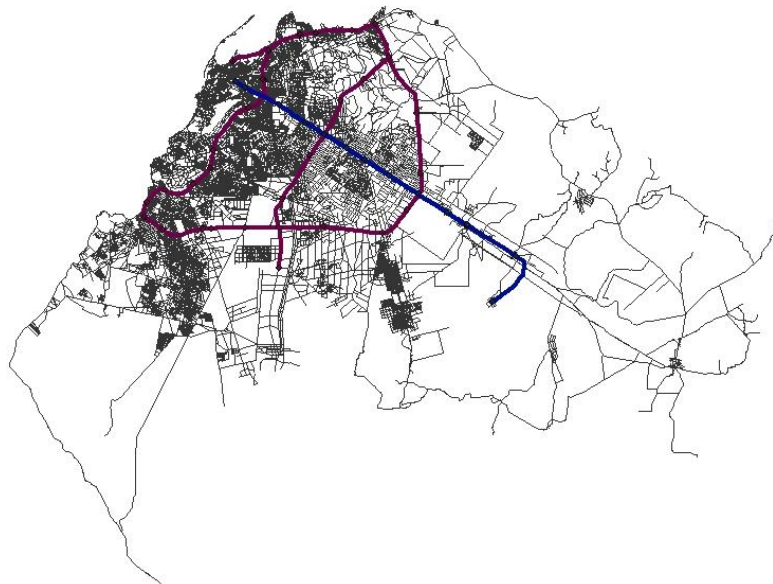




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG – Aplicação ao caso de Luanda**

**ARIANA CÊA DA SILVA**

(Licenciada em Engenharia Civil)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil  
na Área de Especialização em Vias de Comunicação e Transportes

Orientador:

Mestre Paulo José de Matos Martins, Professor Adjunto (ISEL)

Júri:

Presidente: Lic. Luísa Maria Ferreira Cardoso Teles Fortes, Professora Adjunta (ISEL)

Vogais:

Mestre Isabel Maria Pais de Abreu Filipe da Silveira Botelho, Diretora de  
Planeamento (IMT)

Mestre Paulo José de Matos Martins, Professor Adjunto (ISEL)

**Junho de 2017**





**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG – Aplicação ao caso de Luanda**

**ARIANA CÊA DA SILVA**

(Licenciada em Engenharia Civil)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil  
na Área de Especialização em Vias de Comunicação e Transportes

Orientador:

Mestre Paulo José de Matos Martins, Professor Adjunto (ISEL)

Júri:

Presidente: Lic. Luísa Maria Ferreira Cardoso Teles Fortes, Professora Adjunta (ISEL)

Vogais:

Mestre Isabel Maria Pais de Abreu Filipe da Silveira Botelho, Diretora de  
Planeamento (IMT)

Mestre Paulo José de Matos Martins, Professor Adjunto (ISEL)

**Junho de 2017**



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Professor Paulo Martins pelo tema proposto, que se revelou bastante interessante e desafiante e pela orientação indispensável ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais, José Silva e Orquídea Cêa, pelos valores, pela educação, paciência e pelos costumes transmitidos ao longo dos anos. Especialmente ao meu pai que sempre foi e sempre será para mim um mentor pessoal, academicamente e futuramente na vida profissional.

À minha irmã gémea, Arieth Silva, que sempre foi minha companheira de sala desde pré-escola até a licenciatura e que de certa forma contribui para a conceção desta dissertação.

Aos meus tios e minhas tias, especialmente a minha tia Maria do Céu Silva, que sempre esteve presente ao longo dos anos, contribuindo para minha educação e pelo incentivo ao curso.

Aos todos meus amigos e amigas, que contribuíram para a realização do trabalho. Um especial e profundo agradecimento ao meu amigo Kenny Vasconcelos pela amizade, pelo carinho, pelo apoio incansável e por me incentivar sempre a ser e a fazer melhor a nível pessoal e nível académico.

Ao meu amigo especial Edson Chipenda, pela companhia, pelo grande carinho, pelo apoio e pela paciência, ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Aos meus colegas de turma, em especial, Sara Martins, Nuno Saraiva, Rosa Pereira e Marta Nascimento, pelos dias de convivência, pelas risadas partilhadas e pelos trabalhos árduos que fizemos todos juntos.

A Dra. Carla Márquez e a sua equipa, pela partilha de alguns dados do GEPE do Ministério de Transportes em Angola.

A todos, familiares, amigos e conhecidos que ajudaram na divulgação e contribuição do Inquérito, agradeço imenso a todos.



## **RESUMO**

A presente dissertação analisa o conceito de acessibilidade e sua aplicação a nível de planeamento de transportes. O principal objetivo da presente dissertação é o desenvolvimento de modelos que permitam quantificar e analisar as acessibilidades rodoviárias urbanas face a acessibilidades de uma futura rede de transporte público em Luanda, com recurso a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A acessibilidade é definida genericamente como a facilidade em alcançar bens, atividades ou locais, sendo considerada uma ferramenta muito importante na definição quer de políticas de transportes, quer de planeamento urbano. A acessibilidade pode ser ainda definida segundo perspetivas diferentes e, em função disso, podem igualmente serem diferentes indicadores de acessibilidade que, por sua vez, permitem não só quantificar a acessibilidade, como calcular a eficiência da rede de transportes e avaliar a distribuição de indicadores em determinada área.

Luanda como capital de Angola, foi a província que serviu de refúgio às populações vindas de outras províncias, durante a guerra civil que durou quase 30 anos, e que teve início na década de 1970. Como resultado disto, Luanda hoje enfrenta um legado de problemas principalmente a nível de mobilidade e acessibilidade, refletindo-se no trânsito desmesurado sentido na província. Contudo, Luanda como capital de Angola é uma província bastante promissora a nível socioeconómico, sendo por isso importante a realização de estudos de acessibilidades adequados para melhorar não só a qualidade de vida dos seus habitantes, como para contribuir o desenvolvimento futuro da província.

Para que se pudessem realizar análises de acessibilidade, construíram-se dois modelos: um modelo da rede rodoviária de Luanda e outro modelo com a rede de transporte público, recorrendo a uma ferramenta de Sistemas de Informação Geográfica(SIG). Em paralelo com a base de dados da rede viária, foi construído um mapa com a divisão político-administrativa de Luanda e com informação da respetiva da população.

Desta forma, com base nos dados demográficos, as análises rodoviárias foram feitas utilizando alguns indicadores de acessibilidade, nomeadamente: Índice de Sinuosidade e Velocidade Equivalente Reta. Para análise da rede de transporte público foram feitas análises como *Walkability*, Mapa de Densidade e foi feita ainda uma comparação entre o transporte individual e o transporte público.

**Palavras-Chave:** Acessibilidade, Luanda, Sistema de Informação Geográfica, Rede Rodoviária, Rede de Transporte Público, Transportes



## **ABSTRACT**

This dissertation analyzes the concept of accessibility and its application in transportation planning. The main objective of this dissertation is the development of models that allow the quantification and analysis of urban road and accessibility against the accessibility of a public transport network in Luanda, using a Geographic Information System (GIS).

Accessibility is generally defined as the easiness to reach goods, activities or places and is considered a very important tool in the definition of transport policies and urban planning. Accessibility can also be defined per different perspectives and different accessibility indicators may be defined, which in turn allow not only the quantification of accessibility but also the calculation of transport network efficiency and the evaluation of the distribution of indicators in each area.

Luanda, as the capital of Angola, was the province that served as a refuge for people coming from other provinces during the civil war that lasted almost 30 years, beginning in the 1970s. Therefore, Luanda today faces a legacy of problems mainly at the level of mobility and accessibility, reflected in the disproportionate traffic in the province. However, Luanda as the capital of Angola is a very promising province in a socio-economic level, and it is therefore important to carry out adequate accessibility studies to improve not only the quality of life of its population, but also to contribute to the future development of the province.

In order to carry out accessibility analyzes, two models were built: a model of the Luanda road network and another model with a public transport network, using a Geographic Information Systems (GIS) tool. Parallel to the database of the road network, a map was built with the political-administrative division of Luanda and its information about the population.

Thus, based on the demographic data, the road analyzes were made using some indicators of accessibility, namely: Sinuosity Index and Straight Equivalent Speed. To analyze the public transport network, some analysis were made such as Walkability, Density Map, as well as a comparison was between individual and public transportation.

**Key words:** Accessibility, Luanda, Geographic Information System, Road Network, Public Transport Network, Transportation.



## **SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS**

AML - Área Metropolitana de Luanda

ARCGIS – *software* comercial utilizado para manipular e criar modelos com base em dados de Sistema de Informação Geográfica

BUS – Bus Rapid Transit

CFL – Caminhos-de-Ferro de Luanda

ENANA – Empresa Nacional de Exploração de Aeroportos e de Navegação Área

FNLA - Frente Nacional de Libertação de Angola

GEPE – Gabinete de Estudos e Projeções Estatísticas

GPL - Governo Provincial de Luanda

IATA - *International Air Transport Association*

INAVIC – Instituto Nacional da Aviação Civil

INE – Instituto Nacional de Estatística

LE – Linha Expressa

LU – Linha Urbana

MIC – *Mobility in Chain*

MPLA - Movimento Popular de Libertação de Angola

PDGML - Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda

PDP- Plano de Desenvolvimento Provincial

PIB – Produto interno bruto

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TAAG – Linhas Aéreas de Angola

TCUL – Transporte Coletivo Urbano de Luanda

TI – Transporte Individual

TMA – Terminal Marítimo de Angola

TP – Transporte Público

UNITA - União Nacional para a Independência Total de Angola

ZAT – Zonas de Análise de Tráfego



# ÍNDICE GERAL

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento Geral .....	1
1.2 Definição de Acessibilidade .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Abordagem metodológica .....	4
1.5 Estrutura da Dissertação.....	5
<b>2. Caraterização da Rede Rodoviária de Luanda .....</b>	<b>7</b>
2.1 Enquadramento Geral de Luanda .....	7
2.1.1 Localização.....	7
2.1.2 Divisão Político-administrativa de Luanda .....	8
2.2 Caraterização sociodemográfica.....	12
2.2.1 Contexto histórico.....	12
2.2.2 População - Caraterísticas .....	15
2.2.3 Desenvolvimento de bairros informais .....	16
2.3 Caraterização socioeconómica de Luanda .....	17
2.4 Breve caraterização do setor de transportes de Luanda .....	20
2.4.1 Modo Ferroviário .....	21
2.4.2 Modo Marítimo (Ferry).....	22
2.4.3 Modo Aéreo .....	23
2.4.4 Modo rodoviário.....	25
2.5 Caracterização do setor rodoviário .....	26
2.5.1 Classificação das estradas.....	26
2.5.2 Tipologias do transporte rodoviário .....	27
2.5.3 Caraterização do transporte público rodoviário em Luanda .....	29
2.6 Perspetivas Futuras para o setor de transportes - Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda.....	30
2.7 Súmula do Capítulo .....	31
<b>3. Metodologias de Medição da Acessibilidade .....</b>	<b>33</b>

3.1	Revisão bibliográfica do conceito de acessibilidade .....	33
3.2	Evolução das metodologias usadas na análise de acessibilidade .....	36
3.2.1	Breve contextualização do Sistema de Informação Geográfica- SIG .....	37
3.2.2	Metodologias para análises .....	38
3.2.2.1	Grupo relacionado com os transportes .....	39
3.2.2.2	Grupo de métodos baseados na multidisciplinaridade .....	39
3.3	Revisão Bibliográfica dos Indicadores de Acessibilidade .....	40
3.3.1	Medidas de separação espacial .....	44
3.3.2	Medidas de contorno .....	44
3.3.3	Medidas de gravidade .....	45
3.3.4	Medidas de concorrência .....	45
3.3.5	Medidas de espaço-tempo .....	46
3.3.6	Medidas de utilidade.....	47
3.4	Indicadores propostos para análise .....	47
3.4.1	Indicadores de separação espacial .....	48
3.4.1.1	Índice de Sinuosidade .....	48
3.4.1.2	Velocidade Equivalente Reta – VER.....	49
3.4.1.3	Relação entre os indicadores IS e VER .....	49
3.4.2	Indicador de Transporte Público - ITP.....	50
3.5	Súmula do Capítulo .....	50
<b>4.</b>	<b>Desenvolvimento de Modelos de Análise para Luanda .....</b>	<b>53</b>
4.1.	Introdução.....	53
4.2	Construção do mapa com divisão político- administrativa de Luanda- Estruturação de zonas de análise de tráfego .....	53
4.2.1	Georreferenciação da imagem.....	54
4.2.2	Criação de polígonos.....	55
4.2.3	Topologia .....	56
4.2.4	Atribuição de dados da população .....	61
4.3	Construção do modelo da rede rodoviária .....	61
4.3.1	Recolha de dados - inventário.....	61

4.3.2	Topologia.....	63
4.3.3	Correção de Arcos.....	67
4.3.4	Calibração fina da Velocidade.....	69
4.3.4.1	Elaboração de Inquérito para calibração de velocidade .....	72
4.4	Construção do modelo de transporte público da futura rede de transportes da Área Metropolitana de Luanda.....	74
4.4.1	Georreferenciação.....	76
4.4.2	Conceção dos elementos necessários a criação da rede de transporte público	77
4.4.3	Topologia.....	82
4.4.4	Calibração da rede de TP .....	82
4.5	Súmula do Capítulo .....	83
<b>5.</b>	<b>Obtenção e análise de resultados .....</b>	<b>85</b>
5.1	Cálculo de indicadores de acessibilidade genéricos da rede rodoviária .....	85
5.1.1	Índice de Sinuosidade .....	87
5.1.2	Velocidade Equivalente Reta .....	92
5.1.2.1	VER médio .....	93
5.1.2.2	VER médio ponderado .....	95
5.2	Análise da acessibilidade da futura rede de Transporte Público da Área Metropolitana de Luanda.....	97
5.2.1	Walkability ou Walkable Catchment.....	99
5.2.2	Mapa de densidade da rede de TP – Isócronas .....	104
5.2.3	Comparação entre o Transporte Individual e o Transporte Público .....	106
5.2.3.1	Indicador de Transporte Público - ITP.....	106
5.2.3.2	ITP médio .....	107
5.3	Súmula do Capítulo .....	113
<b>6.</b>	<b>Conclusões e perspetivas futuras .....</b>	<b>115</b>
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>119</b>
	<b>Anexo I – Quadro com distribuição da população por ZAT .....</b>	<b>123</b>
	<b>Anexo II – Inquérito Elaborado.....</b>	<b>125</b>

**Anexo III – Valores médios dos indicadores: Índice de Sinuosidade (IS),  
Velocidade Equivalente Reta(VER) e Indicador de Transporte Público (ITP)  
..... 131**

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização de Luanda (fontes: Google Maps e INE – Resultados Preliminares 2014) .....	7
Figura 2 – Mapas ilustrativos da Antiga e Nova Divisão Político-administrativo da Província de Luanda (fonte: Portal da Development Workshop) .....	8
Figura 3 - Áreas do Municípios (Km <sup>2</sup> ) (fonte: (GPL, 2014)) .....	10
Figura 4 - Mapa Hipsométrico da cidade de Luanda. (fonte: Garcia, 2015, p.8) .....	10
Figura 5 - Ortofotomapa da Cidade Luanda. (Google Earth trabalhado pela Autora, 2016) .....	11
Figura 6 - Alguns edifícios caraterísticos da Baixa de Luanda/Baía de Luanda. (fonte: Portal Flickr, Autor: Ultrapanavision) .....	11
Figura 7 - Evolução da população em Luanda (fonte: Plano de Desenvolvimento Provincial 2013/2017 – Luanda) .....	14
Figura 8 - Ortofotomapa com exemplo da coabitação de musseques e zonas de bairros formais no município de Belas. Google Earth, 2017) .....	17
Figura 9 - Táxis coletivos "Candongueiros" .....	28
Figura 10-Relação entre as diferentes componentes de acessibilidade (autor: Govan, 2012) .	35
Figura 11 - Componentes da Acessibilidade. Fonte:(Govan, 2012)) .....	35
Figura 12 - Indicador de Sinuosidade .....	48
Figura 13 – Cronograma usado para georreferenciação (fonte: (INE, 2016b)) .....	54
Figura 14 - Imagem da primeira parte do mapa georreferenciada em Arcmap .....	55
Figura 15 – Exemplos dos limites geográficos entre duas comunas por uma linha de água e pela diretriz da Estrada de Catete .....	56
Figura 16 – Mapa criado com a divisão político-administrativa de Luanda .....	56
Figura 17 - Erros de topologia identificados na criação do mapa .....	57
Figura 18 - Regra topológica Must not overlap para polígonos (fonte: ArcGIS 10.3, Desktop Help) .....	57
Figura 19 - Regra topológica Must not have gaps (fonte: ArcGIS 10.3, Desktop Help) .....	58
Figura 20 - Exemplo de sobreposição de arcos e respetiva correção .....	58
Figura 21 – Exemplo de existência de vazias e respetiva correção .....	59
Figura 22 - Zonas de Análise de Tráfego .....	60
Figura 23 – Rede rodoviária atualizada de Luanda .....	62

Figura 24 - Dados originais do inventário disponível no OpenStreetMap .....	63
Figura 25 - Erros topológicos encontrados no inventário do OpenStreetMap .....	64
Figura 26 – Regra topológica Must not have dangles (fonte: ArcGIS 10.3, Desktop Help) .....	65
Figura 27 - Regra topológica Must not overlap para arcos (fonte: ArcGIS 10.3, Desktop Help) .....	65
Figura 28 - Exemplo de sobreposição de arcos e respetiva correção .....	66
Figura 29 - Exemplo de um arco isolado .....	66
Figura 30 – Definição da hierarquia rodoviária de Luanda com base no Google Maps .....	68
Figura 31 - Aspeto da rede final .....	69
Figura 32 - Uma das rotas analisadas com base no Google Earth .....	70
Figura 33 - Velocidades Calibradas .....	71
Figura 34 - Futura rede de transporte público em Luanda. (fonte:("Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro," 2015)).....	75
Figura 35 - Imagem usada para georreferenciação. (fonte: <a href="http://www.michain.com/works/plano-director-geral-metropolitano-de-luanda">http://www.michain.com/works/plano-director-geral-metropolitano-de-luanda</a> ).....	76
Figura 36 - Imagem georreferenciada da rede de TP em Arcmap .....	77
Figura 37 - Construção das linhas em estudo .....	78
Figura 38 - Linhas férreas em estudo .....	79
Figura 39 - Linhas e respetivos pontos de paragem e estações .....	80
Figura 40 - Nós da rede pedonal.....	80
Figura 41 - Conectores da rede TP.....	81
Figura 42 - Conectores de ligação a rede pedonal e entre cais .....	81
Figura 43 - Rede Rodoviária de Luanda .....	86
Figura 44 - Índice de Sinuosidade MÉDIO .....	89
Figura 45 - Percurso entre Ingombota e Kilamba .....	91
Figura 46 - Percurso entre Ingombota e Cacuaco 2 .....	91
Figura 47 - Percurso entre Viana 1 e Ingombota.....	92
Figura 48 - Percurso entre Viana 1 e Kikolo .....	92
Figura 49 - Velocidade Equivalente Reta MÉDIO.....	94
Figura 50 – Velocidade Equivalente Reta PONDERADO .....	96
Figura 51 - Futura Rede de TP de Luanda .....	98
Figura 52 - Buffer versus Isométricas .....	100

Figura 53 - Estação 1 e Estação 2 respetivamente .....	101
Figura 54 - Intersecção das Buffers e das Isométricas com o mapa administrativo .....	102
Figura 55 - Isócronas obtidas a partir das estações .....	105
Figura 56 - Mapa do ITP médio por ZAT .....	107
Figura 57 - ITP de Viana 3 .....	108
Figura 58 - ITP de Kilamba Kiayi.....	109
Figura 59 - Par O/D 1 – TI versus TP .....	110
Figura 60 - Par O/D 2 - TI versus TP .....	111
Figura 62 - Par O/D 4 - TI versus TP .....	112
Figura 61 - Par O/D 3 - TI versus TP .....	112



# ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Divisão Administrativa da Província de Luanda de acordo a reforma de 2011(fonte:(INE, 2016b)).....	9
Quadro 2 - Divisão Administrativa da Província de Luanda de acordo a reforma de 2016.....	9
Quadro 3 - População de Luanda por municípios.....	15
Quadro 4 - Indicadores de Turismo em Angola (Fonte: World Organization Tourism) .....	20
Quadro 5 - Zonas de análise de tráfego criadas.....	60
Quadro 6 - Velocidades iniciais atribuídas.....	70
Quadro 7- Matriz das distâncias reais, (km) $(S_{i,j})$ , sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial) .....	87
Quadro 8 - Matriz das distâncias em linha reta, (km) $(S_{i,j})$ , sobre a rede rodoviária, entre ZAT's(parcial).....	88
Quadro 9 - Matriz do Índice Sinuosidade sobre rede rodoviária, entre ZAT's (parcial) .....	88
Quadro 10 - Matriz do tempo de viagem sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial) .....	93
Quadro 11 - Matriz da Velocidade Reta Equivalente sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial) .....	93
Quadro 12 - Matriz do tempo de viagem sobre a rede de transporte público, entre ZAT's (parcial) .....	106
Quadro 13 - Matriz do Indicador de Transporte Público sobre a rede de transporte público, entre ZAT's (parcial) .....	106



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Acessibilidade Integral .....	41
Equação 2 – Medidas baseadas na gravidade .....	42
Equação 3 – Medidas baseadas na utilidade .....	42
Equação 4 – Medidas de Separação Espacial .....	44
Equação 5 – Medidas de Contorno.....	45
Equação 6 – Medidas de gravidade.....	45
Equação 7 – Medidas de concorrência.....	46
Equação 8 – Medidas de Espaço-tempo .....	46
Equação 9 – Medidas de Utilidade.....	47
Equação 10 – Índice de Sinuosidade.....	48
Equação 11 - Velocidade Equivalente Reta.....	49
Equação 12 – Relação entre o IS e a VER.....	49
Equação 13 - Velocidade média .....	49
Equação 14 - Indicador de Transporte Público.....	50
Equação 15 - População abrangida .....	101



# ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Horário de saída da origem. (Elaborado diretamente pelo Survey Monkey) .....	73
Gráfico 2 - Horário de saída do destino. (Elaborado diretamente pelo Survey Monkey) .....	73
Gráfico 3 - Índice Sinuosidade de Ingombota .....	90
Gráfico 4 - Índice de Sinuosidade de Viana 1 .....	91
Gráfico 5 - Velocidade Equivalente Reta de Ingombota .....	95
Gráfico 6 - Velocidade Equivalente Reta de Viana 1 .....	97
Gráfico 7 - População abrangida pela Estação 1 .....	103
Gráfico 8 - População abrangida pela Estação 2.....	103



# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento Geral

O tema escolhido para a dissertação foi enquadrado de forma a adquirir não só conhecimento em “Modelos de Análise de Acessibilidade Em SIG”, mas também a sua “Aplicação ao caso de Luanda”.

Deste modo, pretende-se desenvolver e aplicar ferramentas de cálculo de indicadores de acessibilidade com o intuito de melhorar a avaliação e uma correta tomada de decisão com base em vários cenários alternativos, para desenvolvimento futuro.

A aplicação no caso de Luanda, prende-se com o fato da autora ter nascido nesta cidade, onde viveu durante 18 anos, e onde pretende exercer futuramente esta atividade profissional.

Luanda, capital de Angola, é o maior centro económico do país, representando também a província com a população mais numerosa, com mais de 6 milhões de habitantes. Este crescimento elevado, que se acentuou nas últimas décadas, resultou do refúgio das populações na capital, devido à guerra civil ocorrida até 2002. Porém, como a cidade carecia de uma boa planificação urbana e de uma rede de infraestruturas, bem como como rede de transportes, Luanda tornou-se numa cidade bastante caótica a nível de deslocações, afetando também a qualidade de vida dos cidadãos.

Contudo, Luanda ainda é uma cidade bastante promissora a nível socioeconómico, pelo que necessita de garantir acessibilidades adequadas e com níveis de qualidade que permitam o seu desenvolvimento nos anos vindouros. Sendo assim, para além do interesse pessoal, pretende-se criar condições de acessibilidade que garantam uma melhor qualidade de vida, mas também desenvolver um projeto que seja útil para o futuro de Luanda, contribuindo com algumas sugestões para melhor sintetizar a prática de planeamento urbano de Luanda.

Por fim, é pretende-se identificar as áreas de comunas da província de Luanda, nas quais as populações enfrentam maiores dificuldades nas suas deslocações, com vista a de dar apoio à identificação de políticas e medidas que minimizem significativamente os desequilíbrios de acessibilidade existentes.

Deseja-se, também, fazer uma análise de acessibilidade de algumas ligações ferroviárias da futura rede de transporte público (TP) da Área Metropolitana de Luanda, propostos no Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda (PDGML) com vista a comparar o transporte individual e o transporte público.

### **1.2 Definição de Acessibilidade**

Em transportes, o conceito de acessibilidade é conhecido como a facilidade de alcançar bens/serviços/ destinos, que são consideradas como oportunidades. A nível de planeamento urbano, a acessibilidade constitui uma ferramenta muito importante, no que toca à facilidade que uma determinada área (província, distrito /comuna ou freguesia) tem em alcançar as oportunidades.

A acessibilidade é cada vez mais conhecida como elemento-chave para a obtenção de um sistema de transporte eficiente, sustentável e de alta qualidade, permitindo identificar áreas de desigualdades na oferta de infraestruturas básicas e está diretamente relacionada com a qualidade de vida dos cidadãos.

Para (Litman, 2012) a acessibilidade pode ser definida em termos de:

- Potencial – oportunidades que podem ser alcançadas;
- Atividades – oportunidades que são alcançadas.

Em termos de potencial, o autor refere, como exemplo que, as mercearias providenciam o acesso a alimentos, tal como Bibliotecas e Internet fornecem o acesso à informação. Já no que toca às atividades, estas podem ser atingidas através de caminhos, estradas e aeroportos.

Segundo (Govan, 2012), *“o acesso às atividades é o objetivo primordial das atividades de transportes. Por outras palavras, pode dizer-se que os Transportes são uma Procura Derivada ou Secundária, constituindo as oportunidades e as atividades a real Procura Principal. No entanto existem situações de exceção no caso de viagens (muitas vezes de curta duração) nas quais a mobilidade é o principal objetivo.”*

No âmbito dos transportes,(Paiva, n.d.) propõe ainda que acessibilidade pode ser dividida em dois conceitos complementares, que se definem como:

- **Acessibilidade ao sistema de transporte** - mede a facilidade do utilizador em aceder ao sistema de transporte.
- **Acessibilidade a destinos** - mede a facilidade do utilizador em chegar ao local.

A acessibilidade também é afetada por fatores, que por sua vez também permitem avaliar e garantir a performance do sistema de transporte, nomeadamente a procura de transportes, informação ao utilizador, mobilidade, modos de transporte, integração, fatores de usos do solo, conetividade da rede de transporte, entre outros. Segundo (Litman, 2012), ao melhorar e/ou aumentar estes fatores, aumenta e melhora a acessibilidade. Por exemplo ao aumentar a mobilidade melhora a acessibilidade, pois quanto mais rápido as pessoas viagem, mais rapidamente chegam aos destinos, por outro lado a melhoria dos modos de transportes melhora a acessibilidade.

## Outras Definições

Este conceito tem ainda outros significados e implicações, segundo (Litman, 2012):

- Na engenharia rodoviária está associado ao acesso, a ligações às propriedades adjacentes. Nas estradas com acesso limitado, como vias rápidas e autoestradas, as ligações com propriedades adjacentes são mínimas, sendo normalmente realizadas por interseções desniveladas, enquanto as estradas locais permitem o acesso direto.

- Nos campos da geografia e da economia urbana, a acessibilidade refere-se à facilidade relativa em chegar a um local ou área particular.

- No caso do planeamento das infraestruturas pedonais, a acessibilidade refere-se à facilidade em projetar serviços que sejam especialmente direcionados para os utilizadores com mobilidade reduzida, nomeadamente na garantia da eliminação de barreiras às pessoas com limitações físicas. Desta forma, a acessibilidade deve ser inclusiva para todos tipos de utilizadores de infraestruturas pedonais.

- No planeamento social, a acessibilidade refere-se à capacidade das pessoas para usar os serviços e oportunidades.

Os estudos de acessibilidade são bastantes variados e possuem direções diferentes, de acordo com os objetivos de cada situação. Porém, todos eles visam quantificar ou medir facilidades e/ou dificuldades de acesso (Govan, 2012).

## 1.3 Objetivos

O principal objetivo da presente dissertação é o desenvolvimento de modelos que permitam quantificar e analisar as acessibilidades rodoviárias, bem como analisar a acessibilidade de um conjunto de ligações de transporte público em Luanda. Para tal, serão utilizadas técnicas de análise de rede de transportes e de geoprocessamento, sendo utilizado um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de apoio.

Deseja-se dar um contributo para o estudo das acessibilidades rodoviárias em Luanda, que funcione como uma ferramenta que permita perceber, diagnosticar e propor cenários de intervenção na rede urbana de Luanda, de forma a melhorar as acessibilidades na cidade.

A análise da acessibilidade teve como base a construção de um modelo da rede rodoviária de Luanda em SIG, utilizando o *software* comercial ArcGIS. Para além da rede rodoviária, foi construído também um mapa com a divisão administrativa de Luanda, contendo informação demográfica, e foram ainda estudadas as linhas férreas da futura rede de transporte público de Luanda. Tem-se assim três bases de dados, uma referente à rede rodoviária de Luanda, que servirá assim como base de informação essencial à análise da acessibilidade e deverá conter

também uma topologia da rede, outra referente à informação demográfica necessária para se efetuarem análises de acessibilidade, e a terceira referente a rede de transporte público.

Serão também abordados conceitos sobre acessibilidade e cálculos de indicadores de acessibilidade e serão feitas análises genéricas da rede de transporte público.

### **1.4 Abordagem metodológica**

Perante os objetivos estabelecidos na presente dissertação, a elaboração metodológica passou por cinco áreas funcionais que se identificam, fazendo-se uma descrição resumida das mesmas.

- I. **Definição do problema a abordar** – nesta área pretendeu-se realizar:
  - Identificação e escolha do tema. Focalização do tema à escolha pessoal;
  - Construção da proposta do tema/plano de estudos.
  
- II. **Levantamento e caracterização da situação de Luanda** – nesta área pretendeu-se fazer todo levantamento geral possível sobre Luanda, nomeadamente:
  - Caracterização Sociodemográfica e Socioeconómica;
  - Levantamento da situação a nível de Transportes (Rodoviário, Ferroviário, Aeroportuário e Marítimo)
  - Caracterização detalhada do sector rodoviário;
  - Diagnóstico preliminar (qualitativo);
  - Perspetivas futuras do setor dos transportes.
  
- III. **Estudar a Acessibilidade** - Para o estudo das acessibilidades, foi primordial fazer:
  - Revisão do estado da arte necessária ao desenvolvimento do tema;
  - Revisão das práticas de referência;
  - Enquadramento e conceitos fundamentais associados à noção de acessibilidade;
  - Revisão sobre Indicadores de acessibilidade;
  - Identificação de indicadores relevantes para o caso em estudo.
  
- IV. **Implementação de Modelos de Acessibilidades em SIG** - Para a realização da implementação de Modelos de Acessibilidades é necessária a realização de alguns passos, nomeadamente:
  - Recolha de dados gerais e como: Geografia e Demografia e construção da respetiva base de dados;
  - Recolha de dados sobre as redes de transportes e construção da respetiva base de dados;
  - Construção do modelo de rede rodoviária de Luanda (criação e validação de topologia, definição de variáveis de planeamento: velocidades, número de vias, hierarquia, etc.);

- Construção do mapa administrativo de Luanda (criação de Zonas de Análise de Tráfego);
- Teste de validação do modelo da rede rodoviária e dos Indicadores de Acessibilidade;
- Construção do modelo de transporte público (escolha de linhas férreas em estudo, definição de variáveis de planeamento: como velocidade comercial, frequência dos comboios, tempos de espera, etc.);
- Teste de validação do modelo de transporte público e análise genérica da acessibilidade;
- Estudo de Caso: planeamento urbano em Luanda
  - Identificação de objetivos relevantes;
  - Identificação de Indicadores de Acessibilidade relevantes;
  - Desenvolvimento de Cenários e sua comparação;
  - Análise de Resultados.

V. **Conclusões e perspetivas futuras**- por fim para estabelecer a conclusão, foi necessário proceder à:

- Identificação das principais conclusões;
- Identificação dos fatores críticos de sucesso;
- Quantificação do grau de sucesso dos objetivos alcançados;
- Avaliação do potencial de implementação e perspetivas futuras.

## 1.5 Estrutura da Dissertação

Com intuito de cumprir com os objetivos da presente dissertação, é primordial compreender como funciona a rede rodoviária de Luanda e a sua relação com a cidade e com as estruturas demográficas. Para tal, foi imprescindível fazer o estudo de vários temas individualmente, para perceber a relação entre a rede rodoviária de Luanda, a demografia e as acessibilidades existentes.

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, sendo que neste este capítulo se faz a apresentação da tese e do enquadramento geral, bem como a definição do conceito de acessibilidade, objetivos principais e estrutura da dissertação.

De modo a conhecer melhor Luanda, no segundo capítulo será feita uma caracterização geral de Luanda, tanto ao nível da rede rodoviária, como ao nível sociodemográfico e socioeconómico da província.

## ***Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG***

### *Aplicação ao caso de Luanda*

---

No terceiro capítulo serão analisadas as várias metodologias de acessibilidade, apresentando também um enquadramento histórico. Neste capítulo será feita também uma revisão bibliográfica de análise de acessibilidade, seu conceito e as diversas classificações de indicadores de acessibilidade que existem. Serão assim abordados indicadores relevantes para a análise de acessibilidade e propostos os indicadores que serão utilizados para o modelo construído.

Importante referir que apenas foram selecionados alguns indicadores revelantes, de forma a contribuir para uma correta análise da acessibilidade do caso em estudo.

No quarto capítulo apresenta-se a metodologia usada para construção do modelo da Rede Rodoviária, que passou por várias etapas desde a recolha de dados, construção, aplicação de regras topológicas até à calibração fina da rede. Neste capítulo elaborou-se também um pequeno inquérito que contribuiu para a calibração fina da velocidade. Apresenta-se ainda um mapa de Luanda com informação demográfica, bem como a definição e estruturação de zonas de análise de tráfego que permitem fazer uma melhor análise. Será feita ainda a análise de acessibilidade de algumas linhas da futura rede de transporte público da futura Área Metropolitana de Luanda.

No quinto capítulo apresentam-se os principais resultados obtidos a partir do modelo descrito no capítulo anterior. Serão ainda calculados os indicadores de acessibilidade que se enquadram no caso de estudo para a rede rodoviária de Luanda, nomeadamente: Índice de Sinuosidade e Velocidade Equivalente Reta. De igual modo serão realizadas análises genéricas da acessibilidade da rede de transporte público.

É ainda calculado um indicador que permite efetuar análises parciais de acessibilidade na rede de transporte público, bem como relacionar o transporte público com o transporte individual.

Por fim, no último e sexto capítulo são apresentadas as conclusões e perspetivas de desenvolvimentos futuros.

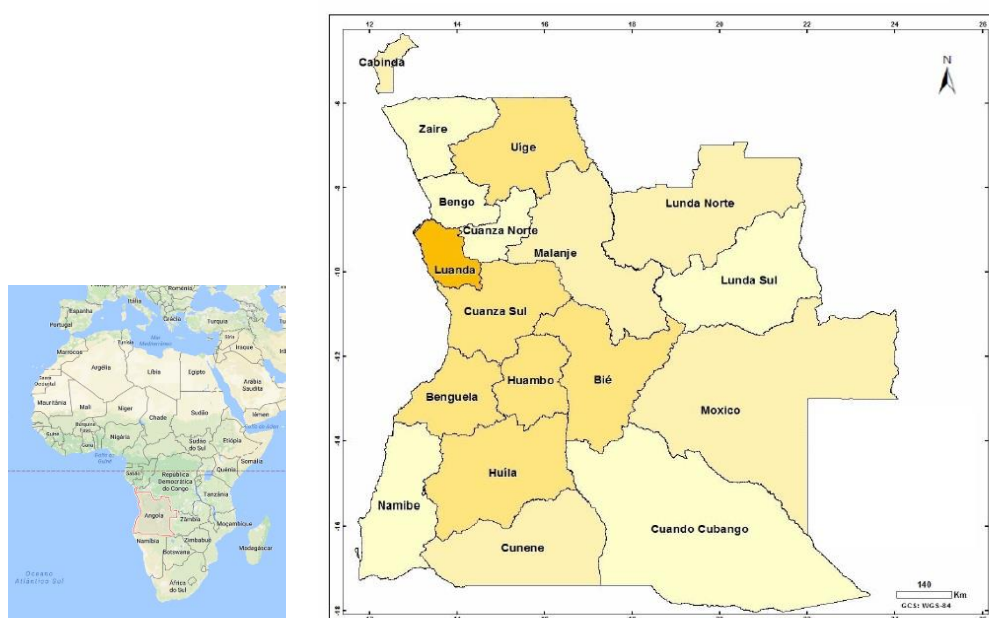
## 2. Caracterização da Rede Rodoviária de Luanda

### 2.1 Enquadramento Geral de Luanda

#### 2.1.1 Localização

Luanda é a menor província das dezoito províncias de Angola, sendo a maior cidade e capital da República de Angola. Angola tem uma área de 1.246.700 km<sup>2</sup> e tem uma população estimada em 25.789.024 de habitantes (INE, 2016a).

A província de Luanda está geograficamente localizada na zona ocidental do norte de Angola, sendo banhada a Oeste pelo Oceano Atlântico e fazendo fronteira terrestre, a Norte, com a Província do Bengo, a Este com a Província do Cuanza-Norte e a Sul e sudeste com a Província do Cuanza-Sul.



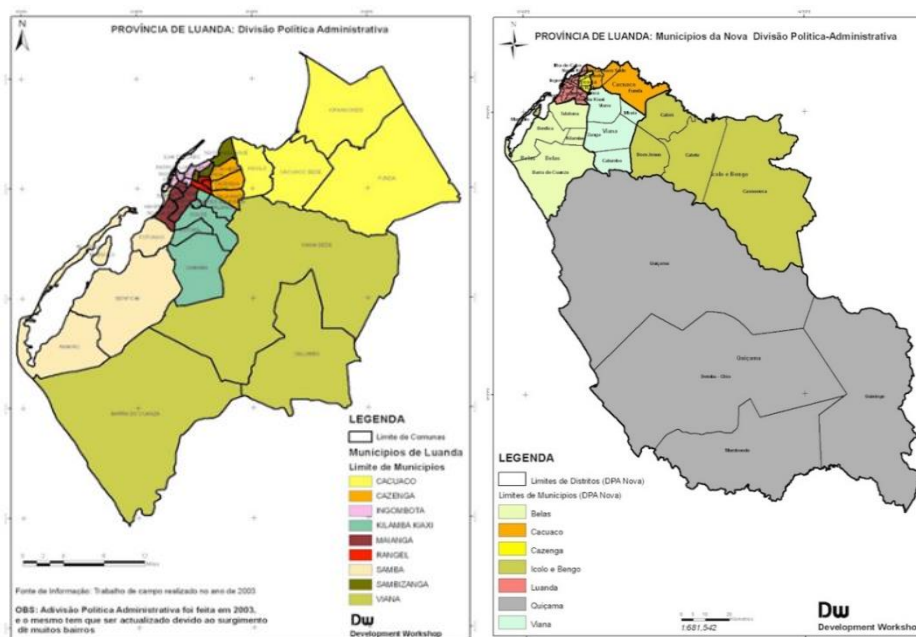
**Figura 1 - Localização de Luanda (fontes: Google Maps e INE – Resultados Preliminares 2014)**

Até 2011, Luanda tinha uma área de 2.417 km<sup>2</sup>, tendo atualmente aproximadamente 18.826 km<sup>2</sup> o que corresponde a 1,51% do território nacional.

#### 2.1.2 Divisão Político-administrativa de Luanda

A capital da província de Luanda é a cidade com o mesmo nome, havendo também um dos municípios designado Luanda.

Até julho de 2011, a província de Luanda era constituída por nove municípios, nomeadamente, Ingombota, Maianga, Samba, Cazenga, Kilamba Kiaxi, Cacuaco, Sambizanga, Rangel e Viana.



**Figura 2 – Mapas ilustrativos da Antiga e Nova Divisão Político-administrativo da Província de Luanda (fonte: Portal da *Development Workshop*)**

Com a reforma administrativa de 2011, de acordo com a Lei n.º 29/11 de 1 de setembro, a província de Luanda passou a integrar apenas sete municípios, nomeadamente: Luanda, Viana, Cazenga, Belas, Cacuaco, Icolo e Bengo e Quiçama. Segundo a hierarquia administrativa de Luanda, os municípios são subdivididos em 32 comunas. Constam ainda, dentro da província, 588 localidades das quais apenas 292 são localidades urbanas (INE, 2016a).

Em 2016 foi feita uma nova reforma administrativa, sendo que, de acordo a Lei n.º 18/16 de 17 de outubro, Luanda apresenta mais dois municípios e o dobro de comunas. Entre os novos municípios contam-se os municípios de Talatona e Kilamba Kiaxi. Relativamente às subdivisões municipais, estas foram subdivididas em distritos urbanos<sup>1</sup> e comunas. Nos quadros seguintes

<sup>1</sup> Os distritos urbanos são comunas com grande dimensão populacional e comercial, diferenciando-se das comunas comuns.

## Capítulo 2 – Caracterização da Rede Rodoviária de Luanda

apresentam-se as subdivisões dos municípios segundo a reforma administrativa de 2011 e a reforma administrativa de 2016.

**Quadro 1 - Divisão Administrativa da Província de Luanda de acordo a reforma de 2011 (fonte:(INE, 2016b))**

MUNICÍPIOS	Luanda	Belas	Cacuaco	Cazenga	Icolo e Bengo	Quiçama	Viana
COMUNAS	Ingombota	Barra do Kwanza	Cacuaco	Cazenga	Catete	Muxima	Viana
	Maianga	Kilamba	Funda	Hoji Ya Henda	Bom Jesus	Demba Chio	Zango
	Rangel	Camama	Kikolo	Tala Hady	Caibiri	Mumbondo	Calumbo
	Samba	Benfica			Calomboloca	Kixinge	
	Kilamba Kiaxi	Mussulo			Caculo Cahongo	Caboledo	
	Sambizanga	Futungo de Belas					
		Ramiro					

Como se poderá verificar no quadro seguinte, para além dos novos municípios verifica-se um aumento significativo das subdivisões municipais.

**Quadro 2 - Divisão Administrativa da Província de Luanda de acordo a reforma de 2016**

MUNICÍPIOS	Luanda	Belas	Cacuaco	Cazenga	Icolo e Bengo	Quiçama	Viana	Kilamba Kiaxi	Talatona
DISTRITOS URBANOS	Ingombota	Quenguela	Cacuaco	Cazenga	Catete		Viana	Golfe	Benfica
	Maianga	Morro dos Veados	Funda	Hoji Ya Henda	Bela Vista		Zango	Sapú	Lar do Patriota
	Rangel	Ramiro	Kikolo	Tala Hady			Estalagem	Palanca	Talatona
	Samba	Vila Verde					Baia	Nova Vida	Camama
	Neves Bendinha	Cabolombo					Vila Flor		Futungo de Belas
	Ngola Kiluanje	Kilamba					Kikuxi		Cidade Universitária
	Sambizanga								
COMUNAS		Barra do Kwanza	Funda		Catete	Muxima	Calumbo		Mussulo
					Bom Jesus	Demba Chio			
					Caibiri	Mumbondo			
					Calombocloca	Kixinge			
					Caculo Cahongo	Caboledo			
					Quiminha				

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

Para a presente dissertação, teve-se em consideração a reforma administrativa de 2011, dado que apenas existem dados demográficos da população segundo esta divisão. A atual divisão administrativa surgiu em função do Plano de Diretor Geral Metropolitano de Luanda (PDGML) e ainda não existe um mapa disponível com esta divisão.

Atendendo à antiga divisão, o município da Quiçama é incomparavelmente o maior, sendo o município do Cazenga o que apresenta menor dimensão geográfica.

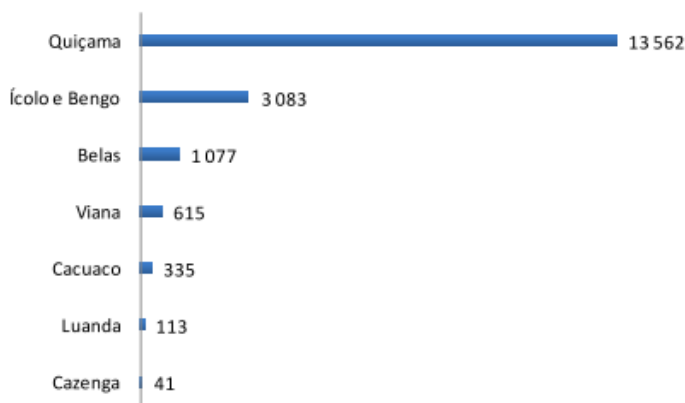


Figura 3 - Áreas do Municípios (Km<sup>2</sup>) (fonte: (GPL, 2014))

Como mencionado anteriormente, o nome Luanda corresponde tanto ao município como à Cidade e à Província. A área central da cidade divide-se em duas partes com níveis muito marcantes: a Baixa de Luanda (antiga cidade) a Cidade Alta. Na Cidade Alta estão localizados o Centro Político e Administrativo, o Governo e as residências dos funcionários executivos. A orografia da cidade é ligeiramente acidentada e é a razão pela qual a cidade é dividida em duas partes, sendo que a parte da Cidade Alta está a uma altitude superior, com cerca de 110 a 130 metros.

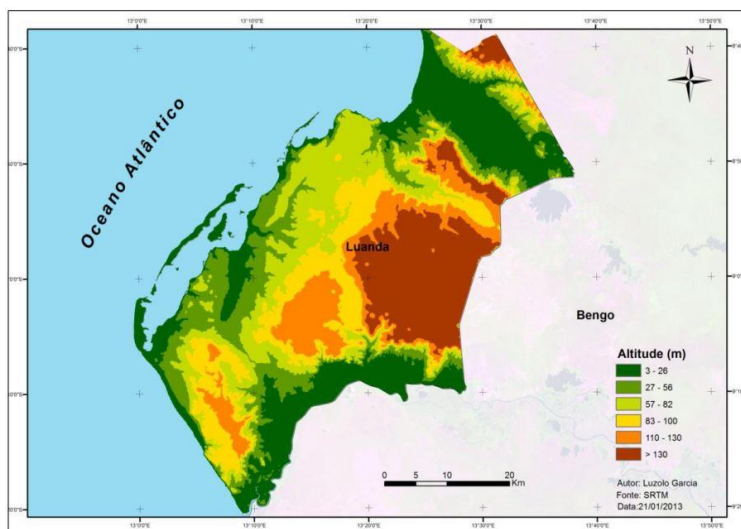


Figura 4 - Mapa Hipsométrico da cidade de Luanda. (fonte: Garcia, 2015, p.8)

A Baixa de Luanda caracteriza-se pelo contraste entre edifícios mais antigos do tempo colonial (estando a maior parte em degradação ou parcialmente destruídos) e muitos edifícios novos tal como é ilustrado na Figura 6. Na Baixa de Luanda, tem-se ainda a Baía de Luanda (conhecida também como Marginal ou Avenida 4 de Fevereiro) formada pela proteção do litoral continental por meio da Ilha de Luanda e a Baía do Mussulo, que por sua vez situa-se a sul do núcleo urbano e é formada pela restinga do Mussulo.

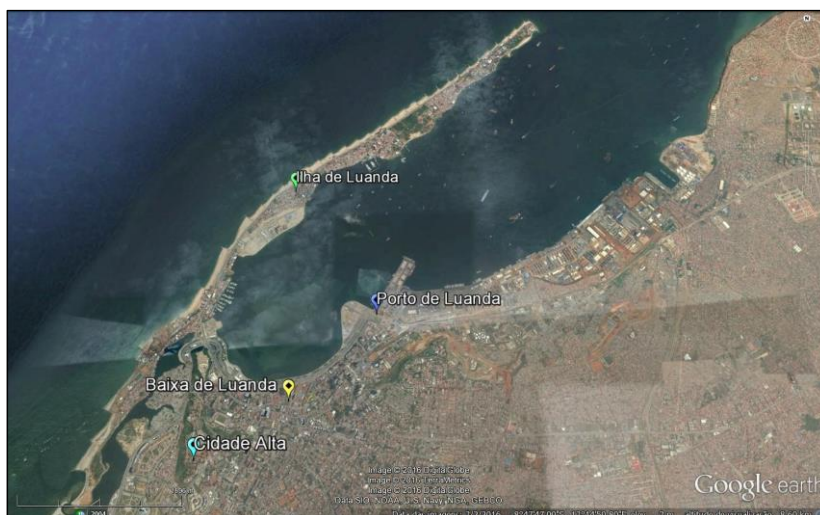


Figura 5 - Ortofotomapa da Cidade Luanda. (Google Earth trabalhado pela Autora, 2016)



Figura 6 - Alguns edifícios característicos da Baixa de Luanda/Baía de Luanda. (fonte: Portal Flickr, Autor: Ultrapanavision)

O clima em Luanda é em geral quente e húmido com características tropicais, destacando-se o surpreendente efeito da corrente fria de Benguela que impede a ocorrência de chuva durante a maior parte do ano. Sendo assim, tem-se um curto período de chuvas entre os meses de março e abril, que é a época mais chuvosa do ano e depende de uma contracorrente húmida que vem do Norte do país. Durante o ano tem-se, nomeadamente, duas estações, a época da seca popularmente referida como Cacimbo<sup>2</sup>, que ocorre entre os meses de maio e agosto, e a época

<sup>2</sup> Cacimbo – termo utilizado em Angola para designar o período de seca ou estação fria.

quente e húmida entre os meses de outubro a abril. A época seca corresponde também ao período em que as temperaturas estão mais baixas, estando as mesmas entre a máxima média de 27°C e a mínima média de 20.4°C, resultando numa temperatura média anual de 24.4°C (GPL, 2014).

A cidade não é atravessada por rios de grande caudal, mas conta com vários cursos de água formados pelo sistema de bacias pluviais de Luanda. Os rios mais próximos da cidade são o rio Kwanza, situado no município de Belas e o rio Bengo, que marca o limite Norte com a Província do Bengo. Em zonas não urbanas, a vegetação existente é o capim e poucas árvores, destacando-se o embondeiro<sup>3</sup> (“luanda,” n.d.).

## **2.2 Caracterização sociodemográfica**

### **2.2.1 Contexto histórico**

Neste subcapítulo será brevemente descrita a história de Luanda, justificando assim o crescimento elevado que a cidade apresenta atualmente. Para melhor compreensão, a mesma foi dividida em períodos específicos, destacando os principais acontecimentos históricos.

- **Antes de 1945 – A entrada da colónia portuguesa**

A cidade de Luanda foi fundada em 1575 pelo comandante português Paulo Dias de Novais, sendo que a partir desta data formou-se a colónia portuguesa em Angola.

Nos primeiros anos do século XX, houve uma expansão de Portugal para Luanda, resultante da implantação da República de Portugal em 1910. Na cidade de Luanda houve uma divisão social e racial da cidade, sendo que a zona do centro era considerada como “Baixa” e as zonas periféricas “*musseques*”. (Development Workshop, 2005)

Em 1928, a província Huambo (Nova Lisboa) foi declarada a capital de Angola, sendo Luanda a capital provisória. Porém, Huambo nunca se tornou efetivamente a capital, dada a carência de eletricidade, água e esgoto, bem como a pequena migração portuguesa para esta província.

- **1945 - 1960**

Iniciou-se a industrialização, houve um notável crescimento económico que, conseqüentemente, contribuiu para a aceleração da migração portuguesa. Neste período a população em Luanda passou de 61.028 para 224.540 habitantes e a população portuguesa passou de 14.7% para

---

<sup>3</sup> Embondeiro – também chamado de baobá, é uma árvore conhecida pelo tronco espesso que tem a capacidade de armazenar muita água de uma só vez, acumulando assim uma enorme reserva durante todo ano, independente da seca. O fruto do embondeiro é conhecido por Múcua que pode ter até 25 centímetros de comprimentos.

24.7%, e deu-se uma expansão urbana da “baixa” que motivou que os “*musseques*” fossem cada vez mais afastados do centro (Development Workshop, 2005).

- **1960-1974**

Este período caracterizou-se por reformas políticas coloniais e protestos anticolonialistas, seguidos da implementação de novas indústrias em Luanda.

Nos primeiros anos da década de 60 surgiram três movimentos de libertação políticos que juntos lutaram contra o colonialismo português, nomeadamente a Frente Nacional de Libertação de Angola (FNLA), o Movimento Popular de Libertação de Angola (MPLA) e a União Nacional para a Independência Total de Angola (UNITA) (Messiant, 2006).

A já referida elevada expansão urbana e a falta de espaço de condições levou à criação de novos e maiores *musseques*, o que era inevitável tendo em conta que a população nos *musseques* já rondava os 350.000 habitantes e que a população negra em Luanda cresceu cerca de 102% entre 1960 e 1970 (Development Workshop, 2005).

- **1974-1991**

Com a queda do regime Salazarista em Portugal, em 25 de abril de 1974, o período foi marcado pelos processos de independência, tendo Angola conquistado a sua independência a 11 de novembro de 1975, depois de quase 10 anos a lutar contra o colonialismo. Contudo, após a independência começou a Guerra Civil de Angola, na qual os três partidos políticos de libertação já referidos lutaram entre si pelo controle do país, especialmente pela capital Luanda.

Houve muitos conflitos em Luanda e a guerra alastrou para as restantes províncias. Como consequência, não só em Luanda como no resto do país, houve uma saída massiva de portugueses. Ocorreu também uma migração rural contínua para Luanda devido à insegurança noutras províncias, resultando numa nova e contínua expansão massiva dos *musseques*.

Alguns migrantes começaram a construir casas em zonas que já tinham sido demarcadas para urbanização e em áreas que antes de 1975 eram apenas jardins. Os *musseques* mais antigos passaram para terras mais afastadas (Development Workshop, 2005).

- **1991-2002**

Este período foi caracterizado pelas primeiras eleições ocorridas em Angola e pelo retomo da guerra após o cessar-fogo antes das eleições de 1992, visto que a UNITA não reconheceu a vitória do MPLA.

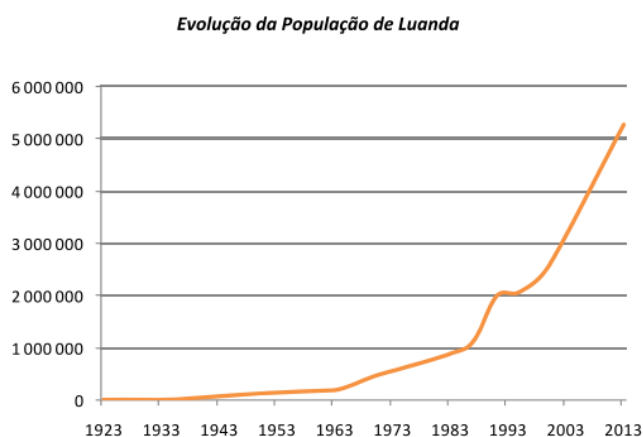
Luanda foi a cidade mais procurada como abrigo durante a guerra, pois oferecia melhores condições de vida e segurança. A área de Luanda foi expandindo, com a ocupação de novas áreas nos municípios de Cacuaco, Viana, Samba e Kilamba Kiayi.

Desta forma, como resultado da procura de abrigo e do êxodo rural, Luanda teve um crescimento demográfico muito acentuado e não controlado, num período de tempo relativamente curto, provocando uma série de problemas como a escassez de habitações, o desajustamento do sistema viário a um volume desmedido de trânsito, problemas de saneamento básico e desemprego, aumentando também o nível de criminalidade na capital (Wikipédia, 2016). Após 27 anos, a guerra findou apenas a 4 abril de 2002, com a morte do líder da UNITA.

- **2002- Atualidade**

A primeira década do século foi caracterizada por um elevado crescimento económico (mesmo a nível mundial) e foram criadas novas centralidades como o Kilamba e Cacuaco, para descentralizar a população do centro da cidade.

Houve uma forte atração de imigrantes para Angola, principalmente de portugueses e chineses. Em finais de 2014 o país entrou em crise devido à fraca diversificação da economia e forte dependência da mesma ao petróleo. É também a partir desta data que se começou a verificar uma saída acentuada de portugueses.



**Figura 7 - Evolução da população em Luanda (fonte: Plano de Desenvolvimento Provincial 2013/2017 – Luanda)**

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (United Nations, 2014), Luanda é considerada uma das grandes cidades do mundo (e potencialmente uma megacidades até 2030)<sup>4</sup>, sendo que em 2014 ocupava o 68º lugar dos aglomerados urbanos mais habitados do mundo sendo expeável que em 2030 venha a ocupar o 39º lugar, com taxas de crescimento anuais de 4,24% (dado o elevado crescimento populacional, espera-se que venha a atingir mais de 10 milhões de habitantes em 2030).

---

<sup>4</sup> De acordo com as Nações Unidas, as megacidades são as cidades que passam a marca de 10 milhões de habitantes.

### 2.2.2 População - Características

De acordo com os resultados definitivos do Censo Angola 2014, realizado de 16 a 31 de maio de 2014, residiam na província de Luanda, 6.945.386 pessoas, que representavam 27% da população total de 25.789.024 de residentes em Angola. Segundo estes resultados 3.401.996 habitantes eram do sexo masculino e 3.543.390 do sexo feminino, sendo que que 97% da população vive na área urbana e 3% na área rural.

O município de Luanda é o mais populoso concentrando cerca de 32% da população residente na província, de seguida estão os municípios de Viana com 23% e Belas com 16%. Estes três municípios concentram cerca de 72% do total da população residente na província. Os municípios de Icolo e Bengo e da Quiçama apresentam os menores números de residentes com 1,2% e 0,4% da população da província, respetivamente.

Quadro 3 - População de Luanda por municípios

Municípios	População	Percentagem por município
Cazenga	892.401	13%
Cacuaco	1.070.147	15%
Viana	1.605.291	23%
Luanda	2.194.747	32%
Belas	1.075.108	15%
Icolo e Bengo	81.145	1,2%
Quiçama	26.546	0,4%
<b>TOTAL</b>	<b>6.945.385</b>	<b>100%</b>

A província de Luanda apresenta enormes assimetrias geográficas, em termos de densidade demográfica. De acordo com os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) em cada quilómetro quadrado da província de Luanda, residem 369 pessoas, destacando-se os municípios do Cazenga e Luanda com 24.435 e 18.654 habitantes por quilómetro quadrado, respetivamente. Em oposição aos municípios de Luanda e Cazenga, observam-se no extremo oposto os municípios da Quiçama e Icolo e Bengo com 2 e 27 habitantes por quilómetro quadrado, respetivamente, o que leva a pensar que as densidades populacionais são refletidas naturalmente pela grande diferença de áreas dos municípios.

A estrutura etária da população na província de Luanda é caracterizada por uma população extremamente jovem, sendo que a faixa etária entre os 0 e os 14 anos é de 3.000.284 habitantes, representando 43%, e a faixa etária com 65 anos ou mais, apenas apresenta cerca de 1,5% da população. (INE, 2016b).

O tamanho médio dos agregados familiares na província de Luanda é de 4,7 pessoas, dos quais entre 1.484.350 agregados, 48,9% possui casa própria e autoconstruída.

A língua oficial falada na província de Luanda é o português, com predominância de 89% na área urbana. Existem outras línguas nacionais que ainda são faladas hoje em dia, como o Kimbundu (segunda língua mais falada, 9%) Umbundu e Kikongo, com 8% e 7%, respetivamente (INE, 2016b).

Em 2014, estimou-se que a população estrangeira na província de Luanda, era de cerca de 176.765 habitantes, representando 2,5% do total da população residente em Luanda.

De acordo com uma nota informativa publicada no portal do INE a 18 de janeiro de 2017, a população de Luanda projetada para o ano de 2016 era de 7.460.871 habitantes e 7.714.644 para 2017. Segundo esta nota informativa, estes novos dados serão ainda serão revistos, pelo que não se teve conta estas projeções para a presente dissertação.

### **2.2.3 Desenvolvimento de bairros informais**

Uma das consequências da expansão urbana de Luanda foi a criação de zonas designadas de musseques. Com um contínuo fluxo do êxodo rural para Luanda e o elevado crescimento da população devido à guerra civil, formou-se uma extensão maciça de musseques, sendo que qualquer tipo de espaço vazio era ocupado, incluindo zonas de risco, margens de estrada ou linha férrea, etc. Atualmente apenas 16,7% da população vive em áreas urbanas, sendo que 15,8% e 67,5% vive em território agrícola e território natural, respetivamente. Dentro da área urbana, 49% é ainda composta por musseques em expansão (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015).

O conceito do musseque vem da língua nacional Kimbundu, que significa areia ou terra vermelha, pois descreve a característica mais comum da condição geológica (cor da terra) onde se instalaram as primeiras habitações de cariz informal em torno da cidade de Luanda.

Sendo assim, os musseques em Luanda são os bairros pobres informais<sup>5</sup> e suburbanos, caracterizados por casas de barro, casas de pau-a-pique, casas de adobe, casas de madeira e zinco e, algumas casas de tijolos construídas pelos próprios donos. Verifica-se também a inexistência de infraestruturas, como redes de abastecimento de água, de eletricidade, de recolha de esgotos, águas pluviais e de lixo nestas zonas, o que constitui uma ameaça à saúde pública e leva a população a níveis de pobreza cada vez mais extremos. A maioria da população destes bairros provém de famílias desalojadas e sem recursos, “*agrupadas segundo as suas origens rurais num espaço social em constante crescimento transformação*” (Louro & Oliveira, 2011). Atualmente estima-se que na província de Luanda, 80% da população viva nestes bairros (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015).

---

<sup>5</sup> Bairros informais – são bairros que não estão legalizados de acordo a um plano de ordenamento.

De acordo com a revista “Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” (2015), presentemente 513.772 pessoas a residem em áreas sujeitas a inundações e deslizamentos de terra, 490.485 em áreas afetadas pela implementação do Serviço de Infraestrutura e Mobilidade, 3.550.318 em áreas de habitações precárias assim como em musseques não estruturados e dispersos, e 1.493.120 vivem em musseques estruturados.



**Figura 8 - Ortofotomapa com exemplo da coabitação de musseques e zonas de bairros formais no município de Belas. Google Earth, 2017)**

Luanda é, assim, marcada por uma grande desigualdade social e económica, fatores que terão também contribuído para o desenvolvimento dos bairros de musseques. Existem duas classes de rendimento extremas: a classe alta (minoria) com rendimento muito alto e a classe baixa (abaixo da linha da pobreza) que representa a maioria da população. Entre estas duas classes, ainda existe a classe média (que também representa uma minoria) e outra classe média-baixa com rendimento baixo.

### **2.3 Caracterização socioeconómica de Luanda**

Depois do fim da guerra civil em 2002, Angola apresentou um elevado crescimento económico a nível mundial, destacando-se o setor petrolífero que teve um papel impulsionador na sua economia, principalmente na província de Luanda. Entre 2012 e 2014, o setor petrolífero era responsável por 43% do PIB e por 76% das receitas orçamentais (“Info-Angola,” 2016). Porém, com os preços baixos dos barris de petróleo desde 2014 e a falta de diversificação da economia angolana, deu-se a crise económica que se vive atualmente no país.

Luanda detém um dos maiores terminais de petróleo. Até abril de 2016, Angola era segunda maior produtora de petróleo do continente africano (depois da Nigéria), tendo igualado a sua produção em maio de 2016.

## **Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG**

### *Aplicação ao caso de Luanda*

---

Angola apresenta grandes assimetrias regionais a nível económico. Entre 2003 e 2007, a província de Luanda contribuía para 82% do PIB nacional, sendo o pólo determinante do crescimento do país. Já em 2007 cerca de 55% das empresas e estabelecimentos se encontravam em Luanda (ROCHA, 2010).

Em Luanda estão sediadas as principais empresas do país: Sonangol, Endiama, Unitel, Angola Telecom, Linhas Aéreas de Angola, Odebrecht Angola, etc. Sendo assim, a província de Luanda constitui o centro de decisão do país, sendo o seu principal centro financeiro, económico e comercial, também *“contando com o principal porto e maior parque industrial em termos nacionais”* (GPL, 2014).

Atendendo à sua localização geográfica, Luanda apresenta condições favoráveis para a realização de determinadas atividades económicas, principalmente em zonas rurais. Segundo o documento "Estudos de Mercado sobre Províncias de Angola - Benguela, Cabinda, Huambo, Luanda e Namibe" elaborado pela Ceso Development Consultants (2015), as principais atividades económicas são: Agricultura, Pecuária e Silvicultura, Pescas, Indústria transformadora, Geologia e Minas, Comércio e por fim Hotelaria e Turismo. Entre os produtos produzidos destacam-se: produtos alimentares, bebidas, materiais de construção, produtos plásticos, têxteis, etc. Por outro lado, a sua localização permite ainda que beneficie de boas condições para a atividade marítimo-portuária, apresentando um porto natural, de onde exporta principalmente café, algodão, açúcar, diamantes, ferro e sal.

Tal como referido anteriormente, o setor petrolífero (indústria extrativa) é o que tem o maior peso no PIB nacional, apresentando em 2012 um peso de 51,9% do PIB, enquanto o peso do setor de agricultura e pescas era de 1,4%, o da indústria transformadora era de 3,5% e o dos serviços mercantis, como comércio hotelaria e turismo, era 14,9% no PIB (*“Avaliação da Situação Actual Assessment of the Current Situation,”* 2014).

Como consequência das constatações anteriormente referidas, Luanda foi classificada pela empresa de consultoria internacional Mercer<sup>6</sup>, como a cidade mais cara do mundo em 2011, tendo permanecido em primeiro lugar até 2015, apesar da camada social relativamente rica viver ao lado da camada social extremamente pobre.

No que respeita ao emprego, a província foi a região que mais beneficiou com a paz (no período entre 2003-2007), tendo visto a sua taxa de emprego aumentar, ao contrário do verificado em outras regiões (ROCHA, 2010). Contudo, em 2014 a província apresentava uma taxa de emprego relativamente baixa com apenas 35,3% (1.393.190) dos habitantes empregados, comparada à

---

<sup>6</sup> Mercer – é uma empresa líder internacional de consultoria em talento, saúde e investimentos.

taxa nacional (40%). Estima-se ainda que Luanda tenha cerca de 2.065.839 habitantes em idade economicamente ativa, representando 52,6% da população com mais de 15 anos (INE, 2016b).

A taxa de desemprego em Luanda, estava estimada em 32,6%, sendo naturalmente mais elevada no meio urbano. Esta taxa abrangia uma população com mais de 15 anos, principalmente a população que procurava emprego pela primeira vez (grupo etário do 15-19 anos), e representava a maior taxa de desemprego, estimada em 62,5% (INE, 2016b). A taxa de desemprego da população entre os 15 e 19 anos deveria ser inferior em relação às outras faixas etárias, mas o problema do abandono escolar em Luanda, decorrente de vários fatores (acesso a escolas limitado, jovens são considerados força de trabalho capaz de produzir rendimento, etc.) é apontado como a fonte do problema (Nzatuzola, n.d.).

A maioria da população em Luanda tem um rendimento mensal muito baixo, cerca de 12.369 AKZ (2009), mas que é bastante elevado comparando com o resto do país. Existem assimetrias nos salários pagos por empresas angolanas, e, *“um inquérito realizado em 2013 pelo Ministério da Administração Pública, Trabalho e Segurança Social (MAPTSS) a 351 empresas públicas e privadas demonstrou que existe uma diferença significativa, sendo que o salário mais elevado é 304 vezes superior ao salário mínimo”* (“Avaliação da Situação Actual Assessment of the Current Situation,” 2014).

O setor da educação tem vindo a registar passos significativos, com expansão da rede escolar a todos os níveis de ensino (básico, médio e superior), sendo que para além da construção e reabilitação de escolas já existentes há também a preocupação em dotar as escolas com equipamentos necessários para o seu desempenho. Em 2013 a província de Luanda contava com um total de 826 escolas, incluindo 38 Institutos Médios, entre públicas e privadas. A capital é o principal pólo universitário do país, com 8 universidades espalhadas pela cidade (GPL, 2014).

Luanda é a província que apresenta maior taxa de alfabetização do país com cerca de 85,9%, bem acima da média nacional que é de 65,6%. A taxa de alfabetização é também maior no meio urbano (86,5%) do que no meio rural (63,2%).

No setor de Turismo, *“A Avenida 4 de Fevereiro representa um dos mais belos cartões-de-visita de Angola com a sua marginal a exhibir o contraste entre a beleza natural da baía de Luanda e os edifícios a sua volta”*. (Secuma, 2012).

Segundo o documento “Estudos de Mercado sobre Províncias de Angola – Benguela, Cabinda Huambo, Luanda e Namibe”, elaborado pela Ceso Development Consultants (2015), o *“parque hoteleiro de luanda tem-se vindo a desenvolver, com a criação recente de novas infraestruturas apetrechadas e de elevado nível de qualidade, que ajudam a dinamizar tanto o turismo de negócios, como o de lazer”*. Este documento refere ainda que todos os municípios têm locais de interesse turístico, e que há uma oferta ampla em termos de restauração, melhorando as condições do setor de turismo e tornado Luanda um local agradável.

De acordo com os dados da *World Organization Tourism*, entre os anos 2007 e 2014, o número de turistas, recebidos a nível nacional são os apresentados no quadro abaixo, destacando-se o ano de 2013, em que foi recebido o maior número de turistas:

**Quadro 4 - Indicadores de Turismo em Angola (Fonte: *World Organization Tourism*)**

Ano	2007	2008	2010	2011	2013	2014
Visitantes internacionais (1000)	195	294	425	481	650	596
Receitas (milhões de USD)	225	285	719	647	1.234	1.589

Para além da Baía de Luanda, existem também outros pontos de referência conhecidos como a Ilha de Luanda ou Ilha do Cabo (também conhecida por apenas A Ilha), que é o cordão litoral de Luanda, onde se encontram praias, muitos restaurantes, hotéis e bares junto ao mar. Outro ponto de referência em Luanda, é a famosa Ilha do Mussulo ou simplesmente Mussulo como é conhecida, que apresenta a mesma variedade de equipamentos tal como a Ilha de Luanda, sendo necessária a travessia de barco para chegar ao local visto ser praticamente uma península a sul de Luanda.

## 2.4 Breve caracterização do setor de transportes de Luanda

Luanda é o ponto de partida de uma linha de caminho-de-ferro que serve o interior a leste da cidade, fazendo ligação com a província de Malanje, e a cidade é servida pelo Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro.

O principal sistema de transportes no interior da cidade são os táxis, também chamados de *candongueiros*, nome popular dado aos veículos de transporte de passageiros, geralmente carrinhas pintadas de azul e branco que percorrem toda a cidade, realizando também viagens para várias províncias do país.

Há também autocarros disponíveis, porém não são o meio de transporte mais viável da cidade. As filas nos pontos dos autocarros são comuns e os autocarros podem ficar lotados, especialmente durante as horas de pontas. O serviço ferroviário de transporte de passageiros encontra-se ativo desde 2011, e desde 2014 que existe também o serviço marítimo de transporte de passageiros. Os principais modos de transporte de Luanda são nomeadamente:

- Rodoviário;
- Ferroviário;
- Marítimo;
- Aéreo.

### **2.4.1 Modo Ferroviário**

O caminho de ferro foi construído ainda no tempo colonial. O primeiro esboço da linha que ligaria Luanda a Calumbo foi elaborado em 1848, por Pompílio Pompeu de Carpo, mas só 1886 é que se começou a construir efetivamente a linha férrea.

Exatamente dois anos depois, a 31 de outubro de 1888, foi inaugurado o primeiro troço, com 45 quilómetros, que ligava Luanda à Funda. Neste mesmo ano, começou a construção da linha férrea para Malanje. A linha de Ambaca começou a funcionar, sendo construídas as linhas de Malanje e do Golungo Alto.

Em 1918 todas as linhas são integradas numa nova empresa: Caminhos-de-Ferro de Luanda (CFL). Naquele mesmo ano foi construído o ramal do Calumbo. Até 1958, a linha ferroviária já cruzava o centro da cidade, ligando a Câmara Municipal de Luanda com dois comboios diários. Contudo, devido à expansão urbana da cidade, a linha foi desativada (Rede Angola, n.d.)

Após a independência em 1975, o CFL entrou em declínio, com a redução de volume de carga transportado, perda de pessoal qualificado, dificuldades financeiras e falta de investimentos, resultando na deterioração da linha férrea. Devido a guerra civil, ocorrida durante o período pós-independência, o tráfego ferroviário foi frequentemente interrompido a partir de 1984. Em 1992, os comboios deixaram de funcionar e foram destruídas várias pontes, locomotivas, bem como muitas estações de comboio (Rede Angola, n.d.).

Em 2003, em acordo estabelecido pelo governo angolano e empresas chinesas, dá-se início a reabilitação do CFL (“Reabilitação dos CFL começa em Agosto - Transporte - Angola Press - ANGOP,” n.d.). Além da recuperação deste importante infraestrutura, fez-se ainda o apetrechamento com novas locomotivas diesel e vagões, de modo a estabelecer um serviço ferroviário de qualidade (“Caminho de Ferro de Luanda,” 2016).

A 13 de Janeiro de 2011 retomou-se o serviço de exploração de comboios de passageiros entre Luanda e Malanje e vice-versa. Atualmente a linha férrea tem uma extensão de 424 km desenvolvendo-se até Malanje, com um ramal de 55 km de Zenza a Dondo.

O sistema ferroviário dispõe de comboios suburbanos e comboios expressos.

- **Comboios suburbanos**

Os comboios suburbanos oferecem deslocações suburbanas desde a estação Bungo (km 0) até Catete (km 64), parando em todas estações, num total de 14 estações e com um tempo de viagem de 1 hora e 30 minutos. São realizadas 9 deslocações diárias em cada sentido e estima-se que, em média, cerca de 14.500 a 15.000 passageiros são transportados diariamente. As estações suburbanas são nomeadamente Bungo, Textang, Rotunda, Musseques, Filda, Gamek, Estalagem, Comarca, Viana, Kapalanca, Entroncamento, Baía, Hia, Catete.

- **Comboios expressos**

Os comboios expressos permitem ligações entre províncias: a partir da estação de Viana até à província de Malanje uma vez por dia em cada sentido (com uma extensão de 402 km), e da estação de Bungo até Dondo, na província de Cuanza Norte, uma vez por semana com paragens em Musseques, Viana, Zenza e Dondo. Para além de assegurar o transporte de passageiros, também dá apoio ao movimento de contentores do Porto de Luanda. Estima-se que o tempo de viagem até a província de Malange seja de aproximadamente 9 horas. Em 2014, estimou-se que foram transportados 3,5 milhões de passageiros (Rede Angola, n.d.).

Atualmente, encontra-se em construção a duplicação da linha férrea da CFL, nomeadamente entre as estações de Bungo e Baía, para melhorar os serviços suburbanos. Para além da duplicação da linha, será também construída uma nova linha que ligará ao futuro aeroporto internacional de Luanda, que se espera estar operacional em 2017 (“Comboio vai ter dupla linha em Luanda e museu do centenário,” 2016).

Aquando da inauguração do Terminal Marítimo de Angola (TMA), foi inaugurada a estação de caminho de ferro no Porto de Luanda, que permitiu retomar o transporte de mercadorias diretamente do porto. *“A estação do interior do Porto, tem uma função económica fundamental não apenas para o escoamento de mercadorias importadas, mas no sentido inverso, para servir produtores nacionais de perspetiva de exportação. Trata-se de uma mais-valia para o CFL e uma via para o transporte de mercadorias de e para Viana, N’Dalatando e Malanje”* (Rosa & Dala, 2014).

#### **2.4.2 Modo Marítimo (Ferry)**

O **Terminal Marítimo de Angola (TMA)** é a entidade que assegura o transporte público marítimo de passageiros em Luanda, tendo sido inaugurado em abril de 2014.

O TMA inicialmente fazia percursos entre dois terminais, nomeadamente o Kapossoka, situado no embarcadouro do Mussulo, comuna da Samba e o Porto de Luanda, situado na marginal de Luanda.

A junho de 2014, foi inaugurado um novo terminal, o terminal do Museu da Escravatura, situado no município de Belas. O serviço de transporte é feito por catamarãs. Estima-se que diariamente são transportadas em média 1200 pessoas, que na sua maioria são estudantes e funcionários públicos. São realizadas seis deslocações diárias em cada sentido, três durante a manhã e três no período da tarde, e o tempo médio de viagem é de 40 minutos<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> A autora deslocou-se à Luanda entre 18 de dezembro de 2015 a 2 de janeiro de 2016, onde teve a oportunidade realizar um questionário ao GEPE do Ministério de Transportes, sobre os diferentes modos de transporte de Luanda, respetivos horários e estações ou pontos de paragem, bem como a estimativa de passageiros transportados por cada modo diariamente.

A partir do terminal do Porto, as pessoas fazem o percurso aos respetivos locais de trabalho/escolas, a pé ou recorrendo a outros meios de transportes, nomeadamente os candongueiros. A partir dos restantes terminais, designadamente o Kapossoka e o Museu da Escravatura, as pessoas usam transportes individuais (pois existem parques de estacionamento nos mesmos terminais), ou recorrem aos serviços da Transportes Coletivos Urbanos de Luanda (TCUL) e dos candongueiros. (Massango, 2014). Estão previstos outros terminais na Corimba (na comuna da Samba) e em Cacuaco.

### ➤ **Ligação Kapossoka-Porto de Luanda**

Para fazer a ligação Kapossoka-Porto de Luanda, o transporte é assegurado por dois catamarãs com capacidade de 400 lugares cada um, dos quais 100 são de primeira classe e 300 são de classe económica (Massango, 2014).

### ➤ **Ligação Museu da Escravatura-Porto de Luanda**

Para fazer a ligação Kapossoka-Porto de Luanda, o transporte é assegurado por um catamarã com capacidade de mais de 135 lugares (Massango, 2014).

Em 2014, estimou-se que foram transportadas em média 700 pessoas por dia, somente nas partidas (“Terminal Marítimo do Porto de Luanda regista mais de quatro milhões de embarques - Transporte - Angola Press - ANGOP,” n.d.).

### **2.4.3 Modo Aéreo**

A província de Luanda é servida pelo Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro, localizado na zona do município de Belas, nos arredores dos bairros de Kassequel e Cassenda, estando situado apenas a 4,5 km da cidade. A província de Luanda é a que tem o maior aeroporto internacional do país, ligando as restantes províncias de Angola ao mundo, através de uma extensa rede de aeroportos provinciais.

No tempo colonial, o serviço aéreo era operado pela empresa Divisão de Exploração dos Transportes Aéreos de Angola (DTA) – criada a 8 de setembro de 1938 (Silva, 2013).

A DTA foi criada inicialmente com objetivo de transportar passageiros, correio e mercadorias dentro do território da província de Luanda e com os países limítrofes como a República do Congo (Congo-Brazavile) e a República Democrática do Congo, bem como prestar assistência aos aeródromos da província (Silva, 2013).

Em 1940, com uma frota de cinco pequenos aviões, foram iniciados os primeiros voos de Luanda para Moçâmedes (atual província do Namibe), Lobito (província de Benguela) e Ponta Negra (atual República do Congo), (“História | TAAG,” 2016). A partir de 1941, a operacionalidade da DTA cresceu e tornou-se indispensável para o transporte aéreo no interior de Angola, garantindo o transporte aéreo de passageiros, de carga e correio dentro do território angolano e com países

limitófes. Em 1951, a DTA tornou-se membro da *International Air Transport Association* (IATA) (Silva, 2013).

Em 1973, a DTA transforma-se numa sociedade anónima e designou-se por Transportes Aéreos de Angola- TAAG (Silva, 2013). Após a independência, em 1975, foram nomeados os primeiros gestores angolanos e a companhia começou a voar para Lisboa, iniciando a sua presença na Europa (“História | TAAG,” 2016).

Atualmente, no transporte aéreo, a TAAG é responsável por maior parte dos voos nacionais e internacionais, existindo outras companhias áreas que realizam voos para Luanda e outros destinos internacionais, nomeadamente: *Air France*, *Air Namibia*, KLM (Holanda), *South African Airways*, *TAP Portugal*, LAM (Moçambique), *Brussels Airlines*, *Emirates Airlines*, *British Airlines*, entre outros. A nível dos voos nacionais, para além da TAAG, também existe a companhia SonAir (companhia pertencente à empresa petrolífera estatal Sonangol).

A instituição responsável pelo sector de transportes aéreos em Angola é a ENANA – Empresa Nacional de Exploração de Aeroportos e Navegação Aérea, E.P., sediada em Luanda, que tem como principal objetivo a exclusividade na administração de aeroportos e aeródromos públicos, bem como o estudo, planeamento e exploração de infraestruturas aeroportuárias e controlo de tráfego aéreo, sob jurisdição da República de Angola. Ao todo a ENANA, E.P. controla 14 aeródromos, nos quais se inclui o Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro. Em 2011 o Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro registou 1.436.166 passageiros (Silva, 2013).

O Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro será substituído pelo Aeroporto Internacional de Angola, situado a cerca de 40 km a sudeste do centro da cidade, na comuna de Bom Jesus, município de Icolo e Bengo. Este aeroporto começou a ser construído em 2007, sendo que a primeira fase de construção foi concluída em 2012 e estima-se que esteja operacional em 2017 (*Novo aeroporto de Luanda*, n.d., *Novo aeroporto internacional de Luanda será no Bom Jesus*, n.d.).

A empresa responsável pela construção é a *China International Fund, Limited*, (CIF), construtora fundada em 2003, em Hong-Kong.

Este novo aeroporto está a ser construído com o objetivo de atender ao crescimento populacional da província de Luanda, tendo sido integrado no Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda (PDGML) (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015), e deverá ter a capacidade de receber 15 milhões de visitantes por ano (“Novo aeroporto ligado a Luanda por comboio,” 2015).

### 2.4.4 Modo rodoviário

A rede rodoviária é a vertente que mais influencia na mobilidade. Em Luanda, embora tenham sido elaborados e executados planos de reabilitação e construção de novas estradas, ainda assim algumas estradas apresentam deficiências e insuficiências, originando problemas de acessibilidade tanto dentro como fora do centro da cidade.

Segundo (Helder, 2011), o crescimento demográfico e a expansão periurbana verificados ao longo das últimas quatro décadas produziram:

- Significativo aumento de veículos;
- Degradação da rede viária;
- Sinalização deficiente;
- Elevados níveis de poluição;
- Incapacidade de resposta dos serviços de transportes.

Devido ao rápido desenvolvimento dentro da província, têm-se agravado os problemas de transportes urbanos, como congestionamento do tráfego e acidentes. Com mais 6,5 milhões de habitantes e 450 mil viaturas em circulação, Luanda tem nos congestionamentos de trânsito um dos principais fatores de estrangulamento, com reflexos negativos na qualidade de vida e na saúde dos seus habitantes. Estima-se que sejam mais de 1,7 milhões de viagens de automóveis por dia, onde a motorização é de cerca de 70 veículos por cada 1000 habitantes (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015).

O principal pólo de atração de Luanda é o centro da cidade, onde se concentra a maior parte dos edifícios de função pública, bem como a grande maioria das empresas públicas e privadas. Sendo que para quem vive em zonas periféricas, a solução é mesmo madrugar. Segundo a revista (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015), atualmente pratica-se uma velocidade média de 7,6 km/h a um tempo médio de viagem de 3,2 horas, isto devido ao trânsito existente.

No entanto, a maior parte das vias não tem a capacidade para responder adequadamente à procura, devido não só aos fatores mencionados anteriormente, mas também à utilização de transportes coletivos informais (candongueiros, como se verá mais à frente), que contribuem fortemente para a degradação das vias existentes e para o congestionamento do trânsito. Sendo assim, as vias em Luanda não apresentam um nível satisfatório de oferta, dado que não estão dimensionadas para o nível de tráfego que deveriam suportar.

### **2.5 Caracterização do setor rodoviário**

O sistema viário deve possuir uma estrutura, que permita um acréscimo na mobilidade, bem como na qualificação dos espaços urbanos. Deste modo, é importante definir uma hierarquização das vias que permita identificar os trajetos e percursos.

Atualmente o sistema rodoviário de Luanda é bastante debilitado, a infraestrutura viária está concentrada no centro da cidade, o que demonstra hierarquia e marginalização dos bairros da cidade e não permite a existência de um sistema de transporte eficiente. O sistema de transporte público é desconexo e não está preparado para a intermodalidade, cobrindo menos da metade da área urbana da cidade.

A rede rodoviária de Luanda caracteriza-se por um sistema de grandes ligações de longa distância ao longo de estradas radiais e orbitais este-oeste. A província de Luanda é atualmente servida por três corredores principais de acesso que irradiam externamente a província, ligando aos centros urbanos mais próximos de outras províncias:

- Corredor norte, pela estrada de Cacuaco, em direção a Panguila-Caxito e Barra do Dande (província do Bengo);
- Corredor sul, pela estrada Nacional 100 (Estrada da Samba), em direção a Cabo Ledo e Sumbe (província de Cuanza Sul);
- Corredor este-oeste, pela Estrada de Catete a Leste e Via Expresso, sendo o principal corredor de acesso rodoviária-ferroviário que liga o centro de Luanda a Catete e Dondo (província do Cuanza Norte) e à província de Malanje.

#### **2.5.1 Classificação das estradas**

Embora não exista uma correta definição oficial da hierarquia viária de Luanda, segundo o documento (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015) e os dados do GEPE do Ministério dos Transportes, a hierarquia rodoviária de Luanda pode ser definida da seguinte forma:

- Estradas primárias;
- Estradas Secundárias;
- Estradas Terciárias.

As **estradas primárias** caracterizam-se por permitir o acesso externo da província, permitindo a sua ligação ao centro urbano de Luanda e a outros centros urbanos mais próximos de outras províncias, tal como referidos anteriormente.

As **estradas secundárias** permitem ligações do centro urbano ao interior da província, permitindo e complementando a ligação pelas estradas primárias.

As **estradas terciárias** ligam as estradas secundárias a outras estradas secundárias e às estradas primárias.

A nível hierárquico, a rede primária da província de Luanda não é muito eficiente e há poucas estradas secundárias e ligações primárias a norte. Verifica-se uma variação do tráfego, sendo que há estradas secundárias com baixo volume de tráfego que chegam até as estradas primárias com volume de tráfego muito elevados, que por sua vez são essenciais para facilitar a mobilidade nas áreas urbanas densamente povoadas.

No presente trabalho, para uma melhor definição da hierarquia de Luanda (visto que não se tem uma base de dados fidedigna) e para facilidade de análise foi adotada a seguinte hierarquia:

- Via interurbana;
- Vias principais;
- Vias secundárias;
- Vias de acesso local.

A via interurbana é a via que circula e atravessa a cidade de sudeste a nordeste da província e que apresenta características diferentes das demais vias, possibilitando a circulação com uma velocidade maior. Neste caso, trata-se apenas da via conhecida como Via Expressa (atualmente conhecida também como Avenida Fidel Castro). É também vulgarmente (e incorretamente) conhecida como “Autoestrada”.

As vias principais são as que são mais solicitadas para chegar ao centro da cidade, nomeadamente a Estrada Da Samba, a Avenida 21 de Janeiro, a Estrada de Catete e Estrada de Cacucaco.

As vias secundárias destinam-se a servir as vias principais, mas também permitem uma melhor circulação dentro de certas comunas. Fazem parte destas vias, por exemplo Avenida Revolução de Outubro, Avenida Hoji Ya Henda, a Avenida 4 de Fevereiro, a Avenida da Nova Marginal, A Avenida do Patriota, entre outras.

As vias de acesso local, tal como o nome diz são vias de acesso local aos comunas e bairros, encontram-se dentro desta categoria ruas pavimentadas em bairros urbanos e ruas de terra batida em bairro informais.

### **2.5.2 Tipologias do transporte rodoviário**

Após a independência e até nos meados da década de 80, foi criada a Empresa de Transportes Públicos (ETP) que se responsabilizava pelo transporte rodoviário de passageiros e de mercadorias, sendo que posteriormente foi reconvertida na empresa pública TCUL (“Luanda,” n.d.).

## **Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG**

### *Aplicação ao caso de Luanda*

---

A TCUL até 2001, era a única empresa de transportes públicos que assegurava a deslocação da população. Porém, devido a insuficiências financeiras, técnicas e de gestão associadas à transformação das necessidades de deslocação da população e à progressiva deterioração das estradas, a TCUL caiu em declínio (Lopes, n.d.).

Consequentemente, devido a esta debilidade de oferta pública de serviços de transporte, criou-se uma rede de transportes em táxis coletivos, os designados “*candongueiros*”. Atualmente, o serviço rodoviário de transportes público é assegurado maioritariamente por estes táxis que também constituem uma problemática na convivência urbana. Os *candongueiros* ou também designados de “Hiaces” ou “Quadrinhos”, são carrinhas da marca Toyota Hiace, pintadas de branco e azul, sendo considerados também de táxis (coletivos). O serviço destes táxis é um serviço informal, onde apenas os proprietários e os respetivos trabalhadores, lucram com este tipo de trabalho. Em termos de preço, este serviço empreendedor, é acessível, de modo que não incentiva a operação de transportes públicos organizados ou “formais”. Porém, a maior parte destes veículos apresenta condições precárias, devido à falta de manutenção, conservação e higiene, tornando-se viaturas inseguras, verificando-se situações de superlotação das viaturas.



**Figura 9 - Táxis coletivos "Candongueiros"**

*“Na primeira metade da década de 90, surgiu a Associação de Taxistas de Luanda (instituição que representa os interesses dos proprietários dos transportes semioficiais) e assistiu-se ao aparecimento de empresas privadas de autocarros e uma empresa de táxis com contador (MACON)”*(Lopes, n.d.).

Para além dos transportes informais e da TCUL, embora em número significativamente menor comparados aos mesmos, o transporte público rodoviário ainda é operado também por outras empresas privadas:

- ANGOAUSTRAL;
- MACON;
- SGO;
- TURA (Transportes Urbanos Rodoviárias de Angola).

A MACON foi primeira empresa privada que surgiu em Luanda, em finais de maio de 2001. Dois anos depois, entraram também no mercado as empresas privadas TURA, ANOGOAUSTRAL e SGO. Em 2006, as empresas de transportes públicos de Luanda, que transportavam mais de oito milhões de passageiros por mês, disponibilizaram apenas metade dos autocarros, devido à degradação do parque automóvel (Jornal ANGONOTÍCIAS, 2006).

### **2.5.3 Caracterização do transporte público rodoviário em Luanda**

O sistema de transporte público rodoviário em Luanda é heterogéneo, coexistindo transportes formais e informais, sendo que o sistema é dominado pelos transportes informais, tal como referido anteriormente.

Os transportes formais incluem 5 operadores de autocarros autorizados, sendo que segundo dados do GEPE dos Ministério de Transporte, a novembro de 2015, a empresa estatal TCUL transportou cerca de 13.700 passageiros diariamente, contando com 35 rotas de autocarro espalhados pela província de Luanda. Tem-se verificado uma redução do número de autocarros devido ao congestionamento crónico nas estradas de Luanda, uma vez que não existem vias reservadas para autocarros na rede viária. Como resultado, o nível de serviço de autocarros é fortemente prejudicado, com percursos sobrelotados e excessivamente longos.

Os transportes informais, “candongueiros”, realizam percursos praticamente em todas as zonas de Luanda, sendo o seu serviço mais solicitado no centro da cidade. Como são elemento omnipresente em Luanda, contribuem fortemente para o congestionamento do tráfego. Todavia, também representam uma solução para a população, dado que ajudam a distribuir as pessoas por várias zonas onde não chegam os autocarros. Em 2015, foram emitidas 14.100 licenças, o que corresponde ao mesmo número de táxis em serviço. Utilizando como critério base a realização média diária de 5 viagens com viaturas de lotação de 15 lugares, obtém-se uma estimativa de 1.057.500 passageiros transportados por dia<sup>8</sup>.

Pode-se dizer que o sistema de transportes públicos em Luanda ainda é não muito satisfatório, na medida que a maior parte da população, que é pobre, ainda tem de recorrer ao uso de transportes informais, sujeitando-se à insegurança dessas viaturas e colocando por vezes a sua saúde em risco.

---

<sup>8</sup> A autora deslocou-se à Luanda entre 18 de dezembro de 2015 a 2 de janeiro de 2016, onde teve a oportunidade realizar um questionário ao GEPE do Ministério de Transportes, sobre os diferentes modos de transporte de Luanda, respetivos horários e estações ou pontos de paragem, bem como a estimativa de passageiros transportados por cada modo diariamente.

## **2.6 Perspetivas Futuras para o setor de transportes - Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda**

Encontra-se em desenvolvimento o Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda (PDGML), o qual permitirá não só um melhor ordenamento da cidade de Luanda, mas também uma melhoria na mobilidade e a criação de uma rede integrada de transportes. Atualmente existem mais de 6,5 milhões de habitantes e projeta-se, que a população atinja quase o dobro em 2030 ("Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro," 2015).

O PDGML, projetado para 2030, está a ser desenvolvido pelo Governo Provincial de Luanda. Este tem por objetivo responder também às necessidades de crescimento populacional da província de Luanda e prevê a reabilitação dos espaços verdes a fim de reduzir os riscos de inundação e epidemias, a delimitação e valorização dos espaços agrícolas, a otimização do uso de solo urbano, bem como a criação de uma rede integrada de transportes públicos e de um sistema de estradas funcional e eficiente.

Será efetuada uma revisão dos corredores principais de infraestruturas da Marginal, da Corimba, Via Expresso, Camama, 21 de Janeiro, Viana/Zango e Catete, a construção de estradas primárias, secundárias e terciárias. Estão assim previstos 500 km de estradas primárias, 1050 km de estradas secundárias e 1210 km de estradas terciárias. Com o PDGML, pretende-se reduzir a pressão automóvel sobre a futura rede rodoviária, através da eliminação de até 40% das deslocações em modo rodoviário.

Procura-se também criar um sistema de transporte principal que ligue os pontos de maior atração da província, intercâmbios multimodais entre transporte individual e transporte público, de forma a que 80% da população tenha acesso conveniente ao transporte público, em 15 anos. Estão assim previstos 207 km de Comboio Pendular, 44 km de Comboio de Alta Velocidade, 207 km de Sistemas totalmente segregados e 317 km de Sistemas parcialmente segregados. Os sistemas totalmente segregados constituirão linhas de transporte que operam num corredor delicado e sem interferência com o tráfego local, conhecidos como BRT (*Bus Rapid Transit*).

Este plano assume-se como instrumento que definirá novas áreas suscetíveis para a criação de maior ou menor desenvolvimento urbano, áreas de proteção urbanística ou ambiental e áreas de novas centralidades, potenciando atividades compatíveis com o uso principal. Surge também a necessidade de regeneração de vastas áreas de habitações informais, *musseques*, a recuperação e expansão das redes técnicas de água, energia, saneamento, valas de drenagem e dos equipamentos sociais (Africa 21 Online, n.d.). Para além disto, prevê-se também a construção de 13 novos hospitais e 1.500 escolas e estima-se a necessidade de construção de 1,4 milhões de casas para toda a província (Portal de Angola, 2015). Está previsto também um corredor de ligação ferroviária expressa ao novo aeroporto.

## **2.7 Súmula do Capítulo**

Este capítulo teve como objetivo principal caracterizar a rede rodoviária de Luanda, bem como descrever o sector de transportes de Luanda. Por outro lado, também é importante conhecer e caracterizar a situação sociodemográfica e socioeconómica da província de forma a entender o perfil e as transformações que a província sofreu até à atualidade.

Luanda é a capital de Angola, sendo a sua menor província e maior cidade do país. De acordo com a nova reforma administrativa de 2016 Luanda divide-se em nove municípios, nomeadamente: Luanda, Belas, Cazenga, Cacucaco, Viana, Kilamba Kiaxi, Talatona, Quiçama e Icolo e Bengo. Por sua vez, os municípios subdividem-se em distritos urbanos e comunas. No total, Luanda tem atualmente 37 distritos urbanos e 15 comunas. Para o desenvolvimento de análises no presente trabalho, optou-se por usar a divisão da reforma administrativa de 2011, dado que apenas existem dados demográficos segundo esta divisão. De acordo com esta reforma de 2011, Luanda subdividia-se apenas em sete municípios, excluindo assim os municípios de Talatona e Kilamba Kiaxi.

Os principais modos de transporte em Luanda são os modos Rodoviário, Ferroviário, Marítimo e Aéreo. O modo rodoviário é modo principal de transportes, sendo o que mais contribui para mobilidade. Por outro lado, a circulação dentro da província faz-se com grandes dificuldades devido às deficiências e insuficiências existentes na rede rodoviária, causando muitos problemas de mobilidade, que por sua vez contribuem para o congestionamento verificado dentro da província. Embora não exista uma classificação oficial da rede de Luanda, esta pode ser hierarquicamente definida por estradas primárias, estradas secundárias e estradas terciárias. Na presente dissertação para facilidade de análise adotou-se a seguinte classificação: via interurbana, vias principais, vias secundárias e vias de acesso local.

O modo ferroviário e modo marítimo foram integrados recentemente, em 2011 e 2014 respetivamente. Contudo, ainda são pouco procurados pela população, pois ainda não há muita oferta. O principal meio de transporte utilizado pela população são os táxis coletivos vulgarmente conhecidos como candongueiros.

Luanda, como capital de Angola, é a província que mais cresceu ao longo das últimas décadas, sendo que Angola foi considerado um dos países com maior crescimento económico. Entre as principais atividades económicas, destaca-se o setor petrolífero que mais contribui não só para o crescimento do país, mas tem um grande peso no Produto Interno Bruto. Devido à forte dependência deste setor, Angola enfrenta atualmente e desde 2015, uma crise económica devido à redução do preço dos barris de petróleo.

Grande parte da população em Luanda vive em bairros informais conhecidos como musseques, sendo que apenas 16,7% vive em áreas urbanas. Existem uma grande desigualdade económica e social na província que terá contribuído para o desenvolvimento destes bairros. A taxa de

## ***Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG***

*Aplicação ao caso de Luanda*

---

emprego em Luanda é muito baixa sendo que apenas 35,3% da população se encontra empregada.

Têm vindo a ser desenvolvidos projetos que visam melhorar a rede viária de Luanda. Estes projetos estão incluídos no Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda, que tem como objetivo principal melhorar o ordenamento território da cidade e a criação de uma rede integrada de transportes.

## 3. Metodologias de Medição da Acessibilidade

### 3.1 Revisão bibliográfica do conceito de acessibilidade

Acessibilidade vem do latim *accessibilitas* que significa “aproximação, chegada”, sendo definida como qualidade de ser acessível, facilidade na aproximação ou na obtenção.

Em transportes, o conceito de acessibilidade tem sido muito empregado na literatura como umas das melhores medidas de qualidade de serviços de transportes. Este conceito tem sido debatido e abordado por muitos anos e apresenta uma grande utilidade atual, quer a nível de transportes, como de planeamento urbano. Existem diferentes conceitos de acessibilidade consoante os autores.

Segundo os autores (Morris, Dumble, & Wigan, 1978), o conceito de acessibilidade é definido como uma medida de separação espacial de atividades humanas, sendo que denota essencialmente a facilidade em alcançar um determinado local, recorrendo a um sistema de transporte.

Para os autores (Rodrigue, Comtois, & Slack, 2006) a acessibilidade é a medida de capacidade de uma localidade de ser alcançada ou de alcançar diferentes localidades. Por essa razão, segundo estes autores, a capacidade, a estrutura e infraestrutura de transportes são elemento-chave para a determinação da acessibilidade.

O conceito de acessibilidade também está associado à facilidade em alcançar bens, serviços e destinos, que juntos podem ser considerados de oportunidades. Sendo por isso também definido como: *acessibilidade em termos de potencial* (oportunidades que poderiam ser alcançadas) ou em *termos de atividade* (oportunidades que são atingidas) (Govan, 2012).

Segundo (Vickerman, 1974), o conceito de acessibilidade não é fácil de definir em termos precisos e quantitativos, pois envolve a combinação de dois elementos geográficos relativos à localização de destinos satisfatórios e características da rede de transportes.

Vários autores propõem ainda que, para melhor compreensão da acessibilidade no âmbito dos transportes, esta pode ser dividida em dois conceitos complementares. Segundo (Paiva, n.d.) estes dois conceitos complementares definem-se como:

- **Acessibilidade ao sistema de transporte**, que mede a facilidade do utilizador em aceder ao sistema de transporte a partir do local de residência, trabalho, etc.
- **Acessibilidade a destinos**, que mede a facilidade em chegar ao local, após o acesso ao sistema de transporte.

A acessibilidade ao sistema de transporte está diretamente relacionada com as características da rede de transportes: sua configuração, infraestrutura do sistema de transporte, localização, proximidade do itinerário aos destinos (atividades, serviços e/ou bens) do utilizador do transporte público, pontos de paragem, distâncias percorridas pelo utilizador tanto para ter acesso ao transporte, como distância de viagem, desde o local de embarque até ao local de desembarque, a diversidade dos modos de transporte, etc.

A acessibilidade a destinos está relacionada com a viagem em si, nomeadamente a nível do conforto em alcançar o destino, a capacidade e autonomia em alcançar os destinos, na qual se pode medir a distância, o custo ou tempo de viagem. Relaciona-se ainda com a ocupação do uso solo, relativamente à forma como as atividades são distribuídas numa determinada área.

Outra definição proposta é a de (Geurs & Wee, 2004), em que a acessibilidade é definida como a medida, na qual o sistema de transporte e o uso do solo permite que (grupos de) indivíduos ou bens alcancem atividades ou destinos por meio de (uma combinação de) modos de transportes. Segundo estes autores, a acessibilidade é afetada por quatro elementos:

- i. sistema de transportes – está relacionada com a facilidade em atingir um destino, através da quantidade tempo, custo e esforço, utilizando um determinado modo de transporte. Envolve o tempo total de deslocação (tempo de espera, de viagem e de estacionamento), bem como também outros fatores intrínsecos como: fiabilidade, conforto, riscos de acidentes, entre outros.
- ii. usos do solo – está relacionada com a distribuição das viagens e as características dos potenciais destinos.
- iii. tempo – está relacionada com as restrições temporais, ou seja, a disponibilidade das oportunidades durante as diferentes horas do dia (horário de funcionamento) e o tempo disponível dos utilizadores para participar em certas atividades como trabalho e lazer.
- iv. utilizador ou componente individual– está relacionado com as avaliações individuais do de cada indivíduo. Reflete as oportunidades e as necessidades em função da idade, rendimento e nível de instrução e as capacidades de deslocação de cada indivíduo, em função das condições físicas e da disponibilidade do transporte público.

Na figura infra, está a ilustrada a relação das diferentes componentes da acessibilidade.

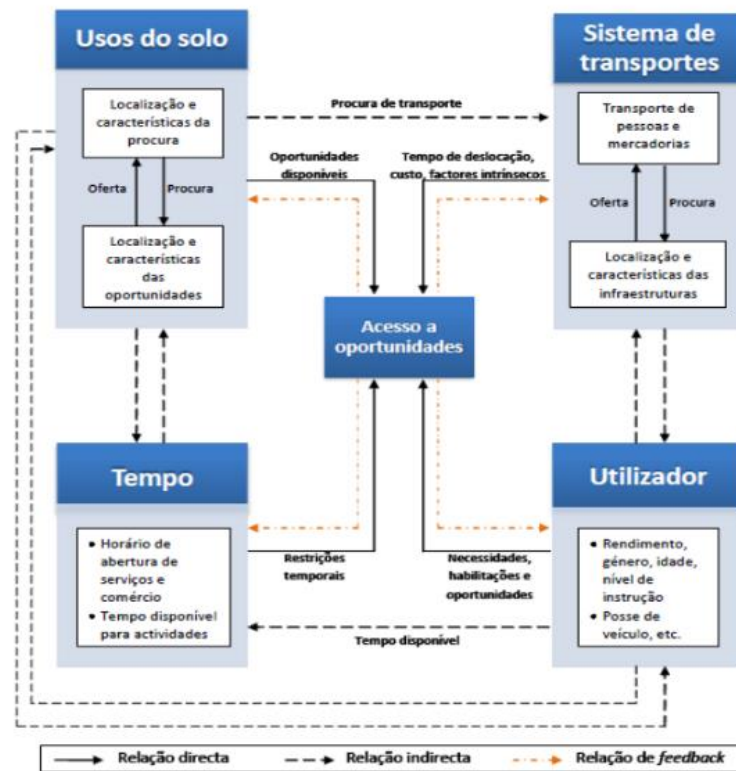


Figura 10-Relação entre as diferentes componentes de acessibilidade (autor: Govan, 2012 )

O conceito de acessibilidade é geralmente definido como uma medida de proximidade entre atividades humanas, facilitando o alcance destas a partir de um determinado local e utilizando um determinado tipo de transporte. Permite explicar as inter-relações entre as atividades humanas, o meio e o sistema de transportes. Para além de estar relacionada com a proximidade, a acessibilidade também pode ser promovida pela mobilidade e pela “conectividade”. Na medida em que a proximidade entre atividades humanas, só é possível se existir o acesso à mobilidade e também pela correta definição da malha viária que consiga estabelecer e garantir uma ótima “conectividade” entre diversas localidades (Govan, 2012). Neste sentido, a acessibilidade é a facilidade de alcançar destinos, enquanto a mobilidade é a facilidade com que são feitas as deslocações.

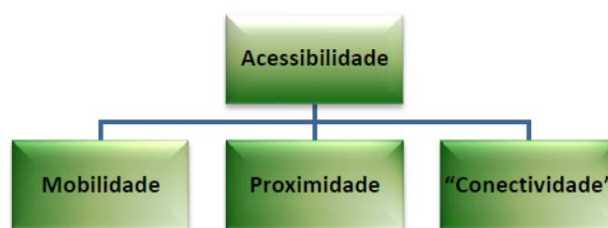


Figura 11 - Componentes da Acessibilidade. Fonte:(Govan, 2012))

### **3.2 Evolução das metodologias usadas na análise de acessibilidade**

A acessibilidade é uma característica importante de áreas metropolitanas e é frequentemente refletida nos objetivos de transportes e ordenamento do território, constituindo uma ligação crucial entre ambos (Handy & Niemeier, 1997). À medida que o planeamento urbano de transportes tem sido considerado como um elemento integral de ordenamento do território, a acessibilidade é a chave elementar para análise da eficiência dos sistemas de transporte (Liu & Zhu, 2004).

De acordo (Dahlgren, Harrie, & Axelsson, 2009), antes da década de 1960, a metodologia usada para análise da acessibilidade era pouco eficiente e muito morosa. Os métodos usados eram tradicionais, baseavam-se em mapas cartográficos e matrizes origem/destino de uma determinada localidade e chegavam a demorar dias para efetuar análises e obter os resultados.

Para (Rodrigue et al., 2006) a análise da acessibilidade tal como o planeamento de transportes, requerem um conjunto de conhecimento relacionados em áreas de engenharia, economia, urbanismo e o geografia. Cada uma destas áreas tem métodos para lidar com os respetivos problemas e objetivos. Assim sendo, existe uma forte dependência da análise da acessibilidade e do planeamento de transportes, relativamente a dados científicos e uso intensivo de técnicas analíticas de dados, desde medidas simples à construção de modelos complexos.

A partir da década de 1960, o planeamento de transportes e a análise da acessibilidade foram importantes para redefinir a geografia e o planeamento de transportes, baseando-se no uso de estatísticas inferenciais, modelos abstratos e novas teorias. Embora esta perspetiva implicasse maior rigor na análise, favoreceu uma desconexão entre as abordagens empíricas e as teóricas. Mesmo que o estudo de planeamento e das acessibilidades nos tempos de hoje, tenham uma abordagem muito diversificada, a dimensão quantitativa ainda desempenha um papel importante na disciplina.

Posto isto, além de fornecer uma base conceitual para a análise dos movimentos de carga, pessoas e informações, a geografia dos transportes (planeamento de transportes e acessibilidade) é muito mais uma do que uma ciência aplicada. O objetivo fundamental dos métodos visa melhorar a eficiência dos movimentos identificando as suas limitações espaciais. Essas restrições podem ser capacidade, custo, tempo, impactos ambientais, mas mais frequentemente uma combinação dos mesmos. Consequentemente, é possível identificar estratégias e políticas relevantes e fornecer alguns cenários sobre suas possíveis consequências (Rodrigue et al., 2006).

Devido à necessidade de se obterem melhores resultados de análise da acessibilidade e do planeamento, houve a necessidade de aplicar o uso de novas ferramentas baseadas em

sistemas computacionais, e posteriormente Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Macedo, Lima, Rabbani, & Neto, 2007).

Os transportes têm uma elevada incidência espacial, uma vez que é no território que se localizam as suas infraestruturas e é sobre o território que se realizam os movimentos entre os vários pares de origem e destinos, e é sobre ele que incide o impacto dos sistemas de transportes. Por estas razões, com o surgimento SIG's como ferramenta de planeamento de transportes, têm vindo a ser desenvolvidas metodologias e algoritmos específicos, de forma a facilitar o estudo de acessibilidade e planeamento de transportes. Esta ferramenta possibilita a manipulação, a aplicação e o estabelecimento de relações espaciais entre dados do sistema, como será descrito mais à frente.

O conceito de tratar camadas diferentes numa série de mapas e relacioná-las por sobreposição, não é novo e data muito antes do aparecimento de computadores. O melhor exemplo conhecido foi um trabalho desenvolvido por Dr. John Snow em 1854, com objetivo de localizar a fonte causadora de um surto de cólera na zona de Soho em Londres, mapeando os casos detetados. A nível de transportes, o primeiro registo efetuado foi em meados do século XIX. “*Atlas to Accompany the Second Report of the Irish Railway Commissioners*”, que mostrava dados acerca da população, fluxo de tráfego, geologia e topografia sobrepostos no mesmo mapa básico. Apesar dos exemplos mencionados, o verdadeiro início dos SIG's, como são conhecidos e concebidos hoje, remonta ao início dos anos 60 (Govan, 2012; Macedo et al., 2007).

### 3.2.1 Breve contextualização do Sistema de Informação Geográfica- SIG

Existem várias diversas definições de Sistema de Informação Geográfica, devido a sua aplicação em diversas áreas científicas como componente espacial de atividades humanas, nomeadamente a nível de planeamento urbano e regional, geografia, agricultura, arqueologia, geologia, etc.

De forma genérica, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema constituído por *hardware*, *software*, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos humanos que facilitam a visualização, análise, manipulação e armazenamento de informação georreferenciada baseada em dados espaciais ou geográficos do mundo real. Sendo assim, a ideia mais comum de SIG está normalmente associada à produção e análise de cartografia através da tecnologia computacional.

Segundo (Maguire, 1991), o SIG pode ser definido atendendo a determinadas características, destacando-se três perspetivas diferentes propostas, por diversos autores:

- Visualização do mapa;
- Base de dados;

- Análise espacial.

De acordo com o mesmo autor, a primeira perspetiva foca-se em aspetos cartográficos do SIG, ou seja, o SIG é visto por alguns autores, como processamento de mapas. No processamento de mapas, cada mapa é representado por um conjunto de *layers* (camadas).

A segunda perspetiva, defendida especialmente por Frank (1988), enfatiza a importância de uma base de dados bem concebida e implementada, como uma parte importante do SIG.

Por fim, a terceira perspetiva da análise espacial, centra-se na análise e modelação em que o SIG é visto mais como uma ciência de informação espacial do que propriamente como uma tecnologia, sendo esta perspetiva defendida por mais autores.

Os SIG's permitem obter informações de várias fontes, como por exemplo, obtida por GPS ou por métodos tradicionais de Topografia, compatibilizando-as. Constituem ainda uma ferramenta importante em questões relacionadas com localização (através da averiguação das características de determinado lugar), rotas (cálculo de caminhos mínimos entre dois ou mais pontos), modelos que expliquem os comportamentos observados em fenómenos espaciais, etc.

Existem vários modelos aplicáveis em SIG, destacando-se dois modelos mais comuns: modelo vetorial e o modelo raster. O modelo vetorial gera informação sobre precisão e localização de elementos do espaço, como pontos, linhas e polígonos, transformadas em coordenadas x, y, z, enquanto que o modelo raster é constituído por dados *raster*, ou seja, imagens que contêm a descrição de cada pixel (célula), centrando-se assim nas propriedades do espaço em que o mesmo é compartimentado nessas células.

Tal como referido anteriormente, os campos de aplicação dos SIG's são muito vastos e versáteis, pois permitem a sua utilização a diversas classes de utilizadores, possibilitando servir simultaneamente objetivos diferentes e vários tipos de utilizadores.

### **3.2.2 Metodologias para análises**

Segundo (Rodríguez et al., 2006) os métodos mais utilizados por planeadores de transportes e por geógrafos para análise da acessibilidade, podem ser apresentados de vários modos:

- Se são qualitativos ou quantitativos;
- Se trabalham com infraestruturas, como terminais ou fluxos;
- Se fornecem interpolação ou extrapolação;
- Se as técnicas utilizadas fornecem uma explicação, descrição ou otimização.

De acordo com o mesmo autor, os métodos podem ainda ser divididos em dois grandes grupos: um grupo relacionado diretamente com o ramo de transportes e outro grupo baseado na multidisciplinaridade.

### 3.2.2.1 Grupo relacionado com os transportes

De acordo com (Rodrigue et al., 2006), este grupo de métodos está diretamente relacionado com estudo de transporte, uma vez que a maioria dos métodos baseia-se no planeamento de transporte. Assim sendo, os principais métodos utilizados incluem:

- **Network analysis (Análise da Rede)** – neste modelo a análise da rede de transportes pode ser medida com base na teoria dos grafos. Este método baseia-se no princípio de que eficiência da rede depende parcialmente da disposição de pontos e arcos, devendo ser utilizado para estudar a forma e a estrutura de uma determinada rede.
- **Estudos de uso dos solos com interação nos transportes** – tem sido muito estudado por planeadores de transportes e geógrafos, pois permite fazer uma boa análise da Acessibilidade.
- **Modelos de fluxo e localização de atividades** – este modelo permite definir os limites de certas zonas ou localidades, como por exemplo, a definição de fronteiras destinadas a zonas exclusivamente urbanas.

### 3.2.2.2 Grupo de métodos baseados na multidisciplinaridade

Segundo o mesmo autor, fazem parte deste grupo métodos que não são destinados especificamente a estudos de transportes, mas são de fácil aplicação.

O termo multidisciplinaridade aplicado a este grupo permite a aplicação de vários temas relacionados com o planeamento de transportes e acessibilidades, sendo fundamentais para a geografia e não se restringem apenas ao estudo dos sistemas de transportes. Desta forma, são identificados os seguintes modelos:

- **Cartografia** – é o exemplo mais prático de técnica geográfica e considerada como ‘método tradicional’ para a medição da acessibilidade, tendo sido usado ainda nos tempos primórdios de Planeamento de Transportes. Com este módulo vários mapas são utilizados para análise de sistema de transportes e da acessibilidade, estes mapas incluem mapa de uso dos solos, mapas de isolinhas ou isócronas dos custos de transportes, representações da infraestrutura de transportes, entre outros.
- **Sistema de Informação Geográfica (SIG)** – é a versão digital de cartografia, tal como visto na secção 3.2.1, um SIG é conjunto de ferramentas e procedimentos que permitem armazenar, visualizar, analisar e recuperar dados espaciais do mundo real. Este método tem sido mais usado no planeamento de transportes e noutras aplicações de engenharia.

Segundo (Rodrigue et al., 2006), existem outras metodologias que não são apenas aplicadas na análise de sistemas de transporte, sendo relevantes para resolução de um dado problema ou otimização de uma dada solução.

Existem métodos analíticos que podem ser simples, na interpretação de tabelas e dados, como por exemplo inquéritos que podem ser usados para obter dados primários e cuja informação obtida será posteriormente analisada. Existem ainda outros métodos mais complexos, aplicados às áreas matemáticas que, permitem fazer a análise de regressão, variância, entre outros.

O autor realça ainda a existência da preocupação, nos dias de hoje, dos impactes e das questões de política pública, aquando da realização e avaliação de estudos de sistema de transportes. Deste modo, cada vez mais são usados por planeadores e peritos da área, informações e instrumentos qualitativos como declarações, políticas, regras e regulamentos. Por outro lado, quando são feitos estudos de sistemas transportes a uma determinada localidade há que ter em conta os impactes causados nas seguintes áreas:

- Económica – eficiência económica e equidade da comunidade;
- Social – acesso a serviços, bens e atividades;
- Ambiental – poluição sonora, poluição do ar, da água, entre outros.

Consequentemente, a avaliação do impacte ambiental, análise de risco e análise política são fatores importantes a considerar no processo de planeamento de transportes.

### **3.3 Revisão Bibliográfica dos Indicadores de Acessibilidade**

Os indicadores de acessibilidade têm sido uma componente importante no planeamento urbano e de transportes. Constituem um elemento de quantificação muito importante, ajudando a redirecionar as políticas de transportes. A sua classificação tem sido bastante ampla dependendo do autor, sendo também referido por muitos autores como medidas de acessibilidade. No presente capítulo serão apresentadas algumas classificações propostas por várias autores, enfatizando a classificação proposta por (Scheurer & Curtis, 2007).

Segundo (Govan, 2012), estes indicadores são um recurso de grande utilidade na medida em que permitem:

- Calcular a eficiência de uma rede de transportes, nomeadamente na eficácia em ultrapassar as dificuldades da distância física inerente ao espaço geográfico;
- Avaliar a verdadeira ocupação de uma rede de transportes numa determinada unidade territorial - *network density* ou densidade de rede – de modo a quantificar os efeitos diretos e indiretos dos investimentos nas infraestruturas de transportes, na evolução das acessibilidades e da sua expressão territorial.

Já (Ingram, 1971) defende que a classificação dos indicadores de acessibilidade se baseia em duas medidas principais: a acessibilidade relativa e a acessibilidade integral.

A **acessibilidade relativa** descreve o grau de interligação entre duas zonas (pontos), ou seja, é a medida do esforço envolvido em fazer uma viagem, enquanto que a **acessibilidade integral** descreve o grau de interligação entre um determinado local e todos os outros locais, ou seja, é a medida total de oportunidades de viagem. Matematicamente a acessibilidade integral é obtida por:

$$A_i = \sum_{j=1} a_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

### Equação 1 – Acessibilidade Integral

Em que:

- $A_i$  – Acessibilidade integral de cada zona  $i$ ;
- $a_{ij}$  - Acessibilidade relativa entre as zonas  $i$  e  $j$ .

Para (Handy & Niemeier, 1997), as medidas de acessibilidade baseiam-se em 3 tipos. Todas as medidas incorporam tanto a componente de transporte como a como a componente de atividade, embora se diferenciem na sofisticação com que refletem o comportamento de viagem. Estas três medidas são:

- Medidas de acumulação de oportunidades;
- Medidas baseadas na gravidade
- Medidas baseadas na utilidade.

#### 1. Medidas de acumulação de oportunidades

São as mais simples, contam o número de oportunidades alcançadas dentro de um determinado tempo de viagem ou distância. Este tipo de medida enfatiza o número de potenciais destinos ou oportunidades em vez das respetivas distâncias.

#### 2. Medidas baseadas na gravidade

Estas são mais complexas, pois derivam do denominador do modelo gravitacional para a distribuição da viagem. Estas medidas, medem o peso das oportunidades, geralmente a quantidade de uma atividade como medida de emprego, de impedância, e usualmente funcionam como tempo de viagem ou custo de viagem. Podem ser obtidas pela seguinte fórmula:

$$A_i = \sum a_j f(t_{ij})$$

### Equação 2 – Medidas baseadas na gravidade

Em que:

- $A_i$  - acessibilidade da zona  $i$ ;
- $a_j$  - Atividade na zona  $j$ ;
- $t_{ij}$  – Tempo de viagem, distância ou o custo de viagem entre zonas  $i$  e  $j$ ;
- $f(t_{ij})$  - Função de impedância. Quanto mais próxima e mais larga a oportunidade, mais contribui para acessibilidade.

### 3. Medidas baseadas na utilidade

Estas medidas baseiam-se numa teoria de oportunidade qualquer, na qual a probabilidade de um indivíduo de fazer uma escolha individual, depende da utilidade dessa escolha em relação à utilidade de todas as escolhas. Estas medidas são obtidas pela seguinte fórmula:

$$A_n = \ln \left[ \sum_{c \in C_n} \exp(V_{n(c)}) \right]$$

### Equação 3 – Medidas baseadas na utilidade

Em que:

- $A_n$  - A acessibilidade do indivíduo  $n$ ;
- $V_{n(c)}$  - são componentes temporal e espacial observáveis de utilidade indireta da escolha  $c$  por pessoa;
- $C_n$  - conjunto de escolha por pessoa  $n$ .

Segundo (Raia Junior, 2000) um indicador de acessibilidade (também chamado de medida) incorpora a performance de um sistema de transporte e a distribuição das atividades de usos do solo na área em estudo, ou seja, inclui uma medida de atratividade (benefício) de cada destino potencial e pondera cada destino pelo seu custo de viagem associado. De acordo com o mesmo autor, que apresenta um estudo bastante aprofundado sobre este tema, abordadas por diversos autores, os indicadores de acessibilidade classificam-se em:

- Indicadores do tipo atributos de rede** - medem a ligação entre dois pontos no espaço, ou seja, a separação espacial dos pontos. Neste tipo de classificação tem-se por exemplo:
  - conectividade de nó - indica se dois pontos estão conectados fisicamente por um sistema de transporte. Neste sentido, a acessibilidade a destinos de uma zona é medida pelo número de zonas que estão conectadas a esta zona, pelo sistema de transporte.
  - acessibilidade temporal: está relacionada com situações em que para determinada área e determinado dia da semana e/ou hora não é permitido passar um determinado modo de transporte.

- c) separação espacial : mede a acessibilidade a destinos, tais como a distância entre zonas e/ou o tempo médio da viagem entre zonas ou outro mais complexo.
- ii. **Indicadores do tipo quantidade de viagem** - medem o custo de viagem e a probabilidade das viagens serem realizadas entre determinadas zonas
- iii. **Indicadores do tipo oferta do sistema de transporte** – relacionada com a oferta de transportes, medem parametros como o número de linhas que servem uma determinada área, a frequência dos transportes, etc.
- iv. **Indicadores do tipo dados agregados que combinam aspetos de transporte e usos do solo** – combinam dados agregados com aspetos de transportes e usos de transportes, como por exemplo:
- a) Medida de Hasen ponderada pela população – mede a oportunidades de indivíduos de uma determinada área em participarem numa atividade ou conjunto de atividades.
- v. **Indicadores do tipo dados desagregados que combinam aspetos de transporte e usos do solo** - como exemplo deste indicador tem-se indicadores do tipo de engenharia de tráfego que estão relacionados com o tráfego de veículos e a facilidade de movimentação de veículos de um ponto ao outro ponto, numa determinada área.

Uma classificação mais recente sobre indicadores de acessibilidade foi a proposta por (Scheurer & Curtis, 2007), que apresenta uma visão geral sobre as medidas de acessibilidade, suas vantagens e desvantagens e sua aplicação, englobando também propostas de classificação de diversos autores.

Segundo estes autores, existem sete tipos de medidas de acessibilidade:

1. Medidas de separação espacial
2. Medidas de contorno
3. Medidas de gravidade
4. Medidas de concorrência
5. Medidas de espaço-tempo
6. Medidas de utilidade

### **3.3.1 Medidas de separação espacial**

Podem ser consideradas como medidas baseadas na infra-estrutura, medindo a impedância de viagem entre a origem e o destino, ou entre nós. Esta medida não inclui padrões de usos do solo, nem distribuição da separação espacial das oportunidades.

A impedância de viagem pode ser considerada como:

- Distância física;
- Distância da rede (pelo modo de transporte);
- Tempo de viagem (pelo modo de transporte ou estado da rede - como por exemplo congestionamento);
- Custo de viagem;
- Qualidade de Serviço ( como a frequência do transporte público).

Para (Bhat et al., 2000) esta medida pode ser obtida matematicamente pela seguinte fórmula:

$$A_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{b}$$

#### **Equação 4 – Medidas de Separação Espacial**

Em que:

- $A_i$  - Acessibilidade da zona  $i$ ;
- $d_{ij}$  - Distância entre as zonas  $i$  e  $j$ ;
- $b$  - Parâmetro genérico.

### **3.3.2 Medidas de contorno**

Estas medidas definem as áreas de captação do tempo de viagem desenhando uma ou mais linhas de contorno, em torno de um nó, medindo assim o número de oportunidades dentro de cada linha de contorno. Inclui padrões de usos do solo, mas não tem a capacidade de diferenciar as oportunidades dentro de uma área, embora os tempos de viagem sejam reais e variem entre as atividades da mesma linha de contorno. Estas medidas tratam também as atividades como iguais, independentemente do seu custo ou conveniência para o utilizador.

Estas medidas são também conhecidas como medidas de acumulação de oportunidades e podem ser obtidas pela seguinte fórmula (Bhat et al., 2000):

$$A_i(T) = O_i(T)(T - t_i)$$

### Equação 5 – Medidas de Contorno

Em que:

- $A_i(T)$  – a acessibilidade da zona  $i$ , em função de um tempo  $T$ ;
- $O_i(T)$  - proporção de oportunidades que foram passados no tempo  $T$  da zona  $i$ ;
- $t_i$  – é o tempo médio de viagem das oportunidades da zona  $i$ .

### 3.3.3 Medidas de gravidade

As medidas de gravidade definem as áreas de captação medindo a impedância de viagem numa escala contínua de tempo e distância. Na maioria dos casos permite identificar o tempo real de viagem para cada oportunidade e permite aos utilizadores experimentarem o aumento do tempo de viagem ou custo através de uma função de distância relativamente genérica. É considerada como medida potencial de acessibilidade, pois é mais precisa na representação das impedâncias de viagem, porém tende a ser menos legível do que uma medida de contorno. Esta medida não diferencia fins de viagens e motoristas individuais para viagem.

Segundo(Geurs & Wee, 2004) esta medida potencial pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$A_i = \sum_{j=1}^n D_j e^{-\beta c_{ij}}$$

### Equação 6 – Medidas de gravidade

Em que:

- $A_i$  - Medida da acessibilidade da zona  $i$  para todas as oportunidades  $D$  na zona  $j$ ;
- $c_{ij}$  - Custo de de viagem entre as zonas  $i$  e  $j$ ;
- $\beta$  - Parâmetro de custo sensível.

### 3.3.4 Medidas de concorrência

Estas medidas incorporam a capacidade de restrições de atividades e utilizadores. Usam qualquer uma das medidas referidas anteriormente. Basicamente consistem em medir a concorrência entre zonas e/ou entre atividades. Por exemplo, avaliam a localização de uma determinada zona pelo número de atividades dentro de um determinado tempo de viagem; cada um dos destinos desta zona ainda é avaliado pela sua capacidade de ter determinadas atividades em relação à escolha de atividade em zonas adjacentes. Esta medida é melhor aplicada a nível regional.

Para formulação desta medida (Wee, Hagoort, & Anne, 2001) propõem uma fórmula aplicável a concorrência de empregos:

$$A_{Jobs_i(T \leq T_{max})} = \sum_{j=1}^{j=n} \left( \frac{Jobs_j}{T_{ij}^\alpha} \times \frac{\sum_{k=1}^{k=n} \left( \frac{Jobs_k \times Lf_k}{T_{jk}^\alpha} \right)}{\sum_{k=1}^{k=n} \left( \frac{Lf_k}{T_{jk}^\alpha} \right)} \right)$$

**Equação 7 – Medidas de concorrência**

Em que:

- $A_{Jobs_i(T \leq T_{max})}$  - Acessibilidade de empregos dentro de um determinado tempo  $T_{max}$  da zona  $i$ ,  $j=1, \dots, n$ . são todas as zonas  $j$  dentro de  $T_{max}$  da zona  $i$ ,  $k=1, \dots, n$  são todos as zonas  $k$  dentro de  $T_{max}$  da zona  $j$ .
- $Jobs_j$  - Número de empregos dentro da zona  $j$ ;
- $Lf_k$  - corresponde a dimensão do mercado de emprego na zona  $j/k$ ;
- $T_{ij}$  - tempo de viagem entre as zonas  $i$  e  $j$ .

### 3.3.5 Medidas de espaço-tempo

Estas medem oportunidades de viagem dentro restrições pré-definidas de tempo. Nesta medida são identificadas três tipos de limitações:

- Restrições de capacidade – associada ao número de atividades que um indivíduo pode acomodar dentro um determinado período de tempo;
- Restrições de acoplamento – necessidade de estar em determinados lugares em determinadas períodos de tempo;
- Restrições de autoridade ou legais – relacionadas com os períodos tempo de funcionamento de determinadas atividades, ou de componentes da infraestrutura do transporte ou do serviço do transportes.

Desta forma, esta medida adequa-se bem para avaliar o encadeamento de viagem e aglomeração espacial de atividade. No, entanto, requer a realização de inquéritos aos utilizadores, para limitar o alcance geográfico e a compatibilidade de dados. Esta medida pode ser calculada pela seguinte fórmula (Bhat et al., 2000):

$$A_g = \sum W_i I(i)$$

**Equação 8 – Medidas de Espaço-tempo**

Em que:

- $A_g$  - Soma ponderada das oportunidades dentro de um conjunto de oportunidades viáveis ( $FOS$  – *Feasible Opportunity Set*);
- $W_j$  - Área ponderada da zona  $j$  e  $I(k) = \{1 \text{ se } k \in FOS\}, 0$  caso contrário.

### 3.3.6 Medidas de utilidade

Estas medidas calculam os benefícios individuais ou sociais da acessibilidade, captando o benefício para os utilizadores do acesso às oportunidades. Esta medida pode analisar motivações existentes de viagens, mas não antecipa o *feedback* dos efeitos entre os usos do solo e padrões de viagem, ou os padrões de comportamento de futuros utilizadores. Incluem:

- Utilidade económica – para o indivíduo ou para a comunidade;
- Benefícios sociais ou ambientais – por exemplo, efeito estufa, inclusão social;
- Motivações individuais de viagem – por atividade ou por destino de viagem;
- Motivos de opção e não-benefício de utilizadores da rede de infraestruturas de transportes.

Segundo (Geurs & Wee, 2004) , esta medida pode ser determinada matematicamente pela fórmula seguinte:

$$A_i = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \sum_{k=1}^m e^{v_k} \right)$$

**Equação 9 – Medidas de Utilidade**

Em que:

- $A_i$  - Máximo de utilidade expectável;
- $v_k$  - representa o transporte indireto ,ou observado, componentes temporais e espaciais de utilidade.

### 3.4 Indicadores propostos para análise

Na presente dissertação, para a realização de análise da Acessibilidade, optou-se por usar indicadores que se adaptem e possibilitem fazer uma boa análise geral das acessibilidades urbanas em Luanda e que futuramente sirvam como base na definição de outras matrizes mais específicas de acessibilidades.

Dada a variedade de indicadores propostos por diversos autores, os quais foram descritos na presente dissertação, considera-se que o importante neste âmbito é perceber qual principal função dos indicadores de acessibilidade. No entanto, é perceptível a similaridade em algumas das definições e conseqüentemente, formulações propostas pelos diversos autores, adaptadas possivelmente de outras expressões originais e consoante a sua aplicação.

Deste modo, para a presente dissertação foram usados apenas os indicadores que se seguem.

### 3.4.1 Indicadores de separação espacial

Estes indicadores são considerados indicadores geométricos, dado que medem a distância física entre dois pontos, de uma determinada área. Dentro deste tipo de indicadores foram analisados os seguintes indicadores propostos no relatório do (IMT-DPL, 2014).

#### 3.4.1.1 Índice de Sinuosidade

O Índice de Sinuosidade consiste em identificar a acessibilidade geométrica dois pontos  $i$  e  $j$ . Este indicador obtido pelo rácio entre a distância real de deslocação e a distância reta entre dois pontos. O IS pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$IS_{i,j} = \frac{S_{i,j}}{L_{i,j}} \geq 1$$

Em que.

#### Equação 10 – Índice de Sinuosidade

- $IS_{i,j}$  – Índice de Sinuosidade entre  $i$  e  $j$ ;
- $S_{i,j}$  - distância real de deslocação entre  $i$  e  $j$ ;
- $L_{i,j}$  – distância em linha reta entre  $i$  e  $j$ .

Para avaliação deste tipo de indicador geométrico há que considerar as seguintes situações:

- Quando  $IS \approx 1$  significa que o percurso realizado entre dois pontos  $i$  e  $j$  é aproximadamente retilíneo, ou seja, a extensão real das estradas tende a aproximar de uma extensão retilínea.
- Quando  $IS = 1$  significa que o percurso realizado entre os dois pontos é totalmente retilíneo.
- Quando  $IS = 1,5$  significa o percurso realizado entre os dois pontos é parcialmente retilíneo, ou seja, apresenta uma extensão 50% superior caso o percurso fosse feito em linha reta.
- Para  $IS \geq 2$  o percurso não é retilíneo, sendo considerado como acidentado, por exemplos estradas que passam colinas.

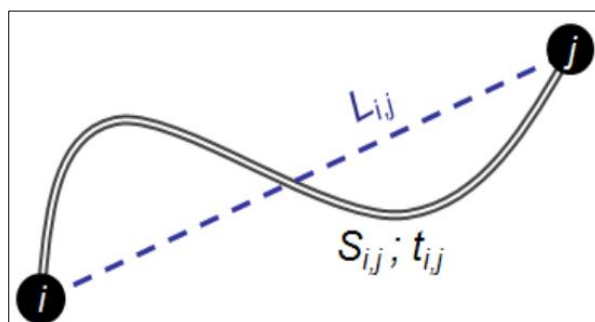


Figura 12 - Indicador de Sinuosidade

#### 3.4.1.2 Velocidade Equivalente Reta – VER

O indicador de Velocidade Equivalente Reta calcula a velocidade entre a distância em linha reta entre dois pontos  $i$  e  $j$  pelo tempo real de percurso entre os mesmos. Tal como a própria designação indica, mede a velocidade média de viagem caso o percurso entre duas zonas fosse efetuado em linha reta.

Este indicador exprime a velocidade em quilómetros por hora e representa a acessibilidade refletida pelas condições da via. Sendo obtido pelo rácio entre a distância em linha reta entre uma origem  $i$  e um destino  $j$ :

$$VER_{i,j} = \frac{\text{Distância em Linha Reta}_{i,j}}{\text{Tempo de percurso real}_{i,j}}$$

**Equação 11 - Velocidade Equivalente Reta**

#### 3.4.1.3 Relação entre os indicadores IS e VER

Segundo (Govan, 2012) o Índice de Sinuosidade e a Velocidade Equivalente são indicadores que podem estar relacionados entre si.

O Índice de Sinuosidade pode ser obtido pela relação entre a velocidade média real e a Velocidade Equivalente Reta.

$$IS_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{VER}$$

**Equação 12 – Relação entre o IS e a VER**

Em que:

- $IS_{i,j}$  – Índice de Sinuosidade entre  $i$  e  $j$ ;
- $V_{i,j}$  – velocidade média real entre  $i$  e  $j$ ;
- $VER$  – Velocidade Média Equivalente entre  $i$  e  $j$ .

A velocidade média real, por sua vez, pode ser obtida pela fórmula clássica:

$$V_{i,j} = \frac{S_{i,j}}{t_{i,j}}$$

**Equação 13 - Velocidade média**

Em que:

- $V_{i,j}$  – velocidade média real entre  $i$  e  $j$ ;
- $S_{i,j}$  - distância ou espaço percorrido entre  $i$  e  $j$ ;
- $t_{i,j}$  – tempo percorrido entre  $i$  e  $j$ .

Assim sendo, pode-se verificar que estes dois indicadores são inversamente proporcionais. Ou seja, quando o valor de VER aumenta, o valor do IS diminui. Assim para uma estrada com percurso sensivelmente retilíneo,  $IS \approx 1$ , a Velocidade Equivalente Reta será aproximadamente igual a velocidade média.

#### 3.4.2 Indicador de Transporte Público - ITP

Com intuito de comparar o transporte público (TP) e o transporte individual (TI) foi criado um indicador que permitisse comparar ambos modos de transportes, entre dois pontos  $i$  e  $j$ , avaliando assim a viabilidade do uso de TP. Este indicador foi denominado de Indicador de Transporte Público (ITP) e pode ser pelo rácio do Tempo de Viagem do TP sobre o Tempo de Viagem TI entre dois pontos  $i$  e  $j$ :

$$ITP = \frac{\text{Tempo de Viagem do TP}_{i,j}}{\text{Tempo de Viagem TI}_{i,j}}$$

#### Equação 14 - Indicador de Transporte Público

Para avaliação deste tipo de indicador há que considerar as seguintes situações:

- Quando  $ITP \approx 1$  significa que na escolha de percurso entre dois pontos  $i$  e  $j$  há uma predominância do TP em relação ao TI, sendo TP a melhor escolha.
- Para  $ITP \geq 2$ , há predominância do TI sobre o TP.

### 3.5 Súmula do Capítulo

Neste capítulo foi feita uma abordagem sobre Metodologias de Medição da Acessibilidade, sendo por isso imprescindível uma breve revisão bibliográfica do conceito de acessibilidade.

A palavra acessibilidade vem do latim *accessibilitas* que significa a qualidade de ser acessível, facilidade na aproximação ou obtenção. Dado a diversidade de definições proposta por diversos autores, pode-se dizer que a acessibilidade é definida como a capacidade, medida ou facilidade de uma determinada oportunidade ser alcançável ou de ser alcançada, recorrendo a um sistema de transporte. As atividades humanas, bens, serviços e destinos são consideradas como oportunidades.

Retratou-se também a evolução das metodologias utilizadas para análise da acessibilidade, uma vez que com as novas tecnologias existem cada vez mais sistemas de informação e *softwares*, que permitem a realização da análise pretendida.

Dado que para a realização de análises da Acessibilidade na presente dissertação se recorreu a uma ferramenta SIG, fez-se também uma breve descrição sobre este conceito. O Sistema de Informação Geográfica constitui um conjunto de procedimentos computacionais executados

sobre dados espaciais ou geográficos do mundo real, que permitem a visualização, análise, manipulação e armazenamento de informação georreferenciada destes dados.

Para a medição da Acessibilidade, foi feita também uma revisão sobre os Indicadores (de Acessibilidade, que permitem quantificar a acessibilidade. Os indicadores também são conhecidos por diversos autores como medidas de acessibilidade, destacando-se as mais comuns: medidas de separação espacial, medidas de contorno, medidas de utilidade e medidas de gravidade.

Por fim, foram propostos os indicadores relevantes para análise da rede rodoviária de Luanda, nomeadamente: Índice de Sinuosidade, Velocidade Equivalente Reta e Indicador de Transporte Público, que se considera permitirem realizar uma boa análise genérica de Luanda.



## **4. Desenvolvimento de Modelos de Análise para Luanda**

### **4.1. Introdução**

A construção de modelos da rede rodoviária e da rede de transporte público passa por um processo de obtenção e quantificação de dados que permitem simular o funcionamento da rede, com recurso a uma ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica). Esta ferramenta por sua vez possui capacidades de geoprocessamento e de análise de redes através de impedâncias. A simulação do funcionamento da rede rodoviária permite, assim, o desenvolvimento de análises de acessibilidades.

Por forma a realizar análise das acessibilidades da Rede Rodoviária e da Rede de Transporte Público de Luanda, elaboraram-se modelos, com recurso a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), neste caso utilizando a ferramenta comercial *ArcGIS*.

Neste capítulo será abordada a metodologia desenvolvida para análise do modelo em *ArcGIS*. Sendo assim, o desenvolvimento do modelo passou pelos seguintes procedimentos:

- Construção do mapa de Luanda e estruturação de zonas de análise de tráfego;
- Construção da rede rodoviária de Luanda;
- Construção da rede de transporte público.

Importante referir que no desenvolvimento dos modelos foi utilizado o Sistema de Coordenadas *WGS\_1984\_Web\_Mercator\_Auxiliary\_Sphere*.

### **4.2 Construção do mapa com divisão político- administrativa de Luanda- Estruturação de zonas de análise de tráfego**

Para a modelação de Luanda, construiu-se um mapa com a divisão político-administrativa de Luanda, de acordo com a Lei nº 29/11 de 1 de setembro. A criação deste mapa é essencial para o desenvolvimento de análises, visto que associa a informação demográfica dos habitantes de Luanda. Para tal, recorreu-se à imagem disponibilizada nos resultados do Censo de Angola, referente à província de Luanda. Por conseguinte, o processo para a construção deste mapa passou por quatro etapas diferentes:

1. Georreferenciação da imagem;
2. Criação de polígonos;
3. Topologia;
4. Atribuição de dados da população.

#### 4.2.1 Georreferenciação da imagem

Uma vez que não se encontra disponível um mapa de Luanda para ser usado em SIG, foi realizada a georreferenciação de um cronograma das comunas de Luanda, obtida no documento do Censo Angola 2014 para a província de Luanda (ver figura).

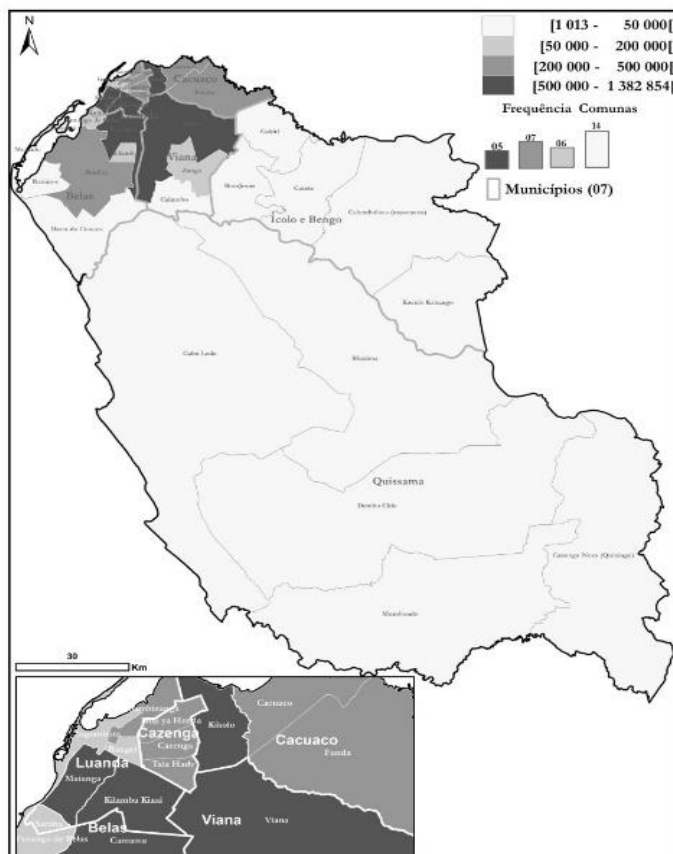


Figura 13 – Cronograma usado para georreferenciação (fonte: (INE, 2016b))

A georreferenciação é um processo que permite tornar coordenadas conhecidas de uma imagem ou um mapa ou qualquer outra fonte de informação geográfica num dado sistema de referência. Normalmente, este processo inicia-se com obtenção de coordenadas (com o sistema que se pretende georreferenciar) da imagem ou mapa, conhecidos como pontos de controle. Estes pontos de controle permitem a identificação de locais físicos, como por exemplo interseções de estradas, rios, topos de montanhas, etc.

Para se proceder à georreferenciação, recorreu-se à ferramenta *Georeferencing* do *ArcMap*. Esta ferramenta possibilita fazer a georreferenciação de duas formas: uma com base em coordenadas conhecidas, para o que é necessário ter um mapa com coordenadas, e outra usando o comando *Fit to Display*.

Para a presente dissertação recorreu-se ao comando *Fit to Display*, dado que o cronograma com o mapa de Luanda, não dispõe de coordenadas. Nesta opção, a imagem centra-se no *ArcMap*, permitindo assim o início do processo de georreferenciação, e vai sendo ajustada consoante a posição no *Base maps* do *ArcMap*. Numa fase inicial usou-se a imagem, com destaque para as comunas dentro da cidade, e depois complementou-se com o resto do mapa, como ilustrado na figura infra.

De seguida, devem-se escolher dois ou mais pontos de controlo, que permitam georreferenciar a imagem. Para isso, escolhe-se a opção *Add Control Points* da ferramenta *Georeferencing*. Estes pontos permitem obter um melhor ajuste ao *Base maps*.

Finalmente quando a imagem estiver corretamente georreferenciada escolhe-se a opção *Rectify* para guardar a imagem. Esta imagem será guardada com o formato *tif*, sendo posteriormente usada para a criação de polígonos.



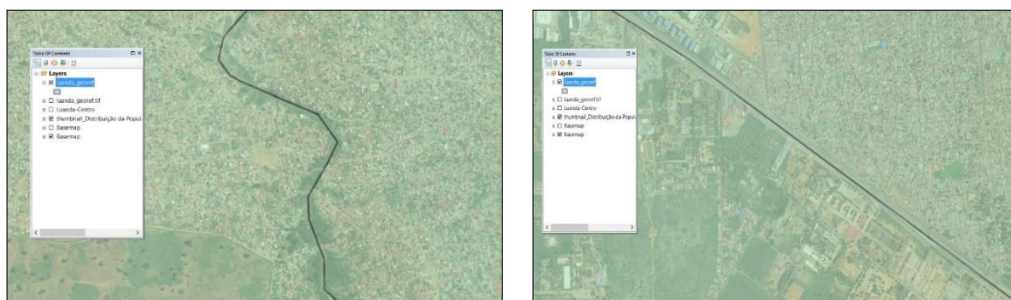
Figura 14 - Imagem da primeira parte do mapa georreferenciada em *Arcmap*

### 4.2.2 Criação de polígonos

Assim que se obtém a imagem georreferenciada em formato *tif*, procede-se então à criação do mapa. Para a criação dos polígonos, recorreu-se ao comando *Create Features* do *Editor*.

Como Luanda se encontra dividida por municípios e subdividida por comunas, começou-se por fazer polígonos dos municípios e depois das comunas. As áreas das comunas foram divididas, com recurso ao comando *Clip* do *Editor*.

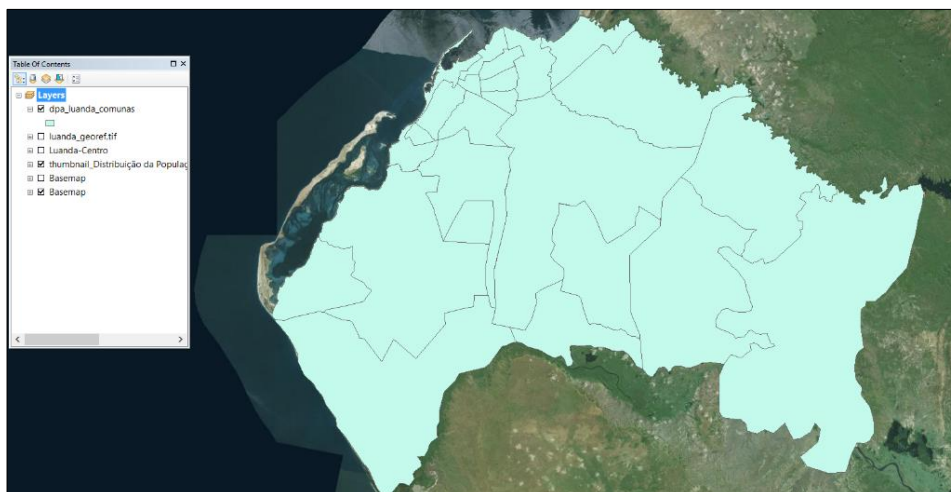
Para criação das áreas dos municípios e respetivas comunas, teve-se em atenção se os limites geográficos não atravessavam zonas populacionais, se passavam por linhas de água e se seguiam a diretriz de algumas vias. Como se podem ver nas figuras seguintes, alguns dos limites geográficos de algumas comunas, atravessam linhas de água e passam pela diretriz de uma estrada.



**Figura 15 – Exemplos dos limites geográficos entre duas comunas por uma linha de água e pela diretriz da Estrada de Catete**

Para a construção do mapa de Luanda, consideraram-se 24 das 32 comunas que interessavam para a rede rodoviária de cidade de Luanda, dado que as restantes comunas não interferem muito nas análises e não existem dados de ligações rodoviárias para estas comunas.

Por fim, obteve-se o seguinte mapa:



**Figura 16 – Mapa criado com a divisão político-administrativa de Luanda**

### 4.2.3 Topologia

Após a construção do mapa, procede-se então a verificação da topologia. Nesta fase interessa ver se as áreas dos polígonos ficaram bem definidas, se não houve sobreposição ou se não existem buracos nos limites das comunas.

Em Sistema de Informação Geográfica, a topologia é um conjunto de regras e comportamentos que se estipulam como pontos, linhas e polígonos que partilham geometrias coincidentes, como por exemplo parcelas de terreno adjacentes, partilham uma aresta em comum. A utilização de uma topologia em SIG, é fundamental para garantir a integridade dos dados, sendo essencialmente usado para assegurar a qualidade dos dados e permitir a execução de algumas

funções de análise espacial, como por exemplo calcular e procurar o caminho mais curto entre dois pontos de uma determinada rede.

Um modelo de dados topológico representa os objetos espaciais como pontos, linhas e polígonos, tendo subjacente um grafo composto por nós e arcos. Um arco é sempre definido por dois nós e ponto de interseção dois arcos resulta num nó.

Como ilustrado na figura seguinte foram identificados alguns erros, numa análise inicial a estrutura do mapa. Estes erros estão relacionados com a topologia do mapa, são por isso erros de estruturação dos polígonos, com base em regras definidas para polígonos.

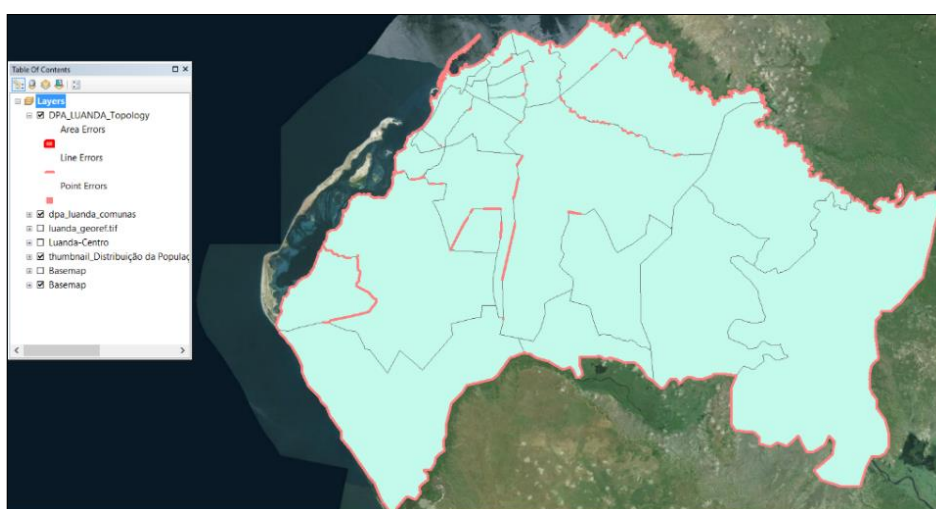


Figura 17 - Erros de topologia identificados na criação do mapa

Para tal, de forma a validar a topologia e a consequentemente corrigir os erros topológicos, foram aplicadas as seguintes regras topológicas:

- **Must not overlap**
- **Must not have gap**
  
- **Must not overlap** - esta regra prevê que polígonos não se devem sobrepor, podendo, no entanto, partilhar arestas ou vértices. Esta regra é muito útil para modelação de limites administrativos, como códigos postais ou distritos eleitorais.



Figura 18 - Regra topológica **Must not overlap** para polígonos (fonte: ArcGIS 10.3, Desktop Help)

- **Must not have gaps**— esta regra exige que não deve existir vazios dentro de um único polígono ou polígonos adjacentes, ou seja todos os polígonos devem formar uma superfície contínua. Neste tipo de regra, o perímetro exterior de uma superfície sempre será considerado como erro, pelo que se pode ignorar o erro ou então considerar como uma exceção.

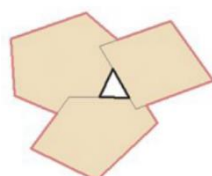


Figura 19 - Regra topológica *Must not have gaps* (fonte: *ArcGIS 10.3, Desktop Help*)

Neste mapa criado encontraram-se alguns erros topológicos, nomeadamente: sobreposição de polígonos e existência de alguns vazios nos limites das comunas.

Para a correção dos erros, recorre-se a barra de ferramentas *Topology* do *ArcMap* e usa-se as ferramentas *fix topology* e *erro toll*, que ajudarão a selecionar os erros, bem como também o comando *inspector*, que permite verificar sobre qual regra topológica não foi cumprida. Importante referir que se marcou como exceção a regra todo perímetro exterior do mapa.

De seguida serão apresentados alguns exemplos dos erros topológicos identificados, bem como as respetivas correções.

- **Sobreposição de polígonos**

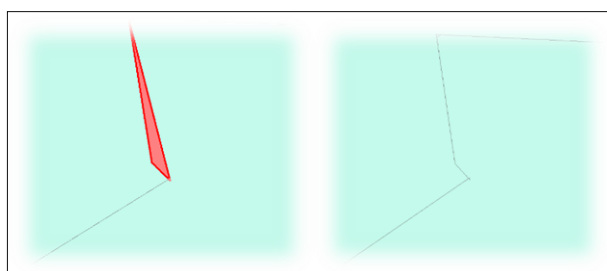


Figura 20 - Exemplo de sobreposição de arcos e respetiva correção

- **Existência de vazios entre limites de comunas**

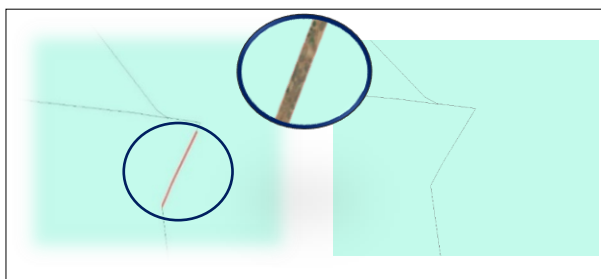


Figura 21 – Exemplo de existência de vazias e respetiva correção

No final, faz-se a validação das correções topológicas, recorrendo a ferramenta *Validate* da topologia.

Por análise ao mapa criado e ao terreno em ortofotomapa do *base maps*, observou-se que algumas comunas tinham áreas mais amplas comparadas com as comunas mais próximas ao centro da cidade, provocando uma desigualdade de áreas. Por outro lado, as comunas com uma área amplas apresentam a maior parte da população concentrada numa determinada área e noutras áreas a população está muito dispersa.

Na presente dissertação como é pretendido fazer análises na rede rodoviária de Luanda, é necessário definir zonas de análise de tráfego.

As Zonas de Análise de Tráfego (ZAT) são genericamente definidas como unidades de geografia aplicadas ao planeamento convencional de transportes. Com as ZAT's assume-se que as viagens rodoviárias iniciam e terminam dentro de um centro denominado de centro de mobilidade ou *centroíde*(Duarte, 2013). Existem vários fatores que podem afetar a estruturação destas zonas, sendo que não existe uma forma mais correta de defini-las. Estas zonas podem ser definidas em função do âmbito e finalidade de um determinado estudo, da homogeneidade do uso do solo, pela divisão administrativa do censo, através de linhas de rios, ou através da rede de transportes, entre outros (Cardoso, n.d.). Para a presente dissertação pretende-se definir zonas mais ou menos homogéneas em termos de mobilidade, desta forma ao aumentar a mobilidade melhora a acessibilidade.

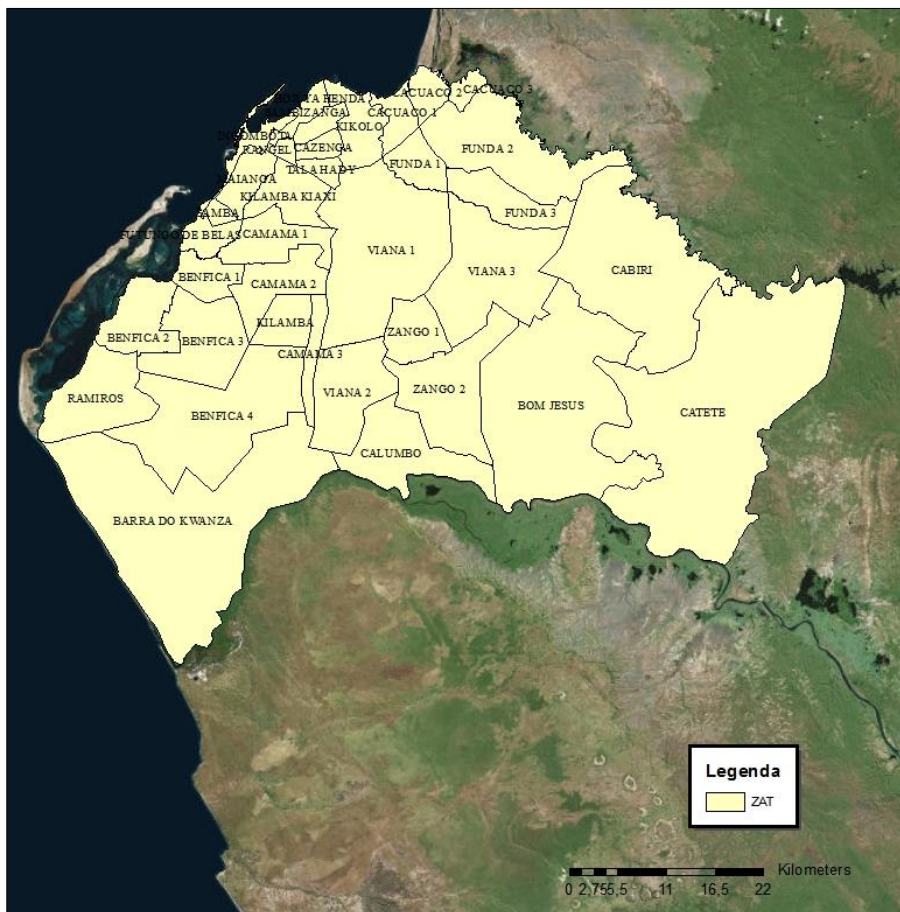
Posto isto, apenas foram subdivididas as seguintes comunas que tinham maior relevância para sua subdivisão em ZATs, nomeadamente: Cacuaco, Funda, Benfica, Viana, Camama e Zango.

Tendo em conta as áreas destas comunas e para uma melhor distribuição da população, estas foram subdivididas pelas seguintes de zonas de análise de tráfego:

**Quadro 5 - Zonas de análise de tráfego criadas**

COMUNAS					
Cacuaco	Viana	Funda	Benfica	Camama	Zango
ZONAS DE ANÁLISE DE TRÁFEGO					
Cacuaco 1	Viana 1	Funda 1	Benfica 1	Camama 1	Zango 1
Cacuaco 2	Viana 2	Funda 2	Benfica 2	Camama 2	Zango 2
Cacuaco 3	Viana 3	Funda 3	Benfica 3	Camama 3	
			Benfica 4		

As restantes comunas mantiveram as mesmas áreas, outras comunas com áreas também amplas como a Barra do Kwanza, Bom Jesus, Catete e Caibiri, não sofreram alterações dado que a população nestas comunas se encontra dispersa e existem poucas ligações rodoviárias a estas comunas. Depois de criadas estas zonas no *ArcMap*, fez-se de novo a validação da topologia. Por fim obteve-se o seguinte mapa.



**Figura 22 - Zonas de Análise de Tráfego**

### 4.2.4 Atribuição de dados da população

Após a realização das correções topológicas, obteve-se um conjunto de polígonos em formato *polygon*, dividido em 36 zonas de análise de tráfego.

Na tabela de atributos foram adicionados novos campos com designação população e POP\_ZAT, onde foram atribuídos os dados população pelas diferentes comunas segundo os resultados do censo 2014 e a distribuição da população pelas zonas de análise de tráfego.

Começou-se então a atribuir valores da população por comunas e posteriormente fez-se uma distribuição aproximada da população pelas novas áreas criadas. Para distribuição aproximada da população pelas novas zonas, teve-se em conta a análise do terreno em ortofotomapa do *base maps*. Por exemplo, na comuna de Viana constatou-se (sensivelmente) que 80% da população estava concentrada na ZAT designada de Viana 1, dado que não existem mais dados disponíveis para uma melhor distribuição<sup>9</sup>.

Em **Anexo I** encontra-se um quadro com os dados da população distribuídas pelas comunas e por ZAT's.

## 4.3 Construção do modelo da rede rodoviária

O processo para a construção do modelo da rede rodoviária, passou por quatro etapas, nomeadamente:

1. Recolha de dados;
2. Topologia;
3. Correção dos arcos;
4. Calibração fina das velocidades.

Para uma melhor perceção destas quatro fases, será feita uma breve descrição de cada fase.

### 4.3.1 Recolha de dados - inventário

Para a construção do modelo da rede rodoviária, usou-se a rede viária de Luanda disponível no *OpenStreetMap*<sup>10</sup>. Neste ficheiro, incluía dados relacionados com a rede viária de Luanda, como a rodovia e a ferrovia e alguns polígonos de locais de lazer, linhas de construção de edifícios, etc., tudo em formato de *shapefiles*.

---

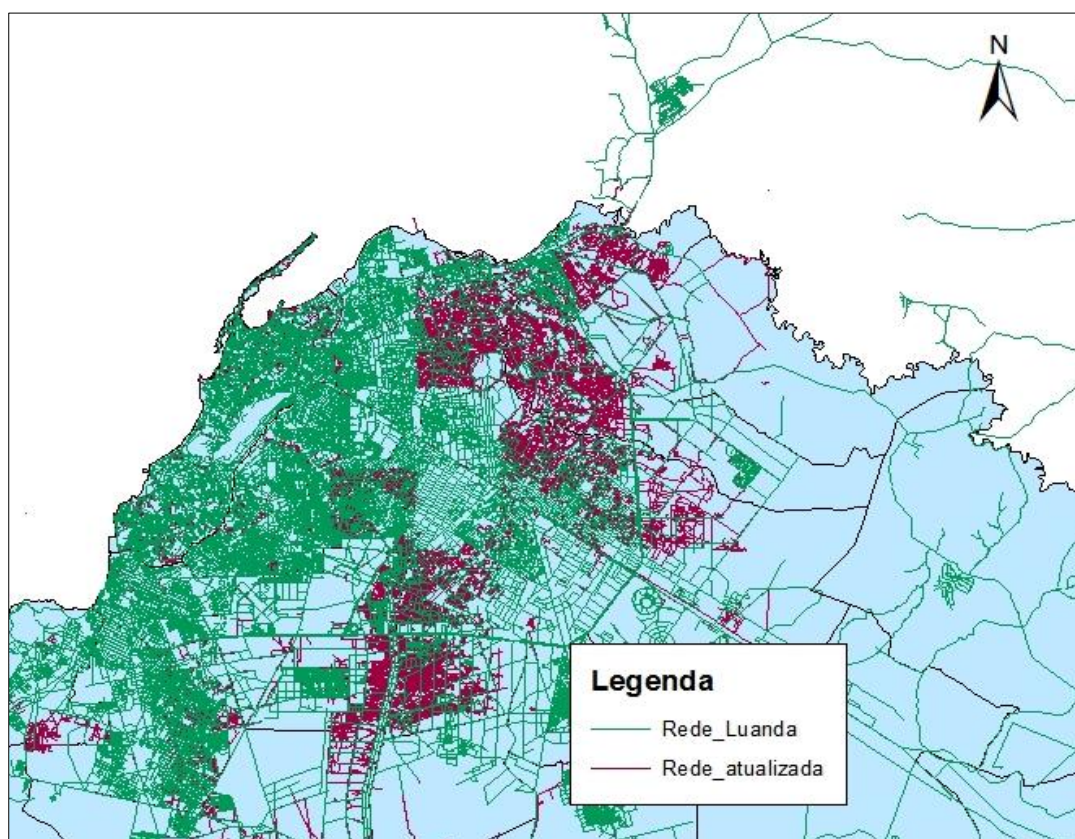
<sup>9</sup> O modelo desenvolvido parte de simplificação académica, admitindo uma aproximação da população pelas ZAT definidas. Contudo, o modelo para análise da acessibilidade não perde a validade teórica, podendo esta aproximação da população vir a ser substituída por um modelo mais sofisticado, que contenha uma distribuição da população mais discreta.

<sup>10</sup> O *OpenStreetMap* é uma biblioteca online aberta com mapa do Mundo, desenvolvida por uma comunidade voluntária de mapeadores que contribui e mantém atualizados dados sobre estradas, estações ferroviárias, edifícios, linhas de água, transporte público e muito mais por toda parte do mundo.

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

Como é pretendido na presente dissertação, trabalhou-se com a rede rodoviária de Luanda. Esta rede serviu como base para a construção do modelo, pois apresenta grande parte da atualidade da rede rodoviária de Luanda. Numa fase de revisão da presente dissertação, verificou-se que a rede rodoviária de Luanda foi atualizada no *OpenStreetMap*. Embora o número de arcos da nova atualização tenha aumentado significativamente e para que se cumprisse a dissertação em tempo útil, não foi considerada esta atualização. Isto porque, os novos arcos correspondiam as vias em zonas informais. Logo por questões de segurança no atravessamento de vias principais ou secundárias, não constituem, uma grande influência nas análises da rede.



**Figura 23 – Rede rodoviária atualizada de Luanda**

Neste inventário do *OpenStreetMap*, constatou-se também lacunas relativamente a definição de velocidades das vias. A hierarquia da rede rodoviária também não estava corretamente definida, tal como se vê na figura seguinte. Esta hierarquia foi posteriormente emendada.

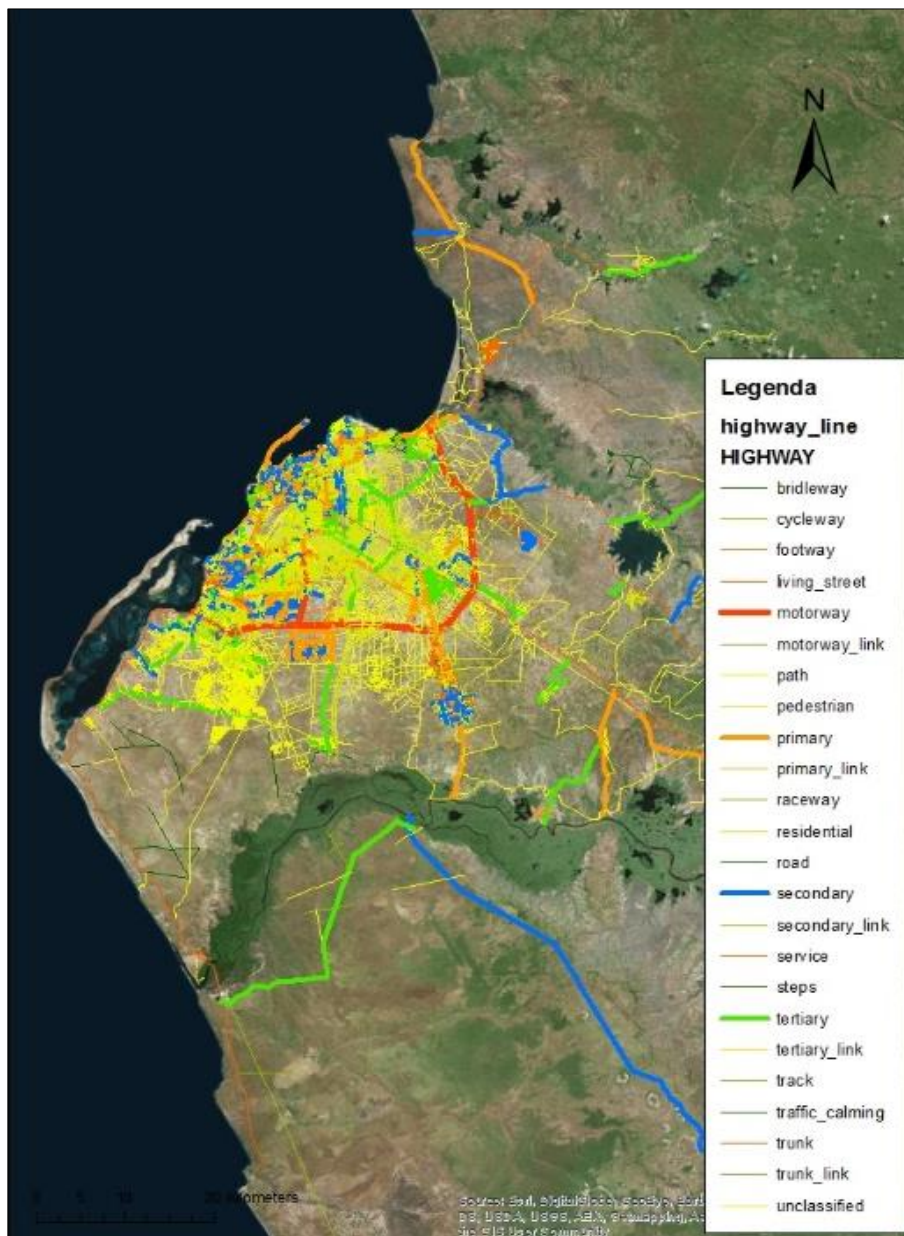


Figura 24 - Dados originais do inventário disponível no *OpenStreetMap*

### 4.3.2 Topologia

Tendo em conta o inventário obtido pelo *OpenStreetMap*, procedeu-se à criação do modelo da rede viária de Luanda.

Numa fase inicial, realizaram-se as correções topológicas necessárias. De seguida, criou-se o modelo da rede e após o funcionamento da rede fizeram-se verificações das falhas de conexão que pudessem existir e persistir. Por fim, fez-se uma calibração da rede, ajustando e acertando as velocidades, para que as impedâncias (neste caso os tempos de viagem) fossem o mais próximo possível da realidade e, assim, os resultados obtidos fossem plausíveis.

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

Tal como referido anteriormente, a construção do modelo da rede rodoviária de Luanda, baseou-se no inventário obtido no *OpenStreetMap*. A partir deste inventário, efetuaram-se algumas correções, devido a alguns erros de topologia, como por exemplo arcos sobrepostos e arcos que não tinham qualquer ligação a outros arcos da rede.

Na figura seguinte, apresentam-se alguns dos erros detetados nos arcos aquando das primeiras análises efetuadas, com recurso a ferramenta *ArcGIS*. Estes erros estão relacionados com a topologia da rede, são por isso erros de estruturação dos arcos, com base em regras definidas através de linhas e pontos.

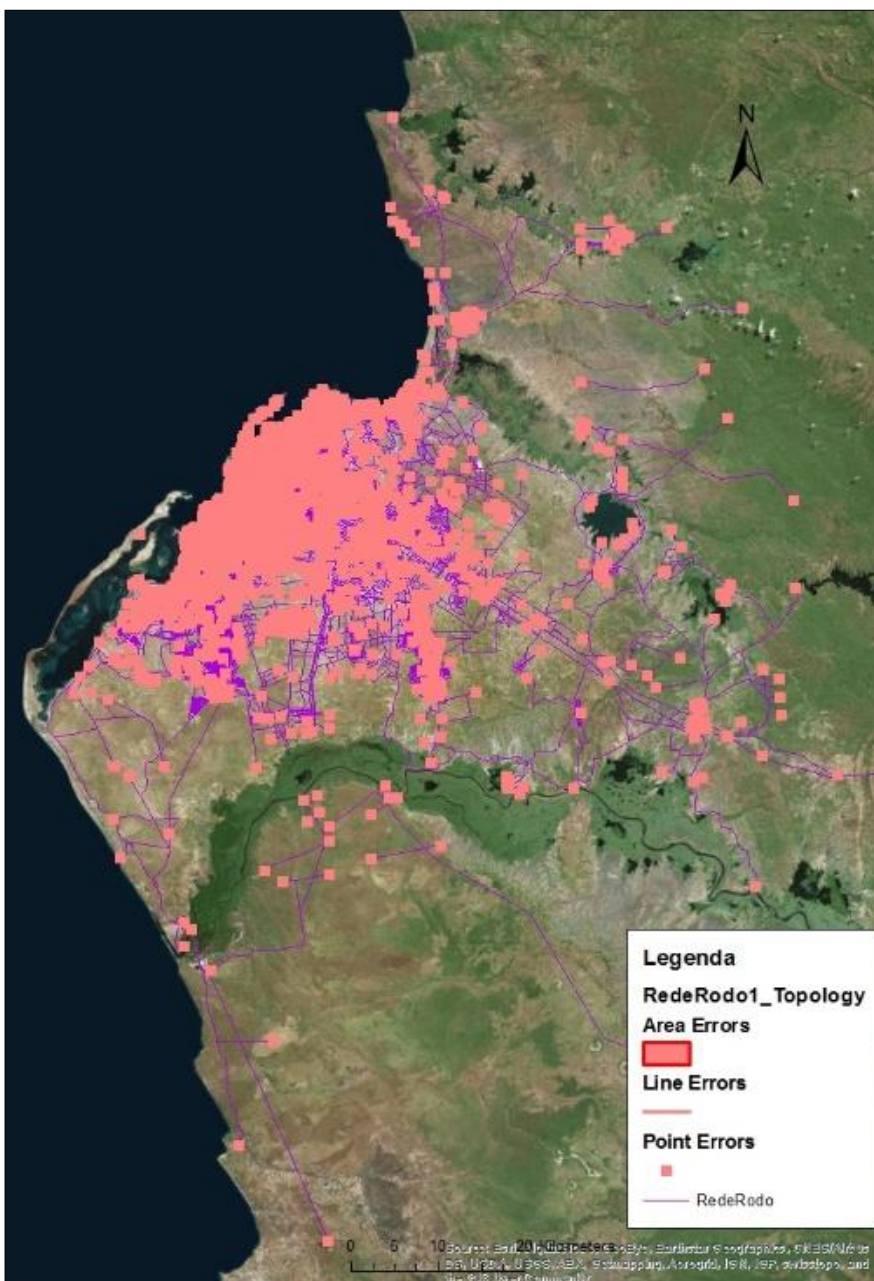


Figura 25 - Erros topológicos encontrados no inventário do *OpenStreetMap*

Para validação da topologia e, conseqüentemente, correção dos erros, foram aplicadas as seguintes regras, apresentando-se de seguida uma breve descrição de cada:

- *Must not have dangles;*
  - *Must not overlap.*
- **Must not have dangles** – esta regra exige que não existam arcos com extremos isolados. Normalmente um determinado arco deve estar ligado a um outro arco, por um nó. Se um nó, por sua vez, não estiver ligado a um arco, então é chamado de *dangle*. Esta regra aplica-se nos casos de arcos que se conectam uns com outros, como por exemplo ruas. Contudo, existem situações excepcionais em que a regra não é cumprida, quando se trata por exemplo de uma rua sem saída.



Figura 26 – Regra topológica *Must not have dangles* (fonte: *ArcGIS 10.3, Desktop Help*)

- **Must not overlap** – tal como visto anteriormente nos polígonos, esta regra exige que os arcos não sobreponham entre si. É utilizada quando um determinado arco não pode partilhar o mesmo espaço com um outro arco. Por exemplo, as estradas não devem sobrepor-se com ferrovias ou não podem existir segmentos de estradas diferentes coincidentes.

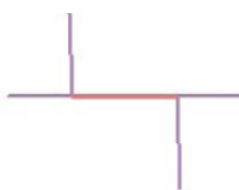


Figura 27 - Regra topológica *Must not overlap* para arcos (fonte: *ArcGIS 10.3, Desktop Help*)

Nos dados originais encontraram-se alguns erros de topologia, nomeadamente: sobreposição de arcos, arcos sem ligação estabelecida e arcos isolados. Grande parte dos erros topológicos foram arcos sem ligação estabelecida, ou seja, vias sem saída.

Como a rede rodoviária de Luanda apresenta muitas vias sem saída existentes em bairros informais, estes foram considerados como exceções à regra. Por outro lado, existem também os

arcos que constituem extremidades da rede e que foram considerados como exceção, assim como os arcos sem qualquer ligação à rede, que foram eliminados.

Depois de identificado os erros, estes foram corrigidos de modo a obedecer regras topológicas de redes de transportes, servindo, assim, para futuras análises e evitando problemas de modelação e de incorreção de análises.

Para a correção dos erros, recorreu-se à ferramenta *Topology* do *ArcMap* e usaram-se as ferramentas *fix topology* e *erro toll*, que ajudaram a seleccionar os erros, bem como também o comando *Inspector*, que permitiu verificar sobre qual regra topológica que não foi cumprida.

De seguida apresentam-se alguns dos erros topológicos identificados, bem como as respetivas correções.

- **Sobreposição de arcos**

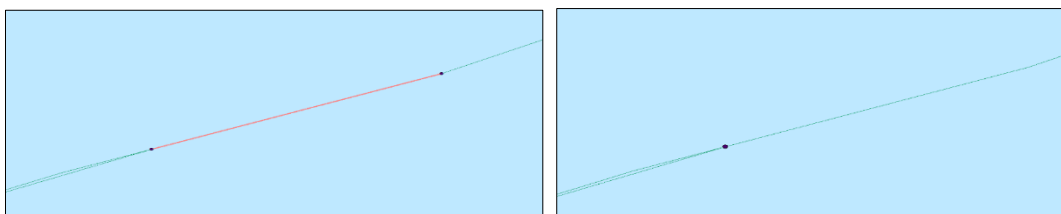


Figura 28 - Exemplo de sobreposição de arcos e respetiva correção

- **Arcos isolados**

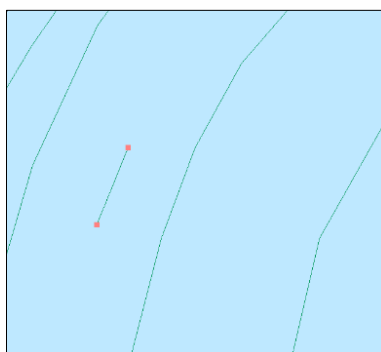


Figura 29 - Exemplo de um arco isolado

Após a validação da topologia total da rede, obteve-se uma rede de arcos topologicamente estruturados que obedece às regras previamente definidas. Com base nessa rede, recorreu-se à ferramenta *Build*, da *Network Dataset* do *Arcmap* e construiu-se o protótipo do modelo da rede rodoviária.

Com este primeiro protótipo já foi possível efetuar testes e análises preliminares, definindo-se os seus campos de impedância, como distância ou tempo de viagem.

O desenvolvimento deste primeiro modelo permitiu calcular caminhos mínimos e avaliar a qualidade dos mesmos, quer ao nível da proximidade à realidade, quer ao nível dos atributos da rede (tempos de viagem, percursos, distâncias, velocidade) que foram inicialmente confrontados com base no *Google Earth* e posteriormente com base no inquérito elaborado pela autora.

### 4.3.3 Correção de Arcos

Após a correção da topologia, o inventário do modelo é composto por 17.203 arcos, em formato de *polyline* (linhas poligonais). Tal como referido anteriormente, a hierarquia rodoviária da rede estava definida segundo um campo HIGHWAY, sendo esta composta pelos seguintes tipos de vias:

- primárias (*primary*);
- secundária (*secondary*);
- terciárias (*tertiary*);
- autoestrada (*motorway*);
- *trunk* (vias reservadas a veículos motorizados);
- vias locais e de acesso restrito a residentes (*residential e living street*),
- vias sem classificação (*unclassified e path*)

Dado que ainda não existe uma hierarquia rodoviária oficial da rede de Luanda e para facilidade de análises, optou-se por se criar uma nova hierarquia rodoviária. Esta hierarquia é definida por:

1. Via interurbana
2. Vias principais
3. Vias secundárias
4. Vias de Acesso local

A definição desta nova hierarquia, baseou-se na disposição da rede de estradas de Luanda, disponível no *Google Maps*.

Como via interurbana considerou-se a Via Expressa que é a única via circular que atravessa a cidade, de sudoeste a nordeste.

As vias principais são as vias mais solicitadas na cidade, sendo as aquelas que coletam o tráfego que chega do exterior da cidade para o interior da cidade e vice-versa. Inclui também estradas nacionais, como a EN100 que passa pelo litoral da província.

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

As vias secundárias são as vias destinadas a servir as vias principais e a via interurbana.

As vias de acesso local são todas as restantes vias, que servem zonas residenciais, o interior da cidade, zonas em bairros informais e vias sem classificação.

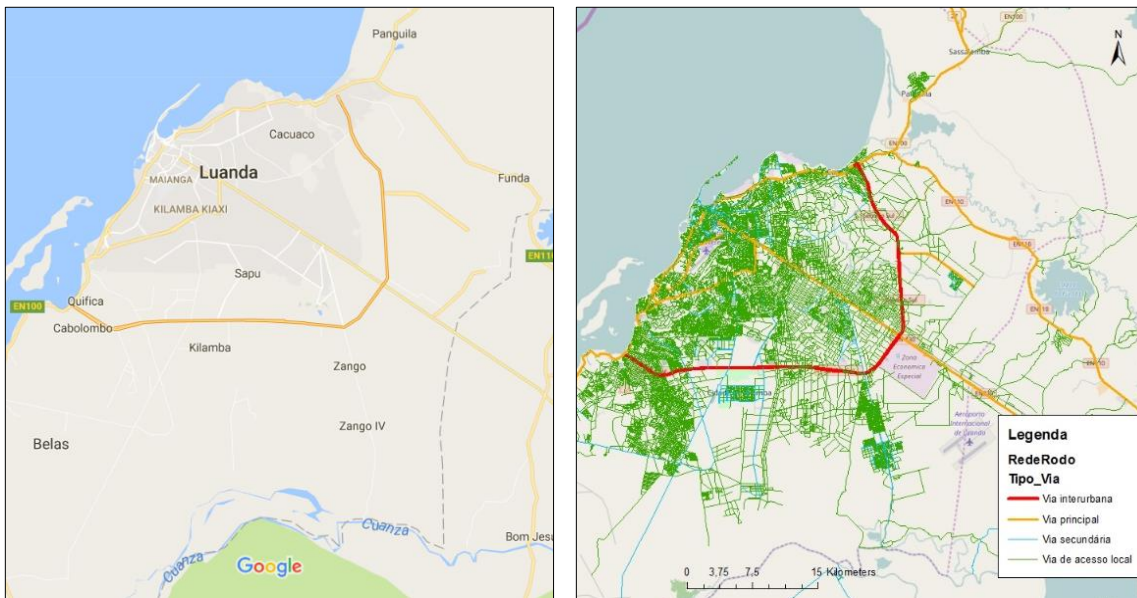


Figura 30 – Definição da hierarquia rodoviária de Luanda com base no *Google Maps*

Nesta fase foram também definidos e verificados os sentidos de circulação das vias. No primeiro protótipo da rede, verificaram-se algumas desconformidades em alguns percursos, pois algumas vias não tinham o sentido de circulação correto.

Para a definição deste campo, teve-se em conta o campo *Oneway* definido inicialmente com *Yes*, *No* e *-1*. Os campos *Yes* e *-1* denotavam as vias com um único sentido de circulação e o campo *No* as vias com dois sentidos de circulação. Com base neste campo, criou-se um novo campo, usando a ferramenta *Network Identify Tool* da *Network Analyst*, da seguinte forma:

- **FT** – *From To*, quando se verifica que o sentido de circulação é o mesmo sentido com que se traçou o arco.
- **TF** – *To From*, quando se verifica o sentido oposto, sendo por isso necessário para realçar o sentido de circulação do desenho.

- **Aspeto final da rede – sem erros topológicos e com arcos corrigidos**

No final, após a validação da topologia e a correção dos arcos, obteve-se o modelo ilustrado na figura seguinte. A partir deste modelo, procedeu-se então à calibração da velocidade, inicialmente com base no *Google maps* e depois com base no inquérito desenvolvido pela autora, como será descrito na seção seguinte.

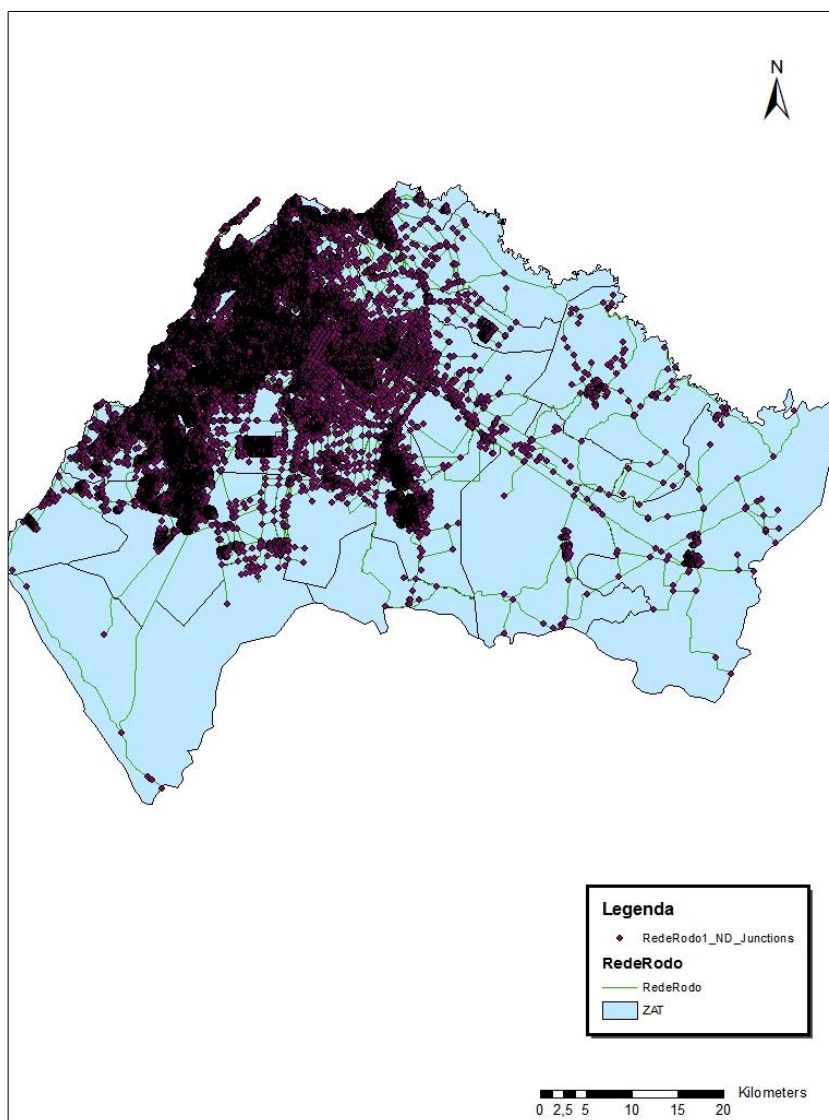


Figura 31 - Aspeto da rede final

#### 4.3.4 Calibração fina da Velocidade

Nesta etapa, de forma a que se obtivessem tempos de viagens próximos a realidade de Luanda (e devido à ausência de dados sobre a rede rodoviária), a autora elaborou um inquérito informal *online*. Assim, depois de realizadas todas as correções necessárias para o funcionamento da

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

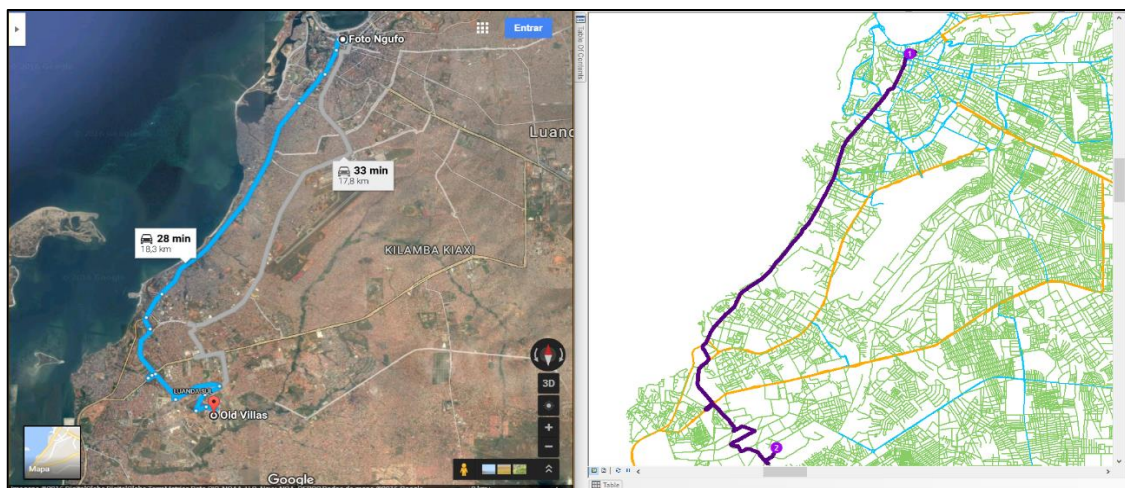
rede, recorreu-se ao *Network Analyst* para criar *Routes* (percursos) entre as várias origens/destinos obtidas pelo inquérito, de modo a que se verificassem valores próximos a realidade.

Como no inventário, as velocidades não estavam definidas, foi necessário atribuir valores de velocidades diferentes em função da hierarquia definida anteriormente. Para tal, inicialmente foram atribuídas as velocidades apresentadas no quadro seguinte, tendo o valor variado nas vias secundárias e nas vias de acesso local.

**Quadro 6 - Velocidades iniciais atribuídas**

Hierarquia	Tipo de via	Velocidade (km/h)
1	Via interurbana	80
2	Vias principais	50
3	Vias secundárias	25-30
4	Vias de Acesso local	10-25

As velocidades destas vias foram estudadas baseando-se no *Google Earth*, avaliando a distância em função do tempo. De seguida, confrontaram-se algumas rotas do inquérito com base no *Google Earth*. Isto permitiu averiguar se os percursos estavam corretos em termos de distância, tendo sido corrigidas algumas desconformidades. Nesta fase verificou-se também se os tempos de viagens coincidiam com do *Google Earth*, embora os tempos de percurso desta ferramenta não correspondam à realidade.



**Figura 32 - Uma das rotas analisadas com base no *Google Earth***

## Capítulo 4 – Desenvolvimento de modelos de análise para Luanda

De seguida foram atribuídas novas velocidades, para aproximar o mais possível à realidade (tempos de viagem obtidos no inquérito). Inicialmente reduziu-se a velocidade inicial atribuída para metade, em todos os arcos, e foram-se estudando os diferentes percursos.

Esta redução inicial não foi suficiente para que se obtivessem resultados mais próximos da realidade. Com base nos resultados do inquérito, obtiveram-se algumas velocidades muito baixas, chegando a atingir valores inferiores a 20 km/h nas vias principais e nas vias secundárias e valores inferiores a 10 km/h em vias de acesso local.

OBJECTID*	HIGHWAY	NAME	Hierarquia	Typo_Via	Velocidade	ONEWAY	Velocidade 1
20960	primary	Funda-Cabete	2	Via Principal	50		12
20970	primary	Estrada para Bom Jesus	2	Via Principal	50		12
20995	trunk	Estrada de Calate	2	Via Principal	50	FT	12
20996	primary	Macoco-Cabete	2	Via Principal	50		12
21029	primary		2	Via Principal	50	FT	12
21030	primary		2	Via Principal	50	FT	12
21031	primary	Funda-Cabete	2	Via Principal	50		12
21043	trunk	Sassatamba-Tentativa	2	Via Principal	50		12
21068	primary	Estrada de Barra do Dande	2	Via Principal	50		12
21069	trunk	Sassatamba-Tentativa	2	Via Principal	50		12
21071	trunk	Sassatamba-Tentativa	2	Via Principal	50		12
21073	primary	Cabete-Cabete	2	Via Principal	50		12
21097	trunk	Cabete-Calomboboca	2	Via Principal	50		25
21099	primary		2	Via Principal	50		12
21101	trunk	Cabete-Calomboboca	2	Via Principal	50		25
21102	primary		2	Via Principal	50	FT	12
21103	trunk	Cabete-Calomboboca	2	Via Principal	50		25
21116	secondary	EN10	2	Via Principal	50		25
158	tertiary		3	Via Secundária	30		15
175	secondary		3	Via Secundária	30		15
208	secondary		3	Via Secundária	30		15
700	unclassified		3	Via Secundária	30		15
1056	primary	Av. De Patrota	3	Via Secundária	60	FT	30
1057	primary	Av. De Patrota	3	Via Secundária	60	FT	30
1101	primary	Av. De Patrota	3	Via Secundária	60	FT	25
1109	primary	Av. De Patrota	3	Via Secundária	60	FT	25
1510	primary	Patrota-Berdesca	3	Via Secundária	30	FT	15
1586	primary	Av. De Patrota	3	Via Secundária	60	FT	30
1600	primary	Av. De Patrota	3	Via Secundária	60	FT	25
1624	primary	link	3	Via Secundária	60	FT	30
1663	secondary		3	Via Secundária	30		15
2789	residential	Travessa 9	4	Via de Acesso Local	15		5
2791	unclassified		4	Via de Acesso Local	15		5
2792	unclassified		4	Via de Acesso Local	15		5
2793	residential	Travessa 8	4	Via de Acesso Local	15		5
2795	residential		4	Via de Acesso Local	15		5
2796	residential		4	Via de Acesso Local	15		5
2797	residential	Travessa 7	4	Via de Acesso Local	15		5
2798	secondary		4	Via de Acesso Local	25	TF	10
2799	residential	Travessa 6	4	Via de Acesso Local	15		5
2800	unclassified		4	Via de Acesso Local	15		5
2801	secondary		4	Via de Acesso Local	25	TF	10
2802	secondary		4	Via de Acesso Local	25		10
2803	residential	Via 04	4	Via de Acesso Local	15		5
2804	residential	Travessa 5	4	Via de Acesso Local	15		5
2806	residential		4	Via de Acesso Local	15		5
2807	residential	Travessa 4	4	Via de Acesso Local	15		5
2808	residential		4	Via de Acesso Local	15		5
2810	residential		4	Via de Acesso Local	15		5
2811	residential		4	Via de Acesso Local	15		5
2812	residential		4	Via de Acesso Local	15		5

Figura 33 - Velocidades Calibradas

Como se sentiu dificuldade em definir velocidades que correspondessem à realidade e por falta de mais dados, não se teve em conta a afetação da velocidade em função do tipo de pavimento da via ou as condições da mesma.

Devido igualmente a dificuldade na obtenção de dados adicionais sobre os tempos de viagem em Luanda e por se tratar de um trabalho académico, optou-se por fazer a calibração fina usando um conjunto de pares O/D do inquérito. No total foram usados 20 pares O/D para a calibração fina da velocidade.

Apesar de se terem obtido mais respostas no inquérito *online*, estes pares aparentavam ser mais plausíveis quer em termos de viagem, quer na definição dos locais de origem e destino, devido à dificuldade em definir corretamente a localização das suas origens/destinos, em virtude de existirem ainda muitas ruas sem nome e da ausência de um sistema de código postal aplicado a localidades em Angola.

#### **4.3.4.1 Elaboração de Inquérito para calibração de velocidade**

- **Introdução**

Luanda é uma cidade muito caótica a nível de tráfego rodoviário, o que leva ao “híper-congestionamento” de grande parte das vias. Quando se consulta um determinado percurso no *Google Earth*, verifica-se que o tempo de viagem neste programa não corresponde à realidade, pois não tem em conta o congestionamento verificado nas estradas de Luanda. Ou seja, o modelo do *Google Earth* ainda não está corretamente adaptado ou desenvolvido para a realidade de Luanda, tornando-se numa fonte pouco fiável para avaliação de tempos de viagem.

Neste contexto, para que se pudesse desenvolver uma rede rodoviária mais próxima da realidade de Luanda, foi elaborado um inquérito informal *online*, que possibilitasse a diversas pessoas responder às perguntas propostas. O objetivo principal deste inquérito foi a elaboração de uma matriz com várias origens e destinos, que possibilitasse averiguar o tempo perdido no tráfego pelas pessoas nos seus percursos habituais e complementarmente, avaliar a mobilidade dos mesmos. Este questionário foi formulado com dez perguntas simples que se encontram no **Anexo II**. Estas questões estavam divididas em duas seções:

1. Caraterização do indivíduo – destina-se a caracterizar o indivíduo, relativamente à sua profissão, morada de residência (origem) e morada de emprego/estudo ou outro (destino);
2. Preferências Reveladas – destina-se a perceber como são realizadas as deslocações no dia-a-dia entre origem e destinos, bem como os modos de transportes usados e os respetivos tempos de viagem.

Para elaboração deste inquérito recorreu-se plataforma *online* Survey Monkey.

- **Obtenção e análise das respostas**

Após a divulgação deste inquérito, no meio de familiares, amigos e conhecidos, constataram-se algumas imperfeições na elaboração do inquérito e algumas dificuldades sentidas pelos respondentes.

O principal problema detetado com a divulgação deste inquérito foi o facto de ter sido no meio de familiares e amigos, verificando-se assim uma concentração de grande parte das respostas na zona Sul e no centro de Luanda.

De seguida refletiu-se sobre a viabilidade das respostas obtidas, dado que as pessoas poderiam equivocar-se sobre o tempo de viagem perdido no trânsito. Para corrigir tais questões, talvez fosse necessária a elaboração de um inquérito diário, que permitisse avaliar corretamente os tempos de viagem. Todavia, a elaboração deste tipo de inquérito seria dispendiosa, sendo necessária uma equipa profissional.

Outra questão que se verificou foi a dificuldade dos respondentes em indicar as respetivas moradas de origem e destino. Isto prende-se com o facto de que em Luanda (e no resto do país), existem muitas ruas sem nome (principalmente em zonas periféricas) e há ausência de um sistema com código postal aplicado a localidades.

Contudo, foi possível obter alguns dados estatísticos interessantes:

- **Horário de saída da origem (casa)** – obteve-se que 50% dos respondentes saem num período entre as 6h00 e as 8h00 da manhã, sendo que apenas 20,83% saem entre o período das 8h00 às 10h00 e 12,50% entre as 4h00 e as 6h00. Destacaram-se estes horários dado que são os períodos mais solicitados.

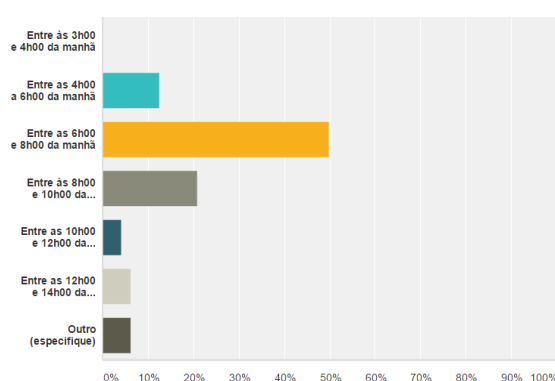


Gráfico 1 - Horário de saída da origem. (Elaborado diretamente pelo Survey Monkey)

- **Horário de saída do destino (local de trabalho/escola/outro)** – destacou-se que 44,79% saem entre o período das 16h00 às 18h00 e apenas 27,08% saem entre as 18h00 e as 20h00.

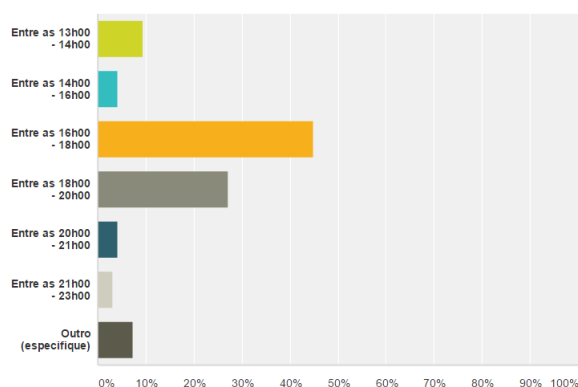


Gráfico 2 - Horário de saída do destino. (Elaborado diretamente pelo Survey Monkey)

No total foram obtidas pelo menos 100 respostas (algumas foram posteriormente apagadas por estarem incompletas, ficando apenas 97), que apesar de ser uma amostra bastante pequena

para uma calibração com qualidade da rede rodoviária de Luanda, possibilitou a realização da presente dissertação em tempo útil.

De forma a pôr a rede a funcionar consoante a realidade do trânsito em Luanda, optou-se por usar como hora de ponta, a hora de ponta da manhã entre as 6h00 e as 8h00, dado que há mais procura neste horário.

A elaboração deste inquérito permitiu perceber a necessidade de dispor de uma base de dados com informação relativa ao tráfego rodoviário de Luanda, que possibilite a realização de estudos aprofundados sobre as causas e consequências do trânsito, bem como a elaboração de cenários alternativos ao trânsito em Luanda.

#### **4.4 Construção do modelo de transporte público da futura rede de transportes da Área Metropolitana de Luanda**

Por forma também a analisar a acessibilidade rodoviária em Luanda, decidiu-se igualmente estudar algumas ligações da futura rede de transporte público da Área Metropolitana de Luanda. Este estudo permitirá assim correlacionar a rede rodoviária de Luanda com a rede de transporte de transporte público, comparando a acessibilidade em ambos casos.

Deste modo, para análise da rede de transporte público (TP) fez-se a construção de algumas linhas ferroviárias em *ArcGis*. Teve-se como base duas linhas propostas pelo Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda (PDGML). As ligações ferroviárias estudadas no âmbito da presente dissertação foram a linha ferroviária urbana nacional e a linha ferroviária expressa, de ligação ao Novo Aeroporto Internacional de Luanda (NAIL), tal como ilustrado na Figura 34.

Decidiu-se estudar estas linhas, visto que são ligações condicionantes ao NAIL. Por outro lado, a ferrovia urbana também circundará pela cidade principalmente pela Via Expresso, que foi construída tendo em conta uma futura ampliação da estrada.

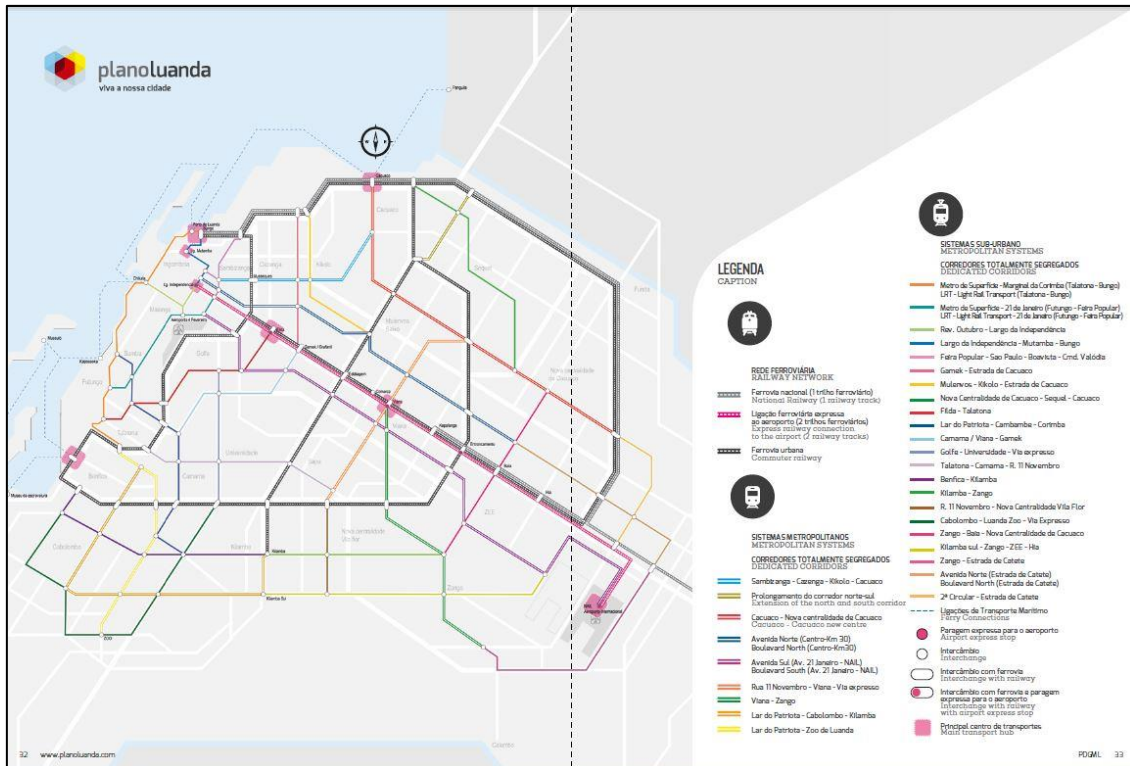


Figura 34 - Futura rede de transporte público em Luanda. (fonte: (“Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro,” 2015))

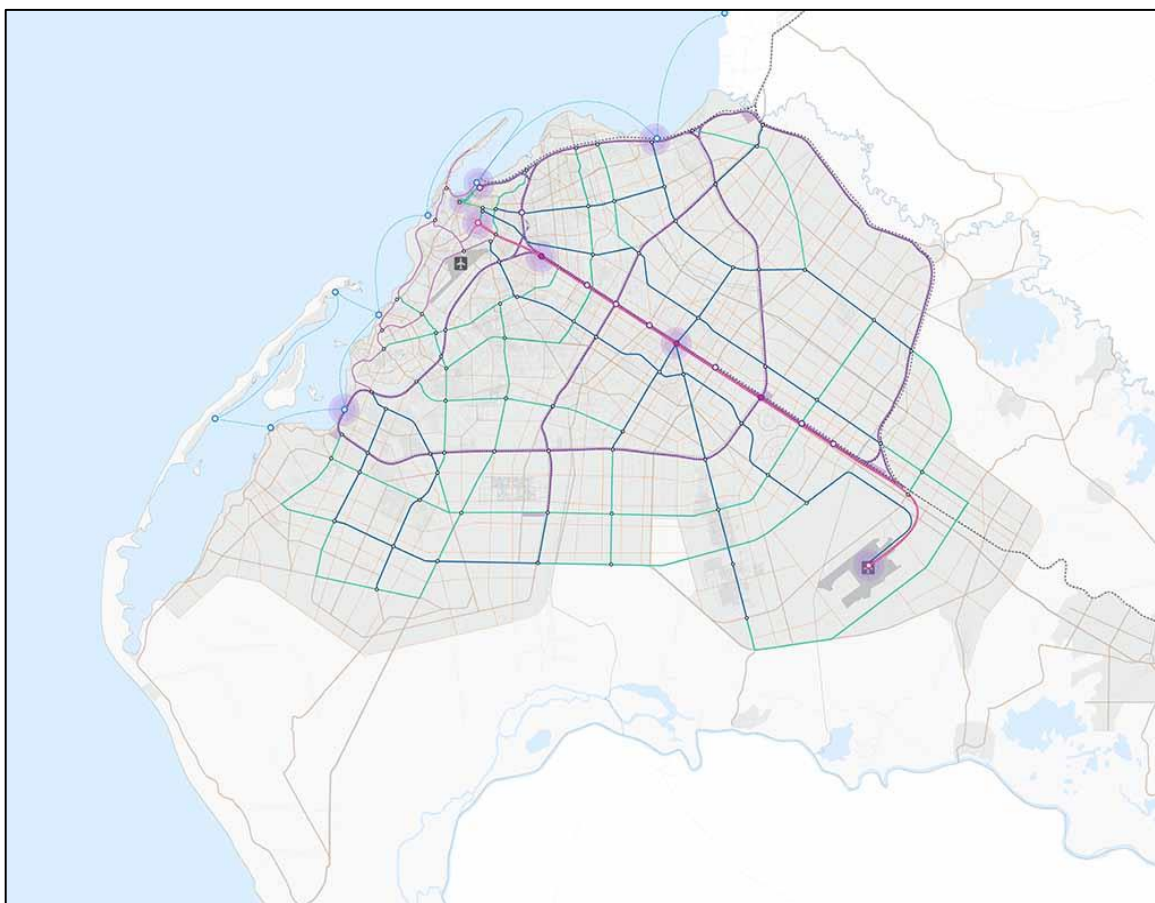
O processo para a construção destas linhas passou por etapas semelhantes à construção do mapa administrativo de Luanda e da construção da rede rodoviária. Inicialmente para estudo do modelo de TP, foi necessário criar uma cópia da rede rodoviária e transformá-la numa rede pedonal. Deste modo, considerou-se que um peão se move a uma velocidade de 4 km/h.

A criação do modelo de Transporte Público passou-se então pelas seguintes etapas:

1. Georreferenciação;
2. Conceção da rede de TP;
3. Topologia;
4. Calibração.

#### 4.4.1 Georreferenciação

Com intuito de estudar as ligações ferroviárias da futura rede de transporte público de Luanda, procedeu-se à georreferenciação em *Arcmap* de duas imagens: a imagem que consta na figura anterior e a imagem disponibilizada no portal da empresa *Mobility in Chain* (MIC), que é uma das empresas responsáveis pelo desenvolvimento do PDGML, tal como ilustrado na figura seguinte. A Figura 34, com a legenda da futura rede de TP, serviu como orientação para colocação e denominação das estações das linhas em estudo.



**Figura 35 - Imagem usada para georreferenciação. (fonte: <http://www.michain.com/works/plano-director-geral-metropolitano-de-luanda>)**

O procedimento para georreferenciação destas imagens foi semelhante ao visto na seção 4.2., ou seja, recorreu-se à ferramenta *Georeferencing* do *ArcMap* e usou-se o comando *Fit to Display* para georreferenciar a imagem. De seguida, colocaram-se alguns pontos de controlo com o comando *Add Points Control*, para melhor ajuste da imagem. Por fim, guardou-se a imagem georreferenciada em formato *tif* com o comando *Rectify*.

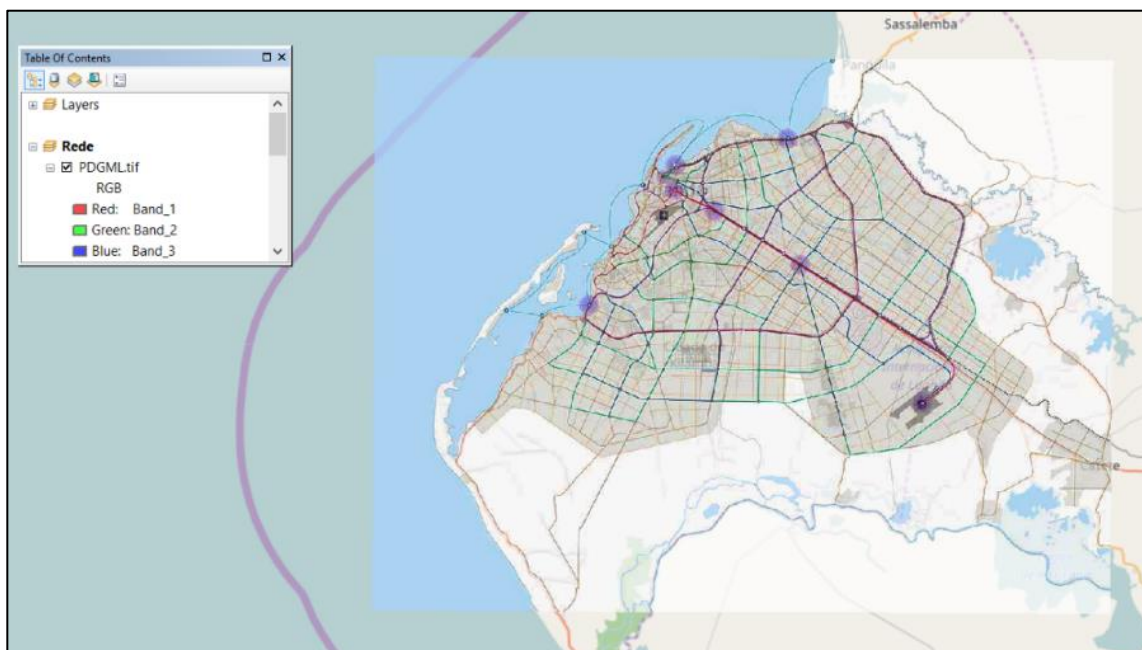


Figura 36 - Imagem georreferenciada da rede de TP em Arcmap

#### 4.4.2 Conceção dos elementos necessários a criação da rede de transporte público

Após a georreferenciação das imagens, procedeu-se à construção de: uma rede pedonal (arcos), paragens (estações ou cais), ferrovias, pontos de paragens nas linhas, pontos de paragem na rede pedonal e conetores de ligação à rede pedonal, bem como conetores de ligação aos cais (estações) a partir das ferrovias.

- **Rede Pedonal**

Para a criação da rede pedonal usou-se a rede rodoviária construída na seção 4.3, admitindo uma velocidade constante de 4 km/h, tendo sido eliminado também o campo *Oneway* que define o sentido de circulação das vias. Esta rede pedonal não considera as condições e características das vias, como inclinação, estado da via, etc., nem existência de passadeiras e eventuais obstáculos como edifícios, estacionamento indevido, etc.

- **Paragens e ferrovias**

Para a criação das linhas ferroviárias, começou-se por usar as estações já existentes do Caminhos de Ferro de Luanda (CFL) e que ainda permanecerão na ferrovia urbana do PDGML. Estas estações foram obtidas também no inventário do *OpenStreetMap*. Atualmente existem 14 estações ferroviárias. De seguida, confrontaram-se as estações do inventário com as estações das imagens georreferenciadas e criaram-se as futuras estações, com auxílio do comando *Editor*. Não se teve em conta uma localização mais precisa das futuras estações, visto

## **Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG**

### *Aplicação ao caso de Luanda*

---

que não existem mais dados disponíveis e trata-se apenas de modelação. Sendo assim, foram criadas as estações da linha ferroviária urbana e as estações da linha ferroviária expressa de ligação ao NAIL. Algumas estações da ferrovia urbana e da ferrovia de ligação expressa ao NAIL são coincidentes, promovendo o intercâmbio de linhas nestas estações.

Depois de criadas as estações foram desenhados arcos entre cada estação, de forma a possibilitar a definição de tempos de viagem entre estações. No entanto, teve-se em conta também que as linhas devem estar ligeiramente afastadas das estações de forma a criar conetores de ligação à rede pedonal, possibilitando assim a definição de tempos de espera nas estações.

Fez-se ainda uma duplicação de ambas linhas, de modo a definir diferentes sentidos de circulação. O número de estações foi igualmente duplicado para cada sentido de circulação, proporcionando assim a diferenciação de tempos de espera (em horas de ponta) em cada sentido. Esta duplicação das linhas e das estações, foi possível com auxílio do comando *Copy Parallel*, do Editor.

Nesta fase pretendia-se que as linhas férreas estivessem bem construídas para cada sentido de circulação, bem como garantir uma boa interseção em determinados pontos na linha urbana (LU) e desta com a linha expressa (LE), permitindo assim a diferenciação nas características de serviço da LU e da LE.

Na Figura 38 ilustra-se um dos pontos de interseção entre linhas. Os pontos de interseção foram admitidos como pontos de transbordos ou de intercâmbios entre linhas.

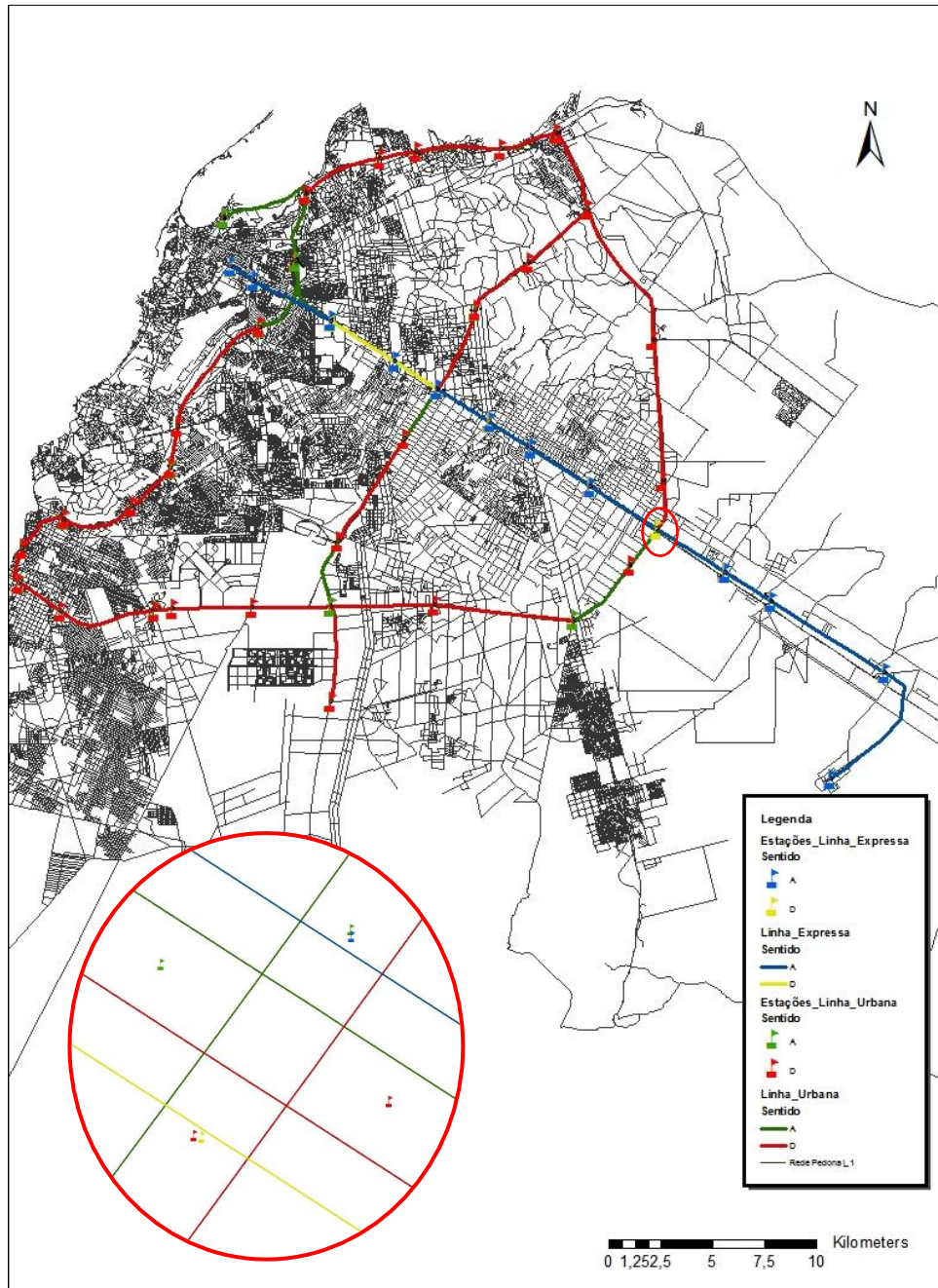


Figura 38 - Linhas férreas em estudo

- **Pontos de paragem da rede de TP**

Após a criação das linhas e dos cais das estações, foi necessária a criação de pontos de paragem nas linhas. Para criação destes pontos, teve-se em atenção o início e fim de cada arco das linhas férreas. Estes pontos representam a ligação entre a rede de TP e o conetor que liga os peões aos cais. Na figura seguinte estão ilustrados os pontos de paragem para cada sentido de circulação e para cada linha.

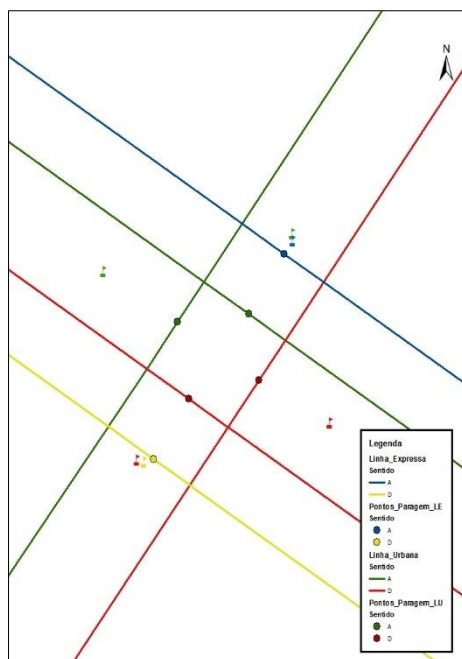


Figura 39 - Linhas e respetivos pontos de paragem e estações

- **Pontos de paragem na rede pedonal**

Estes pontos de paragem foram criados na rede pedonal com interesse de ligar a rede a um conetor, permitindo uma passagem mais rápida dos peões aos cais. Estes pontos foram criados, na maior parte das vezes, com a recurso a um *Vertex* nos arcos da rede pedonal.

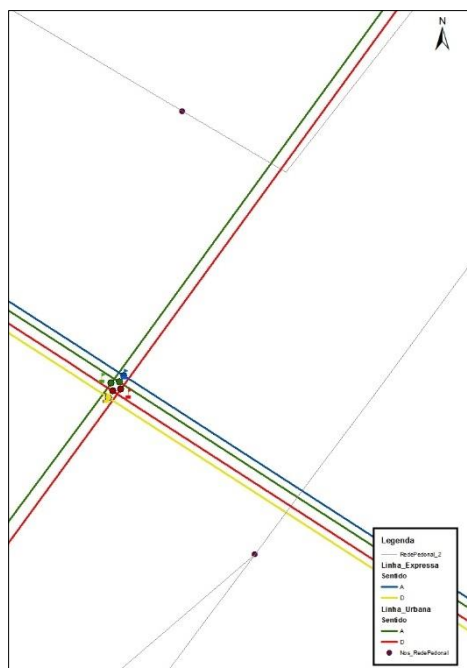


Figura 40 - Nós da rede pedonal

- **Conetores da rede TP**

Foram criados arcos fictícios que permitissem a ligação dos pontos de paragens da rede de TP aos cais. A criação destes conetores permite a simulação de tempos de espera nos cais.

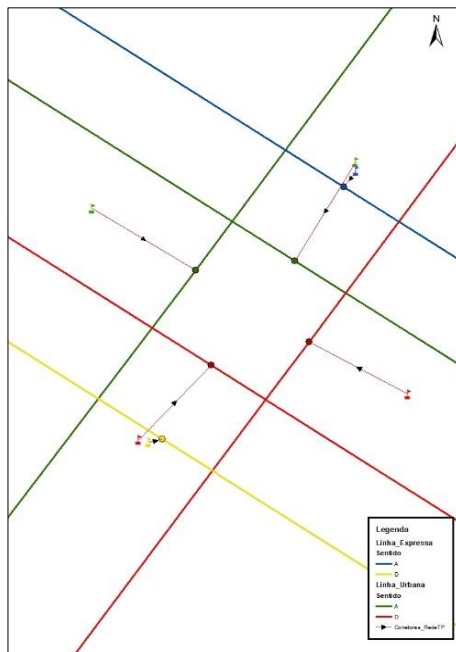


Figura 41 - Conetores da rede TP

- **Conetores de ligação à rede pedonal e entre cais**

Este tipo de conector foi criado para estabelecer a passagem de peões entre linhas, ou seja, permitir a ligação entre cais, bem como a ligação dos cais aos pontos de paragem da rede pedonal.

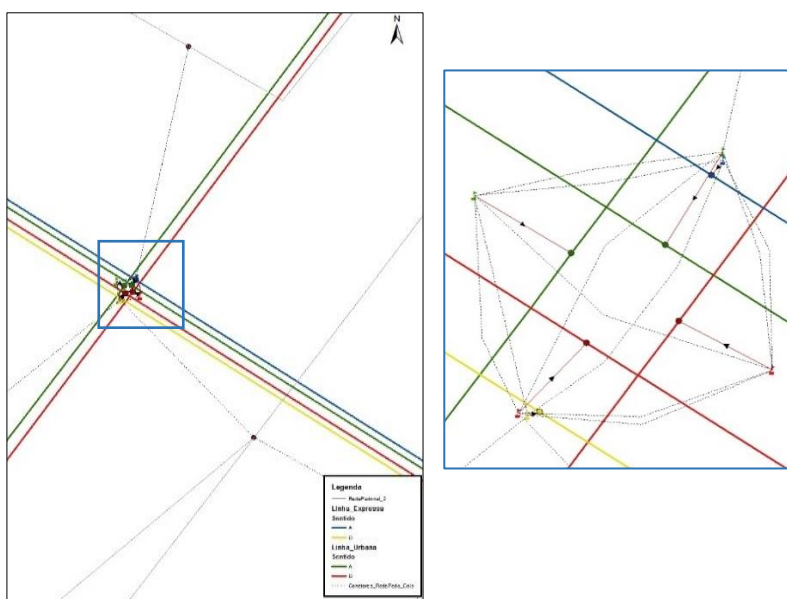


Figura 42 - Conetores de ligação a rede pedonal e entre cais

#### **4.4.3 Topologia**

Para validação da topologia usaram-se as mesmas regras topológicas aplicadas na seção 4.3. Estas regras foram aplicadas às linhas ferroviárias e aos conectores, garantindo a ligação à rede pedonal, nomeadamente:

- **Must not overlap** – não devem existir arcos que não estejam ligados a outros arcos, à exceção das extremidades das linhas.
- **Must not have dangles** – não devem existir arcos sobrepostos.

#### **4.4.4 Calibração da rede de TP**

Uma vez que existem dados suficientes sobre a rede ferroviária existente (CFL) e sobre a futura rede de TP, foram admitidos vários dados como: tempo de espera nos cais, tempo de viagem, frequência e a velocidade comercial dos comboios.

Neste sentido a rede de TP foi calibrada em função do cenário adotado para cada linha em estudo:

- **Linha Urbana**

Para a linha urbana, adotaram-se como exemplo as linhas de Sintra e de Cascais, pelo que se admitiram as seguintes situações:

- Verificou-se que a frequência dos comboios varia de 10 a 20 minutos, tendo sido admitido uma frequência de 15 minutos para a linha em estudo. Consequentemente, o tempo de espera adotado foi 7,5 minutos.
- Como não se consegue obter dados sobre o tempo de viagem da ferrovia atual e ferrovia futura, definiu-se uma velocidade comercial que permitisse calcular o tempo de viagem. Sendo assim com base nas linhas de Cascais e de Sintra, calculou-se a velocidade média entre o início e fim de cada linha, tendo sido obtido os seguintes valores respetivamente 47.3 e 43.1 km/h. Para linha em estudo adotou-se uma velocidade comercial de 45 km/h.

- **Linha Expressa**

Para a linha expressa, visto que esta ferrovia deverá ser mais rápida, adotaram-se os seguintes pressupostos:

- Frequência do comboio de 5 minutos e um tempo de espera de 2,5 minutos;
- Velocidade comercial de 50 km/h.

Por fim, foram realizadas várias rotas aleatoriamente para testar o funcionamento do modelo. Como grande parte da rede de TP está em fase de conceção e não existe em Luanda, foram apenas tidos em atenção os percursos pedonais que poderiam levar mais tempo para chegar às estações. Neste contexto, espera-se que venha a existir um transporte público intermédio que permitirá levar as pessoas às estações e buscá-las a partir das mesmas.

### 4.5 Súmula do Capítulo

No presente capítulo descreveram-se pormenorizadamente as fases necessárias para a construção do modelo da rede rodoviária de Luanda e da futura rede de transporte público.

A construção de modelos da rede rodoviária e da rede de transporte público passa por um processo de obtenção e quantificação de dados que permitem simular o funcionamento da rede, com recurso a uma ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica). Esta ferramenta por sua vez possui capacidades de geoprocessamento e de análise de redes através de impedâncias. A simulação do funcionamento da rede rodoviária, permite assim o desenvolvimento de análises de acessibilidades.

Para a realização de análises da rede rodoviária de Luanda, teve-se em conta dois procedimentos diferentes e complementares, recorrendo a uma ferramenta SIG. Um procedimento relativo à construção do mapa de Luanda e outro relativo à construção da rede rodoviária de Luanda. Embora diferentes, estes procedimentos apresentam um conjunto de passos essenciais em cada processo. Neste sentido, poderão ser seguidos os seguintes passos:

- Importação de dados ou construção de polígonos para o modelo da rede;
- Verificação das ligações das redes na área em estudo;
- Validação da Topologia.

A construção do mapa com a divisão político-administrativa de Luanda é essencial para o desenvolvimento de análises, uma vez permite criar uma base de dados com informação demográfica da população. Para a construção deste mapa recorreu-se a uma imagem obtida no INE, sendo depois georreferenciada na ferramenta SIG. Após a georreferenciação desta imagem, foram construídos polígonos referentes às diferentes comunas. Por análise ao terreno em ortofotomapa algumas destas comunas foram subdivididas em zonas de análise de tráfego (ZAT), de forma a possibilitar uma mobilidade mais ou menos uniforme nas diversas zonas.

A construção da rede rodoviária, por sua vez, foi feita com base no inventário disponível no *OpenStreetMap*. Com base neste inventário, procedeu-se então à criação de um modelo da rede rodoviária de Luanda. Primeiro, foram feitas as correções topológicas necessárias. De seguida foram feitas algumas correções nos arcos, nomeadamente a definição de uma nova hierarquia rodoviária e a verificação dos sentidos de circulação, permitindo verificar o funcionamento e se

## ***Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG***

### *Aplicação ao caso de Luanda*

---

não existam falhas de conexão na rede. Por fim, procedeu-se à calibração da rede, com acertos de velocidades, para que os tempos de viagem fossem o mais próximo possível da realidade.

No final deste capítulo construíram-se também ligações de transporte público da área metropolitana de Luanda, proposto pelo Plano Diretor Geral Metropolitano de Luanda. A construção deste modelo de transporte público passou também por fases semelhantes ao modelo anteriormente descrito, desde a georreferenciação de uma imagem disponibilizada no portal da empresa MIC, à colocação de estações e criação das linhas ferroviárias, validação da topologia e por fim calibração da velocidade, bem como os tempos de viagem e de espera nas estações.

## **5. Obtenção e análise de resultados**

No presente capítulo serão apresentadas as análises realizadas e os resultados obtidos tanto para o modelo da rede rodoviária como para o modelo da rede de transporte público construídos no capítulo anterior.

Para a análise da acessibilidade da rede rodoviária construída serão apresentados cálculos dos Indicadores de acessibilidade propostos no capítulo 3.

No que se refere à acessibilidade da rede de transporte público, serão realizadas algumas análises genéricas no que toca a acessibilidade à rede.

No final será feita ainda uma comparação entre os diferentes modelos, com intuito de avaliar o transporte individual (TI) face ao transporte público (TP). Através desta comparação será proposto um indicador que permitirá avaliar a diferença entre ambos modos de transporte.

### **5.1 Cálculo de indicadores de acessibilidade genéricos da rede rodoviária**

Após construção dos elementos necessários para a realização de análises da acessibilidade rodoviária feita no capítulo anterior, procedeu-se aos cálculos de dois indicadores de acessibilidade.

Tal como revisto no capítulo 3, a acessibilidade é a facilidade em alcançar uma determinada oportunidade que pode ser uma atividade, bens ou serviços.

De forma a que se pudesse quantificar essa facilidade à rede rodoviária de Luanda, optou-se por usar dois indicadores genéricos, nomeadamente: Índice de Sinuosidade (IS) e Velocidade Equivalente Reta (VER). Estes indicadores são práticos para avaliar as acessibilidades em Luanda, pois permitem quantificar características físicas e geográficas da rede rodoviária. Importante ainda referir que os resultados obtidos, tal como visto no capítulo anterior, tem como base a hora de ponta da manhã definida no inquérito.

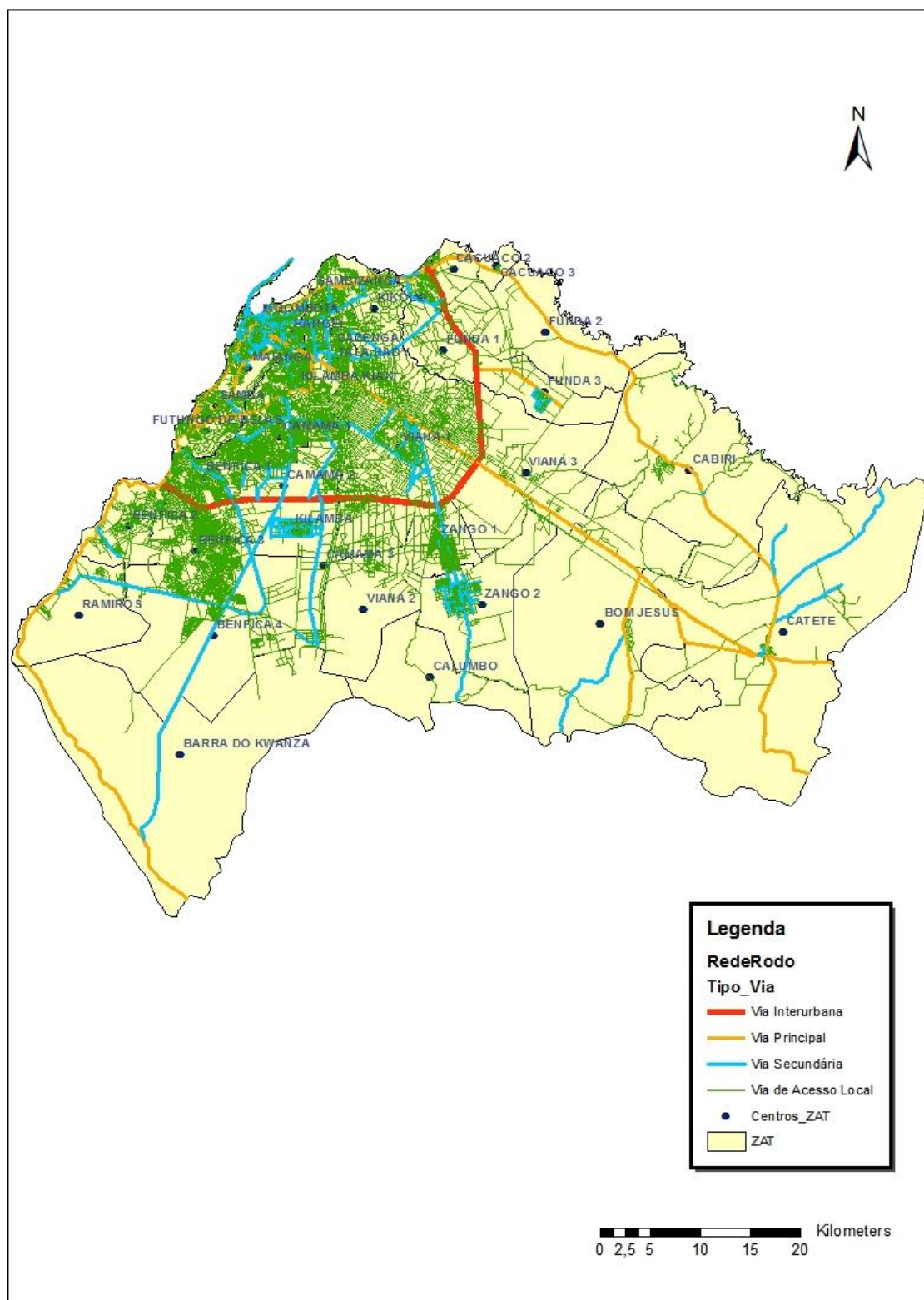


Figura 43 - Rede Rodoviária de Luanda

Na figura acima está representada a rede rodoviária de Luanda construída bem como as ZAT's e respetivos centroídes.

### 5.1.1 Índice de Sinuosidade

Para a quantificação do Índice de Sinuosidade foram avaliados os *centroídes* de cada zona de análise de tráfego (ZAT). Para tal, elaborou-se duas matrizes com 36 x 36 pares O/D. A primeira matriz contém as distâncias reais de deslocação ( $S_{i,j}$ ) e a segunda matriz contém distâncias em linha reta ( $L_{i,j}$ ).

Os *centroídes* das ZATs foram obtidos recorrendo à ferramenta *Feature to point*, do comando *Geoprocessing* em *Arcmap*. Esta ferramenta permite obter automaticamente centroídes de polígonos.

Por forma a obter as distâncias reais do modelo criado, recorreu-se ao módulo *Network Analyst* do *Arcmap*. Neste módulo, através da opção *New OD Cost Matrix*, é possível calcular o valor das distâncias reais do percurso entre os pares O/D, as quais podem também ser obtidas através da opção *Routes*, que calcula o percurso entre dois pontos. Para a obtenção desta matriz, definiu-se o tempo de viagem como impedância, influenciando assim o motivo de escolha do trajeto. Para seleccionar os centros na nova matriz e assim criar os pares O/D, usou-se o comando *Load Locations* e com auxílio do comando *Solve* da *Network Analyst*, automaticamente obteve-se a matriz com distâncias entre os pares O/D.

O cálculo das distâncias em linha reta foi feito através do comando *Calculate Geometry* da tabela de atributos da matriz. Devido à grande dimensão das matrizes, apresentam-se apenas partes das matrizes, sendo as mesmas apresentadas em anexo.

**Quadro 7- Matriz das distâncias reais, (km) ( $S_{i,j}$ ), sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial)**

DISTÂNCIAS REAIS (KM)	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0,0	35,0	44,4	24,4	13,0	74,1	108,3	69,7	72,5	78,3
	BENFICA 1	33,5	0,0	19,7	13,3	20,5	56,8	91,1	52,5	55,3	61,1
	BENFICA 2	41,9	22,0	0,0	9,5	28,8	65,2	99,4	60,8	63,6	69,4
	BENFICA 3	24,4	15,5	9,5	0,0	11,4	58,6	92,9	54,2	57,0	62,9
	BENFICA 4	13,0	21,9	31,4	11,4	0,0	61,0	95,3	56,7	59,5	65,3
	BOM JESUS	79,7	59,8	69,2	62,7	66,7	0,0	41,7	44,9	47,7	53,6
	CABIRI	110,6	90,7	100,1	93,7	97,6	41,7	0,0	44,7	39,9	31,6
	CACUACO 1	71,6	51,6	61,1	54,6	58,5	46,7	43,5	0,0	7,7	13,6
	CACUACO 2	81,1	61,2	70,7	64,2	68,1	56,3	39,3	15,2	0,0	9,3
	CACUACO 3	80,6	60,7	70,2	63,7	67,6	55,8	31,6	14,7	9,9	0,0
	CALUMBO	72,4	52,5	62,0	55,5	59,4	30,9	89,9	51,3	54,1	59,9
	CAMAMA 1	38,2	18,3	27,7	21,2	25,2	56,0	90,3	51,6	54,4	60,3
	CAMAMA 2	31,5	11,5	21,0	14,5	18,4	49,3	83,5	44,9	47,7	53,5
	CAMAMA 3	38,7	23,7	33,2	26,7	25,7	49,8	84,1	45,5	48,3	54,1
	CATETE	130,2	110,3	119,8	113,3	117,2	22,7	19,6	64,3	59,5	51,2
	CAZENGA	87,2	67,3	76,7	70,2	74,2	62,3	54,0	15,0	18,1	24,0
	FUNDA 1	67,1	47,1	56,6	50,1	54,0	42,2	54,9	7,5	19,1	24,9
	FUNDA 2	90,4	70,5	80,0	73,5	77,4	65,6	22,9	24,5	19,7	11,4
	FUNDA 3	69,1	49,2	58,7	52,2	56,1	44,3	57,0	18,4	21,2	27,0
	FUTUNGO DE BELAS	39,2	7,2	15,1	19,0	26,2	62,5	96,8	58,2	61,0	66,8
	HOJI YA HENDA	84,9	65,0	74,5	68,0	71,9	60,1	51,7	12,8	15,9	21,7
	INGOMBOTA	53,7	21,7	27,4	33,4	40,7	66,6	58,2	19,3	22,4	28,2
	KIKOLO	83,0	63,0	72,5	66,0	69,9	58,1	49,7	10,8	13,9	19,7
	KILAMBA	31,5	17,1	26,6	20,1	18,4	47,9	82,2	43,5	46,3	52,2

Como se pode ver no Quadro 7 e no Quadro 8, é notável a diferença entre a distância em linha reta e a distância real do percurso, cuja escolha é influenciada pelo tempo de viagem.

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

Aplicação ao caso de Luanda

**Quadro 8 - Matriz das distâncias em linha reta, (km) ( $S_{i,j}$ ), sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial)**

DISTÂNCIA EM LINHA RETA (KM)	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0,0	27,8	23,4	20,4	12,4	44,1	58,4	51,6	55,8	58,4
	BENFICA 1	27,8	0,0	8,9	7,4	15,8	42,4	48,7	28,1	32,6	36,3
	BENFICA 2	23,4	8,9	0,0	7,2	13,8	48,2	56,4	37,0	41,5	45,2
	BENFICA 3	20,4	7,4	7,2	0,0	8,6	41,1	50,1	33,8	38,2	41,6
	BENFICA 4	12,4	15,8	13,8	8,6	0,0	38,7	50,4	39,5	43,8	46,7
	BOM JESUS	44,1	42,4	48,2	41,1	38,7	0,0	17,8	37,4	38,4	37,4
	CABIRI	58,4	48,7	56,4	50,1	50,4	17,8	0,0	32,1	31,0	28,1
	CACUACO 1	51,6	28,1	37,0	33,8	39,5	37,4	32,1	0,0	4,5	8,5
	CACUACO 2	55,8	32,6	41,5	38,2	43,8	38,4	31,0	4,5	0,0	4,4
	CACUACO 3	58,4	36,3	45,2	41,6	46,7	37,4	28,1	8,5	4,4	0,0
	CALUMBO	26,2	30,3	33,7	26,6	22,1	17,9	33,2	38,0	40,9	41,8
	CAMAMA 1	33,3	8,7	17,6	14,2	20,9	37,1	41,1	19,7	24,1	27,7
	CAMAMA 2	28,9	8,1	16,1	11,0	16,5	34,6	40,6	23,1	27,5	30,7
	CAMAMA 3	23,8	15,0	19,9	12,9	13,1	28,3	37,8	28,4	32,4	34,7
	CATETE	61,6	60,1	66,3	59,3	57,0	18,3	18,7	49,5	49,1	46,5
	CAZENGA	45,1	19,6	28,3	26,0	32,8	39,7	38,3	9,2	13,5	17,7
	FUNDA 1	48,3	27,2	36,1	31,9	36,6	31,7	27,5	5,7	8,1	10,1
	FUNDA 2	55,9	37,3	46,1	41,3	45,0	29,7	19,9	13,2	11,2	8,3
	FUNDA 3	51,5	35,2	43,7	38,3	41,1	23,9	16,5	15,7	15,3	13,5
	FUTUNGO DE BELAS	32,5	4,7	12,3	12,1	20,5	44,1	48,6	25,2	29,7	33,6
	HOJI YA HENDA	47,6	21,6	30,1	28,2	35,2	41,8	39,4	8,7	12,6	17,0
	INGOMBOTA	44,4	16,9	24,6	24,1	32,0	45,9	45,7	16,1	20,1	24,4
	KIKOLO	48,8	24,1	32,9	30,2	36,5	38,9	35,4	4,5	8,8	13,0
	KILAMBA	25,2	10,4	16,4	9,9	13,2	32,2	40,1	26,4	30,6	33,4

O quociente entre as duas matrizes resulta no indicador de Índice de Sinuosidade:

**Quadro 9 - Matriz do Índice Sinuosidade sobre rede rodoviária, entre ZAT's (parcial)**

ÍNDICE DE SINOSIDADE	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0,00	1,26	1,90	1,20	1,05	1,68	1,85	1,35	1,30	1,34
	BENFICA 1	1,20	0,00	2,21	1,78	1,29	1,34	1,87	1,87	1,70	1,68
	BENFICA 2	1,79	2,47	0,00	1,32	2,09	1,35	1,76	1,65	1,53	1,54
	BENFICA 3	1,20	2,08	1,32	0,00	1,33	1,43	1,86	1,61	1,49	1,51
	BENFICA 4	1,05	1,39	2,27	1,33	0,00	1,58	1,89	1,43	1,36	1,40
	BOM JESUS	1,81	1,41	1,44	1,53	1,72	0,00	2,34	1,20	1,24	1,43
	CABIRI	1,89	1,86	1,78	1,87	1,94	2,34	0,00	1,39	1,29	1,12
	CACUACO 1	1,39	1,84	1,65	1,62	1,48	1,25	1,36	0,00	1,71	1,59
	CACUACO 2	1,45	1,88	1,70	1,68	1,55	1,46	1,27	3,36	0,00	2,11
	CACUACO 3	1,38	1,67	1,55	1,53	1,45	1,49	1,12	1,72	2,25	0,00
	CALUMBO	2,76	1,73	1,84	2,08	2,69	1,73	2,70	1,35	1,32	1,43
	CAMAMA 1	1,15	2,10	1,58	1,50	1,20	1,51	2,20	2,63	2,25	2,18
	CAMAMA 2	1,09	1,42	1,31	1,32	1,11	1,43	2,06	1,94	1,73	1,74
	CAMAMA 3	1,63	1,59	1,67	2,07	1,97	1,76	2,22	1,60	1,49	1,56
	CATETE	2,11	1,84	1,81	1,91	2,06	1,24	1,05	1,30	1,21	1,10
	CAZENGA	1,93	3,43	2,71	2,70	2,26	1,57	1,41	1,64	1,34	1,36
	FUNDA 1	1,39	1,73	1,57	1,57	1,47	1,33	2,00	1,30	2,35	2,48
	FUNDA 2	1,62	1,89	1,74	1,78	1,72	2,21	1,15	1,85	1,76	1,37
	FUNDA 3	1,34	1,40	1,34	1,36	1,37	1,85	3,45	1,17	1,39	2,00
	FUTUNGO DE BELAS	1,21	1,53	1,23	1,56	1,28	1,42	1,99	2,31	2,06	1,99
	HOJI YA HENDA	1,79	3,01	2,47	2,41	2,04	1,44	1,31	1,47	1,26	1,28
	INGOMBOTA	1,21	1,28	1,12	1,39	1,27	1,45	1,27	1,19	1,11	1,15
	KIKOLO	1,70	2,61	2,20	2,18	1,91	1,49	1,40	2,40	1,58	1,52
	KILAMBA	1,25	1,65	1,62	2,02	1,39	1,49	2,05	1,65	1,51	1,56

Para uma melhor comparação da qualidade geral de ligações entre as ZAT's definidas com a matriz do IS, optou-se por determinar o IS médio para cada uma das ZAT's. Com estes valores médios de IS, foi possível retirar algumas conclusões sobre acessibilidade geográfica de cada zona de análise de tráfego. Desta forma, para uma melhor percepção do valor do IS médio de ZAT, criou-se um mapa com determinados intervalos que permite compreender como se distribui o IS médio pelas diferentes ZAT's:

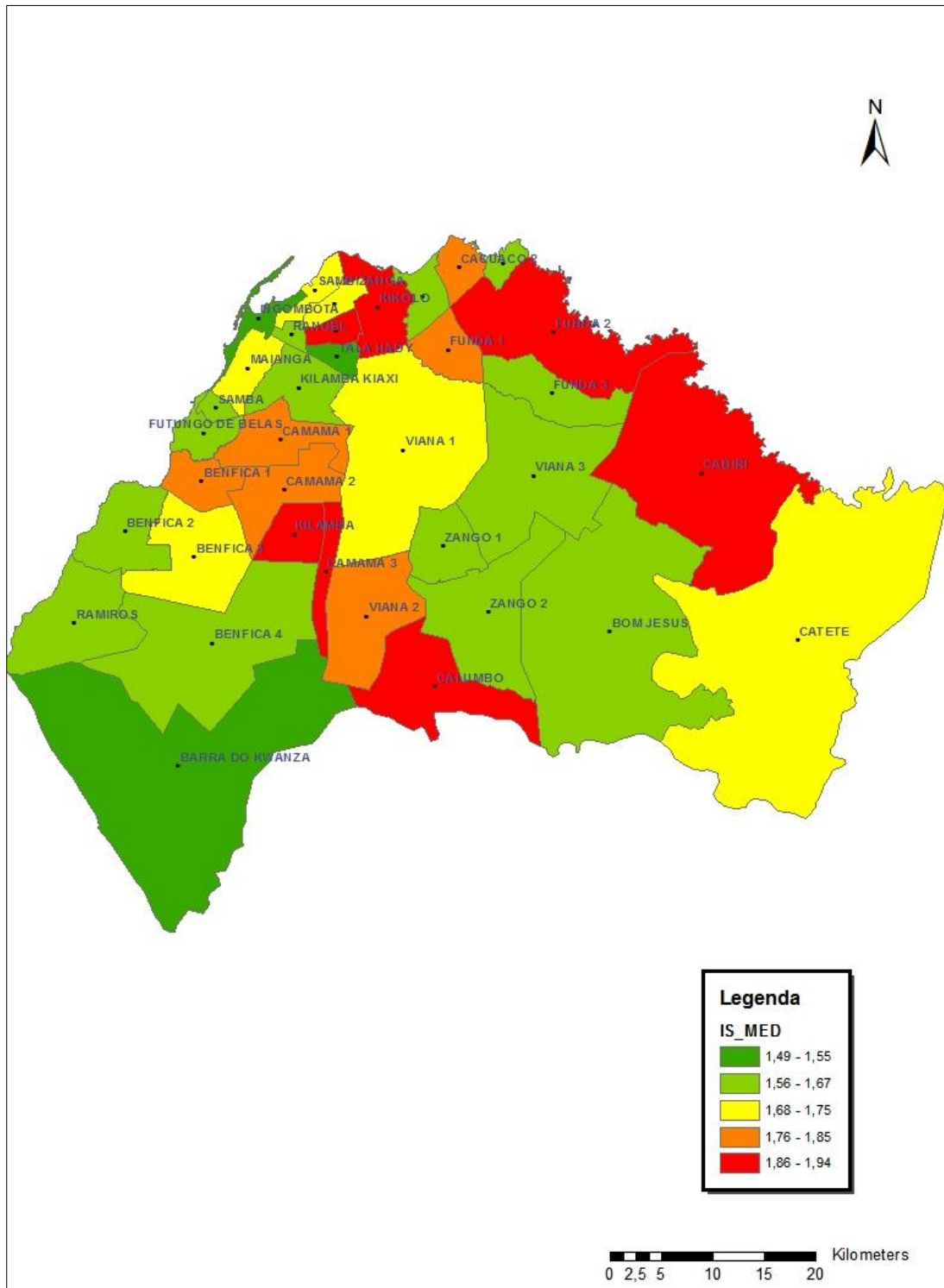


Figura 44 - Índice de Sinuosidade MÉDIO

Tal como visto no capítulo 3, quanto mais próximo o valor do Índice de Sinuosidade estiver da unidade melhor, visto que significa que as estradas tendem a ser retilíneas. Tendencialmente o IS apresenta um valor superior à unidade, indicando maior ou menor sinuosidade do traçado de uma ligação. Os valores de  $IS_{\text{médio}}$  de cada ZAT encontram-se no **Anexo III**.

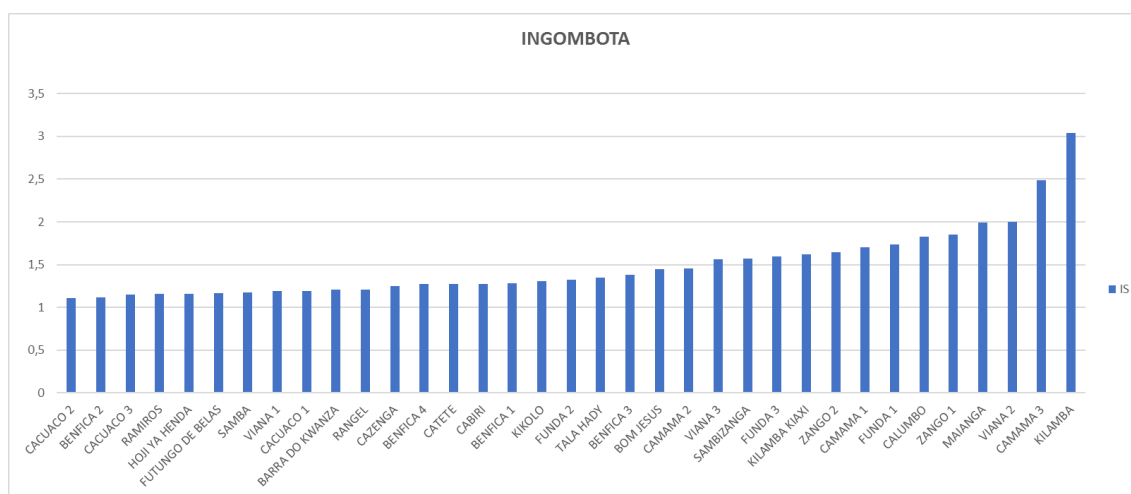
## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

Os valores de IS médio calculados, que são muito superiores à unidade, prendem-se com o facto de que a rede rodoviária de Luanda, tal como visto capítulo 2, é bastante debilitada e pouco eficiente, contribuindo para o congestionamento que existe na província. Como as vias principais não são muito eficientes e existem poucas vias secundárias, os utentes são obrigados a dar uma grande volta para chegar a determinados destinos e consequentemente diminui a acessibilidade aos locais.

De seguida analisou-se o IS de duas ZAT's, nomeadamente: Ingombota e Viana 1. A análise destas ZAT's prende-se com o facto de que Ingombota é um dos principais polos de atração na província de Luanda e Viana 1 é a zona onde se encontra um grande aglomerado populacional.

Os valores do IS para cada uma destas ZAT's em estudo, em relação às restantes foi apresentado por ordem crescente. Começou-se por analisar zona de Ingombota.



**Gráfico 3 - Índice Sinuosidade de Ingombota**

Como se pode verificar no gráfico acima os valores do IS a partir da ZAT Ingombota, permitem concluir que grande parte dos percursos desta ZAT às restantes tendem a aproximar-se de percursos retilíneos, apresentando valores pouco superiores à unidade, com exceção dos percursos às ultimas 15 ZAT's. Ingombota é a zona que apresenta melhor acessibilidade geográfica em relação às restantes, apresentado um  $IS_{\text{médio}} = 1,49$ .

De seguida apresentam-se dois exemplos de percursos a partir desta ZAT. Estes percursos permitem verificar como são realizados os trajetos a partir desta ZAT. Nas figuras seguintes estão dois casos extremos, em que se verificar um valor de  $IS = 1,11$  para a ZAT Cacucaco 2 (em que o percurso é aproximadamente retilíneo) e o valor de  $IS = 3,04$  para a ZAT Kilamba, onde se verifica

uma grande sinuosidade para esta ZAT. Para análise destas rotas considerou-se igualmente como impedância o tempo de viagem.

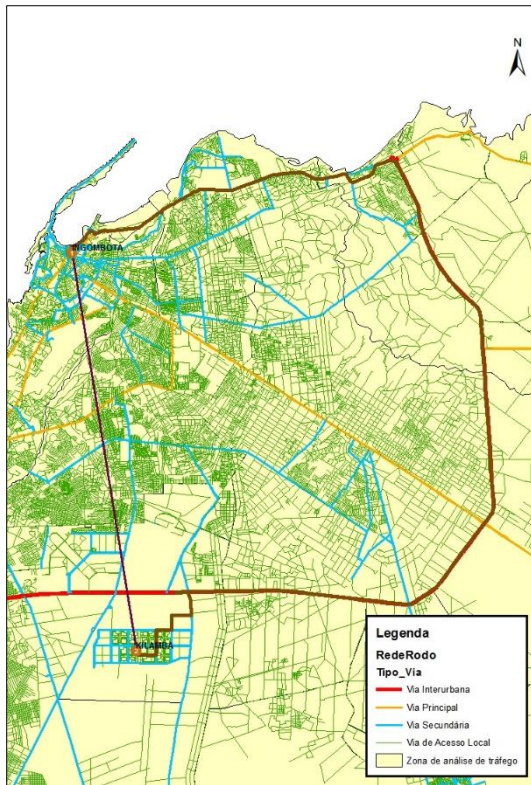


Figura 45 - Percurso entre Ingombota e Kilamba

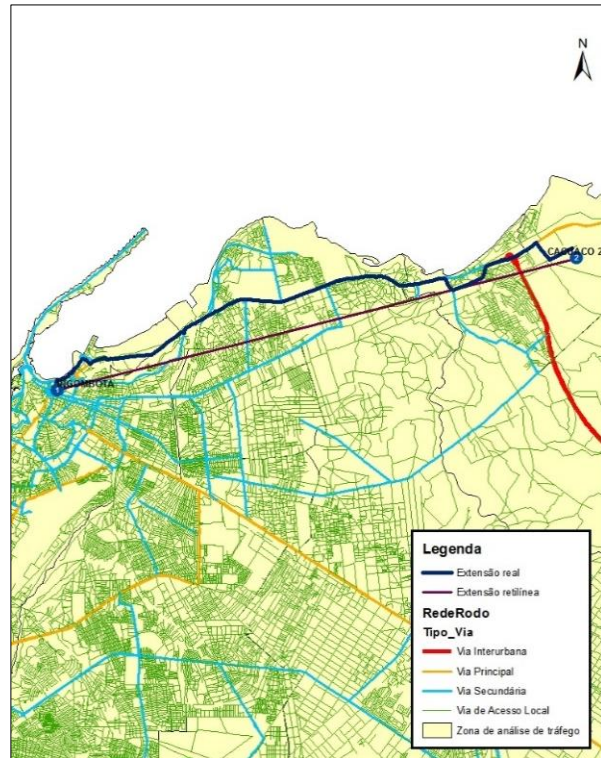


Figura 46 - Percurso entre Ingombota e Cacuaco 2

Como se pode ver na Figura 45, o Erro! A origem da referência não foi encontrada. percurso entre Ingombota e Kilamba é influenciado pelo tempo de viagem, o que por sua vez obriga um trajeto mais longo e menos direto.

Já a ZAT Viana 1, apresenta valores muito superiores a 1,5, sendo que grande parte dos percursos desta ZAT às restantes ZAT's não é retilíneo. O  $IS_{médio}$  desta ZAT é de 1,75.

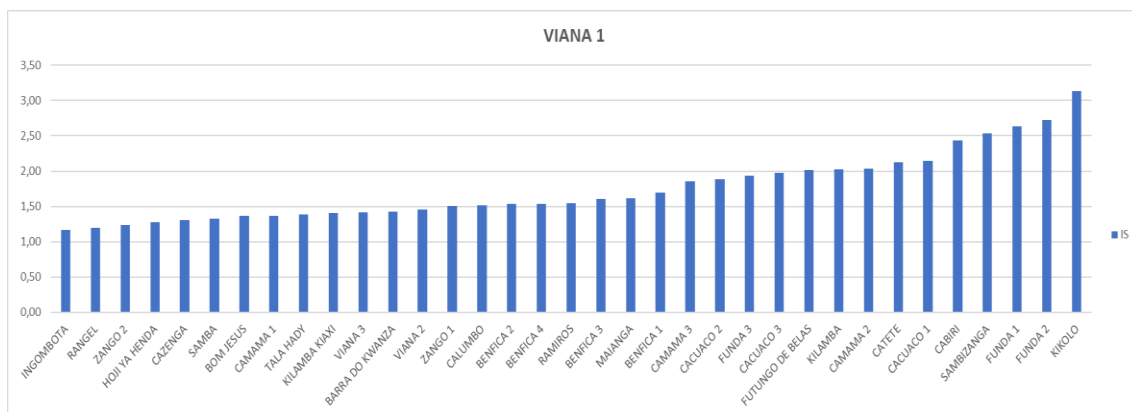


Gráfico 4 - Índice de Sinuosidade de Viana 1

Como exemplos do IS desta zona, analisaram-se as rotas entre Viana 1 e Ingombota e entre Viana 1 e Kikolo. Como se poderá pelas figuras abaixo o tempo de viagem influencia na escolha do percurso a adotar.

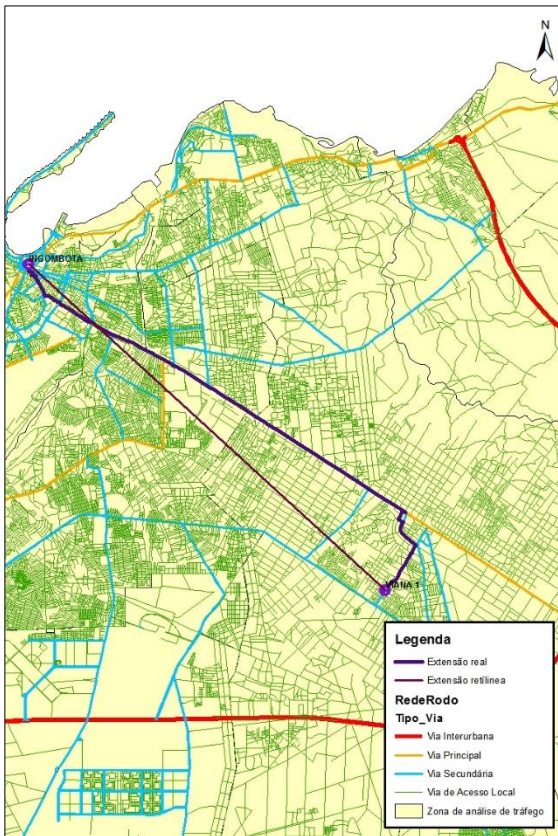


Figura 48 - Percurso entre Viana 1 e Ingombota

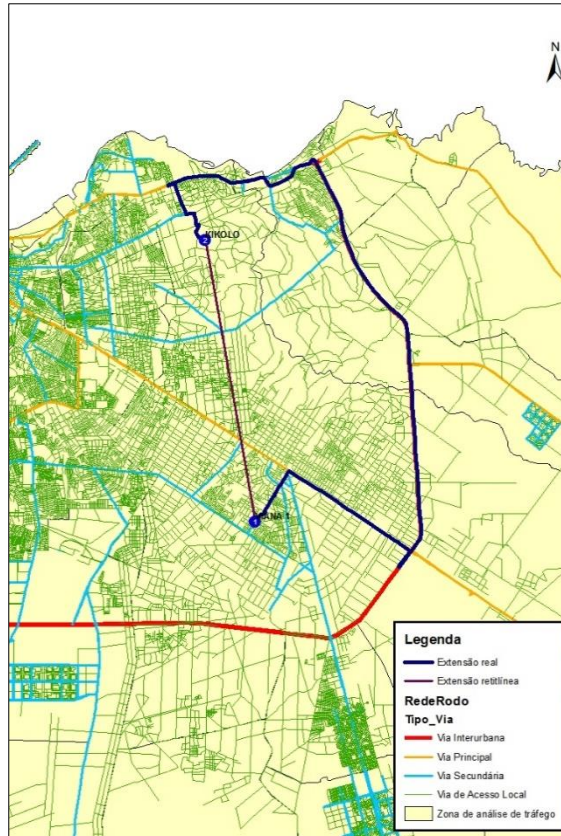


Figura 47 - Percurso entre Viana 1 e Kikolo

### 5.1.2 Velocidade Equivalente Reta

A Velocidade Equivalente Reta também foi analisada para os centros de cada ZAT. Desta forma, usou-se a segunda matriz apresentada na secção anterior e calculou-se a matriz do Tempo de Viagem entre as ZAT, utilizando o comando *New OD Cost Matrix* do módulo *Network Analyst*.

O quociente entre a matriz de distância em linha reta dos pares O/D e a matriz dos tempos de viagem entre os pares O/D dá origem à matriz VER para as zonas de análise de tráfego.

Quadro 10 - Matriz do tempo de viagem sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial)

TEMPOS DE VIAGEM (HORAS)	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0,0	2,2	3,0	2,4	0,9	4,4	4,5	2,8	3,0	3,1
	BENFICA 1	2,2	0,0	1,4	1,3	1,3	2,9	3,0	1,3	1,5	1,6
	BENFICA 2	3,0	1,4	0,0	1,9	2,1	3,7	3,8	2,1	2,3	2,4
	BENFICA 3	2,4	1,4	1,9	0,0	1,5	3,6	3,7	2,0	2,2	2,3
	BENFICA 4	0,9	1,3	2,2	1,5	0,0	3,5	3,6	1,9	2,1	2,2
	BOM JESUS	4,4	2,9	3,8	3,6	3,6	0,0	2,5	2,5	2,8	2,8
	CABIRI	4,5	3,0	3,8	3,7	3,7	2,5	0,0	2,1	2,2	1,8
	CACUACO 1	2,8	1,3	2,1	2,0	1,9	2,6	2,1	0,0	0,6	0,7
	CACUACO 2	3,3	1,7	2,6	2,4	2,4	3,0	2,2	0,8	0,0	0,8
	CACUACO 3	3,1	1,6	2,4	2,3	2,2	2,9	1,8	0,7	0,8	0,0
	CALLUMBO	4,6	3,1	3,9	3,8	3,7	4,5	4,6	2,9	3,2	3,2
	CAMAMA 1	2,5	1,0	1,8	1,7	1,6	3,1	3,2	1,5	1,7	1,8
	CAMAMA 2	2,0	0,4	1,3	1,1	1,1	2,6	2,7	0,9	1,2	1,3
	CAMAMA 3	2,6	1,2	2,0	1,9	1,7	3,1	3,2	1,5	1,7	1,8
	CATETE	5,2	3,7	4,5	4,4	4,3	1,9	0,7	2,8	2,9	2,4
	CAZENGA	3,4	1,8	2,7	2,5	2,5	3,1	2,6	0,8	1,1	1,2
	FUNDA 1	3,3	1,8	2,6	2,5	2,4	3,1	2,9	1,0	1,4	1,4
	FUNDA 2	3,5	1,9	2,8	2,6	2,6	3,2	1,4	1,0	1,1	0,7
	FUNDA 3	2,6	1,1	2,0	1,8	1,8	2,4	2,2	0,5	0,7	0,8
	FUTUNGO DE BELAS	2,4	0,5	1,6	1,6	1,5	3,1	3,3	1,5	1,8	1,8
	HOJI YA HENDA	3,2	1,7	2,5	2,4	2,3	3,0	2,4	0,6	0,9	1,0
	INGOMBOTA	3,3	1,4	2,3	2,4	2,4	3,2	2,7	0,9	1,2	1,2
	KIKOLO	3,4	1,8	2,7	2,5	2,5	3,1	2,6	0,8	1,1	1,2
	KILAMBA	2,0	0,6	1,5	1,3	1,1	2,6	2,7	1,0	1,2	1,3

O quociente entre estas duas matrizes dá origem à matriz do VER para as trinta e seis ZAT's:

Quadro 11 - Matriz da Velocidade Reta Equivalente sobre a rede rodoviária, entre ZAT's (parcial)

VELOCIDADE EQUIVALENTE RETA (KMH)	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0	13	8	8	14	10	13	19	19	19
	BENFICA 1	13	0	6	6	12	15	16	22	22	23
	BENFICA 2	8	6	0	4	7	13	15	18	18	19
	BENFICA 3	8	5	4	0	6	12	14	17	17	18
	BENFICA 4	14	12	6	6	0	11	14	21	21	22
	BOM JESUS	10	14	13	11	11	0	7	15	14	13
	CABIRI	13	16	15	13	14	7	0	15	14	16
	CACUACO 1	19	22	18	17	21	15	15	0	7	12
	CACUACO 2	17	19	16	16	18	13	14	5	0	6
	CACUACO 3	19	23	19	18	21	13	16	12	6	0
	CALLUMBO	6	10	9	7	6	4	7	13	13	13
	CAMAMA 1	13	9	10	8	13	12	13	13	14	15
	CAMAMA 2	15	18	13	10	15	14	15	24	23	25
	CAMAMA 3	9	13	10	7	8	9	12	19	19	20
	CATETE	12	16	15	13	13	9	27	18	17	19
	CAZENGA	13	11	11	10	13	13	15	12	12	15
	FUNDA 1	15	15	14	13	15	10	10	6	6	7
	FUNDA 2	16	19	17	16	17	9	15	13	10	12
	FUNDA 3	19	31	22	21	23	10	8	34	22	18
	FUTUNGO DE BELAS	13	9	8	8	13	14	15	16	17	18
	HOJI YA HENDA	15	13	12	12	15	14	16	14	14	17
	INGOMBOTA	14	12	11	10	14	14	17	19	17	20
	KIKOLO	15	13	12	12	15	12	14	6	8	11
	KILAMBA	13	17	11	7	12	12	15	26	25	25

### 5.1.2.1 VER médio

O valor de Velocidade Equivalente Reta médio foi determinado a partir da matriz base VER obtida anteriormente. Sendo assim, calculou-se para cada uma ZAT's definidas, a velocidade média em reta de deslocação obtida entre cada ZAT e as restantes. Por conseguinte, para uma melhor percepção do valor do VER médio de ZAT, criou-se um mapa com determinados intervalos que permite perceber melhor como se distribui  $VER_{médio}$  pelas diferentes ZAT's:

## Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG

### Aplicação ao caso de Luanda

Como se pode ver pelo mapa, o VER<sub>médio</sub> em grande parte das ZAT está no intervalo entre 10 e 12 km/h.

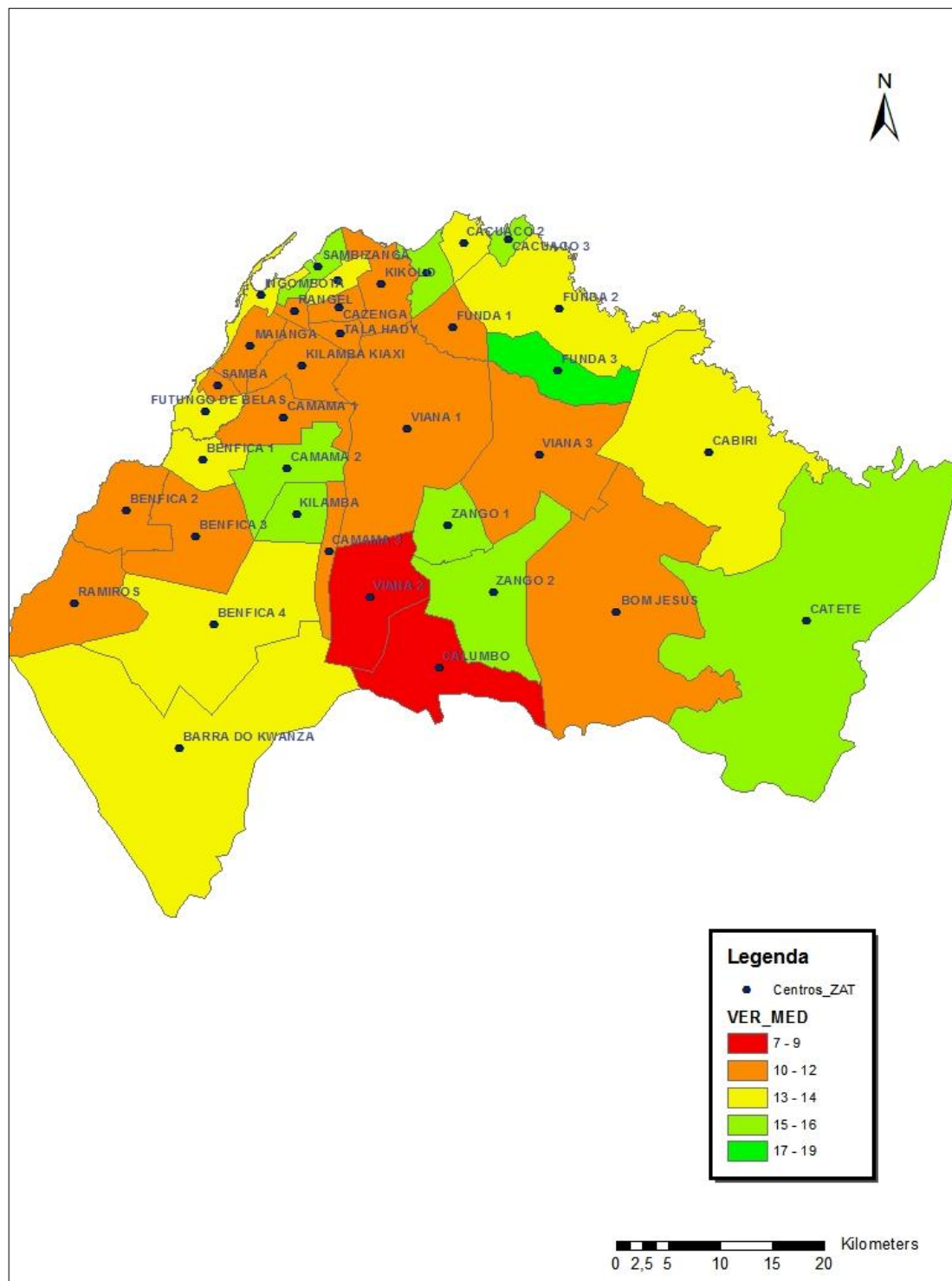


Figura 49 - Velocidade Equivalente Reta MÉDIO

Os valores de  $VER_{médio}$  obtidos, refletem mais uma vez a deficiência da rede rodoviária de Luanda. Esses valores baixos estão relacionados com o grande congestionamento verificado nas estradas de Luanda e as condições precárias e características da maior parte das vias, que contribuem também para a diminuição da velocidade. Por outro lado, o que se verifica em Luanda é o afunilamento das vias principais e das vias secundárias, devido ao facto de serem muito poucas e conseqüentemente onde há mais procura. Os valores de  $VER_{médio}$  de cada ZAT encontra-se no **Anexo III**.

### 5.1.2.2 $VER$ médio ponderado

À semelhança do que se fez para determinar o  $VER_{médio}$ , calculou-se também o  $VER$  médio ponderado em função da população de cada ZAT em relação às restantes. Posto isto, obtiveram-se os valores de  $VER_{ponderado}$  no mapa representado na Figura 50.

Com o  $VER$  ponderado pela população, verifica-se uma diminuição do  $VER$  que é agravada pela grande concentração populacional em certas zonas como: Maianga, Cazenga, Tala Hady Kilamba Kiaxi e Kikolo. Por outro lado, devido também aos aglomerados populacionais, há um aumento da velocidade em certas zonas como por exemplo: Bom Jesus, Ramiros, Benfica 1, 2, 3 e 2, Futungo de Belas. Os valores de  $VER_{ponderado}$  de cada ZAT encontra-se no **Anexo III**.

De seguida, foram analisados os valores de  $VER$  das ZAT analisadas anteriormente: Ingombota e Viana 1.

O  $VER_{médio}$  da zona de Ingombota é de 13 km/h, sofrendo uma diminuição para 11 km/h quando ponderado pela população. O  $VER$  mínimo verificado a partir desta ZAT corresponde ao destino à zona da Maianga. Com efeito, apesar de serem zonas vizinhas, verifica-se um elevado congestionamento na ZAT Maianga. Em oposição a  $VER$  da ligação desta ZAT para Funda 3 é de 23 km/h.

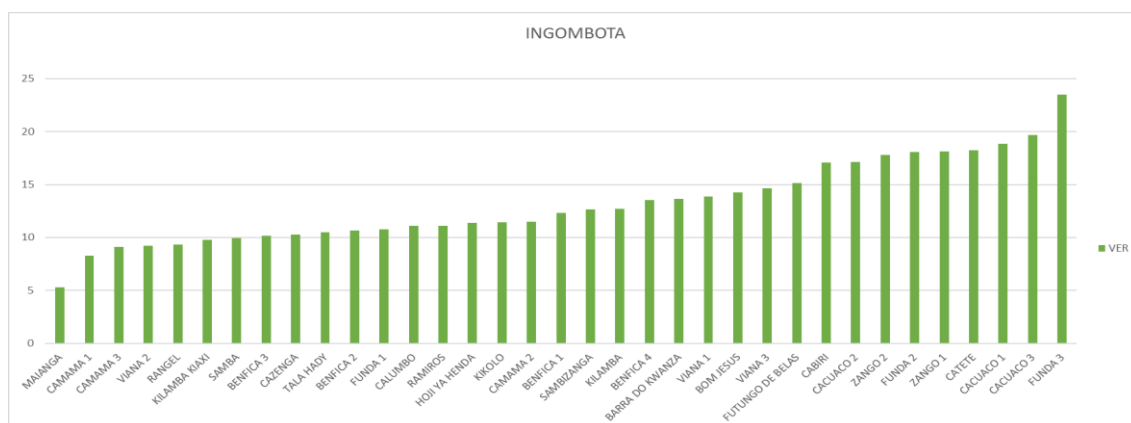


Gráfico 5 - Velocidade Equivalente Reta de Ingombota

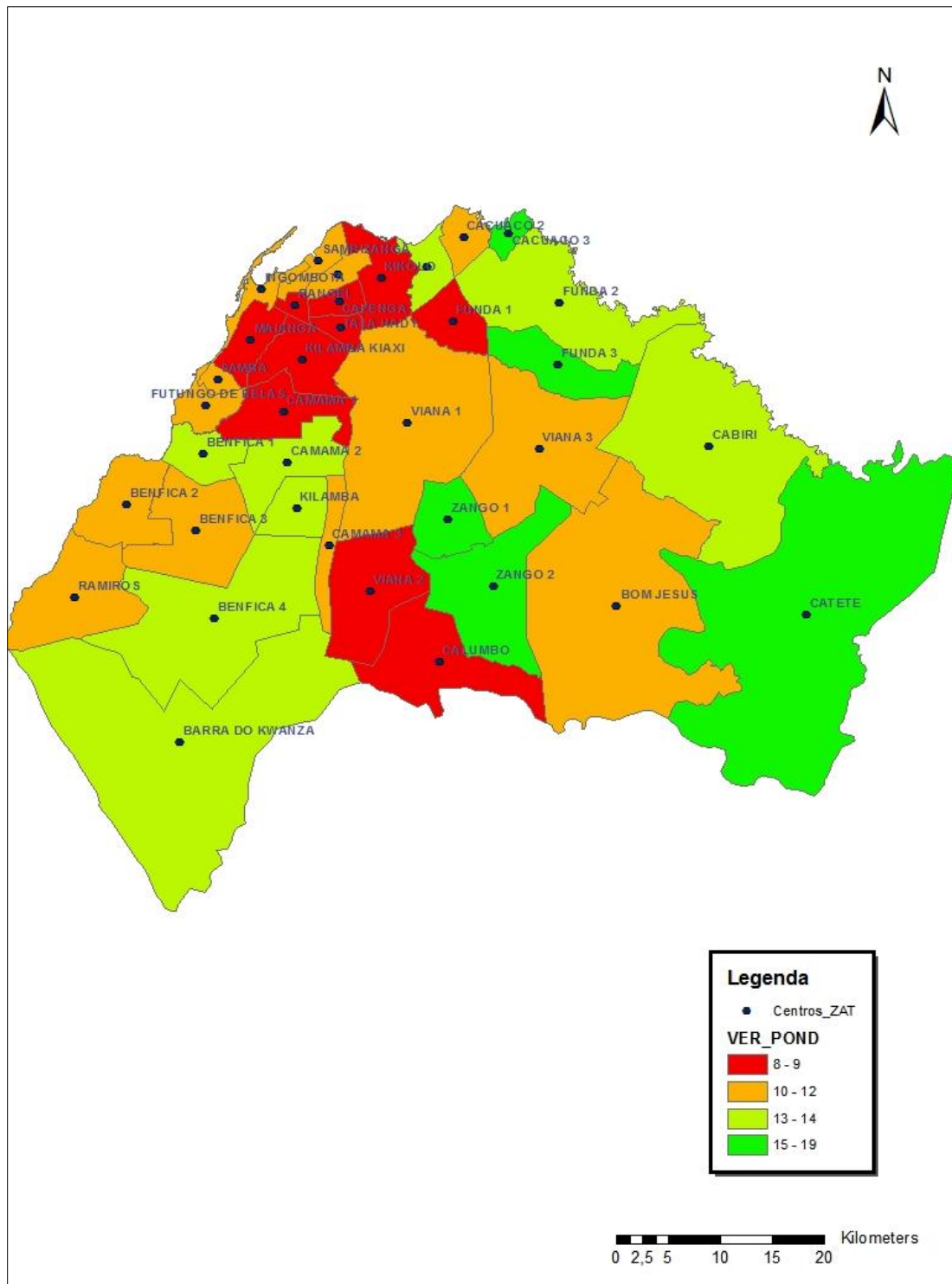


Figura 50 – Velocidade Equivalente Retra PONDERADO

O VER<sub>médio</sub> da zona de Viana 1 é de 11 km/h, diminuindo o valor para 10 km/h quando ponderado pela população. O VER máximo verificado a partir desta ZAT é de 15 km/h com destino a Funda 3. Por outro lado, verifica-se também que o VER mínimo a partir desta ZAT é com destino a uma ZAT vizinha, nomeadamente Viana 2.

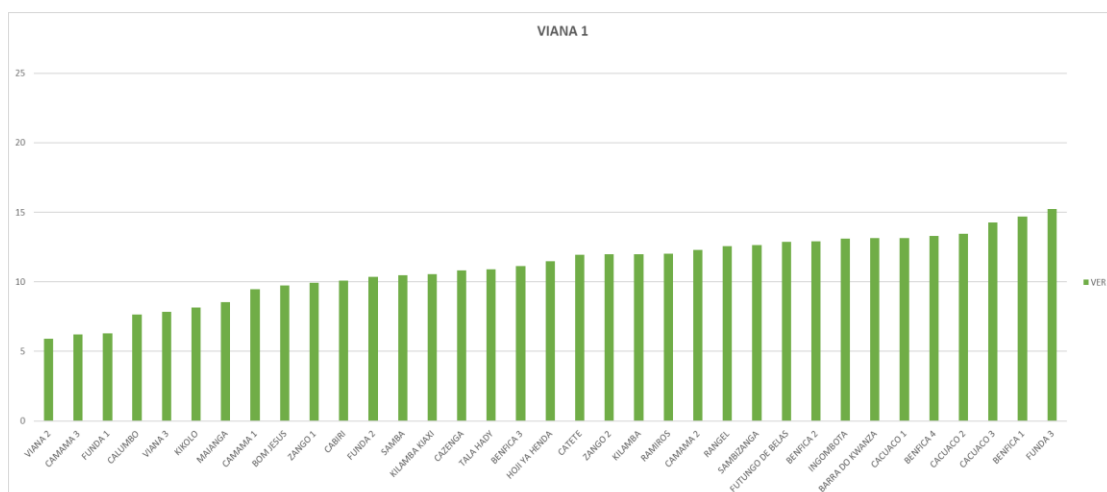


Gráfico 6 - Velocidade Equivalente Reta de Viana 1

## 5.2 Análise da acessibilidade da futura rede de Transporte Público da Área Metropolitana de Luanda

Como se viu no capítulo 4 foi construída uma rede de transporte público da futura Área Metropolitana de Luanda (AML). Para a análise desta futura rede de TP da AML foram analisadas apenas duas linhas férreas nomeadamente: a linha urbana e a linha expressa de ligação ao NAIL.

Deste modo, com interesse de perceber como funcionará parte da rede de TP de Luanda, foram realizadas várias análises para avaliar a acessibilidade da rede criada.

As análises realizadas foram genéricas, permitindo averiguar a acessibilidade genérica da rede de TP. Foram assim feitas análises como a *Walkability*, foram criados mapas de densidade das estações das linhas férreas. Por fim, foi estudado o Indicador de Transporte Público (ITP) e foram estudadas rotas que permitissem comparar o uso de transporte coletivo público com o uso de transporte individual (rodoviário).

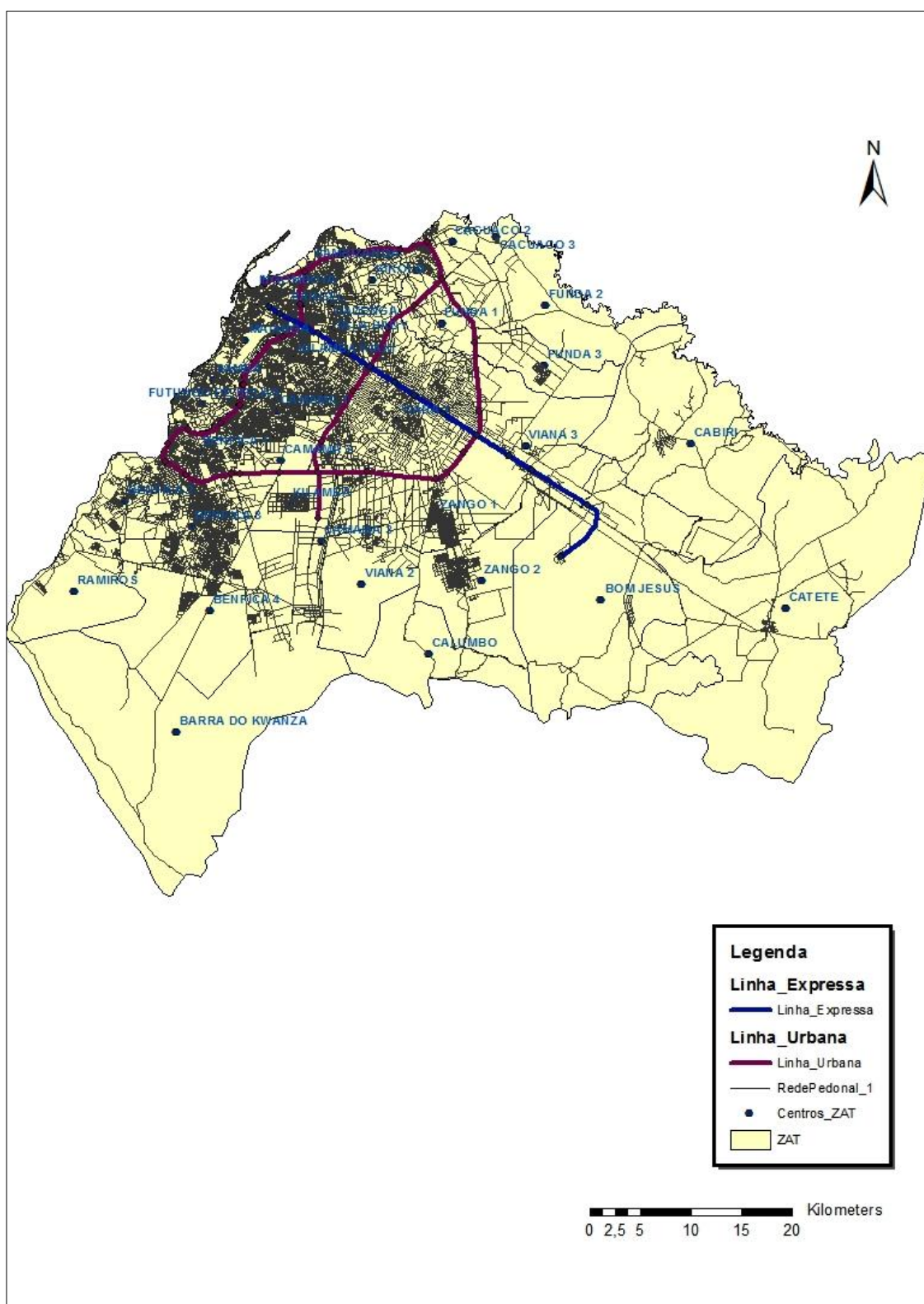


Figura 51 - Futura Rede de TP de Luanda

Na figura acima está ilustrada a rede de transporte público criada.

### 5.2.1 *Walkability* ou *Walkable Catchment*

Uma das análises realizadas teve por objetivo avaliar a *Walkability* ou *walkable catchment area* das estações. A *Walkability* ou *walkable catchment* pode ser traduzida como caminhabilidade ou área de captação caminhável.

Segundo (Wilson, 2012) a *Walkability* é uma área que cobre a distância que, uma pessoa em média anda a pé, até alcançar destinos significativos, como por exemplo paragens de autocarros, estações de comboios, estações de metro, centros de cidades, etc. De acordo com o documento (Box, n.d.) esta área também chamada de *pedestrian-shed* ou "*ped-shed*" ( que pode ser traduzido para calçada ou área pedonal) é uma área mapeada dentro de cinco a dez minutos a pé de um destino pedonal. A maioria das pessoas sente-se confortável ao andar 400 metros (cerca de 5 minutos) regularmente e, dependendo da circunstância ou o ambiente a pé, pode caminhar mais para chegar a certos tipos de destinos.

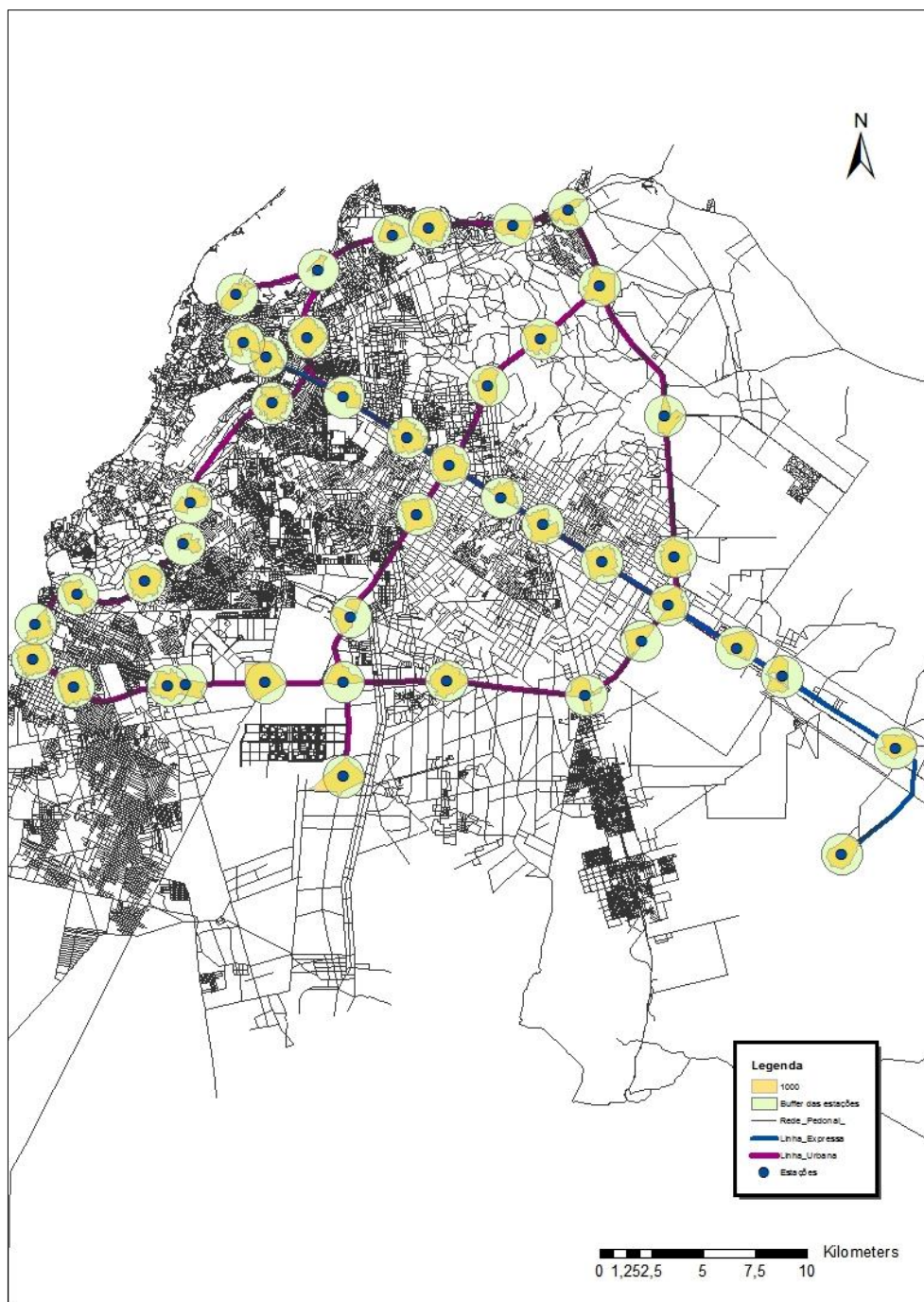
Para a realização desta análise nas linhas férreas em estudo, teve-se em conta a definição de uma distância máxima a pé até as estações férreas. Segundo o documento da (Transport for London, 2010) para serviços ferroviários, a distância máxima de deslocação a pé deve ser de 980 metros, admitindo uma velocidade pedonal de 4,8 km/h e permitindo fazer o percurso em 12 minutos até à estação ferroviária.

No presente trabalho adotou-se uma distância de 1000 metros. Para esta análise foram criados pontos únicos em cada estação (ou seja, admitiu-se apenas um cais em cada estação) e considerou-se apenas a rede pedonal e conetores fictícios criados de ligação às estações. Importante referir que no presente trabalho, não se tiveram em conta as características e condições das vias pedonais e a existência de eventuais obstáculos como estacionamento de veículos, árvores, edifícios, etc.

De seguida para definição da *Walkability* no *Arcmap*, foram criadas duas áreas diferentes:

- *Buffer* – foram definidas áreas com um diâmetro de 1000 metros para cada estação. Para obtenção desta área recorreu-se ao comando *Buffer* da ferramenta *Geoprocessing* do *ArcGIS*. Os *Buffers* permitem definir isolinhas a partir de um determinado ponto e não são influenciados pela rede pedonal.
- *Isométrica* – foram definidas áreas de 1000 metros através da criação de *Service Area* (SA). As SA's podem ser obtidas com recurso à extensão *Network Analyst* do *ArcGIS* e permitem também calcular isolinhas de impedância a partir de um ponto sobre a rede pedonal. As distâncias isométricas medem assim a distância pela rede pedonal.

Na figura seguinte está visivelmente representada a diferença entre os Buffers e as Isométricas.



**Figura 52 - Buffer versus Isométricas**

De forma a averiguar a diferença entre os Buffers e Isométricas decidiu-se verificar a população afetada pelas mesmas. Para a obtenção da população abrangida recorreu-se ao comando *Intersect* da ferramenta *Geoprocessing* e procedeu-se à interseção dos dados demográficos da população (mapa administrativo de Luanda criado no capítulo 4) com as Isométricas e os Buffers.

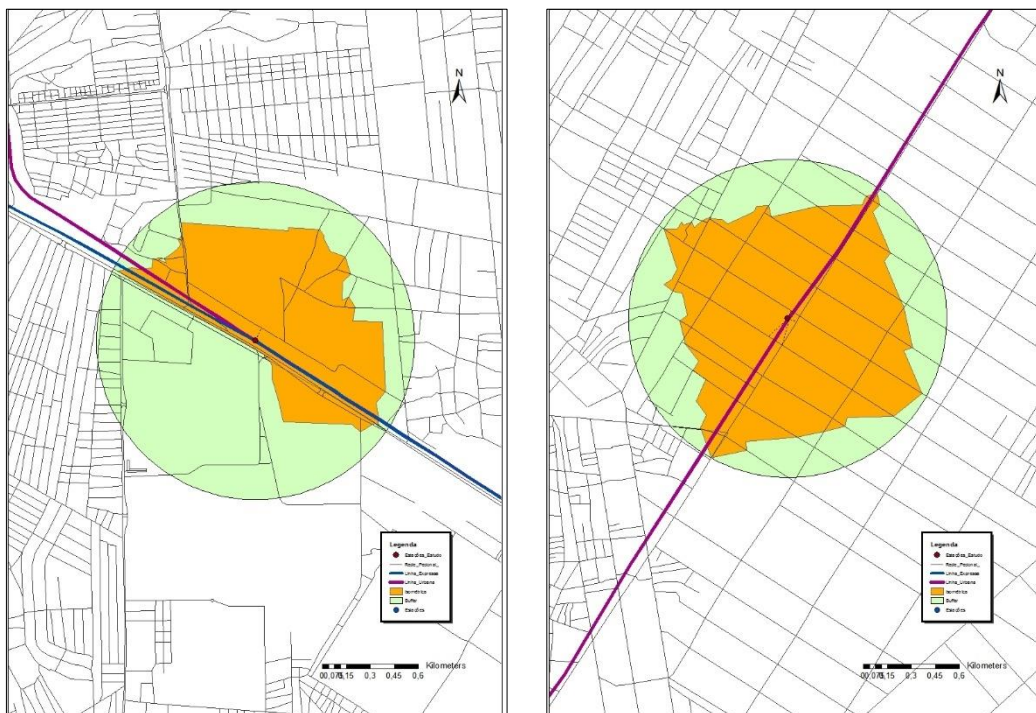
Desta maneira, a partir da área resultante de interseção de cada isométrica e de cada buffer, foi possível determinar a população abrangida<sup>11</sup> pelas áreas interseçadas a partir da seguinte fórmula:

$$População = Dens_{Dem} \times Área_{interseção}$$

**Equação 15 - População abrangida**

Na Figura 54 embora seja mais visível para os Buffers, está ilustrada a interseção resultante dos Buffers e das Isométricas com o mapa administrativo.

Como exemplo da diferença da população abrangida por um buffer e por uma isométrica optou-se por analisar duas estações: uma estação bem servida e outra estação mal servida pela rede de TP. Estas estações foram definidas como: Estação 1 e Estação 2, para facilidade de identificação. Na Figura 54 estão assinalas as respetivas estações. Na figura abaixo estão representadas as estações estudadas em pormenor.



**Figura 53 - Estação 1 e Estação 2 respetivamente**

<sup>11</sup> O modelo desenvolvido parte de simplificação académica, admitindo uma aproximação uniforme da população pelas áreas interseçadas. Contudo, o modelo para análise da acessibilidade não perde a validade teórica, podendo esta aproximação da população vir a ser substituída por um modelo mais sofisticado, que contenha uma distribuição da população mais discreta.

Como se poderá ver na Figura 53 na Estação 1 a área da isométrica é menor em relação a área da isométrica na Estação 2, pelo facto de que poderá haver falhas na rede pedonal, ou seja, a rede não está completamente desenhada e poderão estar em falta alguns arcos que possibilitassem uma melhor acessibilidade pedonal dentro dos 1000 metros de *Walkability* definidos.

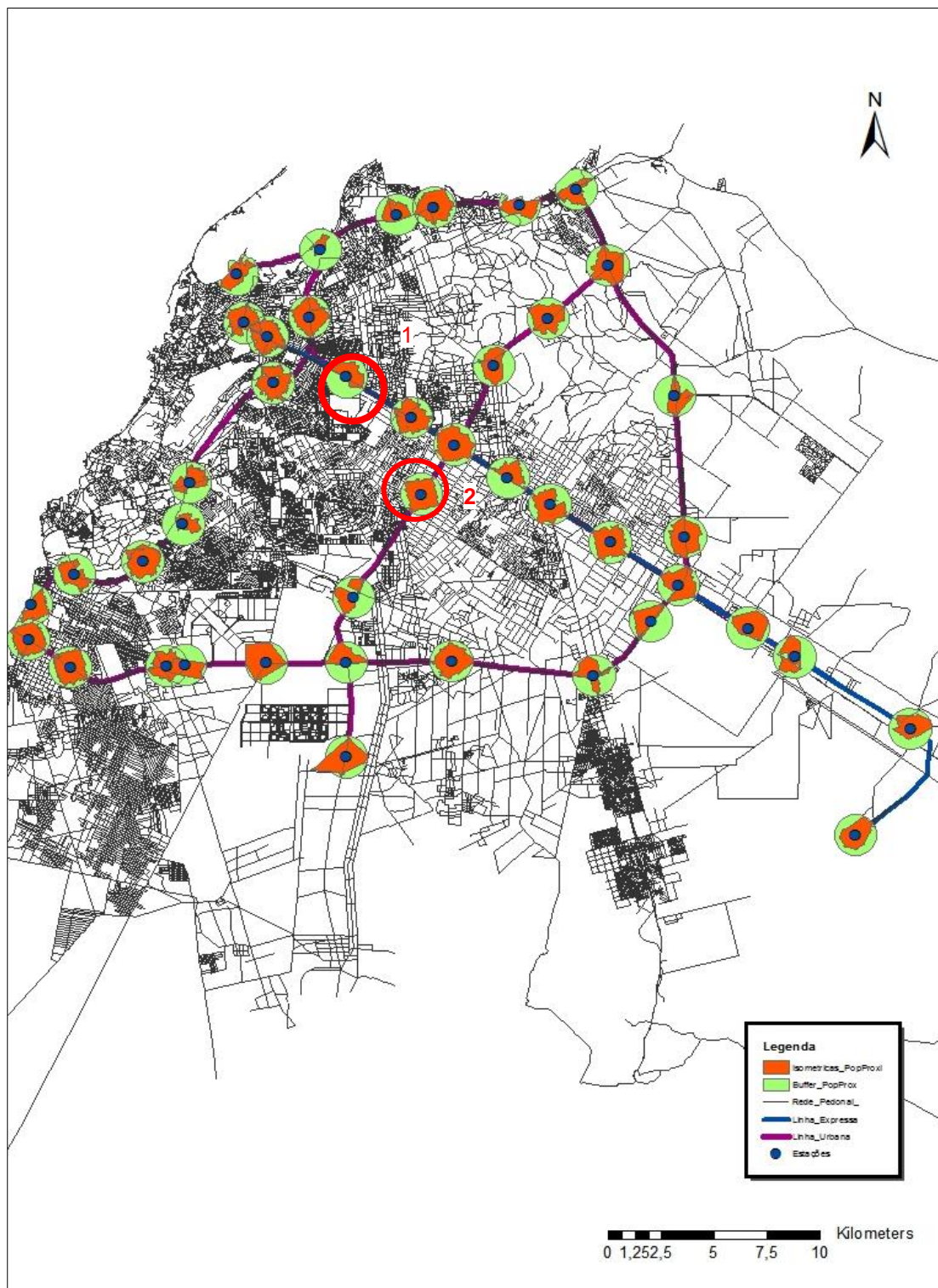


Figura 54 - Intersecção das Buffers e das Isométricas com o mapa administrativo

De seguida, tem-se os gráficos que traduzem a interseção de um buffer e de uma isométrica com os dados da população. Pelos gráficos obtidos verifica-se que população abrangida pelo Buffer é maior que a população abrangida pela isométrica. Esta discrepância da população é justificável pelo facto de que o Buffer não é influenciado pela rede pedonal.

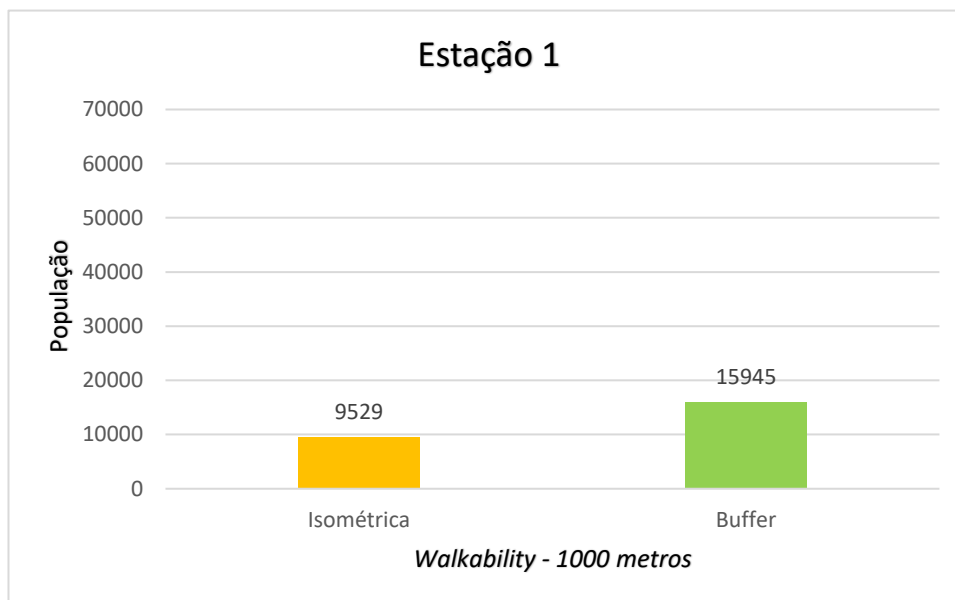


Gráfico 7 - População abrangida pela Estação 1

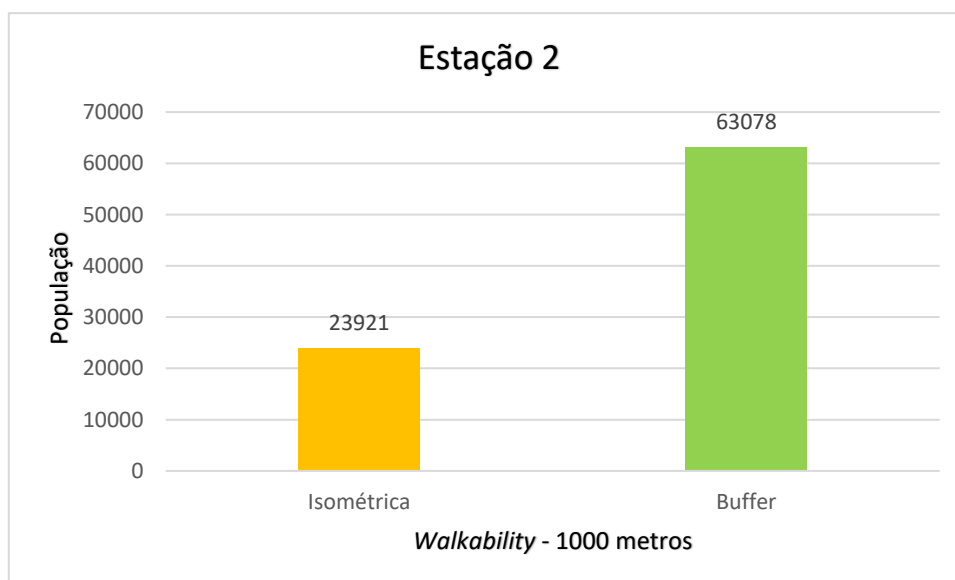


Gráfico 8 - População abrangida pela Estação 2

Deste modo, a população abrangida pelas isométricas refletem realmente a população abrangida pelas estações, dado que as isométricas são medidas pela rede pedonal. Por outro lado, em casos em que área da isométrica é menor, e conseqüentemente a população é menor como o caso da Estação 1, talvez seja admissível a população abrangida pelo Buffer, uma vez que podem existir falhas na rede.

### **5.2.2 Mapa de densidade da rede de TP – Isócronas**

A criação de mapas de densidade permite quantificar a distribuição espacial de um fenómeno, possibilitando assim a desagregação detalhada da informação que se pretende estudar.

Tal, como visto anteriormente com a extensão *Network Analyst* do ArcGIS, é possível criar *Service Areas* que calculem isolinhas de impedância, a partir de um determinado ponto sobre a rede pedonal. Neste sentido, é possível calcular isócronas definidas a partir de intervalos de tempo estipulados.

Na figura seguinte está representada a acessibilidade das estações da rede de transporte público em relação à rede pedonal. Optou-se por analisar quatro intervalos de tempo, sendo o tempo máximo de 120 minutos. Estas isócronas permitem perceber quais as zonas que estão diretamente servidas pela rede de TP, neste caso as estações e foram criadas tendo em conta apenas a rede pedonal, avaliando assim a acessibilidade pedonal às estações.

Nas zonas onde a rede de TP não serve diretamente, ou seja, onde se tem a rede ferroviária, poderão ser eventualmente servidas por outros modos de transporte como carreiras rodoviárias que levem as pessoas às estações ou busca-las às estações.

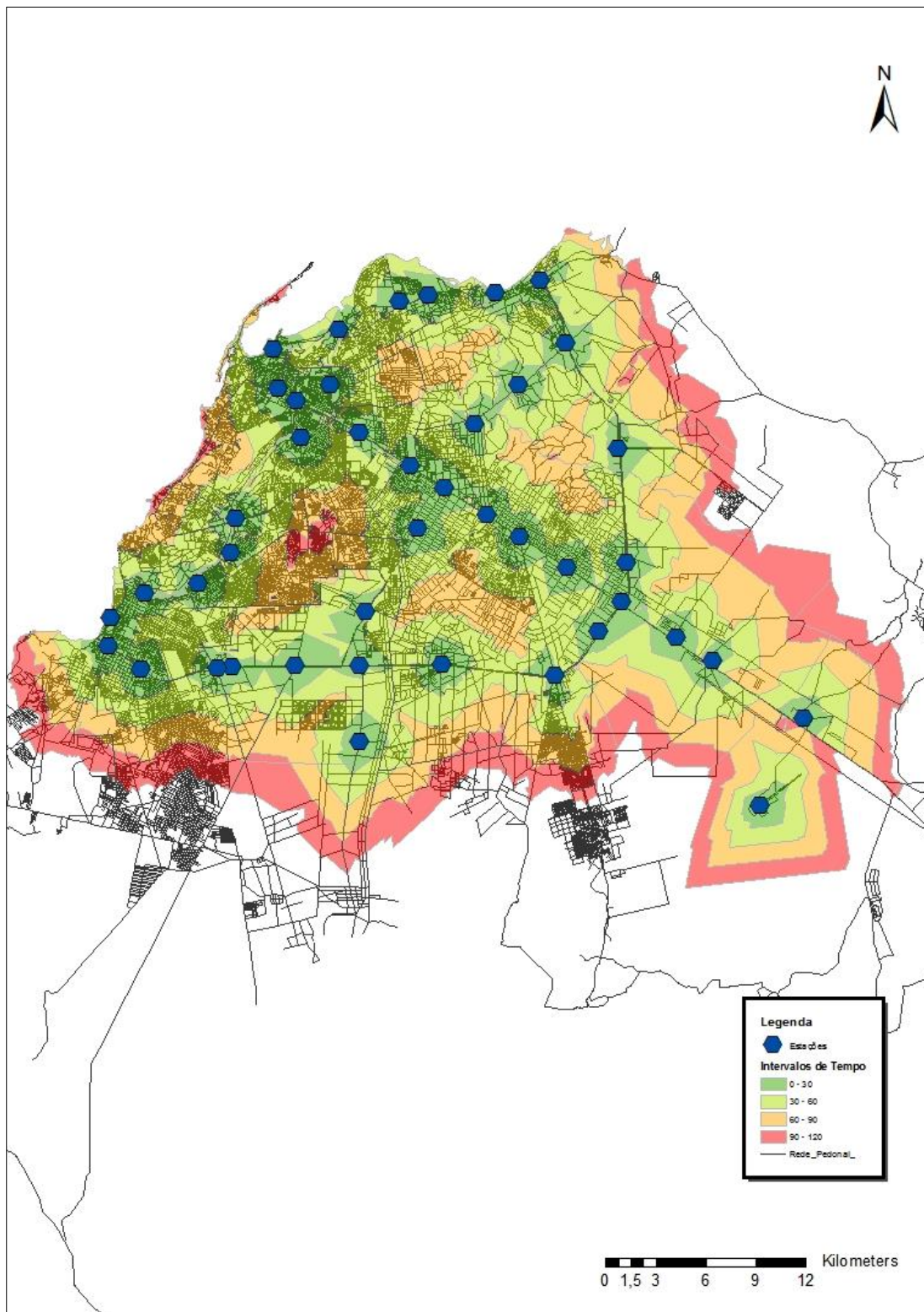


Figura 55 - Isócronas obtidas a partir das estações

Nesta figura é visível as zonas que não são servidas diretamente pela rede de TP.

### 5.2.3 Comparação entre o Transporte Individual e o Transporte Público

Após a realização de análises genéricas da acessibilidade da rede rodoviária de Luanda, ou seja, uso de transporte individual (TI) e da acessibilidade da futura rede de transporte público (TP), foram feitas duas análises diferentes: foi estudado o Indicador de Transporte Público (ITP) e foram estudadas rotas com 4 pares O/D diferentes.

#### 5.2.3.1 Indicador de Transporte Público - ITP

Para a quantificação do ITP foram avaliados os *centróides* de cada zona de análise de tráfego (ZAT). Para tal elaborou-se uma matriz com 36x36 pares O/D. Usou-se a matriz do Tempo de Viagem do TI (ver Quadro 10) e calculou-se o Tempo de Viagem do TP, utilizando o comando *New OD Cost Matriz* do módulo *Network Analyst*. Dada a dimensão das matrizes, serão apresentadas partes das mesmas, sendo a restante remetida para anexo.

Quadro 12 - Matriz do tempo de viagem sobre a rede de transporte público, entre ZAT's (parcial)

TEMPOS DE VIAGEM DE TP (HORAS)	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0,0	7,8	7,6	6,1	3,3	11,3	12,3	8,8	8,9	10,4
	BENFICA 1	7,8	0,0	2,5	2,2	4,5	5,1	6,1	2,6	2,7	4,1
	BENFICA 2	7,6	2,5	0,0	2,4	4,3	6,1	7,1	3,6	3,6	5,1
	BENFICA 3	6,1	2,2	2,4	0,0	2,8	5,9	6,9	3,4	3,5	5,0
	BENFICA 4	3,3	4,5	4,3	2,8	0,0	8,0	9,0	5,5	5,6	7,1
	BOM JESUS	11,3	5,1	6,1	5,9	8,0	0,0	6,8	4,8	4,9	6,3
	CABIRI	12,3	6,1	7,1	6,9	9,0	6,8	0,0	5,9	5,9	7,4
	CACUACO 1	8,8	2,6	3,6	3,4	5,5	4,8	5,9	0,0	1,7	3,2
	CACUACO 2	8,9	2,7	3,6	3,5	5,6	4,9	5,9	1,7	0,0	2,3
	CACUACO 3	10,4	4,1	5,1	5,0	7,1	6,3	7,4	3,2	2,3	0,0
	CALLUMBO	12,7	6,5	7,4	7,3	9,4	7,5	9,9	6,5	6,5	8,0
	CAMAMA 1	9,1	2,7	3,7	3,6	5,8	5,8	6,8	3,0	3,2	4,6
	CAMAMA 2	7,5	1,4	2,3	2,2	4,2	4,5	5,5	2,0	2,1	3,6
	CAMAMA 3	7,2	2,2	3,2	3,0	3,9	5,1	6,2	2,4	2,5	4,0
	CATETE	14,1	7,9	8,8	8,7	10,8	5,4	5,0	7,6	7,6	9,1
	CAZENGA	8,9	2,4	3,4	3,3	5,6	5,0	6,0	2,4	2,4	3,9
	FUNDA 1	8,9	2,7	3,7	3,5	5,6	5,1	6,1	1,6	2,1	3,6
	FUNDA 2	10,2	4,0	5,0	4,8	6,9	6,2	5,8	3,4	3,4	2,9
	FUNDA 3	9,9	3,7	4,6	4,5	6,5	5,8	6,8	3,0	3,0	4,3
	FUTUNGO DE BELAS	8,3	1,6	2,7	2,7	5,0	5,4	6,4	2,6	2,6	4,1
	HOU YA HENDA	9,1	2,5	3,5	3,4	5,7	5,2	6,2	1,9	1,9	3,4
	INGOMBOTA	8,5	2,0	2,9	2,9	5,2	4,6	5,7	1,7	1,7	3,2
	KIKOLO	9,2	2,7	3,7	3,6	5,9	5,2	6,2	1,6	1,9	3,4
	KILAMBA	7,9	2,2	3,2	3,0	4,6	5,3	6,4	2,7	2,8	4,3

O quociente entre o Tempo de Viagem de TP e o Tempo de Viagem do TI, resulta no Indicador de Transporte Público:

Quadro 13 - Matriz do Indicador de Transporte Público sobre a rede de transporte público, entre ZAT's (parcial)

INDICADOR DE TRANSPORTE PÚBLICO	DESTINOS										
	O/D	BARRA DO KWANZA	BENFICA 1	BENFICA 2	BENFICA 3	BENFICA 4	BOM JESUS	CABIRI	CACUACO 1	CACUACO 2	CACUACO 3
O R I G E N S	BARRA DO KWANZA	0,00	3,53	2,51	2,50	3,75	2,59	2,74	3,19	2,99	3,41
	BENFICA 1	3,57	0,00	1,77	1,70	3,45	1,77	2,03	2,02	1,76	2,62
	BENFICA 2	2,58	1,76	0,00	1,25	2,08	1,66	1,87	1,73	1,59	2,17
	BENFICA 3	2,50	1,65	1,25	0,00	1,79	1,65	1,87	1,73	1,60	2,21
	BENFICA 4	3,75	3,38	2,00	1,79	0,00	2,30	2,50	2,93	2,67	3,27
	BOM JESUS	2,54	1,74	1,62	1,63	2,24	0,00	2,72	1,92	1,76	2,25
	CABIRI	2,71	2,03	1,84	1,86	2,46	2,72	0,00	2,75	2,65	4,18
	CACUACO 1	3,15	2,05	1,70	1,72	2,88	1,88	2,74	0,00	2,65	4,51
	CACUACO 2	2,75	1,54	1,42	1,45	2,37	1,61	2,68	1,99	0,00	2,95
	CACUACO 3	3,35	2,62	2,11	2,19	3,19	2,20	4,19	4,53	2,86	0,00
	CALLUMBO	2,76	2,11	1,91	1,93	2,52	1,66	2,13	2,22	2,07	2,48
	CAMAMA 1	3,61	2,70	2,00	2,11	3,54	1,86	2,10	2,01	1,82	2,58
	CAMAMA 2	3,91	3,09	1,84	1,90	3,86	1,75	2,05	2,08	1,78	2,87
	CAMAMA 3	2,79	1,87	1,58	1,60	2,29	1,67	1,93	1,63	1,49	2,27
	CATETE	2,70	2,13	1,95	1,97	2,48	2,80	7,29	2,71	2,63	3,73
	CAZENGA	2,65	1,30	1,25	1,29	2,25	1,57	2,29	2,99	2,17	3,31
	FUNDA 1	2,68	1,50	1,40	1,40	2,29	1,64	2,12	1,62	1,55	2,50
	FUNDA 2	2,96	2,09	1,81	1,83	2,69	1,91	4,28	3,21	2,98	4,27
	FUNDA 3	3,73	3,25	2,37	2,44	3,71	2,39	3,10	6,46	4,32	5,58
	FUTUNGO DE BELAS	3,41	2,95	1,70	1,72	3,22	1,72	1,97	1,70	1,49	2,25
	HOU YA HENDA	2,84	1,53	1,41	1,45	2,49	1,75	2,56	3,09	2,06	3,41
	INGOMBOTA	2,61	1,45	1,27	1,20	2,18	1,44	2,12	1,96	1,46	2,57
	KIKOLO	2,74	1,47	1,37	1,41	2,38	1,65	2,39	2,05	1,74	2,91
	KILAMBA	3,99	3,58	2,20	2,29	4,18	2,04	2,31	2,63	2,26	3,27

5.2.3.2 ITP médio

Com intuito de melhor avaliar o ITP foi criado um mapa com  $ITP_{médio}$  por ZAT (ver figura). Como se poderá verificar apenas uma ZAT está relativamente bem servida, nomeadamente Viana 3, apresentando um  $ITP_{médio}$  de 1,37. Nas ZAT's cujo valor está compreendido no intervalo entre 1,55 e 1,65 poderá existir uma possível concorrência entre o TI e o TP, como é o caso de Viana 2, Benfica 2. Benfica 3 e Funda 1. Os valores de  $ITP_{médio}$  de cada ZAT encontram-se no **Anexo III**.

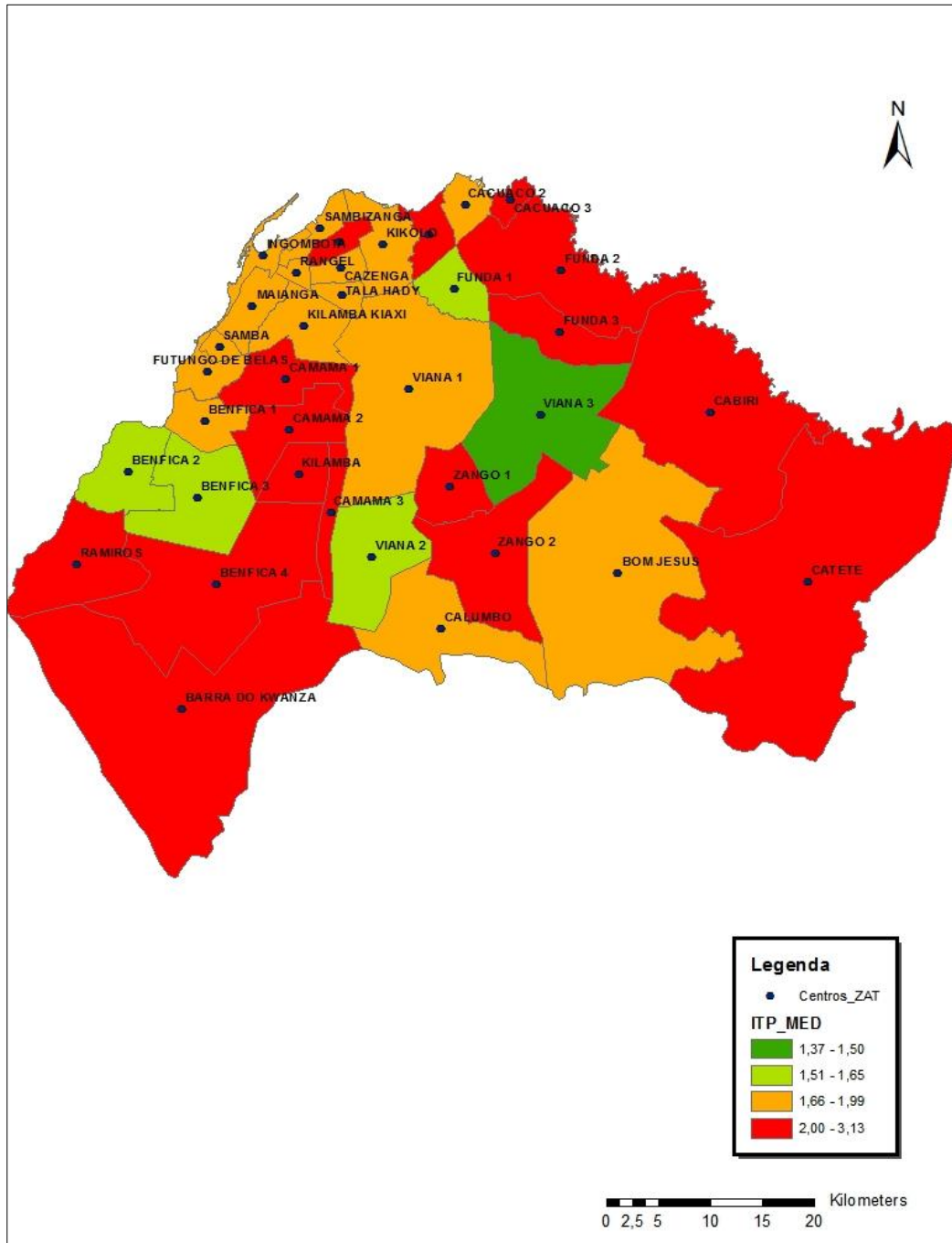


Figura 56 - Mapa do ITP médio por ZAT

De seguida, analisaram-se dois casos diferentes: uma zona bem servida pela rede TP e outra zona não diretamente servida pela rede de TP. Como exemplo de uma ZAT bem servida temos a zona de Viana 3. Esta ZAT oferece melhor acessibilidade em relação a rede de TP.

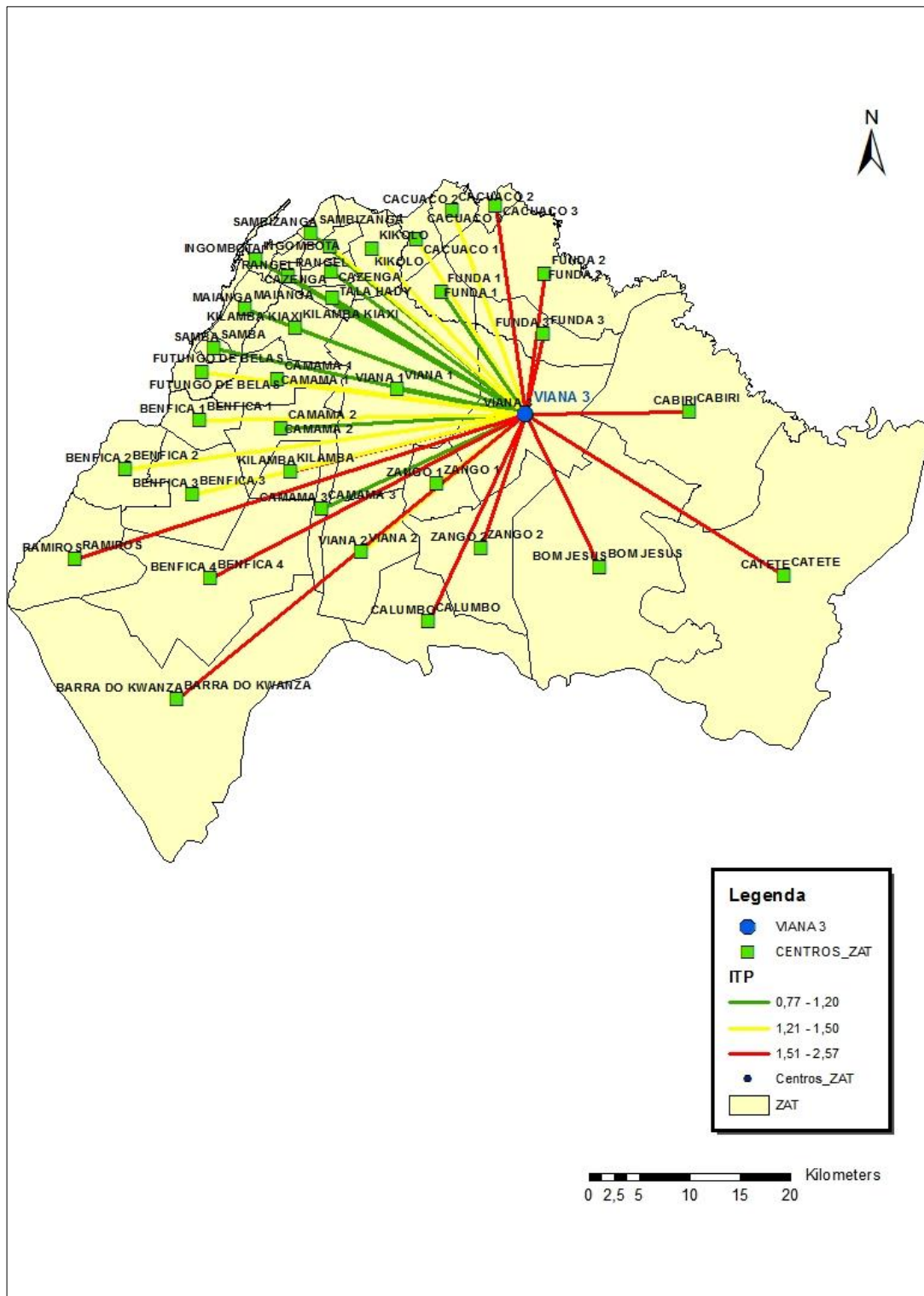


Figura 57 - ITP de Viana 3

Outro exemplo, mas de uma ZAT que não está bem servida pela rede de TP é a de Kilamba Kiaxi.

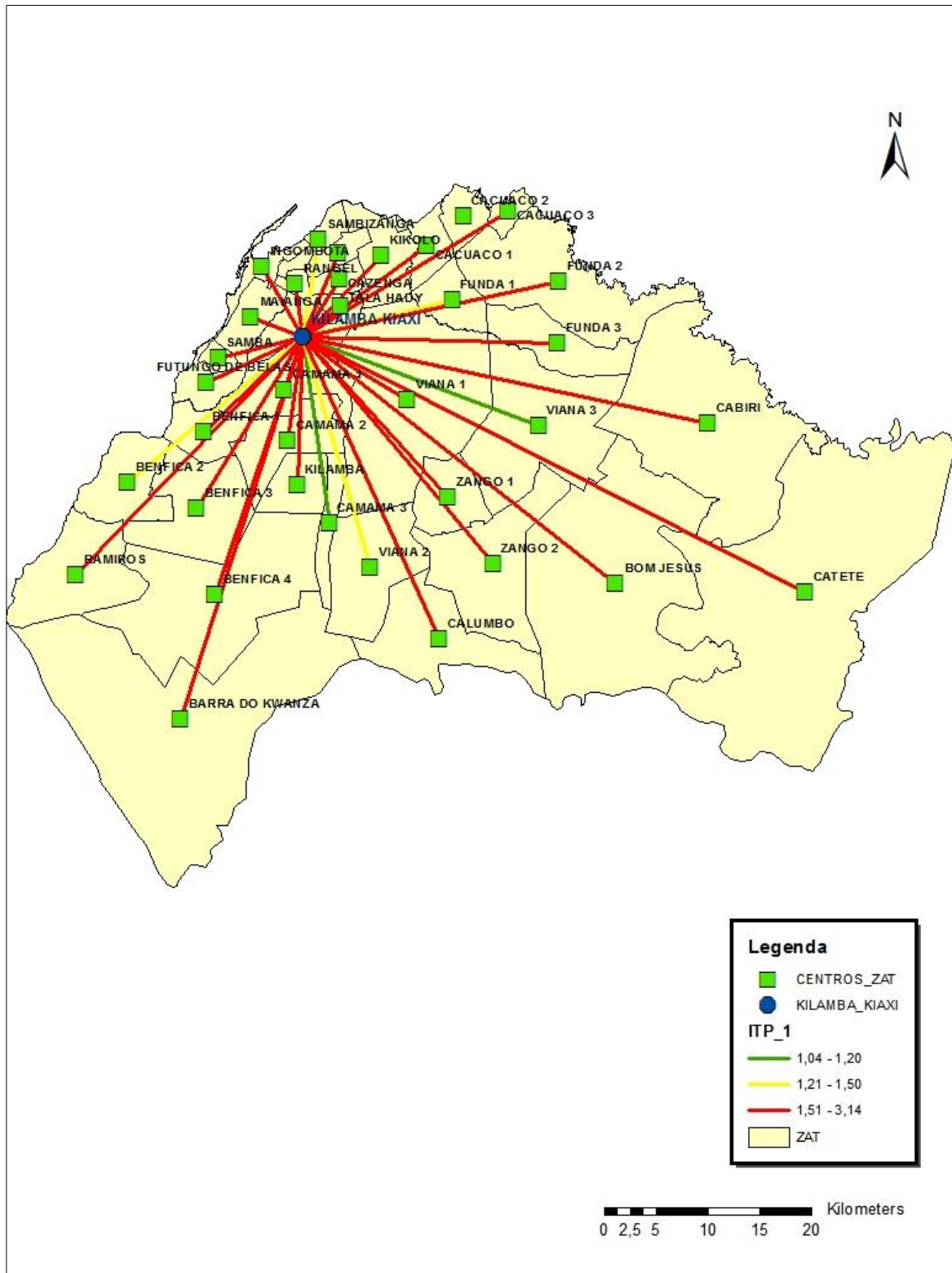


Figura 58 - ITP de Kilamba Kiaxi

Para classificação dos resultados apresentados, na Figura 57 e na Figura 58, foram admitidas classes de intervalos de ITP consoante o caso. Estes intervalos são apenas qualitativos, uma vez que não têm em conta uma investigação específica, mas permitem operacionalizar o modelo. Deste modo, foram adotadas as seguintes classes: valores inferiores 1,20, representam que “TP predomina sobre o TI”, para valores compreendidos entre 1,21 e 1,50, “Existe uma possível concorrência entre TP e TI” e a última classe, representa que “TI predomina sobre o TP”.

- **Análise de percursos de quatro pares O/D**

Foram analisadas rotas de quatro pares O/D que permitissem relacionar o TI com o TP. Destas quatro rotas foram estudadas duas em que o TP prevalece sobre o TI, ou seja, o percurso a pé mais o uso de TP compensa relativamente ao uso de TI, e duas rotas em que TI prevalece sobre o TP, em que os percursos estudados não são servidos diretamente pela rede de TP.

Neste sentido, serão apresentados quatros mapas com as diferentes rotas, bem como os respetivos tempos de viagem.

Como exemplo, começou-se pelo par O/D 1 de ligação a Novo Aeroporto Internacional de Luanda, a partir da primeira estação da Linha Expressa. Optando pelo uso de TI, obtém-se um tempo de viagem de 162 minutos (aproximadamente 3 horas), enquanto que se optar pelo TP obtém-se 12 minutos para chegar à estação mais próxima e mais 60 minutos de viagem no comboio, perfazendo 72 minutos no total. Sendo assim, com uma diferença de 90 minutos, haverá uma preferência pelo uso de transporte público.

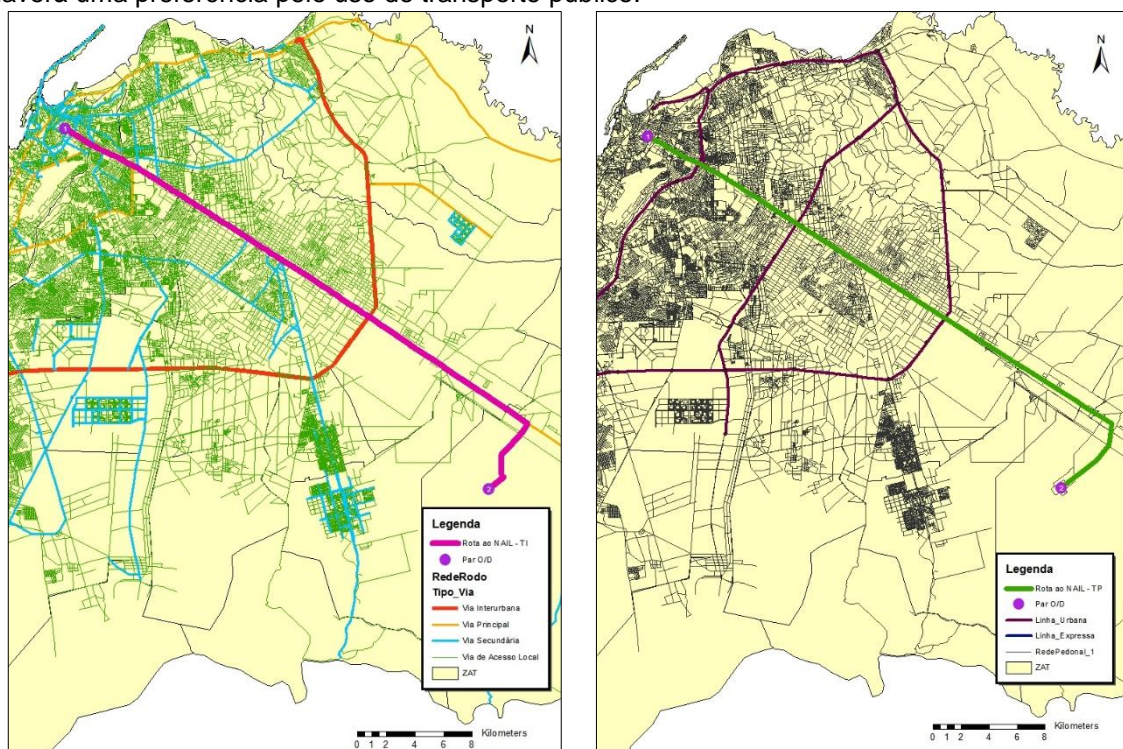


Figura 59 - Par O/D 1 – TI versus TP

Outro exemplo de preferência pelo uso de TP, é a ligação ao Porto de Luanda a partir de uma estação na zona de Tala Hady (par O/D 2). Recorrendo ao uso do TI o tempo de viagem é de 70 minutos, enquanto que se optar pelo uso do TP o tempo de viagem será 49 minutos.

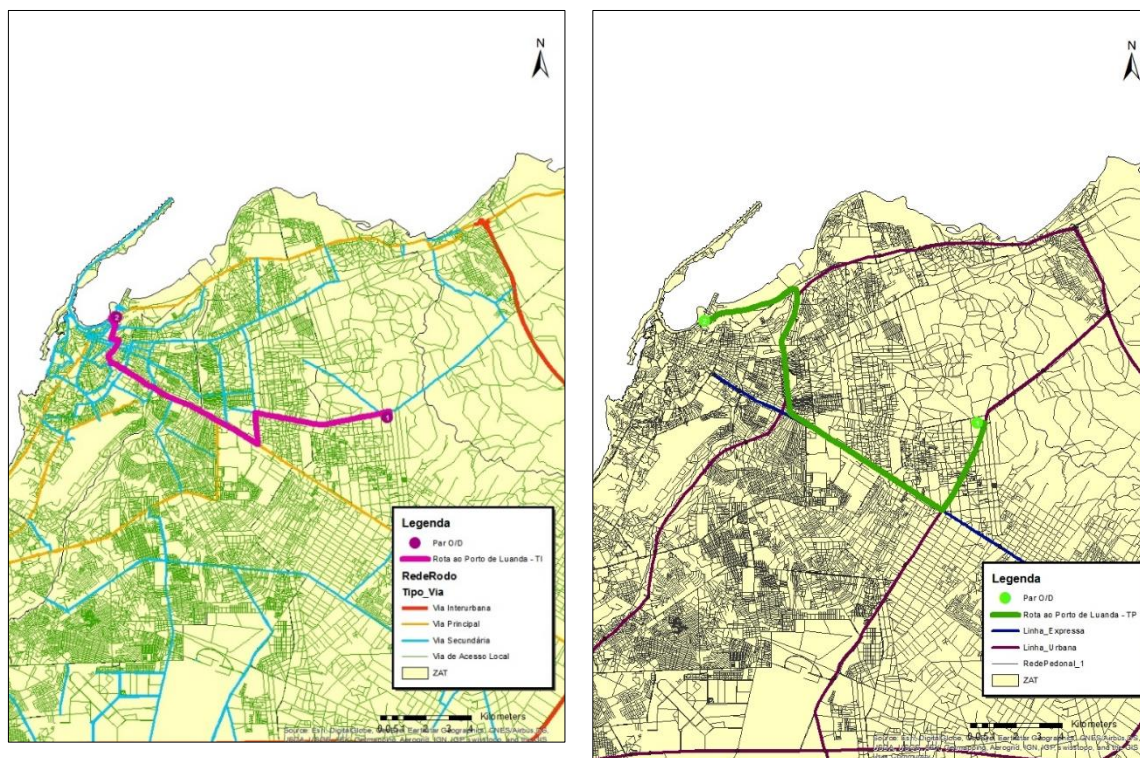


Figura 60 - Par O/D 2 - TI versus TP

Os dois últimos pares O/D são referentes à preferência pelo uso de TI. Esta preferência é justificável nas zonas não servidas diretamente pela rede TP, onde se verifica a necessidade de implementação de carreiras rodoviárias ou outros modos de transporte de apoio a rede criada, cuja criação se sugere.

O tempo de viagem com uso de TI da rota do par O/D 3, a partir de um ponto qualquer em Viana 1, e com destino a um ponto qualquer a zona de Hoji Ya Henda, é de 97 minutos, enquanto que usando o TP o tempo de percurso é de 125 minutos, uma vez que são necessários 61 minutos a pé para chegar a estação mais próxima (ver Figura 62).

Já o tempo de viagem usando o TI na rota do par O/D 4, a partir de um ponto qualquer na zona de Camama 1 e com destino a um ponto qualquer na zona Ingombota, é de 87 minutos, enquanto que se optar pelo uso do TP o tempo de viagem é de 167 minutos (ver Figura 61).

Pode-se assim concluir que em função zona estar servida diretamente ou não pela rede criada, quando se avalia o ITP pelas ZAT's, há uma predominância do TI sobre o TP. Por outro lado, avaliando casos individuais de rotas que estejam diretamente servidas pela rede de TP, esta prevalece sobre o uso de TI.

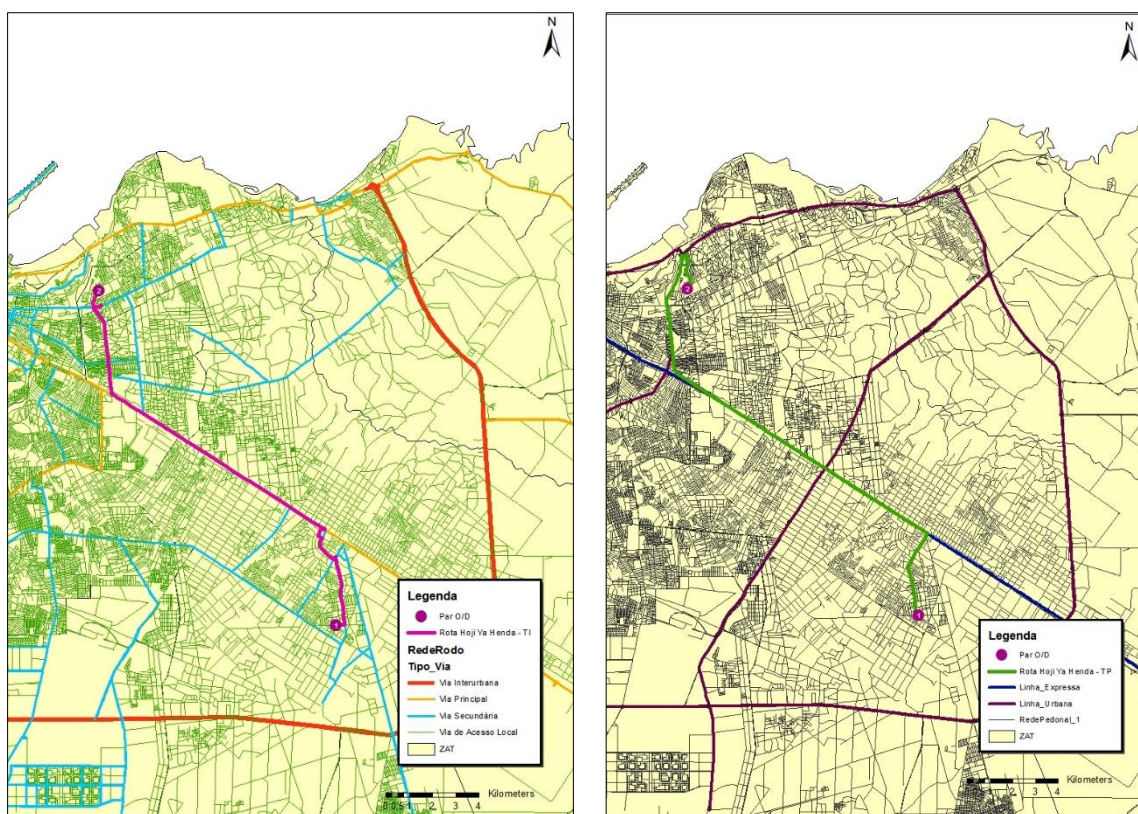


Figura 62 - Par O/D 3 - TI versus TP

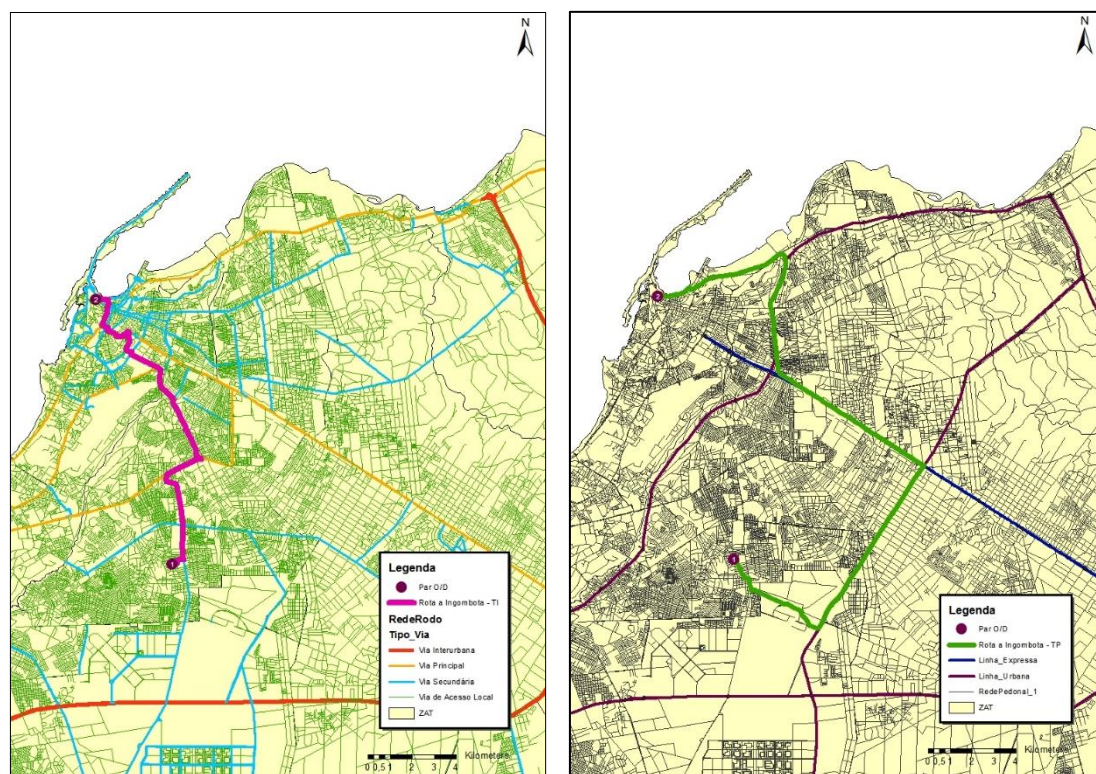


Figura 61 - Par O/D 4 - TI versus TP

### 5.3 Súmula do Capítulo

Neste capítulo foram realizadas análises da acessibilidade tanto para o modelo da rede rodoviária atual de Luanda como para o modelo da rede (TP) que integrará a futura Área Metropolitana de Luanda (AML).

Neste sentido, para avaliar a acessibilidade rodoviária de Luanda procedeu-se ao Cálculo de Indicadores Genéricos de acessibilidade, nomeadamente: o Índice de Sinuosidade (IS) e a Velocidade Equivalente Reta (VER). Estes indicadores permitem medir a acessibilidade geográfica e física da rede rodoviária, o que por sua vez permitiu averiguar a “dificuldade” sentida na rede rodoviária de Luanda, em alcançar determinados destinos.

Relativamente ao estudo da acessibilidade da rede TP que integrará a AML, foram realizadas várias análises genéricas com intuito de perceber como esta rede poderá funcionar e as vantagens que trará, comparada ao uso de transporte individual. Por conseguinte, foram realizadas as seguintes análises:

- *Walkability* ou área de captação caminhável - foram definidas áreas com distâncias a pé de 1000 metros (raio e isolinhas) em cada estação das linhas férreas, com o intuito de avaliar a acessibilidade pedonal às estações bem como a população abrangida em cada estação;
- Mapas de densidade - foi estudada a acessibilidade das estações dentro de intervalos de tempo pré-definidos;
- Comparação entre Transporte Individual (TI) e Transporte Público (TP) – foi calculado o Indicador de Transporte Público (ITP) e foram estudadas rotas que permitissem comparar o TP com o TI.

Com a comparação da rede rodoviária TI com a rede TP, foi possível averiguar a nível geral que há uma preferência pelo uso de TI referente a trajetos entre ZAT's. Por outro lado, avaliando trajetos em zonas servidas por TP, ou de casos individuais servidos diretamente pela rede de TP, observa-se uma potencial preferência pelo uso de TP.



## 6. Conclusões e perspectivas futuras

A acessibilidade pode ser definida como a capacidade, medida ou facilidade de uma determinada oportunidade ser alcançável ou ser alcançada, recorrendo a um sistema de transporte. A acessibilidade é uma chave elementar para o desenvolvimento económico de áreas metropolitanas, permitindo garantir a eficiência dos sistemas de transporte bem como também contribuir para a prática de políticas e objetivos de ordenamento do território.

Tal como referido no Capítulo 1 desta dissertação o principal objetivo foi o desenvolvimento de modelos que possibilitassem analisar as acessibilidades rodoviárias urbanas de Luanda, bem como analisar a acessibilidade de uma rede de transporte público (ainda que parcial). Para tal, foram utilizadas técnicas de análises de redes de transportes, desenvolvidas com base num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Por outro lado, pretende-se também dar um contributo ao estudo de acessibilidades rodoviárias em Luanda, servindo como uma ferramenta na identificação, diagnóstico e propostas de cenários alternativos para o sistema de transportes de Luanda.

Desta forma, espera-se que as metodologias de análise de acessibilidades desenvolvidas para o modelo rodoviário e para o modelo de transporte público, bem como os respetivos indicadores possam ser consideradas ferramentas úteis para planeamento de transportes em Luanda.

Em relação aos pontos críticos de sucesso, para a análise da rede rodoviária de Luanda sentiram-se algumas dificuldades devido à indisponibilidade de dados que se verificou. Para a criação do modelo da rede rodoviária de Luanda recorreu-se ao inventário disponível no *OpenStreetMap* e à georreferenciação de uma imagem com um mapa de Luanda. Além disso, foi necessário garantir a topologia dos arcos da rede rodoviária, definir uma nova hierarquização rodoviária de forma a corrigir alguns percursos. Nesta fase conseguiram obter-se bons resultados com recurso ao *Arca* e ao *Google Maps*.

Na construção do mapa teve-se em conta a análise do terreno, tendo sido criadas Zonas de Análise de Tráfego que possibilitassem um estudo mais ou menos uniforme da mobilidade para as diversas zonas. Para obviar alguma falha de informação demográfica, foi feita uma distribuição aproximada da população pelas zonas de análise de tráfego criadas a partir da divisão de comunas.

A maior dificuldade sentida na construção do modelo verificou-se durante a fase de calibração fina da velocidade, com o propósito de se obter tempos de viagem próximos a realidade de Luanda. Para a calibração das velocidades, não se tiveram em conta condicionantes que pudessem afetar cada tipo de via (tipo de pavimento e condições da estrada), considerando-se apenas a hierarquia viária definida no âmbito da dissertação. Por outro lado, as velocidades foram calibradas e ajustadas de forma a que os tempos de viagem obtidos no modelo da rede

## ***Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG***

### *Aplicação ao caso de Luanda*

---

rodoviária correspondessem o mais possível aos tempos de viagem obtidos através do inquérito informal online com 20 pares O/D, tal como descrito no capítulo 4.

Apesar destas dificuldades, conseguiu-se obter uma rede rodoviária razoavelmente calibrada e fidedigna.

Para construção do modelo de transporte público, foi necessária a georreferenciação de duas imagens da futura rede de transporte público de Luanda. Visto que não foi possível obter mais informação sobre as linhas férreas estudadas, a maior dificuldade foi sentida na definição da velocidade comercial das composições e dos respetivos tempos de viagem. Contudo, foi possível criar uma rede de transporte público 'plausível', que por sua vez, permitiu efetuar a sua comparação à rede rodoviária e estudar a competição entre ambas, através da análise de rotas e da criação de um indicador de comparação.

Outro fator crítico está relacionado com o facto de não se considerarem níveis da procura de tráfego, impossibilitando uma melhor definição das velocidades praticadas em horas de ponta, o tempo perdido no tráfego nas vias principais e secundárias, bem como a distribuição de viagens pelos principais polos de atracção na província.

Por último, em relação a perspetivas futuras resultantes do estudo da presente dissertação, há algumas questões de âmbito concetual e operacional.

A nível concetual espera-se que os modelos criados sejam potenciadores do estudo das acessibilidades urbanas de Luanda. Espera-se também futuramente vir a integrar os arcos em falta na rede rodoviária, ou seja, efetuar a atualização de dados, que poderá vir a ser importante para garantir a qualidade das análises.

O modelo da rede rodoviária poderá ainda ser utilizado para o estudo da reclassificação da hierarquia rodoviária definida na presente dissertação.

Sugere-se ainda a integração de carreiras rodoviárias ou outros modos de transporte na rede de transporte público, de forma a melhorar a acessibilidade da rede de transporte público nas zonas que não são servidas diretamente pela mesma. Poderão também ser melhoradas as características dos arcos e da própria rede, nomeadamente em relação à verificação da velocidade comercial, tempos de espera ou mesmo proceder à criação de novos eixos na rede.

Estes modelos permitem também fazer testes de outras alternativas e variantes na criação de redes, que podem ser explorados como ferramentas auxiliares para apoio à revisão de planos estratégicos desenvolvidos a nível provincial ou mesmo municipal. Neste sentido, sugere-se um aperfeiçoamento dos modelos criados, permitindo a modelação de uma rede multimodal.

A nível operacional, sugere-se a automatização do caso de estudo com recurso a ferramenta *Model Builder*, disponível no *Arcmap*. Uma vez que foi necessário analisar, caso a caso, os pares O/D resultantes do inquérito elaborado e apenas com auxílio das ferramentas do *Network Analyst*, com o *Model Builder* seria possível obter resultados mais rápidos e eficazes para cada para O/D.



## Referências Bibliográficas

- Africa 21 Online. (n.d.). Plano Metropolitano de Luanda abre novas perspectivas - África 21 Online. Retrieved from <http://africa21online.com/artigo.php?a=8234&e=economia&page2=5,5&npg2=2>
- Avaliação da Situação Actual Assessment of the Current Situation. (2014).
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., & Weston, L. (2000). *Development of Urban Accessibility Index - Literature review*.
- Box, G. T. (n.d.). Walkability Catchment. Retrieved from [http://greenfield.calgaryregion.ca/tools/greenfield\\_process\\_walkabilityCatchment.pdf](http://greenfield.calgaryregion.ca/tools/greenfield_process_walkabilityCatchment.pdf)
- Caminho de Ferro de Luanda. (2016). Retrieved from [https://pt.wikipedia.org/wiki/Caminho\\_de\\_Ferro\\_de\\_Luanda](https://pt.wikipedia.org/wiki/Caminho_de_Ferro_de_Luanda)
- Cardoso, C. E. de P. (n.d.). *EFEITO DA DEFINIÇÃO DO ZONEAMENTO E DAS DIMENSÕES RELACIONADAS A ESTE EM MODELOS DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO*. Universidade de São Paulo. Retrieved from [http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/dissertacao\\_mestrado\\_Paiva.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/dissertacao_mestrado_Paiva.pdf)
- Ceso Development Consultants. (2015). Estudos de Mercado sobre Províncias de Angola 2015 - Benguela, Cabinda, Huambo, Luanda e Namibe. Retrieved from [http://www.ceso.pt/upload/pdf/content\\_intelligence/WyJnjMLG/CESO\\_estudos\\_angola\\_2015\\_01.pdf](http://www.ceso.pt/upload/pdf/content_intelligence/WyJnjMLG/CESO_estudos_angola_2015_01.pdf)
- Comboio vai ter dupla linha em Luanda e museu do centenário. (2016). Retrieved from <http://www.sigame-cplp.com/noticias/comboio-vai-ter-dupla-linha-em-luanda-e-museu-do-centenario.html>
- Dahlgren, A., Harrie, L., & Axelsson, A. (2009). Planning rescue services with non-stationary rescue units. *Fire Technology*, 45(3), 239–255. <http://doi.org/10.1007/s10694-008-0051-y>
- Development Workshop. (2005). *Terra*. Retrieved from [http://www.dw.angonet.org/sites/default/files/online\\_lib\\_files/Terra\\_Portugese.pdf](http://www.dw.angonet.org/sites/default/files/online_lib_files/Terra_Portugese.pdf)
- Duarte, M. dos R. (2013). Caracterização do desempenho das redes rodoviárias com base em modelos de afetação de tráfego.
- Garcia, L. J. S. (2015). *Modificações recentes no uso do solo e na dinâmica fluvial em Luanda: a bacia hidrográfica da ribeira da Semba. Dissertação (Mestrado). Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*.
- Geurs, K. T., & Wee, B. Van. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies : review and research directions, 12, 127–140. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>

## Referências Bibliográficas

---

- Govan, V. (2012). *Modelos de Análise de Acessibilidade Rodoviária em SIG - Aplicação ao caso de Moçambique. Dissertação (Mestrado)*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Retrieved from <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/1792/1/Dissertacao.pdf>
- GPL. (2014). Plano de Desenvolvimento Provincial 2013/2017 - Luanda. Retrieved from <http://sipangola.org/gis/documents/Plano de Desenvolviemto Provincial de Luanda 2013-2017.pdf>
- Handy, S. L., & Niemeier, D. a. (1997). Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29(7), 1175–1194. <http://doi.org/10.1068/a291175>
- Helder, J. (2011). O SISTEMA DE TRANSPORTES DE LUANDA – PROGRAMA , TIMINGS E INFRA-ESTRUTURAS, 64. Retrieved from [http://www.esi-africa.com/wp-content/uploads/Helder\\_Jose.pdf](http://www.esi-africa.com/wp-content/uploads/Helder_Jose.pdf)
- História | TAAG. (2016). Retrieved from <http://www.taag.com/pt/Taag/Historia>
- IMT-DPL. (2014). *Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional 2012-2013*.
- INE. (2016a). Resultados Definitivos do Censo Recenseamento Geral da População e da Habitação de Angola 2014. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- INE. (2016b). Resultados Definitivos do Recenseamento geral da população e da habitação de Angola - Província de Luanda.
- Info-Angola. (2016). Retrieved from [http://info-angola.ao/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4659:2016-09-12-14-27-40&catid=611:economia&Itemid=1097](http://info-angola.ao/index.php?option=com_content&view=article&id=4659:2016-09-12-14-27-40&catid=611:economia&Itemid=1097)
- Jornal ANGONOTÍCIAS. (2006). Transportes públicos de Luanda funcionam a meio gás - ANGONOTÍCIAS. Retrieved from <http://www.angonoticias.com/Artigos/item/9023/transportes-publicos-de-luanda-funcionam-a-meio-gas>
- Litman, T. (2012). Evaluating Accessibility for Transportation Planning Measuring People's Ability To Reach Desired Goods and Activities, (January 2008), 49.
- Liu, S., & Zhu, X. (2004). Accessibility Analyst: An integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 105–124. <http://doi.org/10.1068/b305>
- Lopes, C. M. (n.d.). *Acumulação, risco e sobrevivência na economia informal: os candongueiros de Luanda. Cadernos de Estudos Africanos*. Retrieved from [https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/2707/1/2006%3A07\\_11%3A12\\_3.pdf](https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/2707/1/2006%3A07_11%3A12_3.pdf)
- Louro, M., & Oliveira, F. (2011). PRÓXIMO FUTURO workshop, “Estado das Artes em África, na

- América Latina e nas Caraíbas” 11 e 12 de Maio CASAS PARA UM PLANETA PEQUENO. Retrieved from <http://www.proximofuturo.gulbenkian.pt/sites/default/files/ficheiros/MARGARIDALOURO.pdf>
- luanda. (n.d.). Retrieved from [http://info-angola.ao/index.php?option=com\\_content&view=section&layout=blog&id=18&Itemid=1461&limitstart=12](http://info-angola.ao/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=18&Itemid=1461&limitstart=12)
- Macedo, M., Lima, J. H., Rabbani, E., & Neto, O. (2007). Utilização De Sig Como Suporte Para Análise De Acessibilidade No Bairro Do Recife, 20–22. Retrieved from [http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/anais\\_busca\\_online/documents/2\\_254\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/anais_busca_online/documents/2_254_AC.pdf)
- Maguire, D. (1991). An overview and definition of GIS. *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. Retrieved from <http://lidecc.cs.uns.edu.ar/~nbb/ccm/downloads/Literatura/OVERVIEW AND DEFINITION OF GIS.pdf>
- Massango, N. (2014). Fuga aos engarrafamentos | Reportagem | Jornal de Angola - Online. Retrieved from [http://jornaldeangola.sapo.ao/reportagem/fuga\\_aos\\_engarrafamentos](http://jornaldeangola.sapo.ao/reportagem/fuga_aos_engarrafamentos)
- Messiant, C. (2006). *L'Angola colonial, histoire et société: Les prémisses du mouvement nationaliste*. Basileia: Schlettwein.
- Morris, J. M., Dumble, P. L., & Wigan, M. R. (1978). Accessibility Indicators for Transport Planning Australian Road Research Board , Victoria Australian Road Research Board , Victoria, 32.
- Novo aeroporto de Luanda. (n.d.). Angola Acontece. Retrieved from <http://www.angolaacontece.com/full.php?id=3391>
- Novo aeroporto internacional de Luanda será no Bom Jesus. (n.d.). AngoNotícias. Retrieved from [http://www.angonoticias.com/full\\_headlines.php?id=6928](http://www.angonoticias.com/full_headlines.php?id=6928)
- Novo aeroporto ligado a Luanda por comboio. (2015). Retrieved from <http://www.transportesenegocios.pt/novo-aeroporto-ligado-a-luanda-por-comboio/>
- Nzatuzola, J. B. L. (n.d.). Desemprego e crise social em luanda, 1–33.
- Paiva, C. (n.d.). *Acessibilidade Alguns Conceitos e Indicadores*.
- Plano Luanda - Construção de uma cidade para o futuro. (2015).
- Portal de Angola. (2015). Governo da Província de Luanda vai construir até 2030 um milhão de casas e mil e 500 escolas | Portal de Angola. Retrieved from <http://www.portaldeangola.com/2015/05/governo-da-provincia-de-luanda-vai-construir-ate-2030-um-milhao-de-casas-e-mil-e-500-escolas/>
- Raia Junior, A. A. (2000). *Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial*

## Referências Bibliográficas

---

- viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas.*  
Universidade de São Paulo.
- Reabilitação dos CFL começa em Agosto - Transporte - Angola Press - ANGOP. (n.d.).  
*Http://www.portalangop.co.ao.*
- Rede Angola. (n.d.). 127 de anos de Caminhos de Ferros de Luanda - Rede Angola - Notícias independentes sobre Angola. Retrieved from <http://www.redeangola.info/127-de-anos-de-caminhos-de-ferros-de-luanda/>
- ROCHA, M. J. A. DA. (2010). Desigualdades e Assimetrias regionais em angola - os factores de competitividade territorial.
- Rodrigue, J., Comtois, C., & Slack, B. (2006). *The Geography of Transport Systems*, 297.
- Rosa, K., & Dala, E. (2014). *Viagem garantida da Samba ao Porto.*
- Scheurer, J., & Curtis, C. (2007). *Accessibility Measures : Overview and Practical Applications.*
- Secuma, A. J. J. (2012). *Modelação do crescimento urbano da Província de Luanda, Angola. Dissertação (Mestrado).* Universidade Nova de Lisboa. Retrieved from <https://run.unl.pt/handle/10362/9214>
- Silva, S. M. V. (2013). *INFRAESTRUTURAS AEROPORTUÁRIAS EM ANGOLA : O CASO DO AEROPORTO “ 4 DE FEVEREIRO ”, EM LUANDA* *INFRAESTRUTURAS AEROPORTUÁRIAS EM ANGOLA : O CASO DO AEROPORTO “ 4 DE FEVEREIRO ”, EM LUANDA.* Universidade Lusfóna de Humanidade e Tecnologias.
- Terminal Marítimo do Porto de Luanda regista mais de quatro milhões de embarques - Transporte - Angola Press - ANGOP. (n.d.). *Http://www.portalangop.co.ao.*
- Transport for London. (2010). *Measuring Public Transport Accessibility Levels. PTALs: Summary.*
- United Nations. (2014). *World Urbanization Prospects.*
- Vickerman, R. W. (1974). Accessibility , attraction , and potential : a review of some concepts and their use in determining mobility, 6, 675–691.
- Wee, B. Van, Hagoort, M., & Anne, J. (2001). Accessibility measures with competition, 9.
- Wilson, L. (2012). *Walkable Catchments Analysis at Auckland Train and Northern Busway Stations - 2013.*

## Anexo I – Quadro com distribuição da população por ZAT

MUNICÍPTO	COMUNA	POPULAÇÃO	ZAT	POP_ZAT
BELAS	BARRA DO KWANZA	5779	BARRA DO KWANZA	5 779
	BENFICA	274742	BENFICA 1	137 371
			BENFICA 2	82 423
			BENFICA 3	41 211
			BENFICA 4	13 737
	CAMAMA	631741	CAMAMA 1	473 809
			CAMAMA 2	94 761
			CAMAMA 3	63 174
	FUTUNGO DE BELAS	70157	FUTUNGO DE BELAS	70 157
KILAMBA	56183	KILAMBA	56 183	
RAMIROS	28708	RAMIROS	28 708	
CACUACO	CACUACO	259161	CACUACO 1	129 581
			CACUACO 2	103 664
			CACUACO 3	25 916
	FUNDA	209387	FUNDA 1	157 040
			FUNDA 2	31 408
			FUNDA 3	20 939
	KIKOLO	601599	KIKOLO	601 599
CAZENGA	CAZENGA	345347	CAZENGA	345 347
	HOJI YA HENDA	309615	HOJI YA HENDA	309 615
	TALA HADY	237439	TALA HADY	237 439
ICOLO E BENGO	BOM JESUS	21798	BOM JESUS	21 798
	CABIRI	17551	CABIRI	17 551
	CATETE	23284	CATETE	23 284
LUANDA	INGOMBOTA	103260	INGOMBOTA	103 260
	KILAMBA KIAXI	841411	KILAMBA KIAXI	841 411
	MAIANGA	598613	MAIANGA	598 613
	RANGEL	136453	RANGEL	136 453
	SAMBA	147972	SAMBA	147 972
	SAMBIZANGA	367038	SAMBIZANGA	367 038
VIANA	CALUMBO	23899	CALUMBO	23 899
	VIANA	1382854	VIANA 1	1 106 283
			VIANA 2	207 428
			VIANA 3	69 143
	ZANGO	198538	ZANGO 1	158 830
ZANGO 2			39 708	



## Anexo II – Inquérito Elaborado



### Acessibilidade e Mobilidade em Luanda

#### Apresentação

No âmbito de um estudo sobre a mobilidade e acessibilidade em Luanda, elaborou-se um questionário sobre os tempos de deslocações que pessoas fazem no seu dia-a-dia, com intuito de elaborar uma matriz origens/destinos. Para tal, precisa-se que responda este questionário de apenas 10 perguntas e que levará menos de 10 minutos, sendo a sua participação totalmente voluntária.

Leia atentamente as perguntas e as suas respostas devem ser as mais próximas possíveis da realidade.

Agradecemos desde já a sua ajuda e contribuição!!

Questionário elaborado por: Ariana Silva – aluna do mestrado de Vias de Comunicação e Transportes do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.  
Supervisão Eng.º P.Martins

Contacto disponível  
E-mail: [a42034@alunos.isel.pt](mailto:a42034@alunos.isel.pt)

1

## Acessibilidade e Mobilidade em Luanda

### Caracterização do Indivíduo

Esta secção destina-se a caracterizar o indivíduo, relativamente a sua profissão e ao local de emprego/locais de estudo ou outro, etc.

\* 1. Qual é a sua profissão?

Se é trabalhador-estudante, por favor indique.

\* 2. Em que zona de Luanda reside?

Indique a morada completa, bairro e município se puder.

3. Em que zona é o seu local de trabalho/estudo?

Indique a morada completa, bairro e município se puder.

Se é trabalhador-estudante indique, por favor, ambas moradas.

Morada de local de trabalho

Morada de local de estudo

4. É habitual levar seus filhos ou outros familiares/colegas aos respectivos locais de estudo/trabalho/outro?

Se sim, por favor indique os locais e as respectivas moradas.

Se o destino for o mesmo que o seu, por favor coloque a morada na mesma.

Se não transporta ninguém consigo, não necessita de responder esta pergunta.

Local/ Morada 1

Local/ Morada 2

Local/Morada 3

## Acessibilidade e Mobilidade em Luanda

### Preferências Reveladas

Esta secção destina-se a perceber como são realizadas as deslocações no seu dia-dia e tempo de viagem das mesmas.

\* 5. Qual o percurso que faz habitualmente no seu dia-a-dia?

- Casa-trabalho-casa
- Casa-escola-casa
- Casa-escola-trabalho-casa
- Casa-trabalho-escola-casa
- Outro. Descreva sucintamente o percurso que faz

\* 6. Qual o seu horário habitual para sair de casa (origem) para realizar as suas actividades rotineiras?

- Entre às 3h00 e 4h00 da manhã
- Entre as 4h00 a 6h00 da manhã
- Entre as 6h00 e 8h00 da manhã
- Entre às 8h00 e 10h00 da manhã
- Entre as 10h00 e 12h00 da manhã
- Entre as 12h00 e 14h00 da tarde
- Outro (especifique)

\* 7. Qual o meio de transporte que usa para realizar a sua viagem diariamente?

	Automóvel	Motociclo	Táxi "Candongueiro"	Autorcarro (TCUL/TURA/MACON/SGO)	Mini-táxi	Comboio (Caminhos de Ferro de Luanda)	Ferry (Terminal Marítimo de Luanda)	Outro
Transporte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Outro (especifique)

8. Quanto tempo demora a chegar ao seu local de trabalho/estudo/outro (destinos)?

Caso transporte outros familiares/colegas, indique os respectivos destinos e tempos de viagem.

Caso contrário, coloque apenas o tempo na opção TEMPO TOTAL.

Destino 1	<input type="text"/>
Tempo (minutos)	<input type="text"/>
Destino 2	<input type="text"/>
Tempo (minutos)	<input type="text"/>
Destino 3	<input type="text"/>
Tempo (minutos)	<input type="text"/>
Destino 4	<input type="text"/>
Tempo (minutos)	<input type="text"/>
TEMPO TOTAL (minutos)	<input type="text"/>

\* 9. Qual o horário habitual de saída do seu local de trabalho/estudo/outro (a partir do destino final)?

- Entre as 13h00 - 14h00
- Entre as 14h00 - 16h00
- Entre as 16h00 - 18h00
- Entre as 18h00 - 20h00
- Entre as 20h00 - 21h00
- Entre as 21h00 - 23h00
- Outro (especifique)

\* 10. Quanto tempo demora a chegar a casa (origem)?

Tempo (minutos)



## Anexo III – Valores médios dos indicadores: Índice de Sinuosidade (IS), Velocidade Equivalente Reta(VER) e Indicador de Transporte Público (ITP)

- Valor de IS médio e VER médio

ZAT	IS médio
BARRA DO KWANZA	1,51
BENFICA 1	1,84
BENFICA 2	1,67
BENFICA 3	1,71
BENFICA 4	1,59
BOM JESUS	1,65
CABIRI	1,65
CACUACO 1	1,83
CACUACO 2	1,58
CACUACO 3	1,94
CALUMBO	1,90
CAMAMA 1	1,79
CAMAMA 2	1,81
CAMAMA 3	1,87
CATETE	1,75
CAZENGA	1,86
FUNDA 1	1,85
FUNDA 2	1,89
FUNDA 3	1,66
FUTUNGO DE BELAS	1,62
HOJI YA HENDA	1,73
INGOMBOTA	1,49
KIKOLO	1,93
KILAMBA	1,87
KILAMBA KIAXI	1,63
MAIANGA	1,72
RAMIROS	1,62
RANGEL	1,66
SAMBA	1,64
SAMBIZANGA	1,72
TALA HADY	1,55
VIANA 1	1,75
VIANA 2	1,78
VIANA 3	1,60
ZANGO 1	1,64
ZANGO 2	1,67

ZAT	VER médio
BARRA DO KWANZA	13
BENFICA 1	14
BENFICA 2	12
BENFICA 3	11
BENFICA 4	13
BOM JESUS	11
CABIRI	15
CACUACO 1	13
CACUACO 2	16
CACUACO 3	13
CALUMBO	9
CAMAMA 1	10
CAMAMA 2	15
CAMAMA 3	11
CATETE	14
CAZENGA	11
FUNDA 1	10
FUNDA 2	14
FUNDA 3	19
FUTUNGO DE BELAS	13
HOJI YA HENDA	13
INGOMBOTA	13
KIKOLO	11
KILAMBA	15
KILAMBA KIAXI	11
MAIANGA	10
RAMIROS	11
RANGEL	11
SAMBA	11
SAMBIZANGA	15
TALA HADY	11
VIANA 1	11
VIANA 2	7
VIANA 3	12
ZANGO 1	15
ZANGO 2	14

• Valores de VER ponderado e ITP médio

ZAT	VER ponderado
BARRA DO KWANZA	13
BENFICA 1	12
BENFICA 2	11
BENFICA 3	10
BENFICA 4	14
BOM JESUS	11
CABIRI	12
CACUACO 1	11
CACUACO 2	14
CACUACO 3	13
CALUMBO	9
CAMAMA 1	9
CAMAMA 2	13
CAMAMA 3	11
CATETE	14
CAZENGA	9
FUNDA 1	8
FUNDA 2	13
FUNDA 3	19
FUTUNGO DE BELAS	12
HOJI YA HENDA	10
INGOMBOTA	11
KIKOLO	8
KILAMBA	14
KILAMBA KIAXI	9
MAIANGA	8
RAMIROS	11
RANGEL	9
SAMBA	10
SAMBIZANGA	11
TALA HADY	9
VIANA 1	10
VIANA 2	8
VIANA 3	11
ZANGO 1	14
ZANGO 2	15

ZAT	ITP médio
BARRA DO KWANZA	3,01
BENFICA 1	1,98
BENFICA 2	1,64
BENFICA 3	1,63
BENFICA 4	2,65
BOM JESUS	1,78
CABIRI	2,36
CACUACO 1	2,23
CACUACO 2	1,71
CACUACO 3	2,75
CALUMBO	1,98
CAMAMA 1	2,19
CAMAMA 2	2,11
CAMAMA 3	2,75
CATETE	2,43
CAZENGA	1,96
FUNDA 1	1,62
FUNDA 2	2,33
FUNDA 3	3,13
FUTUNGO DE BELAS	1,98
HOJI YA HENDA	2,10
INGOMBOTA	1,75
KIKOLO	1,80
KILAMBA	2,52
KILAMBA KIAXI	1,88
MAIANGA	1,85
RAMIROS	2,17
RANGEL	1,67
SAMBA	1,81
SAMBIZANGA	1,87
TALA HADY	1,71
VIANA 1	1,79
VIANA 2	1,51
VIANA 3	1,37
ZANGO 1	2,14
ZANGO 2	2,59