar dados do tipo *Call Detail Record* (CDR), definido no item 2.4.2 deste trabalho. Havia uma parceria com uma empresa de tecnologia que presta serviço a grandes operadoras de telefonia e que possui acesso a esse tipo de dado. Contudo, não houve colaboração por parte da empresa. Embora não tenha sido informado o motivo da desistência, acredita-se que houve uma preocupação com a questão da privacidade dos usuários, conforme explicado a seguir.

Segundo reportagem do jornal O Globo (2016), o Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor (DPDC), que faz parte da Secretaria Nacional do Consumidor do Ministério da Justiça (Senacon/MJ), notificou a empresa Telefônica-Vivo a respeito do serviço *Smart Steps*, que rastreia e analisa dados de localização dos usuários da operadora e pode fornecer relatórios sobre fluxo de consumidores em determinados locais. O serviço usa dados da rede de telefonia. Foi questionado o fato de não haver aviso prévio aos usuários e de não haver a possibilidade de desabilitar a coleta desses dados. É possível que o motivo da dificuldade de obter dados do tipo CDR seja a cautela das empresas para evitar situações semelhantes.

Neste contexto, foi necessário adotar uma abordagem alternativa de coleta de dados. De modo a manter o objetivo inicial da pesquisa, que consiste em identificar e compreender padrões de mobilidade por meio de dados de telefonia móvel, foi escolhido um tipo de dado que também

se pode obter de telefones móveis, que é o histórico de localização GPS, o qual tem suas características descritas no item 2.4.1 deste trabalho.

## 4.2 COLETA DE DADOS

### 4.2.1 Procedimento de Coleta

Existem algumas formas possíveis de criar um histórico de localização GPS de usuários de telefones móveis. A mais comum delas consiste em desenvolver um aplicativo capaz de registrar a localização e instalá-lo nos telefones celulares dos indivíduos estudados. Embora desenvolver um aplicativo seja possível, convencer um conjunto considerável de pessoas a instalá-lo em seus celulares pode ser difícil.





Existe, contudo, um aplicativo popular e confiável que possui a opção de gravar os lugares por onde o usuário passou: o *Google Maps*. Uma das grandes vantagens do aplicativo é que ele já vem instalado nos *smartphones* com sistema operacional *Android* e pode ser baixado gratuitamente em aparelhos com outros sistemas operacionais. Dessa forma, o processo se torna mais simples para o voluntário da pesquisa, o que aumenta a cooperação.

Para coletar os dados, foi feita uma breve apresentação aos usuários sobre o objetivo e importância da pesquisa. Em seguida, foi explicado o procedimento para participar da pesquisa, que é mostrado na Figura 4.1 e descrito abaixo.



**Figura 4.1** – Procedimento de coleta de dados

#### i) Ativar Linha do Tempo

- No smartphone, abrir o aplicativo do *Google Maps* .
- Tocar no menu  e então em ‘Sua linha do tempo’ .
- Tocar no menu ‘Mais’  e então em ‘Configurações’.
- Caso a opção ‘Local ativado’ não esteja ativada, tocar em ‘Local desativado’ (o que mudará a opção para ‘Local ativado’) e então em ‘OK’.
- Caso a opção ‘O histórico de localização está ativado’ não esteja habilitada, tocar em ‘Histórico de localização desativado’ e então em ‘OK’.

#### **ii) Manter Linha do Tempo ativada durante a semana**

Nesta pesquisa, foram estudados os deslocamentos dos usuários do *Campus* nos dias de terça-feira a quinta-feira de uma mesma semana. Para a coleta de dados, boa parte dos voluntários ativaram a Linha do Tempo na segunda-feira e enviaram os dados na sexta-feira. Foi pedido também que, se possível, os serviços de localização do telefone móvel se mantivessem ativados durante a semana de estudo, para aumentar a precisão e a frequência dos dados. Diversas pessoas já estavam com a Linha do Tempo ativada, tendo assim o histórico de localização de vários dias anteriores. Na etapa de processamento de dados, explicada no item 4.3, foram filtrados os dias de interesse.

#### **iii) Baixar dados por meio de link fornecido**

Para tornar o processo o mais simples possível para os voluntários, foi preparado um *link* que direciona o usuário diretamente a uma página para baixar apenas os dados da sua Linha do Tempo do *Google Maps*, que é:

<[https://takeout.Google.com/settings/takeout/custom/location\\_history](https://takeout.Google.com/settings/takeout/custom/location_history)>

#### **iv) Enviar arquivo para a base de dados por meio de link**

Por fim, foi pedido aos voluntários que enviassem o arquivo baixado para a base de dados da pesquisa, que pode ser acessada pelo *link*:

<<https://goo.gl/nSL9vA>>

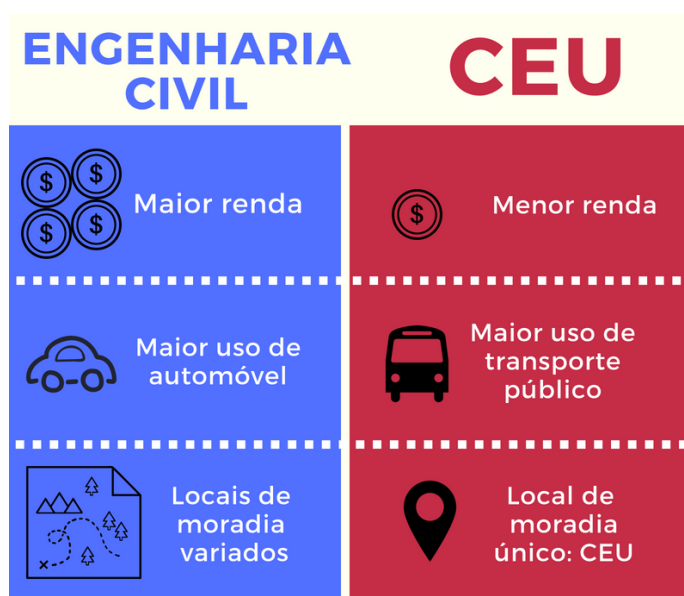
### **4.2.2 Delimitação dos Grupos de Indivíduos Estudados**

Apesar de o uso de dados de localização GPS ter várias vantagens sobre outras abordagens, entre elas a boa precisão e frequência de registros de localização, ele apresenta a desvantagem da dificuldade de se trabalhar com grandes amostras de pessoas. Mesmo com o esforço para simplificar ao máximo a participação nesta pesquisa, foi necessário abordar os voluntários um a um e convencê-los de que sua privacidade estaria protegida. Em função disso, optou-se por trabalhar com dois grupos específicos de alunos. Delimitando-se esses grupos, coletar dados de uma parcela satisfatória de voluntários foi um processo exequível. Os dois grupos escolhidos possuem características socioeconômicas e de mobilidade bem distintas.

O primeiro grupo é composto por alunos da Engenharia Civil. De acordo com a pesquisa de Aruwajoye (2016), boa parte dos estudantes de engenharia utilizavam automóvel para se deslocar em 2016, e pela pesquisa de Souza (2015), a maior parte dos estudantes de Engenharia

Civil possuía uma renda familiar superior a 16 salários mínimos em 2015, o que correspondia a R\$12.608,00. Como essas pesquisas são recentes, acredita-se que as condições atuais de renda e modo de transporte são semelhantes.

O segundo grupo é composto por alunos que moram na Casa do Estudante Universitário (CEU). Para participar do programa de Auxílio Moradia, o estudante deve comprovar situação de vulnerabilidade socioeconômica. Desse modo, entende-se que a maior parte dos moradores da CEU não possui automóvel. Além disso, esses usuários do *Campus* da UnB possuem uma característica especial, que é o fato de morarem no próprio *Campus*. As diferenças entre os grupos estudados são ilustradas na Figura 4.2.



**Figura 4.2** – Comparação das características dos grupos estudados

Em março de 2018, foi informado pelo ENC – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UnB – que há 477 alunos matriculados no curso. Participaram desta pesquisa 48 alunos de Engenharia Civil, sendo que 15 deles cursam do 1º ao 3º semestre, 15 cursam do 4º ao 6º semestre e 18 do 7º semestre em diante. Na CEU moram 264 estudantes, conforme informado pela CGCEU – Coordenação Geral da Casa do Estudante Universitário – também em março de 2018, dentre os quais, 38 participaram da pesquisa. A Tabela 4.1 expõe o número de participantes da pesquisa e a sua parcela em relação ao grupo a que pertencem.

**Tabela 4.1** – Número e porcentagem de voluntários da pesquisa

<b>Grupo</b>	<b>População do grupo</b>	<b>Voluntários da pesquisa</b>	<b>Parcela da população</b>
Alunos de Engenharia Civil	477	48	10,06%
Moradores da CEU	264	38	14,39%

O número de voluntários, 86, é superior ao da maioria das pesquisas encontradas na literatura em que a mobilidade urbana é estudada por meio de GPS.

### **4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS**

O arquivo obtido ao baixar a Linha do Tempo do *Google Maps* não é utilizável em sua forma bruta. Existem duas opções de formato de arquivo no momento de fazer o *download*, que são o JSON – *JavaScript Object Notation* –, de extensão .json, e o KML – *Keyhole Markup Language* –, de extensão .kml.

Quando se baixa o arquivo KML, esse vem com problemas no código. Ao se tentar abrir o arquivo em um programa adequado para a extensão .kml, como o *Google Earth*, apenas um dos locais visitados é exibido. O problema foi confirmado pelo suporte da *Google*, e então foi enviada uma sugestão para que a equipe técnica o solucione.

Se o arquivo for baixado no formato JSON, esse também não pode ser usado em nenhum programa de geoprocessamento. Isso se deve ao fato de que o formato adequado para uso em geoprocessamento é o GeoJSON, que possui uma composição diferente. Não foi encontrado nenhum programa capaz de converter um arquivo JSON comum em GeoJSON. O motivo da dificuldade de conversão está na presença, em um GeoJSON, da definição de geometrias como ponto, linha, polígono, multiponto, multilinha e multipolígono; essa definição não está presente em um JSON comum. Um *software* de conversão precisaria ser capaz de inferir a geometria de uma informação.

Apesar de as informações não estarem disponíveis de forma simples, elas estão presentes nos arquivos. Ao abrir, com o programa *Notepad++*, um dos arquivos JSON coletados na pesquisa, é possível observar que há informações como latitude, longitude e *timestamps* que aparecem consecutivamente, conforme mostrado na Figura 4.3.



```
{
  "locations" : [ {
    "timestampMs" : "1524531602257",
    "latitudeE7" : -157651657,
    "longitudeE7" : -478581890,
    "accuracy" : 65,
    "altitude" : 1012,
    "verticalAccuracy" : 10
  }, {
    "timestampMs" : "1524530664418",
    "latitudeE7" : -157651079,
    "longitudeE7" : -478582243,
    "accuracy" : 65,
    "altitude" : 1012,
    "verticalAccuracy" : 10
  }, {
    "timestampMs" : "1524523064896",
    "latitudeE7" : -157654636,
    "longitudeE7" : -478577468,
    "accuracy" : 65,
    "altitude" : 1013,
    "verticalAccuracy" : 10
  }
]
```

**Figura 4.3** – Exemplo de parte de arquivo JSON coletado na pesquisa

Cada conjunto de informações entre chaves – *timestamps*, latitude, longitude – corresponde a um ponto no espaço e no tempo. Os atributos latitude e longitude representam as coordenadas, em formato decimal, multiplicadas por  $10^7$ , da posição em que o telefone móvel foi rastreado. O atributo *timestamps* corresponde à data do rastreamento, em formato *Unix epoch*, que é o número de milissegundos que se passaram desde 1 de janeiro de 1970 (à meia noite, *UTC*<sup>1</sup>).

É possível organizar essas informações em forma de tabela e criar um arquivo CSV, que é um formato de arquivo de texto que pode ser lido por programas de geoprocessamento como o QGIS. Além de arranjar as informações em colunas, é necessário:

- Dividir as coordenadas de latitude e longitude por  $10^7$ ;
- Converter o atributo *timestamps* para o formato de data e hora comum, para que possa ser lido pelo pesquisador;
- Filtrar apenas o período de interesse da pesquisa, que são os dias de terça a quinta-feira de uma semana letiva da UnB no 1º semestre de 2018;
- Organizar os dados em ordem cronológica;
- Atribuir um identificador para cada linha.

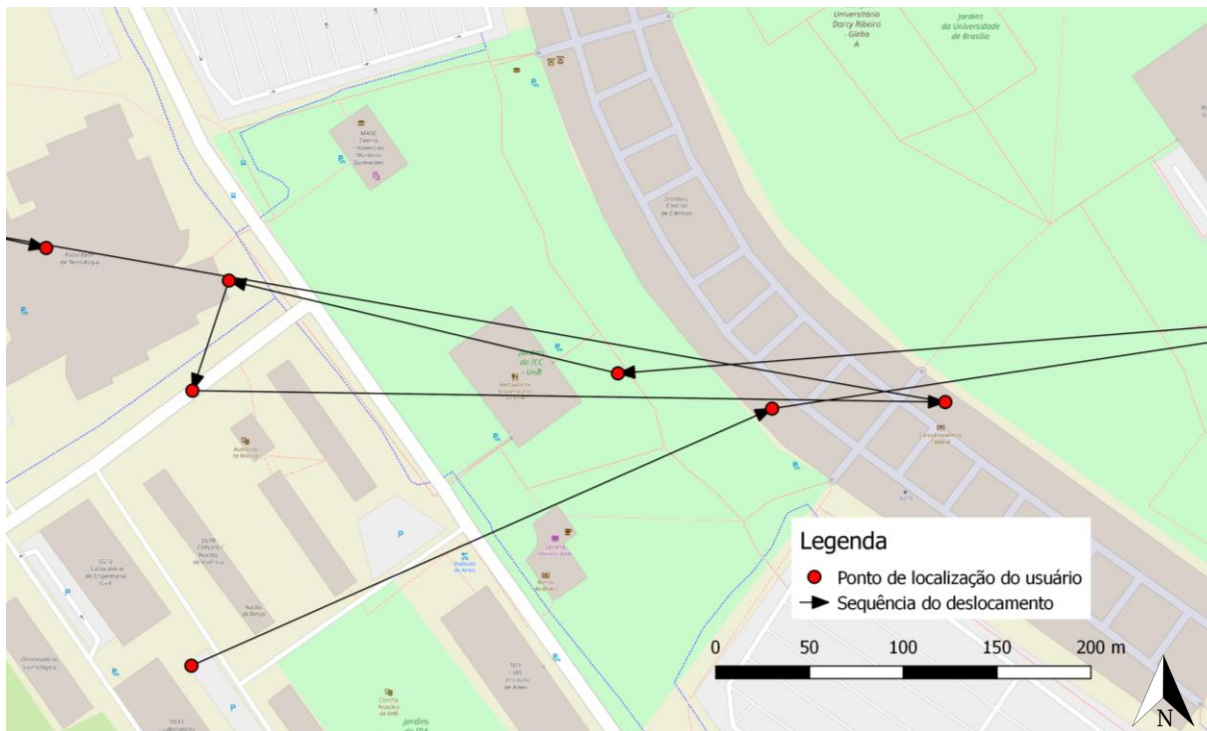
<sup>1</sup> *UTC*, do inglês *Universal Time Coordinated* (Tempo Universal Coordenado), é o fuso horário de referência a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias do mundo. O horário de Brasília está 3h adiantado em relação ao *UTC*.

Um exemplo de tabela resultante do processamento é mostrado na Tabela 4.2. São mostradas apenas cinco linhas da tabela, dentre centenas. Quando importada no QGIS, ela se torna a Tabela de Atributos da camada vetorial de pontos e cada linha corresponde a um ponto.

**Tabela 4.2** – Exemplo de parte da tabela de atributos resultante do processamento

ID	Latitude	Longitude	Data
1	-15,7653669	-47,8578515	20/03/2018 08:02
2	-15,7654159	-47,8578115	20/03/2018 08:20
3	-15,7653098	-47,8579005	20/03/2018 08:27
4	-15,7653205	-47,8578826	20/03/2018 08:39
5	-15,7653426	-47,8578744	20/03/2018 08:50

Caso o pesquisador deseje visualizar a seqüência dos deslocamentos, os pontos podem ser conectados por linhas por meio da extensão *Points to Paths* do QGIS, configurando-a para ligar os pontos por ordem crescente de data. As linhas de conexão podem ser exibidas como setas. A Figura 4.4 mostra parte dos pontos em que um usuário foi localizado e setas que conectam os pontos em ordem cronológica.



**Figura 4.4** – Visualização do deslocamento de um usuário do *Campus Darcy Ribeiro*

#### 4.4 CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES ORIGEM-DESTINO

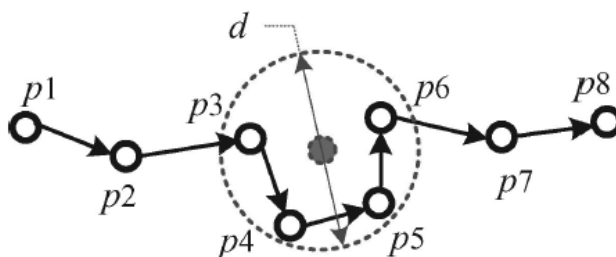
Um dos propósitos deste trabalho é demonstrar a possibilidade de se utilizar telefones móveis como instrumento de coleta de dados a fim de determinar a produção e a atração de viagens entre zonas de tráfego, permitindo montar uma matriz O-D. Isso foi feito nesta etapa. As viagens foram estudadas sob duas resoluções. Na primeira, o foco está nos deslocamentos internos ao *Campus D. Ribeiro*. Na segunda, mais geral, o *Campus* é estudado como parte do Distrito Federal. Assim, foram geradas duas matrizes O-D para cada grupo de alunos estudado. Cada viagem individual de um local de estadia – que será definido no item 4.4.1 – para outro é computada nas duas matrizes.

##### 4.4.1 Local de Estadia

Para Jiang *et al.* (2016), uma estadia (*stay*) é caracterizada por “passar algum tempo em um lugar para realizar atividades”. Note que uma visita de cinco minutos à cozinha, quatro horas no local de trabalho e uma viagem de quatro dias a Pirenópolis-GO, todos representam estadias diferentes, embora possam ocorrer todas dentro do mesmo intervalo de uma semana.

O que diferencia as estadias é a escala: elas podem ocorrer em várias escalas geográficas e temporais. Estadias em certa escala são relevantes para algumas aplicações, mas não para outras. No estudo de mobilidade, a determinação de estadias depende de dois parâmetros de escala, um para a temporal e um para a espacial (EGENHOFER *et al.*, 2004). Neste trabalho, esses parâmetros são chamados de:

- Distância de tolerância ( $d$ ): consiste na distância máxima entre pontos para que eles façam parte de um mesmo local de estadia, como ilustrado na Figura 4.5;
- Duração da estadia ( $\Delta t$ ): tempo mínimo que um objeto ou pessoa deve permanecer dentro da distância de tolerância de um ponto para contar como estadia.



**Figura 4.5** – Local de estadia em um conjunto de pontos de localização  
Fonte: Zheng e Xiezheng (2011)

Neste estudo, foi escolhida uma distância  $d$  de 100m, com base na precisão da tecnologia de rastreamento, conforme recomendado por Egenhofer (2004) . O trabalho de Rodríguez (2017) mostra que cerca de 95% dos registros da Linha do Tempo do *Google Maps* têm uma acurácia de 100m ou melhor quando se usa o GPS do celular. Além disso, nenhuma das zonas de tráfego estudadas tem dimensão inferior a 100m. Já o parâmetro  $\Delta t$  foi adotado como 15min, com base nos estudos presentes na literatura – entre eles o de Jiang *et al.* (2016) e o de Zheng e Xiezheng (2011) –, que normalmente usam  $\Delta t$  entre 10min e 20min.

#### 4.4.2 Matriz O-D de Viagens Internas ao *Campus*

O *Campus* Darcy Ribeiro foi dividido em 21 zonas de tráfego, as quais contemplam locais importantes de realização de atividades. Além disso há uma 22ª zona, que corresponde às áreas externas ao *Campus*. As zonas em que a UnB foi dividida são mostradas no mapa do Apêndice I, e os principais locais contidos nelas são mostrados no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1** – Zonas de tráfego internas e alguns locais pertencentes a elas

Zona	Locais contidos	Zona	Locais contidos
1	Faculdade de Tecnologia (FT)	12	Reitoria; Beijódromo
2	Posto; Colina	13	Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN); Inst. de Ciência Política
3	Departamento de Música (MUS)	14	Pavilhões; CIC/EST
4	Instituto de Artes (IDA)	15	Faculdade de Saúde (FS)
5	Faculdade de Educação (FE)	16	Fac. de Direito (FD); Fac. de Administração, Contabilidade e Economia (FACE)
6	SG 12 e laboratórios próximos; Alumni	17	Hospital Universitário de Brasília (HUB)
7	Inst. de Química (IQ); Bloco de Salas de Aula Sul (BSAS); Inst. de Biologia (IB)	18	Centro Comunitário Athos Bulcão
8	Inst. Central de Ciências (ICC)	19	LABTEC; Hospital Veterinário
9	Restaurante Universitário (RU); Banco do Brasil	20	Casa do Estudante Universitário (CEU); Centro Olímpico (CO)
10	Praça Chico Mendes; Santander	21	CPD; FINATEC; CEFTRU
11	Biblioteca Central (BCE)	22	Áreas externas ao Campus

Para exemplificar como as viagens são computadas na matriz O-D, suponha que uma pessoa se desloque da sua casa, na Asa Sul (zona 22), para a FT (na zona 1), e então para o BSAS (na zona 7), e por fim de volta à Asa Sul – permanecendo ao menos 15 minutos em um diâmetro de 100m nesses locais – registrando estadia. São computadas as seguintes viagens:

- Zona 22 → zona 1.
- Zona 1 → zona 7.
- Zona 7 → zona 22.

Considere uma matriz O-D hipotética que possui apenas essas três zonas. Com essa sequência de viagens, ela ficaria como ilustrado na Figura 4.6.

O/D	1	7	22	Produção
1	0	1	0	1
7	0	0	1	1
22	1	0	0	1
Atração	1	1	1	3

**Figura 4.6** – Matriz O-D ilustrativa, com apenas três zonas

Com o auxílio do *software* QGIS, foi criado um arquivo *shapefile* do tipo polígono com as 22 zonas propostas. Com os dados dos voluntários, tratados como mostrado no item 4.3, foram identificados os locais de estadia, e então determinadas as sequências de deslocamentos entre as zonas. Foram então construídas duas matrizes O-D internas, uma para o grupo de alunos da Engenharia Civil e outra para o grupo de moradores da CEU, considerando um período de três dias – terça a quinta-feira – de uma semana letiva do primeiro semestre de 2018. As matrizes resultantes são mostradas no capítulo 5.

#### 4.4.3 Matriz O-D de Viagens no DF

Para estudar o *Campus* da UnB de Brasília como parte do Distrito Federal, a fim de conhecer a demanda de transporte para a Universidade e partindo dela, foram definidas 28 zonas de tráfego no DF, sendo o *Campus* uma delas, além de 2 zonas que contém os municípios do Entorno do DF. A demarcação foi baseada na divisão das Regiões Administrativas (RAs) do DF, apresentada no item 3.2, e é mostrada no Quadro 4.2.

**Quadro 4.2** – Zonas de tráfego do DF propostas neste trabalho

Zona	Locais contidos	Zona	Locais contidos
1	Campus Darcy Ribeiro	16	SCIA/Estrutural
2	Asa Norte, com exceção do <i>Campus da UnB</i>	17	Taguatinga; V. Pires
3	Asa Sul; Zona Central	18	Samambaia
4	Noroeste; Setor Militar Urbano	19	Ceilândia
5	Lago Norte	20	Riacho Fundo I e II
6	Lago Sul	21	Gama
7	Varjão	22	Jardim Botânico; São Sebastião
8	Sudoeste/Octogonal	23	Paranoá e Itapoã
9	SIA	24	Planaltina
10	Cruzeiro	25	Sobradinho I e II
11	Guará	26	Brazlândia
12	Park Way	27	Santa Maria
13	Núcleo Bandeirante	28	Recanto das Emas
14	Candangolândia	29	Entorno - Saída Sul
15	Águas Claras	30	Entorno - Saída Norte

A RA do Plano Piloto, da qual faz parte o *Campus Darcy Ribeiro*, foi dividida nas zonas 1 a 4. A maioria das outras zonas de tráfego corresponde a uma RA. Algumas zonas de tráfego englobam duas RAs de características semelhantes; são elas as zonas 17, 20, 22, 23 e 25. O Entorno do DF foi dividido em duas zonas. Em uma delas, estão os municípios comumente acessados pela Saída Sul de Brasília, a exemplo de Valparaíso de Goiás, Novo Gama e Luziânia. Na outra, estão os municípios mais próximos da Saída Norte, como Planaltina de Goiás e Formosa.

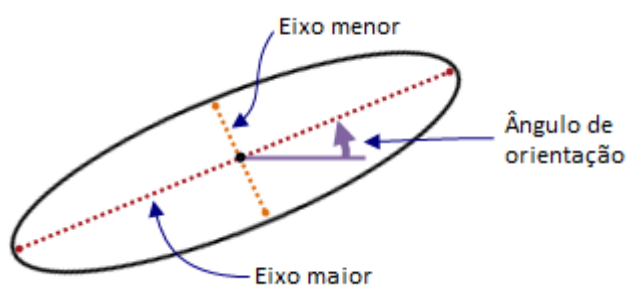
As matrizes O-D de viagens no DF foram elaboradas de maneira análoga às matrizes O-D internas, explicadas no item 4.4.2, com a criação de um mapa no QGIS com as trinta zonas de tráfego propostas, a identificação dos locais de estadia e a determinação das sequências de deslocamentos. As matrizes resultantes para cada grupo são apresentadas no capítulo 5.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DA ÁREA POTENCIAL DE DESLOCAMENTO

A área potencial de deslocamento é um recurso de grande valia em estudos na área de Transportes. Com ela, é possível visualizar a tendência central, a dispersão e a tendência de direção dos deslocamentos de um indivíduo ou grupo.

A extensão para o programa QGIS chamada *Standard Deviational Ellipse* (Elipse de Desvio Padrão) produz, quando utilizada adequadamente, uma elipse 2D que corresponde à área potencial de deslocamento de um objeto ou pessoa. O arquivo gerado no programa inclui os seguintes atributos:

- Coordenadas x e y do centroide da elipse;
- Desvios-padrão do eixo maior e do eixo menor;
- Ângulo de orientação, que corresponde ao ângulo entre o eixo maior da elipse e o eixo horizontal, conforme mostrado na Figura 4.7.



**Figura 4.7** – Ângulo de orientação e eixos da elipse

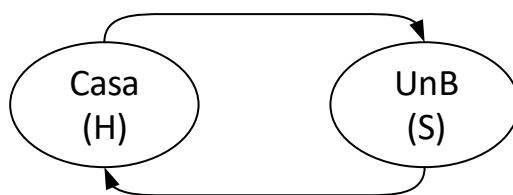
Os arquivos de entrada para a execução da ferramenta foram os mesmos utilizados no item 4.4. Para obter o melhor resultado possível, foi criada, na tabela de atributos dos arquivos, um campo com a duração das estadias. Esse campo foi utilizado para atribuir um peso a cada ponto de localização. Quanto maior o tempo que um usuário passou em um local, maior o peso deste local no cálculo da área potencial de deslocamento.

Os dados de cada voluntário da pesquisa foram agregados em um único *shapefile*; então, a extensão foi executada, selecionando-se “Método de Yuill”, o mais tradicional para a geração de elipses de desvio padrão, proposto por Yuill (1971). As elipses resultantes para cada grupo estudado são mostradas no capítulo 5.

#### 4.6 ANÁLISE DOS PADRÕES DE VIAGEM

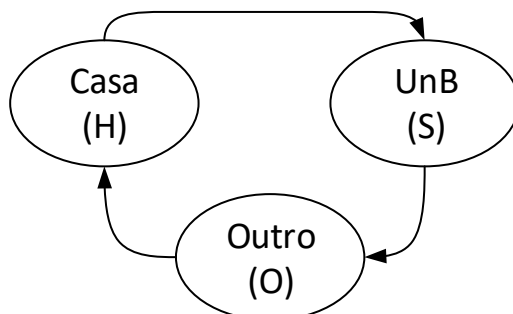
As viagens das pessoas que realizam atividades corriqueiramente no *Campus* Darcy Ribeiro podem seguir diferentes padrões espaciais. Algumas sequências possíveis de deslocamentos são mostradas a seguir, sendo rotulado de **H** o local onde reside a pessoa, de **S** o local em que ela estuda – nesse caso, a UnB – e de **O** outros locais.

- i) O indivíduo sai da sua residência **H**, permanece no *Campus* **S** e depois volta para o local de partida **H**.



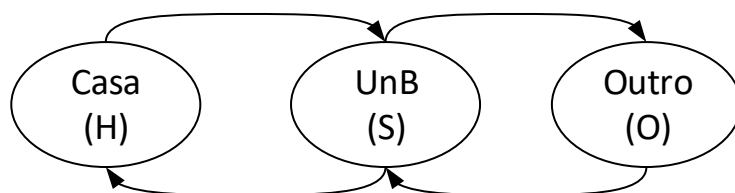
**Figura 4.8** – Sequência H-S-H

- ii) O indivíduo parte de **H**, permanece no *Campus* **S**, sai para realizar alguma atividade, como trabalhar, em outro local **O**, e volta para o local de partida **H**.



**Figura 4.9** – Sequência H-S-O-H

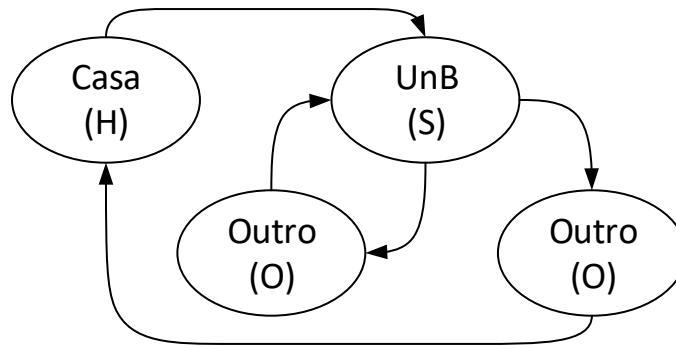
- iii) O indivíduo parte de **H**, vai ao *Campus* **S**, sai para realizar atividades em um local **O**, retorna ao *Campus* **S** e depois retorna ao local de residência **H**.



**Figura 4.10** – Sequência H-S-O-S-H



- iv) O indivíduo parte de **H**, vai ao *Campus S*, sai para almoçar ou trabalhar em um local **O**, volta ao *Campus S*, vai a outro local **O**, como um local de festa, e retorna à sua casa **H**.



**Figura 4.11** – Sequência H-S-O-S-O-H

Por meio dos dados coletados e processados, foram identificados os padrões de deslocamento diário seguidos por cada voluntário da pesquisa, em cada um dos três dias analisados. Para tal, o *Campus D. Ribeiro* foi considerado como um local único **S**. Isso significa que viagens internas ao *Campus* não foram contabilizadas nesta etapa. No caso dos alunos do Grupo 2, seu local de residência **H**, a CEU, foi separada do restante do *Campus*; assim, foram contabilizadas as viagens entre a CEU e outros locais do *Campus* da UnB.

## 5 RESULTADOS

No presente capítulo são apresentados e discutidos os resultados desta pesquisa, começando pelas matrizes O-D geradas para os dois grupos de voluntários estudados, passando pelas áreas potenciais de deslocamento determinadas e finalizando com os padrões individuais de viagem identificados.

### 5.1 MATRIZES ORIGEM-DESTINO

As matrizes apresentadas nas próximas páginas correspondem às matrizes O-D parciais do Grupo 1 – composto por alunos de Engenharia Civil – e do Grupo 2 – composto por alunos que moram na CEU. Pelo fato deste trabalho abordar grupos muito específicos de alunos da UnB, não foi considerado pertinente expandir as matrizes para a população. Em vista disso, são mostrados apenas os deslocamentos efetivamente observados na pesquisa. A expansão pode ser interessante em trabalhos futuros que estudem todos os usuários do *Campus Darcy Ribeiro*.

#### 5.1.1 Grupo 1 – Alunos de Engenharia

A Figura 5.1 corresponde à matriz O-D referente aos deslocamentos internos ao *Campus*. Foi aplicada uma escala de cor nos elementos da matriz para destacar os que têm mais viagens computadas. Há um quadro auxiliar ao lado da matriz com um resumo dos locais contidos nas zonas, para facilitar a interpretação pelo leitor.

Note que, com exceção da zona 22, que representa as áreas externas ao *Campus*, a zona 1, que contém a FT, é a que mais produz e atrai viagens. Isso já era esperado, pois o ENC funciona nesse prédio, e várias matérias do curso de Engenharia Civil são cursadas nele. Outras zonas de grande produção e atração são as que contêm o ICC, o SG 12 e o BSAS – locais onde também há aulas para os alunos desse grupo –, o RU – local de alimentação – e a BCE – local de estudo.

Os maiores fluxos ocorrem entre as zonas 1 e 22. Isso indica que a zona da FT é a que mais atrai viagens de fora da UnB, assim como a que mais produz viagens para fora. Há também um fluxo considerável entre as zonas:

- 1 (FT) e 8 (ICC);
- 1 (FT) e 6 (SG 12);
- 1 (FT) e 9 (RU); e
- 8 (ICC) e 9 (RU).

ZONAS E LOCAIS CONTIDOS (RESUMO)		DESTINO																						PROD.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	FT	2	1	4	0	2	26	3	15	15	2	4	1	0	3	0	2	0	1	2	1	8	61	153
2	Posto; Colina	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
3	MUS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	8
4	IDA	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	FE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
6	SG 12; Alumni	17	1	0	0	0	0	0	3	6	1	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	0	21	55
7	IQ; IB; BSAS	6	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	20
8	ICC	21	1	0	0	0	1	3	1	7	0	4	0	0	0	0	1	0	1	0	1	24	65	
9	RU; BB	16	0	0	0	0	3	1	10	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0	1	0	15	51	
10	Pç. Chico Mendes	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	
11	BCE	6	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	9	23	
12	Reitoria; Beijódromo	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	
13	BSAN; BAES	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	7	
14	Pavilhões; CIC/EST	2	0	0	0	0	1	0	3	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	15	
15	FS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	FD; FACE	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	8
17	HUB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	4	
18	Athos Bulcão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
19	CO	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	
20	CEU	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
21	CPD; FINATEC; CEFTRU	6	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	13	
22	Áreas externas	59	3	3	2	0	19	11	23	14	3	11	1	5	6	0	3	1	1	5	1	3	151	325
<b>ATRAÇÃO</b>		153	8	8	2	2	55	20	65	51	7	23	5	7	15	0	8	4	2	12	4	13	325	<b>789</b>

Figura 5.1 – Matriz O-D de viagens internas à UnB – Grupo 1

ZONAS E LOCAIS CONTIDOS (RESUMO)		DESTINO																														PROD.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 Campus da UnB	1	286	68	38	2	4	3	0	8	5	2	6	5	1	3	4	0	4	2	1	0	2	4	1	0	8	0	2	1	3	1	464
2 Asa Norte	2	47	6	13	0	0	6	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	1	83
3 Asa Sul; Zona Central	3	34	7	3	2	2	1	0	5	0	3	1	3	1	0	2	0	3	0	0	2	2	2	0	0	5	0	0	0	1	0	79
4 SMU, SAM e Noroeste	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5 Lago Norte	5	4	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6 Lago Sul	6	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
7 Varjão	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Sudoeste/Octogonal	8	9	0	6	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	19
9 SIA	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5
10 Cruzeiro	10	4	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
11 Guar	11	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	13	
12 Park Way	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
13 Núcleo Bandeirante	13	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
14 Candangolndia	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
15 guas Claras	15	3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
16 SCIA/Estrutural	16	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17 Taguatinga e V. Pires	17	4	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
18 Samambaia	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
19 Ceilândia	19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
20 Riacho Fundo I e II	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
21 Gama	21	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
22 Jard. Bot; S. Sebasto	22	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
23 Paranoá e Itapo	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
24 Planaltina	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Sobradinho I e II	25	13	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	19
26 Brazndia	26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
27 Santa Maria	27	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
28 Recanto das Emas	28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29 Entorno - Saıda Sul	29	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
30 Entorno - Saıda Norte	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<b>ATRAO</b>		<b>464</b>	<b>84</b>	<b>78</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>789</b>

Figura 5.2 – Matriz O-D de viagens no DF – Grupo 1

Na Figura 5.2 é mostrada a matriz O-D de deslocamentos no DF, que possui recursos de visualização semelhantes aos da matriz anterior. Note que o número total de viagens, 789, é o mesmo da matriz da Figura 5.1, já que foram considerados os mesmos parâmetros para os locais de estadia e os deslocamentos.

As regiões que mais produzem viagens para a UnB são a Asa Norte e a Asa Sul. Nos trabalhos de Souza (2015) e Aruwajoye (2016), identificou-se que esses são os principais locais de moradia dos alunos da UnB. Outros locais com grande produção de viagem para o *Campus* são: Sudoeste, Sobradinho I e II e Guará. As RAs do Sudoeste e do Guará também foram apontadas no trabalho de Souza (2015) como locais de moradia comuns entre os estudantes de Engenharia.

Ainda na Figura 5.2, é visível que o maior fluxo (286 deslocamentos) ocorre entre a zona 1 e ela mesma, ou seja, ocorre internamente à UnB. Além disso, o *Campus* da UnB é, com folga, o local de maior atração e produção de viagens.

Note que a produção – e atração – da zona 1 na matriz do DF (Figura 5.2), que é de 484 viagens, é igual à diferença, na matriz da UnB (Figura 5.1), entre a produção total, 789 viagens, e a produção da zona 22, 325 viagens, o que mostra a compatibilidade entre as matrizes.

### **5.1.2 Grupo 2 – Moradores da CEU**

A Figura 5.3 mostra a matriz O-D de viagens internas ao *Campus* D. Ribeiro do Grupo 2. A zona de maior produção e atração de viagens é a 20, que contém a CEU. Outras zonas de grande atração são as que contém o RU (zona 9) e o ICC (zona 8). Este último é o prédio onde ocorrem mais aulas no *Campus*, de acordo com Mahler (2012). Os membros do Grupo 2 realizaram 101 deslocamentos com destino ao Restaurante Universitário, enquanto os do Grupo 1 visitaram o local 51 vezes. Isso é um indicativo de que os alunos que moram na CEU costumam fazer mais refeições no RU que os alunos de Engenharia Civil.

Constata-se que o *Campus* da UnB concentra a maior parte das viagens dos alunos que moram na CEU. A zona 22 – áreas externas ao *Campus* – é responsável por apenas 24,3% da atração de viagens desse grupo, ao passo que, para o Grupo 1, a parcela é de 41,2%. Os maiores fluxos internos à UnB observados na matriz da Figura 5.3 ocorrem entre as zonas 9 (RU) e 20 (CEU), zonas 9 e 8 (ICC) e zonas 8 e 20.

ZONAS E LOCAIS CONTIDOS (RESUMO)	
1	FT
2	Posto; Colina
3	MUS
4	IDA
5	FE
6	SG 12; Alumni
7	IQ; IB; BSAS
8	ICC
9	RU; BB
10	Pç. Chico Mendes
11	BCE
12	Reitoria; Beijódromo
13	BSAN; BAES
14	Pavilhões; CIC/EST
15	FS
16	FD; FACE
17	HUB
18	Athos Bulcão
19	CO
20	CEU
21	CPD; FINATEC; CEFTRU
22	Áreas externas

		DESTINO																						PROD.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
ORIGEM	1	0	0	0	0	0	2	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	18
	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	6
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	12
	5	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4
	7	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	11
	8	4	0	0	2	2	0	2	0	8	0	2	1	2	3	1	2	0	0	1	16	3	13	62
	9	3	2	4	3	2	0	4	18	0	1	6	0	0	0	2	1	2	0	1	35	1	16	101
	10	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	8
	11	0	0	0	0	0	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	11
	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	13	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
	14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	5
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	10
	16	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	9
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	9
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	11
	20	4	2	0	7	3	1	2	16	35	6	1	1	3	1	5	4	2	2	5	0	5	41	146
	21	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	12
	22	5	0	0	0	0	1	0	10	14	0	0	0	0	1	0	4	1	0	3	53	5	34	131
ATRAÇÃO	17	4	6	12	7	4	11	64	101	8	10	2	5	5	8	11	7	2	12	148	14	128	586	

Figura 5.3 – Matriz O-D de viagens internas à UnB – Grupo 2

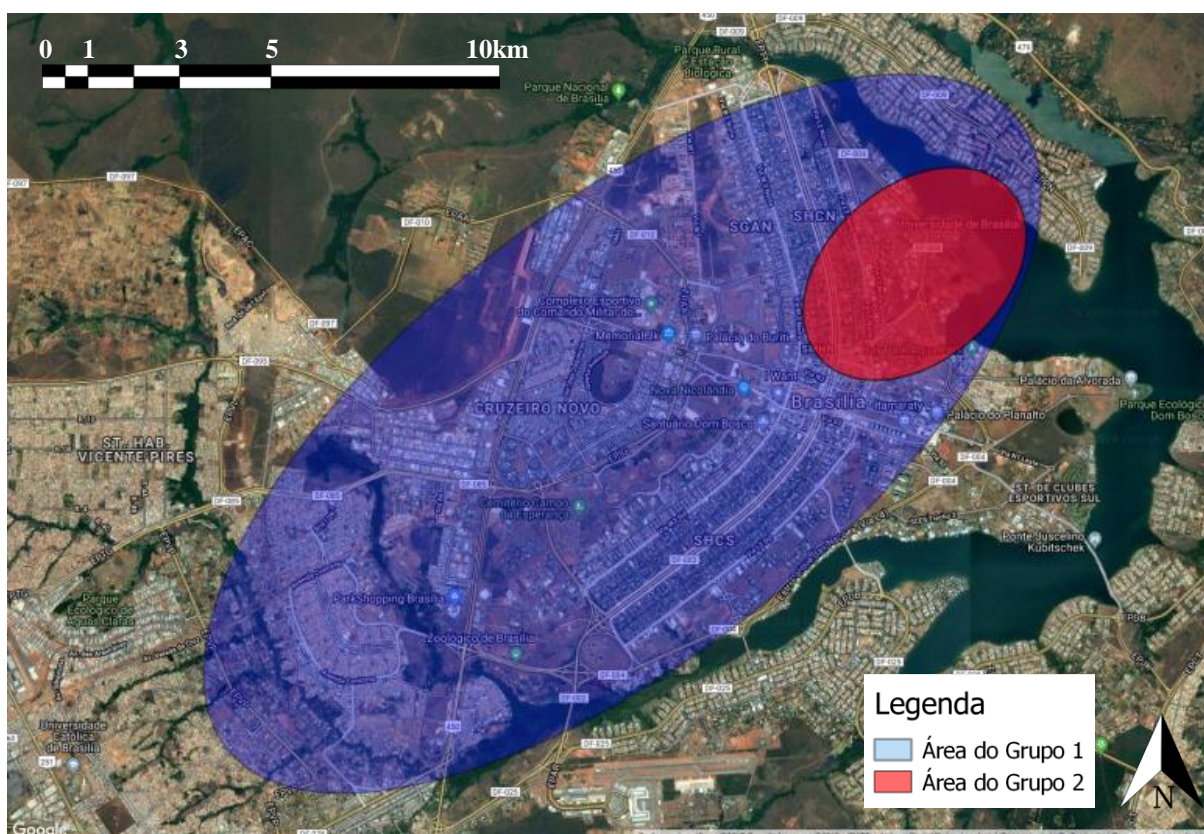
ZONAS E LOCAIS CONTIDOS (RESUMO)		DESTINO																														PROD.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 Campus da UnB	1	362	45	21	0	0	1	0	1	5	0	0	0	0	0	4	0	3	2	0	2	2	0	0	3	2	0	1	0	2	0	456
2 Asa Norte	2	40	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	52
3 Asa Sul; Zona Central	3	21	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	3	2	34
4 SMU, SAM e Noroeste	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Lago Norte	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6 Lago Sul	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7 Varjão	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Sudoeste/Octogonal	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9 SIA	9	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10 Cruzeiro	10	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11 Guará	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Park Way	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Núcleo Bandeirante	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Candangolândia	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15 guas Claras	15	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
16 SCIA/Estrutural	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Taguatinga e V. Pires	17	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
18 Samambaia	18	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19 Ceilândia	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Riacho Fundo I e II	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
21 Gama	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22 Jard. Bot; S. Sebastião	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23 Paranoá e Itapo	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24 Planaltina	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
25 Sobradinho I e II	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
26 Brazlândia	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Santa Maria	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28 Recanto das Emas	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29 Entorno - Sada Sul	29	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
30 Entorno - Sada Norte	30	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>ATRAO</b>		<b>452</b>	<b>52</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>586</b>

Figura 5.4 – Matriz O-D de viagens no DF – Grupo 2

A Figura 5.4 corresponde à matriz de viagens no DF do Grupo 2. Nota-se claramente na matriz a predominância de viagens com destino às regiões mais próximas da CEU: o próprio *Campus*, a Asa Norte e a Asa Sul. Há poucas viagens atraídas por outras zonas. Além disso, o número de deslocamentos com origem na zona 1 – UnB – e com destino à própria zona é de 362, o que equivale a 61,8% do total. Essa concentração dos deslocamentos pode ser explicada pelas características do grupo mostradas na Figura 4.2.

## 5.2 ÁREA POTENCIAL DE DESLOCAMENTO

As áreas potenciais de deslocamento dos grupos estudados são mostradas na Figura 5.5. Em azul, é mostrada a área potencial dos estudantes de Engenharia Civil. Em vermelho, a área potencial dos alunos que moram na Casa do Estudante Universitário.



**Figura 5.5** – Áreas potenciais de deslocamento dos 2 grupos estudados

Os principais atributos das elipses calculadas são mostrados na Tabela 5.1.

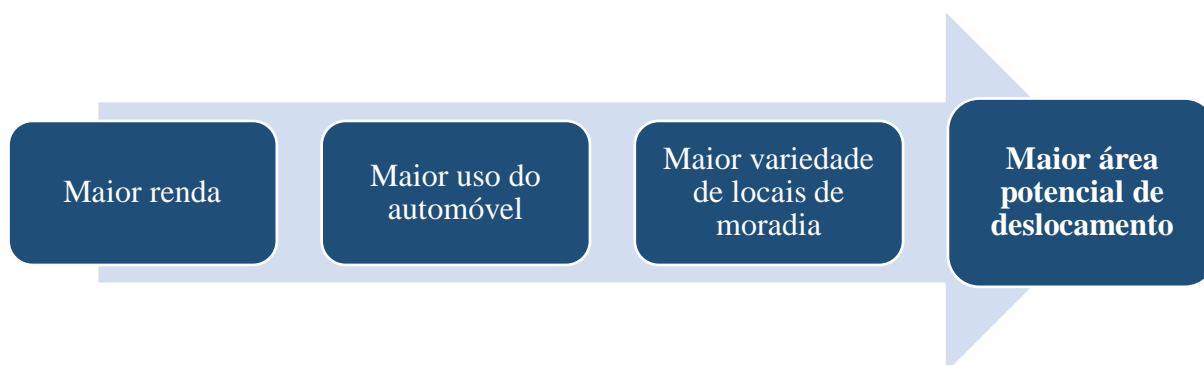


**Tabela 5.1** – Atributos das elipses de desvio padrão

Atributo	Grupo 1	Grupo 2
Coord. X do centroide	-47,92258	-47,86538
Coord. Y do centroide	-15,80012	-15,77007
Orientação (graus)	53,053	51,830
Área (km <sup>2</sup> )	162,26	15,86
Excentricidade	0,9011	0,7299

A diferença mais notável entre as elipses dos grupos está na área. A área potencial do Grupo 1, de alunos de Engenharia Civil – 162,26 km<sup>2</sup> – é cerca de dez vezes maior que a do Grupo 2, de alunos que moram na CEU – 15,86 km<sup>2</sup>. Algumas das características do Grupo 1 que resultam nessa diferença são citadas a seguir e indicadas na Figura 5.6.

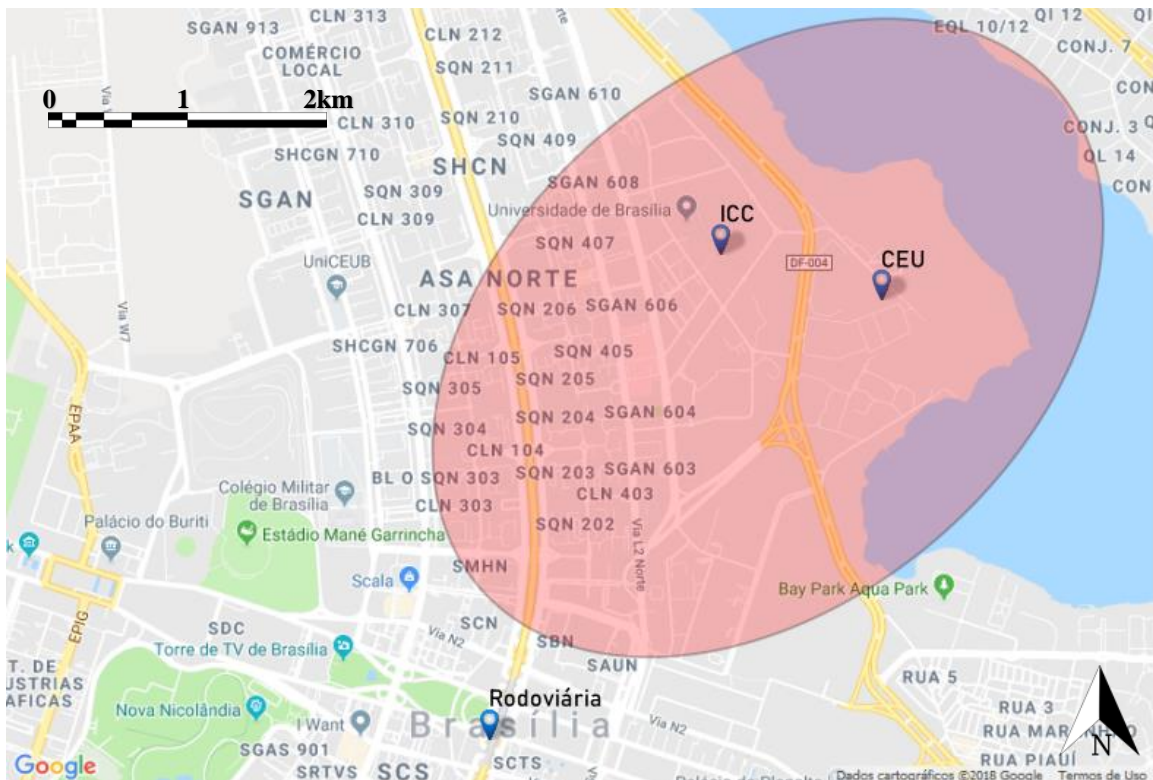
- Maior renda, o que tende a aumentar o grau de mobilidade individual, conforme discutido no item 2.2.2 deste trabalho;
- Maior uso do automóvel, o que torna mais fácil percorrer grandes distâncias com frequência;
- Maior variedade de locais de moradia, o que aumenta a dispersão dos pontos de localização.



**Figura 5.6** – Características do Grupo 1 que resultam na maior área potencial

A elipse de desvio padrão calculada para os alunos de Engenharia Civil neste trabalho é muito semelhante à que foi obtida por Souza (2015) para os alunos desse curso, mostrada na Figura 3.7 (p. 39). O centroide de ambas as elipses está na RA do Sudoeste. A área potencial no trabalho de Souza (2015) é de 174,75 km<sup>2</sup>, contra 162,26 km<sup>2</sup> neste. A orientação da elipse daquele trabalho não é informada, mas é visualmente muito próxima da deste. As semelhanças corroboram os resultados de ambos os estudos – um feito por meio de preenchimento de formulário e outro por coleta de dados de telefones móveis.

Para visualizar melhor a área potencial do Grupo 2, a Figura 5.7 mostra apenas a elipse de desvio padrão desse grupo e possui um mapa mais claro no fundo. As regiões cobertas pela área potencial se concentram no *Campus* Darcy Ribeiro e áreas adjacentes; a dispersão dos locais visitados é relativamente pequena. Pela orientação da elipse, observa-se uma tendência de deslocamento da CEU para a Asa Norte – incluindo o *Campus* – e a Asa Sul.

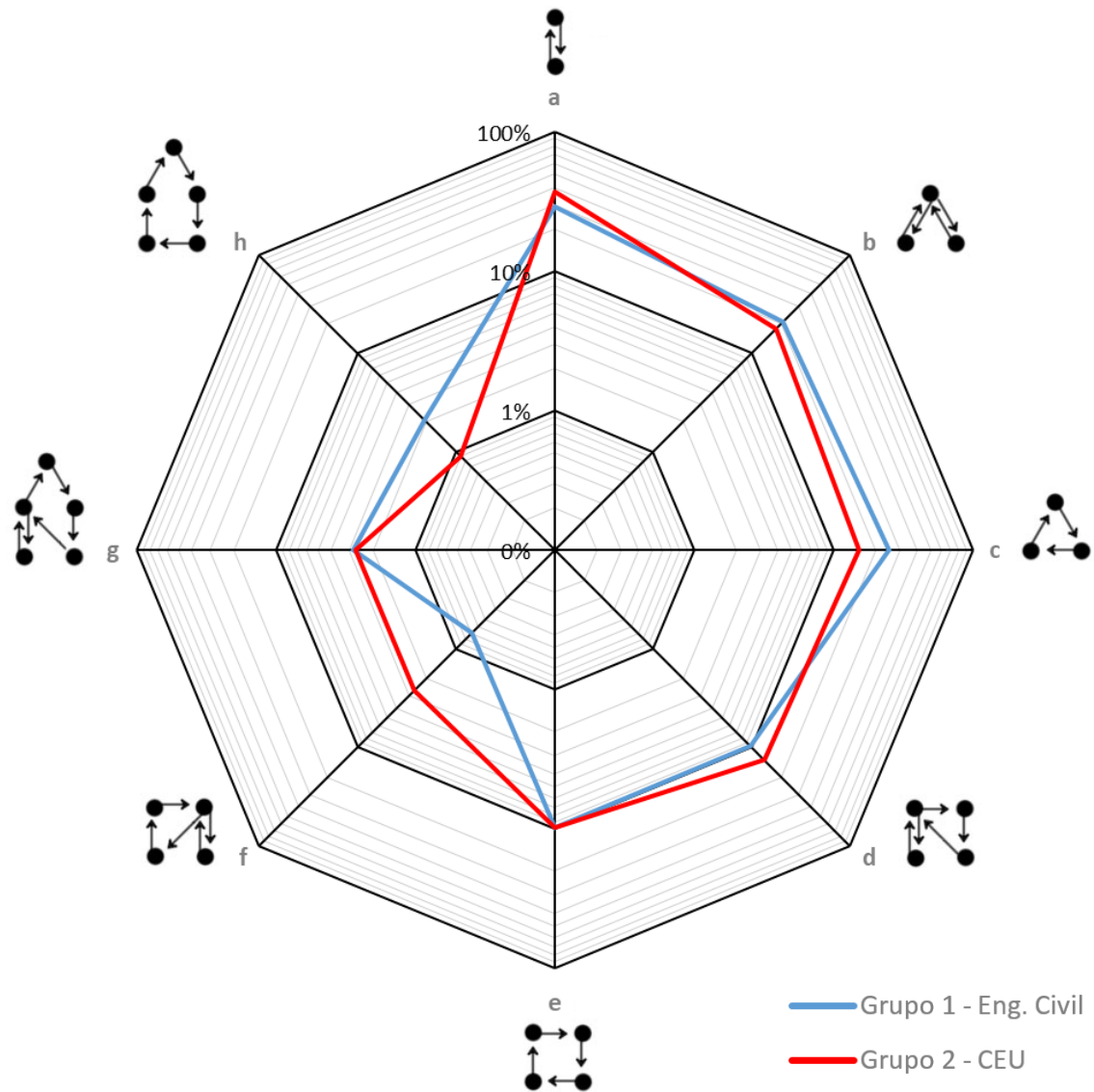


**Figura 5.7** – Área potencial de deslocamento do Grupo 2

A diferença de forma entre as elipses, com a do Grupo 1 sendo mais alongada – mais excêntrica – que a do Grupo 2, é consoante com os resultados do estudo de González *et al.* (2008), que mostra que quanto maior o raio de giro  $r_g$  de um indivíduo (definido na p. 24), maior tende a ser a anisotropia dos deslocamentos. Em outras palavras, quanto maiores as distâncias percorridas, maior a tendência de haver direção preferencial de deslocamento.

### 5.3 PADRÕES DIÁRIOS DE VIAGEM

A distribuição de ocorrência dos padrões de viagem encontrados na pesquisa é ilustrada na Figura 5.8 e sintetizada na Tabela 5.2. Os padrões são contados por dia, começando e terminando na residência H. Na Figura 5.8, os locais visitados são representados como nós e as viagens entre eles como linhas com setas. Para mostrar mais claramente os padrões pouco frequentes, a porcentagem é apresentada em escala logarítmica.

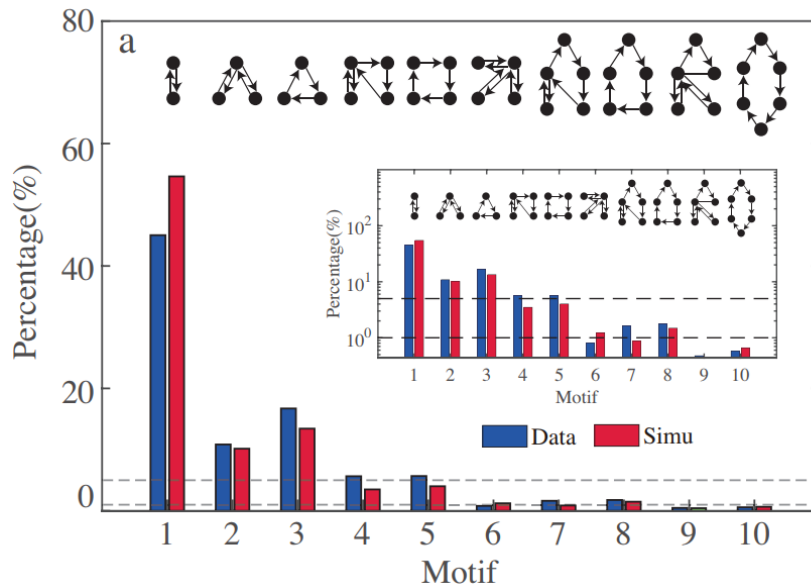


**Figura 5.8** – Parcela de ocorrência de cada padrão de deslocamento

**Tabela 5.2** – Síntese da ocorrência dos padrões

Padrão	Número de nós	Ocorrência (%)	
		Grupo 1	Grupo 2
a	2	29,2	37,5
b	3	20,8	17,9
c	3	25,0	15,2
d	4	9,7	13,4
e	4	9,7	9,8
f	4	0,7	2,7
g	5	2,8	2,7
h	5	2,1	0,9

O padrão dominante (a) consiste em viajar entre apenas dois locais em um dia – casa **H** e estudo **S**. Note que, de maneira geral, quanto mais simples um padrão diário, maior a sua parcela de ocorrência. Esse fenômeno também foi observado na pesquisa de Jiang *et al.* (2016), que examinou a mobilidade de moradores de Boston (EUA) por meio de CDRs e encontrou a distribuição de padrões mostrada na Figura 5.9.



**Figura 5.9** – Distribuição de padrões observada na pesquisa de Jiang *et al.* (2016)

Outro resultado interessante observado na Figura 5.8 é a similaridade entre os padrões de viagem do Grupo 1 e do Grupo 2, que reforça as descobertas de González *et al.* (2008). No estudo citado, os autores afirmam que, depois de corrigidas as diferenças nas distâncias de deslocamento e a anisotropia inerente a cada trajetória individual, as pessoas tendem a seguir “os mesmos padrões simples e reproduzíveis de viagem”.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O histórico de localização GPS se mostrou um tipo de dado proveitoso à análise de mobilidade. Um de seus pontos fortes é a precisão temporal e espacial do rastreamento, que é bastante útil quando se deseja examinar a mobilidade individual. Um ponto fraco é a dificuldade de obtenção de dados de grandes amostras de indivíduos, o que é um obstáculo em análises agregadas.

Foi possível comparar as características de mobilidade dos dois grupos estudados. Constatou-se que os locais visitados pelos alunos que moram na CEU se concentram em regiões próximas ao *Campus Darcy Ribeiro*, percorrendo esse grupo menores distâncias que o de alunos de Engenharia Civil. Essa concentração é vista na Figura 5.4 e na Figura 5.7.

Diversos resultados do presente trabalho confirmaram os de estudos anteriores. Entre eles: a relação entre a distância de viagem e a anisotropia dos deslocamentos (p. 63), conforme encontrado em González *et al.* (2008); a maior ocorrência de padrões mais simples de viagem, como em Jiang *et al.* (2016); a semelhança entre a área potencial do Grupo 1 (Figura 5.5) e a obtida por Souza (2015) para os alunos de Engenharia Civil da UnB.

A dificuldade encontrada neste trabalho na obtenção de dados CDR deve ser um ponto de atenção para pesquisadores que desejem trabalhar com esse tipo de dado. Recomenda-se pedir autorização judicial, explicando o propósito acadêmico e garantindo a proteção de privacidade. Para futuras pesquisas com GPS, as estratégias aqui empregadas para conquistar uma quantidade maior de participantes – simplicidade no processo e conscientização sobre os objetivos da pesquisa – podem ser interessantes.

Por fim, é importante destacar que neste trabalho os dados são usados apenas para a caracterização espaço-temporal dos deslocamentos, que é valiosa por si só, mas que combinada com o conhecimento do contexto das viagens torna-se uma ferramenta mais poderosa no estudo de mobilidade. Nesse sentido, um dos desafios dos pesquisadores é realizar a integração entre os dados de telefones móveis e os de outras fontes, como câmeras de trânsito, levantamentos sociais, demográficos e dados meteorológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, J. S.; CHAFFEE, J. W. (1991). *Existence and uniqueness of GPS solutions*. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 27(6):952–956, Nov 1991. ISSN 0018-9251. DOI: 10.1109/7.104271.

AHAS, R. (2010). *Mobile positioning data in geography and planning*. Editorial. Journal of Location Based Services, 4(2): 67-69.

ALVES, D. A. S.; SANTOS, E. F. A.; KNEIB, E. C. (2009). *Transporte, circulação e mobilidade: uma reflexão*. Brasília, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.

ARAÚJO, S. (2015). Dados da Codeplan confirmam desigualdade no DF. Acesso em 05/03/2018. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2015/01/21/dados-da-codeplan-confirmam-desigualdade-no-df/>>.

ARUWAJOYE, A. (2016). *Previsão da Demanda de Transportes no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

BAGROW, J. P.; WANG, D.; BARABASI, A. L. (2011). *Collective Response of Human Populations to Large-Scale Emergencies*. PloS one, 6, 3, 1-8.

BENGTSSON, L.; LU, X.; THORSON, R. (2011). *Improved Response to Disasters and Outbreaks by Tracking Population Movements with Mobile Phone Network Data: A Post-Earthquake Geospatial Study in Haiti*. PloS one, 8, 8, 1-9.

CAIADO, M. C. S. (2005). *Estruturação intra-urbana na região do Distrito Federal e entorno: a mobilidade e a segregação socioespacial da população*. São Paulo: Revista Brasileira de Estudos de População, vol. 22, n. 1, p. 55-88.

CALABRESE, F.; LORENZO, G. D.; LIU, L.; RATTI, C. (2011). *Estimating Origin-Destination Flows Using Mobile Phone Location Data*. Pervasive Computing, IEEE, 10, 4, 36–44.

CALABRESE, F.; DIAO, M.; DI LORENZO, G.; FERREIRA JR., J.; RATTI, C. (2013). *Understanding individual mobility patterns from urban sensing data: A mobile phone trace example*. Transportation Research Part C 26, 301–313.

CARVALHO, S. M. F. (2002). *Concepção de Ambiente Computacional para Extração de Informações dos Registros de Chamadas Telefônicas Aplicando Técnicas de Compilação*. Programa de Pós Graduação em Transportes da Universidade Federal de Santa Catarina.

EGENHOFER, M. J.; FREKSA, C.; MILLER, H. J. (2004). *Geografic Information Science*. Em: *Third International Conference, GIScience 2004*. Adelphi, Estados Unidos.

ETTEMA, D. (1996). *Activity-travel Based Demand Modeling*. Tese de doutorado em Planejamento Urbano, Universidade de Eindhoven, Holanda.

GONZÁLEZ, M. C.; HIDALGO, C. A.; BARABASI, A. L. (2008). *Understanding Individual Human Mobility Patterns*. Nature 453, 779-782.

HÄGERSTRAND, T. (1970). *What about People in Regional Science*. Papers of the Regional Science Association, vol. 24, 7-21.

HANSON, S. (1995). *Getting there: urban transportation in context*. The geography of urban transportation. New York/London, The Guilford Press.

ICHIKAWA, S. M. (2002). *Aplicação de Minerador de Dados na Obtenção de Relações entre Padrões de Encadeamento de Viagens Codificados e Características Socioeconômicas*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

IQBAL, M. S.; CHOUDHURY, C. F.; WANG, P.; GONZÁLEZ, M. C. (2014). *Development of origin–destination matrices using mobile phone call data*. Transportation Research Part C 40, 63–74.

JIANG, S.; YANG, Y.; GUPTA, S.; VENEZIANO, D.; ATHAVALE, S.; GONZÁLEZ, M. C. (2016). *The TimeGeo Modeling Framework for Urban Mobility Without Travel Surveys*. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

JONES, P. M.; DIX, M. C.; CLARKE, M. I.; (1983). *Understanding Travel Behaviour*. Gower, Aldershot.

KUIJPERS, B. (2012). *Databases and Theoretical Computer Science*. Research Group Hasselt, University and Transnational University of Limburg.

LU, X.; WETTER, E.; BHARTI, N. (2013). *Approaching the Limit of Predictability in Human Mobility*. Scientific Reports, DOI:10.1038/srep02923.

MAHLER, Christine R. (2012). *Entre Paradigmas: Instituto Central De Ciências Da UnB*. X Seminário Docomomo Brasil Arquitetura Moderna e Internacional: Conexões Brutalistas 1955-75. PUCPR, Curitiba.

MCNALLY, M. G. (2000). *The Activity-Based Approach*. Department of Civil and Environmental Engineering and Institute of Transportation Studies University of California, Irvine.

MCNALLY, M. G. (2007). *The Four Step Model*. Department of Civil and Environmental Engineering and Institute of Transportation Studies University of California, Irvine.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. (2007). *Construindo uma cidade acessível*. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Brasília.

O GLOBO (2016). *Telefônica-Vivo Terá de Dar Explicações Sobre Serviço de Rastreamento*. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/economia/defesa-do-consumidor/telefonica-vivo-tera-de-dar-explicacoes-sobre-servico-de-rastreamento-15256831/>>. Acesso em 03/04/2018.

RAIA JR., A. A. (2000). *Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informação*. Tese, Doutorado em Engenharia Civil – Transportes pela Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

RODRÍGUEZ, A. M. (2017). *Google Timeline Geolocation Accuracy*. Delft University of Technology.

SANTOS, L.S. (2009). *Análise da Influência da Variação Espacial da Oferta de um Modo de Transporte Público Urbano no Comportamento de Viagem de seus Usuários*. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT.

SILVA, A. H. (2008). *Determinação da Área de Captação de uma Estação de Metrô por Meio da Utilização do Modelo Prisma Espaço-Tempo e Padrões de Viagens*. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT.

SONG, C. M.; QU, Z.H.; BLUMM, N.; BARABASI, A.L. (2010). *Limits of Predictability in Human Mobility*. Science 327, 1018-1021.

SOUZA, M.A.A. (2015). *Caminho Espaço-Temporal dos Usuários do Campus Universitário Darcy Ribeiro*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

TACO, P. W. G. (2003). *Redes Neurais Artificiais Aplicadas na Modelagem Individual de Padrões de Viagens Encadeadas a Pé*. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT.

TAKANO, M. S. M. (2010). *Análise da Influência da Forma Urbana no Comportamento de Viagens Encadeadas com Base em Padrões de Atividades*. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT.

TOSTES, A. I. J.; ASSUNÇÃO, R; SALLES, J; LOUREIRO, A. A. (2013). *From data to knowledge: city-wide traffic flows analysis and prediction using bing maps*. Em Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing, p 12. ACM.

XAVIER, F. H. Z.; SILVEIRA, L. M.; ALMEIDA, J. M; ZIVIANI, A; MALAB, C. H. (2012). *Análise da Mobilidade Humana em Eventos de Larga Escala baseada em Chamadas de Telefones Celulares*. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

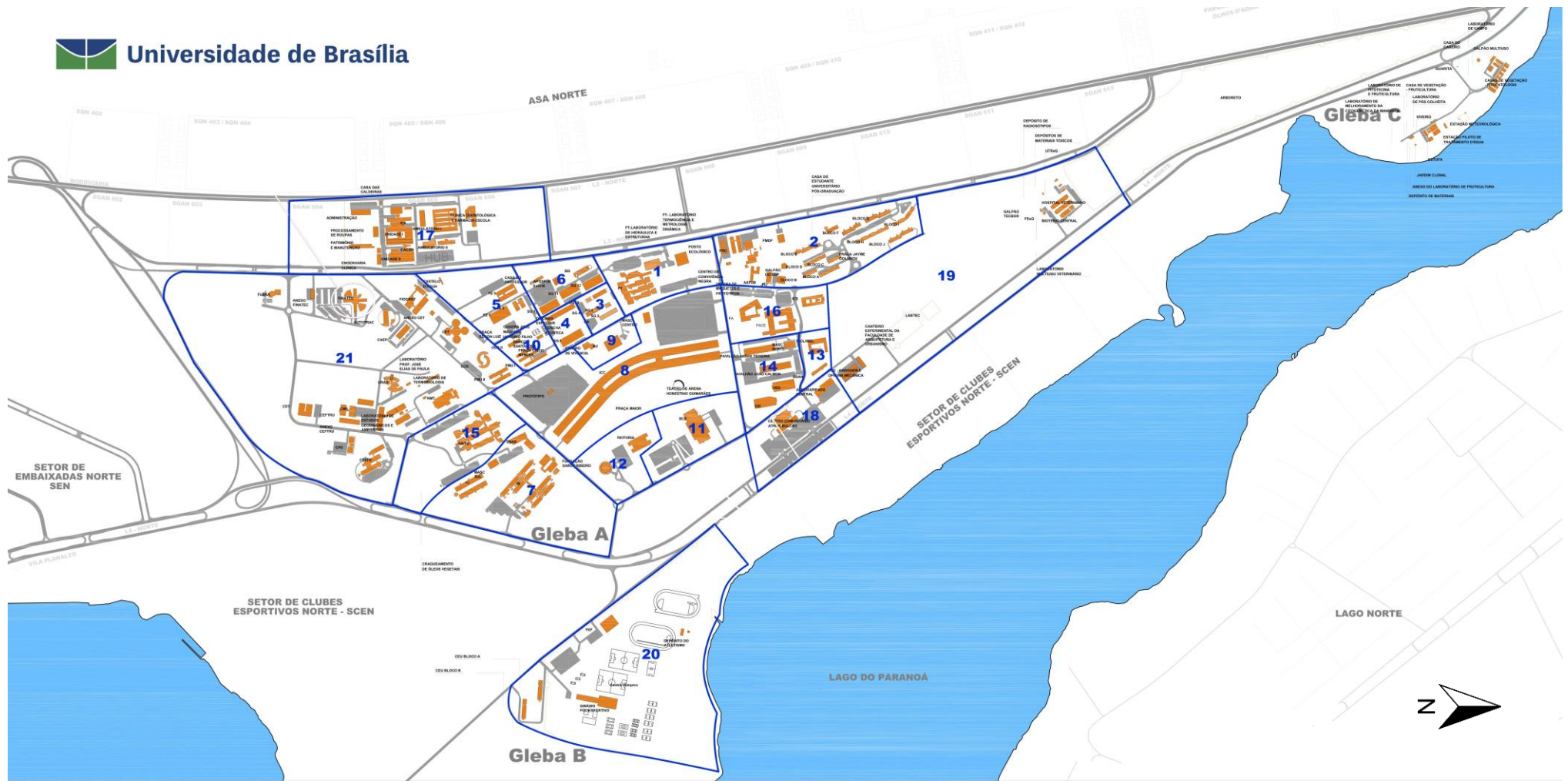
YUAN, Y., RAUBAL, M., LIU, Y. (2012). *Correlating Mobile Phone Usage and Travel Behavior - a Case Study of Harbin, China*. Computers, Environment and Urban Systems 36, 118-130.

YUILL, R. S. (1971). *The Standard Deviation Ellipse: An Updated Tool for Spatial Description*. Geografiska Annaler. Series B, Human Geography, vol. 53, n. 1, p. 28-39. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/490885>>.

ZHENG, Y.; XIEZHENG, X. (2011). *Learning Travel Recommendations from User-Generated GPS Traces*. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, Vol. 2, Nº 1.



# APÊNDICE A – PLANTA BAIXA DO CAMPUS DARCY RIBEIRO COM SUAS 21 ZONAS DE TRÁFEGO INTERNAS



Fonte: Modificada do Anuário Estatístico da UnB (2016)  
Sem escala

