



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

---

Escola Politécnica

MOBILIDADE URBANA E REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>: CENÁRIOS PARA  
O CAMPUS DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ NO HORIZONTE 2030

Luiza Di Beo Oliveira

Projeto de Graduação apresentado ao  
Curso de Engenharia Ambiental da  
Escola Politécnica, Universidade Federal  
do Rio de Janeiro, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do  
título de Engenheiro.

Orientador: Emílio Lèbre La Rovere

Co-orientador: Luan Santos

RIO DE JANEIRO  
Fevereiro de 2017

MOBILIDADE URBANA E REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>: CENÁRIOS PARA  
O *CAMPUS* DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ NO HORIZONTE 2030

Luiza Di Beo Oliveira

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE  
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

---

Prof. Emílio Lèbre La Rovere, D.Sc.

---

Luan Santos, M.Sc

---

Prof. Amaro Pereira, D.Sc

RIO DE JANEIRO

Fevereiro de 2017

Di Beo, Luiza.

MOBILIDADE URBANA E REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>: CENÁRIOS PARA O *CAMPUS* DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ NO HORIZONTE 2030: HORIZONTE 2030 / Luiza Di Beo Oliveira – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2017.

XII, 55 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Emílio Lèbre La Rovere

Co-orientador: Luan Santos

Projeto de graduação – UFRJ/ Escola Politécnica / Curso de Engenharia Ambiental, 2017.

Referências bibliográficas: p. 41- 43.

1. Introdução 2. Revisão da Literatura 3. Caracterização da Área de Estudo 4. Elaboração dos Cenários 5. Resultados 6. Considerações Finais

I. Luiza Di Beo Oliveira. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Mobilidade Urbana e Redução de Emissões de CO<sub>2</sub>: cenários para o campus da Cidade Universitária da UFRJ no horizonte 2030

Dedico este trabalho aos meus pais,  
que me ensinaram a sonhar sonhos  
impossíveis – e lutar por eles.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por me ensinar que sonhos são construídos coletivamente. Mas, principalmente, por - ao tornar seus, os meus sonhos - nunca me deixar sonhando sozinha. Obrigada pela coragem surreal que você precisou ter nesses últimos cinco anos, obrigada por tornar São Paulo perto sempre que eu precisei e muito obrigada por pegar a chave do carro quando eu te ligava chorando.

Ao meu pai, pelo apoio incondicional, pelo orgulho que você sempre demonstra por mim, e por me fazer sentir orgulho de você todos os dias.

Ao Otávio, pelo companheirismo, pelo afeto e pela paciência. Obrigada por se aventurar comigo.

Ao Luan Santos, meu primeiro chefe, meu co-orientador e meu amigo. Me faltam palavras para agradecer toda a confiança que você depositou em mim desde o primeiro momento. Muito obrigada por todo apoio na realização deste trabalho.

Ao professor Emílio Lèbre La Rovere, por aceitar me orientar neste trabalho e por ter me convidado para fazer parte da equipe do Inventário Nacional e, posteriormente, do IES-Brasil.

Ao professor Amaro Pereira, pela responsabilidade que você me deu no projeto da Matriz Energética Estadual, que tanto me fez crescer, e por aceitar fazer parte da banca.

À minha tia Luana, por me provar que, mesmo com algumas trapalhadas no percurso, é possível ser engenheira, pesquisadora, professora, mãe, filha, tia e mais quantas coisas eu quiser. Me espelho em você sempre.

Às minhas avós, Dora e Kika, e ao meu avô, Egídio, que, cada um à sua maneira, me provam que sonhos não envelhecem.

À Nona, para sempre a minha maior referência de coragem.

Ao meu irmão, Victor, e aos meus primos Leticia e Ivan. Cada um de vocês tem um pouco do que eu quero ser “quando crescer”.

À minha família, por me fazerem sentir saudades de casa.

À Thaís Cammarota, pelo convívio diário. Obrigada pela amizade, apoio e torcida.

Aos meus colegas da graduação, por deixarem os dias mais leves

Ao Daniel Schimt, por me oferecer os dados para a realização desta pesquisa, antes mesmo que eu pedisse. Obrigada pelos ensinamentos e conselhos.

À Roberta Barbieri e ao Marcel Rosa, pela amizade de mais de 10 anos.

A todos os professores e professoras que fizeram parte da minha trajetória.

A todos os funcionários e funcionárias da UFRJ, em especial à Carmen e à Elza, por tornarem o ambiente do LIMA mais acolhedor.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

**Mobilidade Urbana e Redução de Emissões de CO<sub>2</sub>:**  
**cenários para o campus da Cidade Universitária da UFRJ no horizonte 2030**

Luiza Di Beo Oliveira

Fevereiro/2017

Orientador: Emílio Lèbre La Rovere

Co-orientador: Luan Santos

Curso: Engenharia Ambiental

#### Resumo

Esta pesquisa propôs dois cenários de mobilidade urbana na Cidade Universitária no horizonte 2030: o Cenário de Referência e o Cenário Alternativo. Os cenários foram elaborados tendo como base a pesquisa de origem e destino realizada com o corpo social da UFRJ a qual contou com mais de 8.000 respostas válidas. Em ambos foram calculados o consumo energético e as emissões de CO<sub>2</sub> em cada um deles, de modo que foi possível obter a matriz-modal do Cenário de Referência, que foi projetada considerando os ganhos de eficiência energética, a partir do consumo de combustível neste cenário e suas respectivas emissões de CO<sub>2</sub>. Já no Cenário Alternativo foram consideradas medidas de mudança na estruturação da matriz-modal e nos combustíveis utilizados. Os resultados mostram que a proposição de medidas mitigatórias no Cenário Alternativo traz ganhos não apenas na mobilidade urbana do *campus*, mas também com relação à redução das emissões de CO<sub>2</sub> no contexto das mudanças climáticas.

*Palavras-chave:* Transportes, Mobilidade Urbana Sustentável, Consumo Energético, Emissões de Carbono, UFRJ.

Abstract of Monograph presented to Poli/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for degree of Environment Engineer.

**Urban Mobility and Reduction of CO<sub>2</sub> Emissions:  
scenarios for the University City campus of UFRJ until 2030**

Luiza Di Beo Oliveira

February/2017

Advisor: Emílio Lèbre La Rovere

Co-Advisor: Luan Santos

Course: Environment Engineering

Abstract

This research proposes two scenarios of urban mobility in the UFRJ campus until 2030: These scenarios were elaborated having its bases in the research of origin and destination made with the population of UFRJ, which counted with more than 8,000 valid answers. In both scenarios were calculated the energy consumption and the CO<sub>2</sub> emissions, for it was possible to obtain the modal split of the Reference Scenario, which was projected considering the improvements on energy efficiency in the means of obtaining the fuel consumption in this scenario. In the Alternative Scenario were considered measures of changes in the structuring of the modal split and the used fuels. The results show that the proposition of mitigation measures in the Alternative Scenario brings gains not only in the urban mobility of the campus, but also in relation to the of CO<sub>2</sub> emissions reduction in the context of climate change.

Keywords: Transports, Sustainable Urban Mobility, Energy Consumption, Carbon Emissions, UFRJ

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	V
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABELAS .....	XII
GLOSSÁRIO .....	XIII
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2 OBJETIVO .....	2
1.2.1 Objetivo Geral .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 METODOLOGIA .....	3
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	5
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	6
2.1 TRANSPORTE, CONSUMO ENERGÉTICO E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) .....	6
2.2 DA MOBILIDADE URBANA À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL .....	7
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	11
4. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS .....	17
4.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA .....	17
4.1.1. Estimativa populacional .....	17
4.1.2 Consumo energético no Cenário de Referência .....	19

4.1.3 Cálculo das emissões de CO <sub>2</sub> .....	26
4.2 CENÁRIO ALTERNATIVO .....	27
4.2.1 Medidas de Mitigação .....	27
4.2.2 Consumo energético no Cenário Alternativo .....	28
4.2.3 Emissão de CO <sub>2</sub> .....	29
5. RESULTADOS .....	30
5.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA .....	30
5.1.1 Passageiro transportados .....	30
5.1.2 Consumo de energético .....	31
5.1.3 Estimativa das Emissões de CO <sub>2</sub> .....	32
5.2 CENÁRIO ALTERNATIVO .....	32
5.2.1 Passageiros transportados .....	32
5.2.2 Consumo Energético .....	33
5.2.3 Estimativa das Emissões de CO <sub>2</sub> .....	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	35
6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES .....	35
6.2 SUGESTÕES E PROPOSTAS .....	36
7. ANEXOS .....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ilha do Fundão após o aterramento em 1958 .....	11
Figura 2 Vias de Acesso à Cidade Universitária .....	12
Figura 3 Itinerário Linha 1.....	13
Figura 4 Itinerário Linha 2.....	14
Figura 5 Itinerário Linha 3.....	15
Figura 6 Estimativa população discente .....	17
Figura 7 Estimativa população docente.....	18
Figura 8 Estimativa população de técnicos-administrativos .....	18
Figura 9 População projetada .....	19
Figura 10 Crescimento relativo do consumo energético no Cenário de Referência (C <sub>2014</sub> =1) .....	31
Figura 11 Crescimento relativo das emissões de CO <sub>2</sub> (E <sub>2014</sub> =1) .....	32
Figura 12 Crescimento relativo do consumo energético (C <sub>2014</sub> =1) .....	33
Figura 13 Crescimento relativo das emissões de CO <sub>2</sub> (E <sub>2014</sub> =1).....	34
Figura 14 Consumo de combustível fóssil nos Cenários de Referência e Alternativo...	35
Figura 15 Emissões de CO <sub>2</sub> nos Cenários de Referência e Alternativo .....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 DMP na ida à Cidade Universitária .....	20
Tabela 2 DMP na volta da Cidade Universitária .....	21
Tabela 3 Fator de Ocupação .....	23
Tabela 4 Eficiência Energética .....	24
Tabela 5 Participação na Frota .....	24
Tabela 6 Fatores de emissão para CO <sub>2</sub> .....	26
Tabela 7 Fatores de conversão energética .....	26
Tabela 8 Matriz-modal - Cenário de Referência .....	30
Tabela 9 Matriz modal - Cenário Alternativo .....	32
Tabela 10 Estimativa Populacional .....	38
Tabela 11 Escolha de combustível .....	39
Tabela 12 Consumo de combustível.....	40
Tabela 13 Estimativa das emissões de CO <sub>2</sub> .....	41

## GLOSSÁRIO

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

DMP – Distância Média Percorrida

GEE – Gases de Efeito Estufa

Km – Quilômetro

L - Litros

m – metros

PD – Plano Diretor

t - toneladas

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com PORTUGAL (2003) e RODRIGUES (2002), o transporte é o ato de movimentar uma massa, tanto de pessoas quanto de bens, de determinado ponto para outro do espaço considerando que essa ação pode ser desenvolvida por terra, água e ar. Complementarmente, LARICA (2003) apresenta transportes como uma atividade funcional, que é a habilidade de ir de um lugar para outro por meios mecânicos com a máxima conveniência e o mínimo desconforto, combinada com uma atividade que proporcione satisfação e divertimento. O autor ainda destaca que os meios de transporte não são apenas dispositivos para movimentar pessoas e mercadorias de um lugar para outro, com a aplicação das mais diversas tecnologias; são agentes de forças que moldam o curso de nossas vidas (LARICA, 2003).

Nesse sentido, o transporte de passageiros é um elemento estruturador da vida socioeconômica das cidades e reúne as movimentações realizadas por meios de transporte individuais ou coletivos, públicos ou particulares, motorizados ou não motorizados, permitindo à população o acesso às suas necessidades sociais e econômicas básicas. É por meio do transporte de passageiros e da sua eficiência e harmonia entre os vários sistemas de transporte e circulação, que se atinge a integração social das cidades (CNT, 2002).

Frente a esta discussão, faz-se importante debater o conceito de mobilidade. Segundo TAGORE e SKIDAR (1995), mobilidade representa a capacidade dos indivíduos de se moverem de um lugar para outro, sendo, portanto, um componente da qualidade de vida aspirada pelos habitantes de uma cidade (FERRANDIZ, 1990). Para HANSEN (1995), a mobilidade consiste na capacidade de um indivíduo se deslocar, envolvendo dois componentes: (i) a performance do sistema de transporte (infraestrutura de transporte, local onde a pessoa está, hora do dia e direção para qual deseja se movimentar) e (ii) as características do indivíduo e das suas necessidades (se ele tem carro próprio e/ou renda para utilizar o transporte coletivo desejado).

Entre alunos, professores, técnicos administrativos e moradores, a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) conta com uma população de mais de 75.000 pessoas, que se deslocam diariamente dos diversos pontos da cidade e região metropolitana do Rio de Janeiro para a Ilha do Fundão. Como boa parte das cidades, a Cidade Universitária também sofre com diversos problemas de infraestrutura urbana (YOUNG et al., 2013), dentre os quais destaca-se a mobilidade - objeto deste estudo. O tempo gasto e os poluentes atmosféricos gerados nos deslocamentos, representam custos significativos para a sociedade e podem ser mitigados a partir de medidas de planejamento de médio e longo prazos (IPEA, 2010; IPEA, 2013; PERO e MIHENNSEN, 2013; YOUNG *et al.*, 2013).

Segundo dados da atualização do Plano Diretor 2020, o corpo social da UFRJ em 2016 era de, aproximadamente, 75 mil pessoas. Se a Cidade Universitária pudesse ser tomada como um município, seria um município de médio porte, segundo classificação do IBGE (2010)<sup>1</sup>. Nota-se, portanto, que tratar a Cidade Universitária como um laboratório para projetos de planejamento urbano sustentável – em especial, mobilidade urbana – é de grande valia, no que diz respeito a analisar a eficiência técnica e ambiental e a viabilidade econômica de tais projetos.

## 1.2 OBJETIVO

### 1.2.1 Objetivo Geral

O projeto tem como objetivo criar dois cenários de mobilidade urbana para a Cidade Universitária da UFRJ. O primeiro cenário será um cenário de referência (*Business As Usual*) e abrangerá algumas medidas contempladas na Matriz Energética Estadual - RJ 2014-2030. O cenário de mitigação 1 apresentará, além das medidas do cenário de referência, projetos que podem ser implementados ou incentivados pela UFRJ com o objetivo melhorar a mobilidade urbana na cidade universitária e reduzir emissões de CO<sub>2</sub>, como por exemplo o aumento do número de viagens do ônibus contratados pela UFRJ que realizam trajetos externos à Cidade Universitária, e a obrigatoriedade da utilização de uma maior porcentagem de biodiesel nestes veículos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Calcular a projeção do corpo social da UFRJ até 2030;
- Calcular a quantidade de passageiros transportados por cada tipo de veículo nos anos 2014 (anos base), 2020, 2025 e 2030;
- Calcular o consumo de cada tipo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> geradas pela queima destes combustíveis nos anos 2014, 2020, 2025 e 2030;
- Propor medidas de mitigação que provoquem impacto não apenas na redução de emissões de CO<sub>2</sub>, mas também promovam uma melhoria na mobilidade urbana no *Campus*;

---

<sup>1</sup> Município de médio porte: De 50.001 até 100.000 habitantes (IBGE,2010).

- Modelar um cenário alternativo contendo essas medidas e calcular a quantidade de passageiros transportados por cada tipo de veículo, o consumo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> geradas nos anos de 2014, 2020, 2025 e 2030;
- Comparar os resultados dos dois cenários, analisando o ganho ambiental de se aplicar projetos que atinjam as medidas propostas;
- Oferecer subsídios técnicos para tomadores de decisão estabelecerem políticas públicas que impactem positivamente a mobilidade urbana da UFRJ.

### 1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho terá como base a pesquisa de origem e destino realizada pelo LTC/PET/UFRJ entre os dias 25/05/2014 e 13/06/2014, por meio de formulário circulado entre alunos, professores e funcionários da UFRJ, que analisou as características socioeconômicas e o padrão das viagens através das 8.486 respostas válidas.

O questionário foi composto por 28 questões, das quais 5 serão utilizadas neste estudo. São elas:

- Qual sua ligação com a UFRJ? (Aluno, professor, pesquisador, funcionário da UFRJ, funcionário de outras empresas, outros);
- Marque quantos dias você utiliza cada meio para chegar ao Fundão (1-6);
  - Motocicleta; Carro – Condutor; Carro – Carona; Taxi; Barcas; Metrô; Trem; Ônibus Convencional; Ônibus Fretado; Van.
- Marque quantos dias você utiliza cada meio para sair do Fundão (1-6);
  - Motocicleta; Carro – Condutor; Carro – Carona; Taxi; Barcas; Metrô; Trem; Ônibus Convencional; Ônibus Fretado; Van.
- Normalmente, em que região você está quando inicia a viagem à Cidade Universitária? (Centro - *Lapa, Rio Comprido, Estácio, São Cristóvão, Santa Teresa, Caju e redondezas*; Zona Sul - *Botafogo, Copacabana, Lagoa, São Conrado e arredores*; Tijuca/ Vila Isabel - *Pça da Bandeira, Maracanã, Grajaú e arredores*; Ramos/Maré - *Manguinhos, Bonsucesso, Olaria*; Penha/Vigário Geral - *Jardim América, Cordovil, Parada de Lucas e redondezas*; Inhaúma/Complexo do Alemão - *Maria da Graça, Del Castilho e redondezas*; Méier - *Água Santa, Engenho de Dentro, Cachambi, Pilares, Jacarezinho e redondezas*; Irajá/Madureira - *Vila da Penha, Colégio, Mal. Hermes,*

*Campinho, Cascadura e redondezas; Jacarepaguá - Vila Valqueire, Pça. Seca, Freguesia, Curicica, Taquara e arredores; Barra/Recreio - Camorim, Vargens e redondezas; Guaratiba - Pedra de Guaratiba, Barra de Guaratiba; Santa Cruz - Paciência, Sepetiba; Campo Grande - Cosmos, Santíssimo e redondezas; Bangu/ Realengo - Senador Camará, Jardim Sulacap, Deodoro e redondezas; Anchieta/Pavuna - Guadalupe, Coelho Neto, Acari e redondezas);*

- Normalmente, a qual lugar você vai ao sair da Cidade Universitária (Destino)?  
(Centro - *Lapa, Rio Comprido, Estácio, São Cristóvão, Santa Teresa, Caju e redondezas; Zona Sul - Botafogo, Copacabana, Lagoa, São Conrado e arredores; Tijuca/ Vila Isabel - Pça da Bandeira, Maracanã, Grajaú e arredores; Ramos/Maré - Mangueiras, Bonsucesso, Olaria; Penha/Vigário Geral - Jardim América, Cordovil, Parada de Lucas e redondezas; Inhaúma/Complexo do Alemão - Maria da Graça, Del Castilho e redondezas; Méier - Água Santa, Engenho de Dentro, Cachambi, Pilares, Jacarezinho e redondezas; Irajá/Madureira - Vila da Penha, Colégio, Mal. Hermes, Campinho, Cascadura e redondezas; Jacarepaguá - Vila Valqueire, Pça. Seca, Freguesia, Curicica, Taquara e arredores; Barra/Recreio - Camorim, Vargens e redondezas; Guaratiba - Pedra de Guaratiba, Barra de Guaratiba; Santa Cruz - Paciência, Sepetiba; Campo Grande - Cosmos, Santíssimo e redondezas; Bangu/ Realengo - Senador Camará, Jardim Sulacap, Deodoro e redondezas; Anchieta/Pavuna - Guadalupe, Coelho Neto, Acari e redondezas).*

Tais dados serão utilizados no cálculo do consumo de combustível do cenário de referência, como será melhor explicado na seção 4.1.2 Consumo energético no Cenário de Referência.

Também serão utilizados os dados do Plano Diretor (PD) – UFRJ 2020, em particular o dado de projeção da evolução do corpo social da UFRJ entre 2008 e 2020, ajustado com os valores verificados na atualização do PD e projetados até 2030.

A análise será feita através da modelagem energética e ambiental de consumo de combustível e emissões de CO<sub>2</sub> de dois cenários. Dessa forma, será possível não só obter resultados relativos aos ganhos em termos de mobilidade urbana, mas também os impactos em termos de redução do consumo de combustíveis e de emissão de gases de efeito estufa (GEE), a partir da cenarização de alternativas de mobilidade menos carbono intensivas.

#### **1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho é composto por seis capítulos de forma a construir uma modelagem energética e ambiental que promova a mobilidade urbana sustentável na Cidade Universitária de UFRJ.

O primeiro capítulo trata das considerações iniciais e dos objetivos gerais e específicos do projeto.

O segundo capítulo tem como objeto realizar uma revisão da literatura, percorrendo primeiramente os temas transporte, consumo energético e emissão de GEE, procurando relacionar o setor de transporte com os impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis. Posteriormente, busca percorrer o histórico que levou o conceito de mobilidade urbana propriamente dita ao conceito de mobilidade urbana sustentável.

O terceiro capítulo traz a caracterização da área de estudo do projeto, ou seja, da Cidade Universitária de UFRJ, apresentando as principais rotas de acesso, linhas de ônibus e característica do corpo social.

O quarto capítulo apresenta o Cenário de Referência e o Cenário Alternativo, contemplando as premissas adotados, a metodologia utilizada no cálculo do consumo energético e das emissões de GEE.

O quinto capítulo apresenta os resultados da modelagem energética e ambiental tanto do Cenário de Referência, quanto do Cenário Alternativo, em termos de matriz modal, consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub>.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais do projeto, trazendo uma comparação entre os dois cenários em termos de consumo de combustíveis fósseis e emissão de GEE.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 TRANSPORTE, CONSUMO ENERGÉTICO E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)**

Segundo RODRIGUES (2007) transporte é o ato de movimentar pessoas e pesos de um lugar ao outro. KNEIB (2009) complementa tal conceito ressaltando que, o transporte tem em seus objetivos, organização e a estrutura territorial, acrescentando que, o propósito do transporte é garantir acessibilidade, facilitando a movimentação entre os locais, de modo a permitir que as pessoas realizem suas atividades.

SENNA (2014) ressalta que o transporte é um setor econômico com características peculiares, visto que, em geral, transporte é um setor intermediário, ou seja, depende da demanda gerada pelos níveis de atividade de outros setores. Os sistemas de transporte devem ser entendidos como ferramentas que promovem resultados sociais desejados, como melhoria de qualidade de vida, acesso a atividades funcionais e bens e serviços (PINHEIRO E FRISCVHTAK, 2015).

MAGAGNIN e SILVA (2008) complementam tal conceito ressaltando que o crescimento é tanto influenciado, quanto influencia os meios de transporte disponíveis à população. Nota-se também que o setor de transporte apresenta uma elevada relação entre capital/produto, ou seja, os investimentos são elevados quando comparados às receitas produzidas (SENNA, 2014).

O setor de transportes se caracteriza pelas suas amplas externalidades, já que ele é um serviço horizontalizado que viabiliza os demais setores, afetando diretamente a segurança, a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico do país. Logo, a falta de infraestrutura e de planejamento da matriz modal de mobilidade urbana, além de afetar a qualidade de vida da população dos centros urbanos, em especial das famílias de renda mais baixa, também gera externalidade negativa para a economia como um todo.

Além disso, tal setor se destaca também como um importante subsetor energético, dado que, em 2010, foi responsável por 35,4% do consumo final de energia no Brasil, destacando-se como o subsetor mais energo-intensivo (BRASIL, 2016). No Estado do Rio de Janeiro a mesma situação pode ser observada: no ano de 2010, o setor de transporte foi o subsetor que mais demandou energia final, sendo responsável por 33,7% do consumo energético. (SEDEIS, 2016).

A elevada necessidade de queima de combustível gerada por este subsetor implica em montante significativo de emissão de GEE. Como mostram dados de Brasil (2016), o setor de transporte foi responsável 32,8% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor energético.

Segundo D'AGOSTO (2015), a atividade de transporte deve crescer conforme cresce a economia, em especial dos países emergentes. Apesar da crescente queda de PIB, a economia brasileira deve crescer a partir de 2018 segundo WILLS (2016). Sendo assim, de modo a evitar um crescimento acelerado das emissões de gases de efeito estufa são necessárias medidas de mitigação, que, em parte, também impactam positivamente na mobilidade urbana, a ser abordada no próximo subcapítulo.

## **2.2 DA MOBILIDADE URBANA À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL**

O tema mobilidade tem estado presente na preocupação geral da sociedade e governo, devido ao alto grau de dificuldade nos deslocamentos urbanos nas metrópoles brasileiras. (PINHEIRO & FRISCVHTAK, 2015). Segundo SILVA (2014) e MAGAGNIN e SILVA (2008), mobilidade urbana pode ser entendida como a movimentação efetiva ou potencial de pessoas e coisas para dentro e para fora e para todos os cantos da cidade, ou seja, tratar de mobilidade implica discorrer sobre movimento e sistema de transporte. Pode ainda ser definida como uma propriedade relacionada ao deslocamento, ocorrendo em primeiro lugar pela necessidade dos indivíduos de exercerem suas atividades diárias (estudo, emprego, lazer) e depois pelos diversos modos utilizados para chegar aos locais onde essas funções serão exercidas.

Ainda, segundo SILVA (2014), a mobilidade urbana é um componente básico na vida de vida e impacta fortemente o meio ambiente. Complementarmente, PINHEIRO E FRISCVHTAK (2015) destacam que a mobilidade urbana pode ser vista como um dos indicadores mais claros do grau de desenvolvimento das grandes cidades.

O deslocamento no espaço, logo, é um pré-requisito para o atendimento das necessidades econômicas e sociais da população. Segundo estudo da ONU, “a mobilidade urbana é essencial para o desenvolvimento social e econômico e permite as pessoas ter acesso a serviços, oportunidades de trabalho, de educação, de relações sociais e de desfrutar plenamente da cidade” (ONU, 2012). Em países em desenvolvimento, a média de deslocamentos diários da população é de 2 viagens por dia, metade da média dos países desenvolvidos (IPEA, 2011). Além disso, a qualidade do transporte público nos países em desenvolvimento tende a ser pior em termos de infraestrutura, conforto e confiabilidade.

Nesse sentido, o transporte de passageiros é um elemento estruturador da vida socioeconômica das cidades e reúne as movimentações realizadas por meios de transporte individuais ou coletivos, públicos ou particulares, motorizados ou não motorizados, permitindo à população o acesso às suas necessidades sociais e econômicas básicas. É por meio do transporte de

passageiros e da sua eficiência e harmonia entre os vários sistemas de transporte e circulação, que se atinge a integração social das cidades (CNT, 2002).

Conforme destaca BRINCO (2012), as grandes aglomerações não são viáveis sem o concurso de um transporte coletivo eficiente, atraente, abundante e disponibilizado a preços convidativos, em suas distintas modalidades, sendo essa a única alternativa qualificada para atender espaços urbanos densamente ocupados. Surgem, então, inúmeras questões associadas à qualidade dos transportes públicos e seus impactos sobre o sistema de transporte de passageiros e, portanto, sobre o bem-estar da população.

No Brasil, tais questões são consequência, em boa parte, do elevado crescimento urbano a partir da década de 1950, sem que os adequados investimentos em infraestrutura fossem efetuados nas cidades, resultando em um sistema de transporte de alto custo e com impactos sociais e ambientais negativos. Como resultado, a população é severamente prejudicada, especialmente para famílias de renda mais baixa. Os efeitos perversos vão bem além do desconforto e perda de qualidade de vida: quanto maior o tempo (e custos associados) de deslocamento, menos disponibilidade de tempo para educação e menor participação na força do trabalho.

Conforme estabelecido na constituição brasileira de 1988, “a política de desenvolvimento urbano (...) tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes” (BRASIL, 1988). Nesse sentido, a política de mobilidade urbana consiste na relação dos deslocamentos de pessoas e bens com a própria cidade e de seu planejamento para o desenvolvimento de suas funções sociais, proporcionando o acesso universal dos cidadãos às oportunidades que a vida na urbe oferece (IPEA, 2010).

Dentre os meios de transporte coletivos no sistema brasileiro, os ônibus são a forma mais utilizada, dado o relativo baixo investimento em outros modais de transporte de massa (trem, metrô, barcas, por exemplo). Por outro lado, o uso de automóveis tem crescido de forma substancial, inclusive porque o Governo Federal tem sistematicamente subsidiado o setor (IPEA, 2010; IPEA, 2013), com frequentes reduções do IPI. Como resultado há um aumento do tráfego e, conseqüentemente, dos congestionamentos, principalmente nas grandes cidades brasileiras, saturação das vias rodoviárias e aumento no tempo médio de deslocamento.

Os problemas relacionados aos congestionamentos no trânsito, por exemplo, expressam-se de diversas formas: impactos ambientais (como poluição); impactos na saúde, decorrentes da poluição sonora e do estresse; impactos econômicos, devido à perda de tempo ou perdas materiais resultantes do tempo perdido no trânsito. Destaca-se ainda que uma das consequências negativas de maior impacto social resultante dos problemas da mobilidade urbana é o considerável tempo gasto no deslocamento casa-trabalho-casa.

Além do aumento no tempo de deslocamento e o crescimento dos congestionamentos (mais veículos para a mesma quantidade de vias urbanas) tem forte impacto na emissão de GEE e de poluentes locais. Uma correção nas políticas públicas, melhorando a infraestrutura de transportes coletivos e penalizando a aquisição ou uso de veículos particulares naturalmente levaria a uma diminuição do número de carros nas ruas, levando a uma menor quantidade de poluentes enviados à atmosfera. O impacto ao meio ambiente também pode ser reduzido através da utilização de biocombustíveis e de veículos híbridos/elétricos.

Ainda, a poluição sonora também é agravada pelo congestionamento no trânsito. Com mais ruído nas ruas, piora-se a qualidade de vida de quem mora em torno de regiões movimentadas, que sofre incômodos constantes com os sons de automóveis durante boa parte do dia, principalmente em horários de pico. Por essa razão, menos automóveis nas ruas e menos trânsito também implicam em uma melhoria de bem-estar, desde que haja provisão adequada de transporte público.

Ou seja, um novo conceito emerge: a mobilidade urbana sustentável. Pode-se analisar a mobilidade urbana no contexto socioeconômico e no contexto ambiental, conforme desenvolvido por CAMPOS (2006).

Sob o contexto socioeconômico, o planejamento deve proporcionar a integração entre o uso e ocupação do solo e sobre a gestão dos sistemas de transporte de modo a permitir, de maneira eficiente, o acesso da população a bens e serviços de modo a melhorar sua qualidade de vida. Já no contexto ambiental, deve-se fazer uso das tecnologias de transporte de modo a minimizar impactos ambientais, que podem estar relacionados à qualidade do ar, à poluição sonora e ao consumo de energia. Ainda no contexto ambiental, devem ser considerados elementos que melhorem a fluidez do tráfego e aumentem a segurança urbana.

É fato que ambos os contextos estão interligados, conforme explicita a própria definição de sustentabilidade. Sendo assim, elementos que busquem atingir a mobilidade em um dos contextos impactam positivamente o outro. PINHEIRO E FRISCVHTAK (2015), dessa forma, defendem uma mudança de paradigma quando se trata de mobilidade urbana. Os autores ainda ressaltam que o tema deve ser tratado de maneira multidisciplinar, destacando que “um futuro sustentável da mobilidade requer pensamentos e ações sistêmicas e holísticas.”

Segundo PINHEIRO E FRISCVHTAK (2015), algumas medidas podem ser utilizadas para atingir a mobilidade urbana sustentável. Destacam-se entre elas:

- Redução do número de deslocamentos motorizados, através de soluções que viabilizem o transporte ativo, como por exemplo esquemas de aluguel de bicicletas, ou ainda

reduzindo o número de deslocamentos através da substituição por atividades que não envolvam deslocamento, como comprar via internet e teleconferências;

- Redução das distâncias de deslocamento nas cidades através de um planejamento urbano eficiente que promova o uso e ocupação do solo de modo a aproximar as atividades dos usuários. Possibilitando que os trajetos sejam realizados por meio de transporte ativo, ou promovendo os deslocamentos por meio de transporte público;
- Modificar a distribuição modal através de medidas regulatórias que limitem o número de carros em circulação em determinados horários, ou através da precificação das rodovias; ambas as medidas devem estar associadas com medidas de investimento em transporte público que privilegiem em especial o transporte de massa através do modo ferroviário;
- Melhorar a eficiência energética dos veículos através de incentivos à inovação tecnológica.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Instituída pela Lei nº 447 de 20/10/1948, que autorizou a abertura de crédito para sua construção, a Cidade Universitária da UFRJ está localizada na Ilha do Fundão/RJ. O que era antes um arquipélago formado por nove ilhas, dentre as quais, a Ilha do Fundão, foi aterrado em 1953 (Figura 1) e atualmente dá espaço ao maior *campus* da UFRJ.



Figura 1 Ilha do Fundão após o aterramento em 1958

Fonte: Plano Diretor UFRJ 2020

A Cidade Universitária conta com uma área útil de 5,2 milhões de m<sup>2</sup>, e abriga 4 Centros: o Centro de Ciências da Saúde (CCS), O Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN), o Centro de Letras e Artes (CLA) e o Centro de Tecnologia (CT). Cada centro é composto por institutos, escolas, faculdades e órgãos suplementares.

Existem 3 principais vias de acesso à Cidade Universitária: A Linha Vermelha, a Linha Amarela e a Avenida Brasil, destacadas na Figura 2 em vermelho, amarelo e azul, respectivamente.



**Figura 2 Vias de Acesso à Cidade Universitária**

Fonte: Google Earth

Segundo dados do da Prefeitura Universitária, existem 28 linhas de ônibus municipais e intermunicipais que podem ser utilizadas para chegar a UFRJ, sendo que apenas metade dessas linhas circulam de fato pela Ilha do Fundão, as outras tem como único ponto de parada a Estação de Integração da UFRJ ou o Terminal Aroldo Melodia BRT.

Para realizar o deslocamento dentro da UFRJ, a Prefeitura Universitária conta com 3 linhas de internas: as linhas Circular 1, Circular 2 e Circular 3. Todas têm como ponto de parada o Terminal Aroldo Melodia BRT. Os itinerários dos ônibus internos estão apresentados nas Figura 3, Figura 4 e Figura 5.



Figura 3 Itinerário Linha 1

Fonte: Ribeiro et al (2016)



Figura 4 Itinerário Linha 2

Fonte: Ribeiro et al (2016)



Figura 5 Itinerário Linha 3

Fonte: Ribeiro et al (2016)

A Prefeitura Universitária conta ainda com Linhas Intercampi que promovem a integração entre o *campus* da Cidade Universitária e os outros *campi*, unidades da UFRJ e pontos importantes de integração modal. São elas:

- Avenida Brasil (Escola Bahia) > Cidade Universitária;
- Cidade Universitária > Praia Vermelha (Parador e Expresso);
- Cidade Universitária > Praça XV;
- Cidade Universitária > Bonsucesso;
- Cidade Universitária > Polo Xerem.

Segundo dados da atualização do Plano Diretor 2020, o corpo social da UFRJ em 2016 era composto por 60.475 alunos, 4.853 professores e 9.330 técnicos administrativos, que se deslocam diariamente de suas residências ao *campus*.

De modo a propor alternativas que tornem essas viagens mais rápidas e menos poluentes, os próximos capítulos irão tratar da modelagem energética e ambiental de dois cenários de mobilidade urbana: O Cenário de Referência e o Cenário Alternativo, com medidas que podem vir a ser aplicadas na Cidade Universitária a fim de melhorar a mobilidade urbana no *campus*.

## 4. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS

### 4.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

#### 4.1.1. Estimativa populacional

A estimativa da população da Cidade Universitária foi realizada tendo como base os dados de populacionais do Plano Diretor – UFRJ 2020 e de sua atualização. O PD apresentou valores populacionais, divididos entre professores, alunos e técnicos-administrativos, verificados para 2008 e projetados até 2020. Já a atualização do PD informou novos valores verificados para os dados de 2016.

Sendo assim, este estudo projetou a população universitária até 2020 seguindo o mesmo comportamento de crescimento proposto pelo PD2020, com o valor atualizado para a população do ano de 2016. Quando a estimativa populacional dos anos 2021-2030, esta foi realizada através de regressão linear, separadamente para cada grupo populacional, tomando como base os dados de 2008-2020 e que resultou em uma linha de tendência com  $R^2 = 0,9971$ , no caso da população discentes,  $R^2 = 0,9979$ , no caso da população docente e  $R^2 = 0,9286$ , no caso da população de técnicos-administrativos, como pode ser observado nas Figura 6, Figura 7 e Figura 8 a seguir. Tais resultados fundamentam a adoção da regressão linear como método de estimação da população no período 2021-2030.

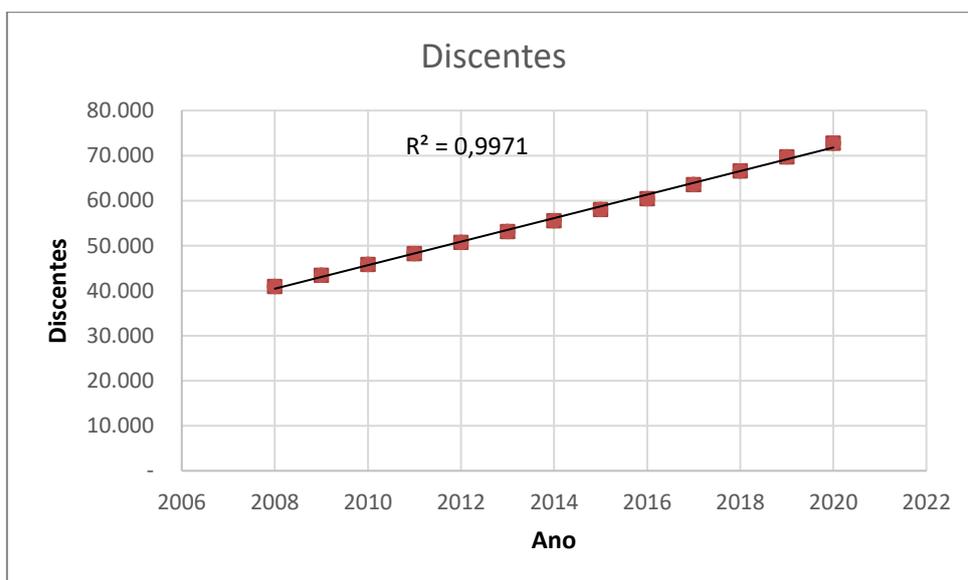


Figura 6 Estimativa população discente

Fonte: Elaboração própria

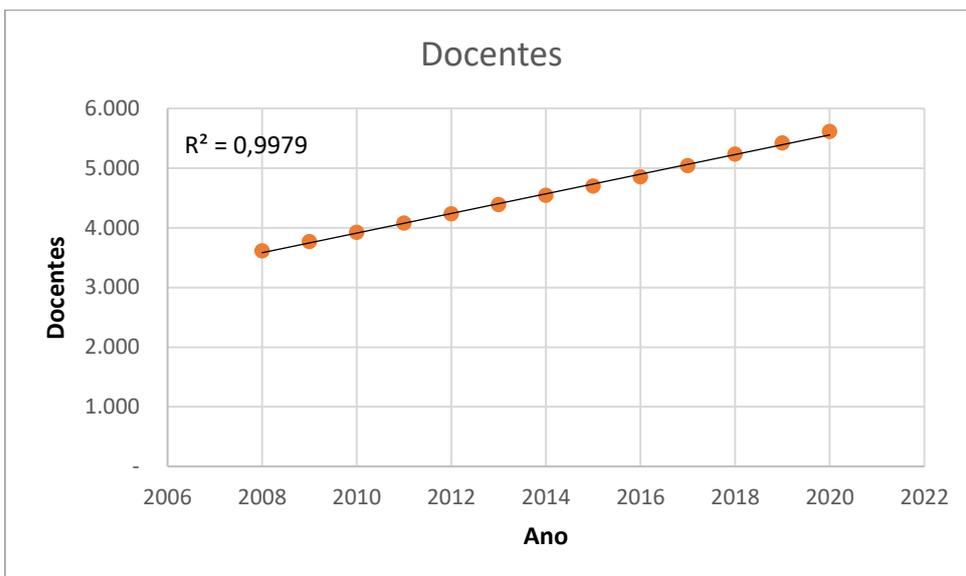


Figura 7 Estimativa população docente

Fonte: Elaboração própria

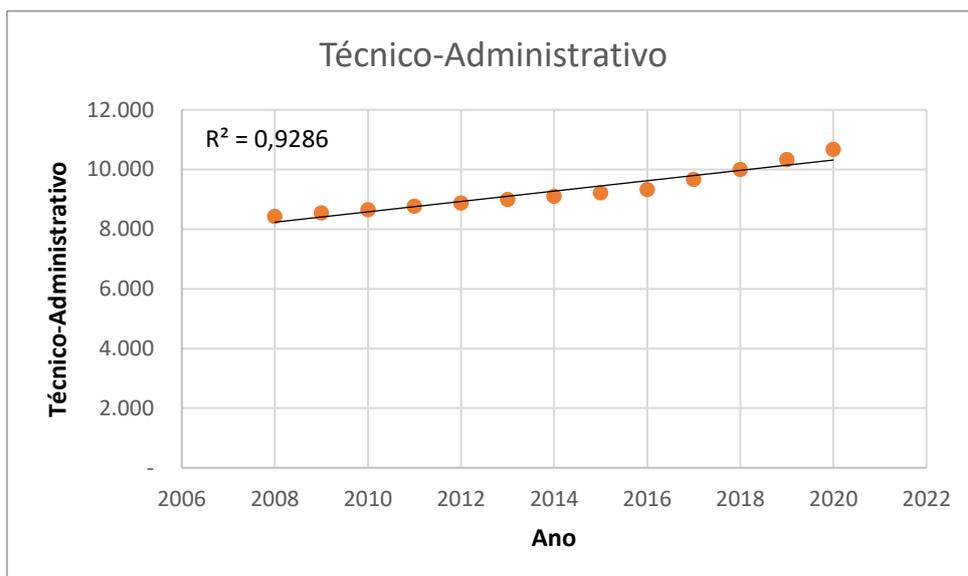
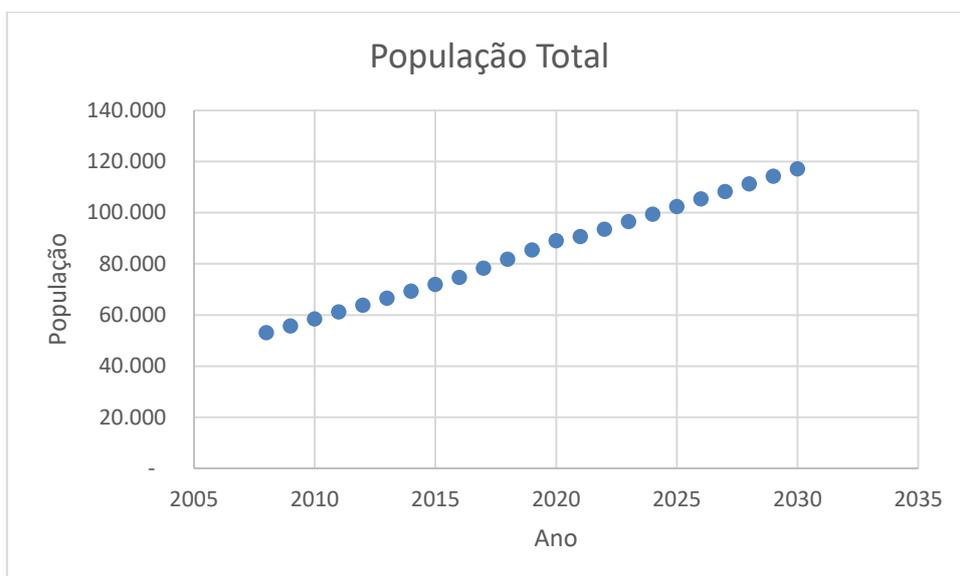


Figura 8 Estimativa população de técnicos-administrativos

Fonte: Elaboração própria

Como resultado, obteve-se a população total, projetada até 2030, como pode ser observada na Figura 9. Todos os dados de população se encontram no Anexo 1.



**Figura 9 População projetada**

Fonte: Elaboração própria

#### **4.1.2 Consumo energético no Cenário de Referência**

Tomou-se como ano-base para a modelagem o ano de 2014, no qual a pesquisa de origem e destino foi realizada. Os dados da pesquisa foram desagregados em alunos, professores e pesquisadores e funcionários, meio de transporte utilizado para chegar e sair da Cidade Universitária (moto, automóvel, carona, taxi, barca, metrô, trem, ônibus, ônibus externo, ônibus interno, BRT, ônibus fretado e van) e por região de origem na ida para a Ilha do Fundão, e região de destino na saída. Desse modo foi possível obter a Distância Média Percorrida (DMP) em cada viagem.

As DMPs foram extraídas de Ribeiro et al (2016). Quanto às viagens não consideradas por Ribeiro et al (2016), a DMP, foi obtida através do aplicativo Google Maps. As DMPs na ida e volta estão apresentadas, respectivamente, nas Tabela 1 e Tabela 2 a seguir. Vale notar que, nos casos dos transportes por barca, metrô ou trem, estes precisam ser complementados por trajetos realizados por ônibus, visto que nenhum desses meios de transporte chega diretamente na Ilha do Fundão.

Tabela 1 DMP na ida à Cidade Universitária

Região	Moto	Carro	Carona	Taxi	Barca		Metrô		Trem		Ônibus tradicional	Ônibus Fretado	Van
					Barca	ônibus	Metrô	ônibus	Trem	Ônibus			
Baixada Caxias	16,9	16,9	16,9	16,9	-	-	13,1	16,0	25,0	4,8	16,9	16,9	16,9
Baixada-Leste	22,1	22,1	22,1	22,1	-	-	13,1	19,2	19,0	5,0	22,1	22,1	22,1
Baixada-Oeste	33,9	33,9	33,9	33,9	-	-	13,1	15,9	70,0	7,0	33,9	33,9	33,9
Bangu/Realeng o	30,5	30,5	30,5	30,5	-	-	13,1	22,8	34,0	7,0	30,5	30,5	30,5
Barra da Tijuca /Recreio	31,3	31,3	31,3	31,3	-	-	11,4	19,0	-	-	31,3	31,3	31,3
Botafogo (Zona Sul)	16,6	16,6	16,6	16,6	-	-	11,4	8,3	-	-	16,7	16,7	16,7
Campo Grande	44,6	44,6	44,6	44,6	-	-	13,1	38,8	41,0	7,0	44,6	44,6	44,6
Centro	9,3	9,3	9,3	9,3	-	-	1,5	6,8	4,0	7,0	9,3	9,3	9,3
Costa Verde	95,0	95,0	95,0	95,0	-	-	-	-	-	-	95,0	95,0	95,0
Extremo Leste	50,7	50,7	50,7	50,7	-	-	-	-	-	-	58,0	58,0	58,0
Fundo Baía	52,7	52,7	52,7	52,7	-	-	-	-	-	-	74,2	74,2	74,2
Guaratiba	49,6	49,6	49,6	49,6	-	-	-	-	-	-	49,6	49,6	49,6
Região Serrana	58,0	58,0	58,0	58,0	-	-	-	-	-	-	58,1	58,1	58,1
Ilha do Governador	11,0	11,0	11,0	11,0	-	-	-	-	-	-	11,0	11,0	11,0
Inhaúma/Comp lexo do Alemão	8,3	8,3	8,3	8,3	-	-	0,9	6,8	5,0	5,0	8,3	8,3	8,3
Jacarepaguá	21,4	21,4	21,4	21,4	-	-	11,4	-	-	-	21,4	21,4	21,4
Madureira/ Irajá	15,6	15,6	15,6	15,6	-	-	13,1	9,8	17,0	7,0	15,6	15,6	15,6
Méier	10,7	10,7	10,7	10,7	-	-	-	-	8,0	7,0	10,7	10,7	10,7
Niterói/São Gonçalo	24,4	24,4	24,4	24,4	5,0	18,5	-	-	-	-	24,4	24,4	24,4
Pavuna / Anchieta	19,8	19,8	19,8	19,8	-	-	13,1	9,8	-	-	19,8	19,8	19,8
Penha/Vigário Geral	13,1	13,1	13,1	13,1	-	-	-	-	-	-	13,1	13,1	13,1

Ramos/Maré	5,6	5,6	5,6	5,6	-	-	-	-	5,0	5,0	5,6	5,6	5,6
Região dos Lagos	100,0	100,0	100,0	100,0	-	-	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
Santa Cruz	56,1	56,1	56,1	56,1	-	-	-	-	55,0	7,0	56,1	56,1	56,1
Tijuca/Vila Isabel	12,3	12,3	12,3	12,3	-	-	2,8	8,3	-	-	12,3	12,3	12,3

Fonte: Elaboração própria com base em Ribeiro et al (2016) e Google MAPS

Tabela 2 DMP na volta da Cidade Universitária

Região	Moto	Carro	Carona	Taxi	Barca		Metrô		Trem		Ônibus tradicional	Ônibus Fretado	Van
					Barca	ônibus	Metrô	ônibus	Trem	Ônibus			
Baixada Caxias	16,90	16,90	16,90	16,90	-	-	13,10	15,00	32,00	9,50	13,10	13,10	13,10
Baixada-Leste	22,13	22,13	22,13	22,13	-	-	13,10	15,00	28,00	9,50	21,23	21,23	21,23
Baixada-Oeste	33,90	33,90	33,90	33,90	-	-	13,10	9,50	70,00	9,50	33,62	33,62	33,62
Bangu/Realeng o	30,48	30,48	30,48	30,48	-	-	13,10	9,50	34,00	9,50	30,86	30,86	30,86
Barra da Tijuca /Recreio	31,32	31,32	31,32	31,32	-	-	11,40	19,00	-	-	32,75	32,75	32,75
Botafogo (Zona Sul)	16,65	16,65	16,65	16,65	-	-	11,40	10,90	-	-	15,77	15,77	15,77
Campo Grande	44,56	44,56	44,56	44,56	-	-	13,10	38,80	41,00	9,50	46,45	46,45	46,45
Centro	9,28	9,28	9,28	9,28	-	-	1,50	8,80	-	-	9,36	9,36	9,36
Costa Verde	95,00	95,00	95,00	95,00	-	-	-	-	-	-	95,00	95,00	95,00
Extremo Leste	50,70	50,70	50,70	50,70	-	-	-	-	-	-	60,90	60,90	60,90
Fundo Baía	52,70	52,70	52,70	52,70	-	-	-	-	-	-	74,20	74,20	74,20
Guaratiba	49,60	49,60	49,60	49,60	-	-	-	-	-	-	49,60	49,60	49,60
Região Serrana	58,00	58,00	58,00	58,00	-	-	-	-	-	-	58,10	58,10	58,10
Ilha do Governador	11,01	11,01	11,01	11,01	-	-	-	-	-	-	15,53	15,53	15,53

Inhaúma/Comp lexo do Alemão	8,28	8,28	8,28	8,28	-	-	0,90	7,30	-	-	10,04	10,04	10,04
Jacarepaguá	21,38	21,38	21,38	21,38	-	-	11,40	-	-	-	22,67	22,67	22,67
Madureira/ Irajá	15,55	15,55	15,55	15,55	-	-	13,10	7,30	17,00	9,50	18,15	18,15	18,15
Méier	10,70	10,70	10,70	10,70	-	-	-	-	8,00	9,50	13,17	13,17	13,17
Niterói/São Gonçalo	24,41	24,41	24,41	24,41	5,00	19,50	-	-	-	-	25,59	25,59	25,59
Pavuna / Anchieta	19,84	19,84	19,84	19,84	-	-	13,10	8,80	-	-	20,91	20,91	20,91
Penha/Vigário Geral	13,07	13,07	13,07	13,07	-	-	-	-	-	-	12,56	12,56	12,56
Ramos/Maré	5,64	5,64	5,64	5,64	-	-	-	-	-	-	8,12	8,12	8,12
Região dos Lagos	100,00	100,00	100,00	100,00	-	-	-	-	-	-	100,00	100,00	100,00
Santa Cruz	56,09	56,09	56,09	56,09	-	-	-	-	55,00	9,50	58,50	58,50	58,50
Tijuca/Vila Isabel	12,30	12,30	12,30	12,30	-	-	2,80	10,90	-	-	12,48	12,48	12,48

Fonte: Elaboração própria com base em Ribeiro et al (2016) e Google MAPS

Quanto ao fator de ocupação de cada meio de transporte, este foi obtido através dos dados de Ribeiro et al (2016) e de SEDEIS (2016), e estão apresentados na Tabela 3 a seguir.

**Tabela 3 Fator de Ocupação**

Veículo	Pass/veículo
Moto	1
Carro	1
Carona	3
Taxi	12
Ônibus Convencional	40
BRT	110
Ônibus Fretado	40
Van	13

Fonte: Elaboração própria com base em Ribeiro et al (2016) e SEDEIS (2016)

A metodologia aplicada para o cálculo do consumo de combustível foi diferente para cada modo de transporte e seguiu as seguintes premissas:

1. A escolha de combustível no caso dos veículos *flex fuel* e híbridos seguiu a estimativa de Ribeiro *et al* (2016) para o ano de 2014. Para os anos seguintes utilizaram-se dados de SEDEIS (2016), que considerou um crescimento linear da participação do etanol, chegando a 30% em 2030; os dados anuais estão apresentados no Anexo 2.
2. O BRT ainda não estava finalizado quando a pesquisa foi realizada. Para ser considerado na modelagem, utilizou-se a os dados de transferência modal de RIBEIRO E MACHADO (2016):
  - a. 2020: 4% dos passageiros transportados por veículos leves, 70% dos passageiros que utilizam ônibus e 5% que utilizam van;
  - b. 2025 e 2030: 8% dos passageiros transportados por veículos leves, 66% dos passageiros que utilizam ônibus e 5% que utilizam van.
3. Quanto aos ônibus internos e externos, utilizou-se dados de frota e DMP de Ribeiro et al (2016) para o ano base.
  - a. Dias úteis: 15 ônibus e 265,32 km;
  - b. Finais de semana: 4 ônibus e 325,09 km.

O consumo foi projetado seguindo o mesmo crescimento da população;

4. O rendimento dos veículos, assim como a melhoria de eficiência foram extraídos de SEDEIS (2016), considerou-se as premissas apresentadas na Tabela 4 a seguir.

<sup>2</sup> O motorista do táxi não foi considerado, pois não é relevante quanto população da UFRJ.

**Tabela 4 Eficiência Energética**

Veículo	Rendimento	Melhoria de eficiência <sup>(1)</sup>
<b>Automóvel a gasolina (dedicado)</b>	11,3 km/L	Não será considerado
<b>Automóvel a etanol (dedicado)</b>	6,9 km/L	Não será considerado
<b>Automóvel <i>flexible fuel</i> (gasolina)</b>	12,2 km/L	25% até 2030
<b>Automóvel <i>flexible fuel</i> (etanol)</b>	8,5 km/L	25% até 2030
<b>Automóvel a GNV</b>	12,0 km/m <sup>3</sup>	Não será considerado
<b>Motocicleta a gasolina (dedicado)</b>	37,19 km/L	10% até 2030
<b>Motocicleta <i>flexible fuel</i> (gasolina)</b>	43,2 km/L	10% até 2030
<b>Motocicleta <i>flexible fuel</i> (etanol)</b>	29,30 km/L	10% até 2030
<b>Ônibus urbano diesel (BX)</b>	2,3 km/L	Redução de 25%, em função da conversão da frota para o tipo <i>Padron</i> com ar condicionado
<b>BRT</b>	1,725 km/L	Não será considerado
<b>Van diesel (BX)</b>	6,9 km/L	5% até 2030
<b>Ônibus rodoviário diesel (BX)</b>	9,1 km/L	5% até 2030
<b>Barca</b>	0,07 L/pass.km	Não será considerado
<b>Metrô</b>	0,25 MJ/pass.km	Não será considerado
<b>Trem</b>	0,45 MJ/pass.km	Não será considerado

Fonte: SEDEIS (2016) (modificado)

5. A participação na frota de cada tecnologia dos veículos for determinada a partir de SEDEIS (2016), tomou-se como base o crescimento percentual das vendas entre os anos de 2014 e 2020, o qual foi aplicado no para se obter a participação na frota em 2030, de modo a considerar a um período de sucateamento para os veículos existentes. Para os anos intermediários, considerou-se um crescimento linear. O resultado encontra-se na Tabela 5 a seguir.

**Tabela 5 Participação na Frota**

	Automóveis				Motocicletas		Taxi	Ônibus/ Van/BRT
	Etanol Hidratado	Gasolina C	Flex Fuel	Híbrido	Gasolina C	Flex Fuel	GNV	Diesel
2014	10,4%	51,6%	38,0%	0,0%	84,9%	15,1%		
2015	10,4%	51,6%	38,0%	0,0%	80,6%	19,4%		
2016	9,7%	51,6%	37,9%	0,7%	76,4%	23,6%		
2017	9,0%	51,6%	37,9%	1,5%	72,1%	27,9%		
2018	8,3%	51,6%	37,9%	2,2%	67,8%	32,2%		
2019	7,6%	51,6%	37,8%	3,0%	63,6%	36,4%		
2020	6,9%	51,6%	37,8%	3,7%	59,3%	40,7%		
2021	6,2%	51,6%	37,8%	4,4%	55,0%	45,0%		
2022	5,5%	51,6%	37,7%	5,2%	50,8%	49,2%	100%	100%
2023	4,9%	51,6%	37,7%	5,9%	46,5%	53,5%		
2024	4,2%	51,5%	37,7%	6,6%	42,3%	57,7%		
2025	3,5%	51,5%	37,6%	7,4%	38,0%	62,0%		
2026	2,8%	51,5%	37,6%	8,1%	33,7%	66,3%		
2027	2,1%	51,5%	37,5%	8,9%	29,5%	70,5%		
2028	1,4%	51,5%	37,5%	9,6%	25,2%	74,8%		
2029	0,7%	51,5%	37,5%	10,3%	20,9%	79,1%		
2030	0,0%	51,5%	37,4%	11,1%	16,7%	83,3%		

6. Considerou-se ainda que a gasolina C contem 27% de etanol anidro em sua composição e que o Diesel utilizado pelos veículos é o Diesel B7, ou seja, possui 7% de biodiesel.

As equações utilizadas no consumo de combustível de cada meio de transporte estão apresentadas a seguir

- Motos, Automóveis, Carona, Taxi, Ônibus Convencional, Ônibus fretado, Van e BRT.

$$\left( \sum_{i=1}^{i=6} \frac{(pass_x^i x i_x) x DMP_j}{EE_x^k x FO_x} x \%Frota_l x \%Escolha\ flex_m \right) x \left( 52,14 \frac{semanas}{ano} \right) x \frac{PP_m}{8486^3}$$

Em que:

- $i_x$ : número de vezes na semana em que o passageiro realiza esta viagem utilizando meio de transporte  $x$  ( $1 \leq i \leq 6$ );
- $Pass_x^i$ : quantidade de passageiros que realizam esta viagem utilizando o meio de transporte  $x$  no número de vezes  $i$  na semana;
- FO: Fator de ocupação do meio de transporte  $x$ ;
- $DMP_j$ : distância média percorrida na ida ou volta da região  $j$  em km;
- $EE_x$ : Eficiência energética do meio de transporte  $x$  em km/L;
- $\%Frota_l$ : Participação na frota da tecnológica  $l$ ;
- $\%Escolha\ flex_m$ : Escolha *flex* do combustível  $m$ ;
- $PP_m$ : População projetada para o ano  $m$ .

- Barca, Metrô e Trem

$$\left( \sum_{i=1}^{i=6} (pass_x^i x i_x) x DMP_j^x x EE_x^k \right. \\ \left. + \frac{(pass_x^i x i_x) x DMP_j^{\hat{o}nibus}}{EE_{\hat{o}nibus}^k x FO_{\hat{o}nibus}} \right) x \left( 52,14 \frac{semanas}{ano} \right) x \frac{PP_m}{8486}$$

Em que:

- $i_x$ : número de vezes na semana em que o passageiro realiza esta viagem utilizando meio de transporte  $x$  ( $1 \leq i \leq 6$ );
- $Pass_x^i$ : quantidade de passageiros que realizam esta viagem utilizando o meio de transporte  $x$  no número de vezes  $i$  na semana;

<sup>3</sup> Número de respostas válidas na pesquisa de origem e destino.

- $DMP_j$ : distância média percorrida na ida ou volta da região  $j$  em km;
- $DMP_j^{\hat{o}nibus}$ : distância média percorrida por ônibus na ida ou volta da região  $j$  em km;
- $EE_x$ : Eficiência energética do meio de transporte  $x$  em km/L;
- $EE_{\hat{o}nibus}^k$ : Eficiência energética do meio de transporte  $x$  em km/L;
- $FO_{\hat{o}nibus}$ : Fator de ocupação do ônibus;
- $PP_m$ : População projetada para o ano  $m$ .

### 4.1.3 Cálculo das emissões de CO<sub>2</sub>

O cálculo das emissões teve como base os Fatores De Emissão extraídos do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, dados em kgCO<sub>2</sub>/TJ<sub>combustível</sub>, apresentados na Tabela 6 a seguir.

**Tabela 6 Fatores de emissão para CO<sub>2</sub>**

Combustível	Fator de Emissão (kgCO <sub>2</sub> /TJcombustível)
Gasolina Automotiva	69.300
Etanol	70.770
Diesel	74.070
Biodiesel	74.070
GNV	56.100

Fonte: Elaboração própria com base em MCTI (2015)

Para a conversão energética dos combustíveis, foram utilizados os valores do Balanço Energético Nacional (EPE, 2016), apresentados na Tabela 7 Fatores de conversão energética

**Tabela 7 Fatores de conversão energética**

Combustível	Fator de conversão energética
Gasolina Automotiva	32,24x10 <sup>-6</sup> L/TJ
Etanol Anidro	22,36x10 <sup>-6</sup> L/TJ
Etanol Hidratado	21,35x10 <sup>-6</sup> L/TJ
Diesel	35,50x10 <sup>-6</sup> L/TJ
Biodiesel	33,16x10 <sup>-6</sup> L/TJ
GNV	41,58x10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /TJ

Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2016)

As emissões foram obtidas com base na equação a seguir

$$E_{C,CO_2} = Vol_C \times FC_C \times FE_C$$

Em que,

$E_{C,CO_2}$ : Emissão de CO<sub>2</sub> gerada pela queima do combustível  $C$  em kgCO<sub>2</sub>;

$Vol_C$ : Volume do combustível  $C$  em litros;

$FC_C$ : Fator de conversão energética em L/TJ ou m<sup>3</sup>/TJ, no caso do GNV;

$FE_C$ : Fator de emissão do combustível  $C$  em kgCO<sub>2</sub>/TJ<sub>combustível</sub>.

## 4.2 CENÁRIO ALTERNATIVO

### 4.2.1 Medidas de Mitigação

Para o Cenário Alternativo, consideraram-se medidas de mitigação que pudessem ser implementadas pela própria Universidade, dado que outras medidas que dependessem de mudança na estruturação do transporte público da Cidade e Estado do Rio de Janeiro ou de mudanças que implicassem em melhorias tecnológicas no transporte privado seriam de grande dificuldade de serem atingidas, tomando como base a influência que a Universidade é capaz de exercer. Dentre elas, podem-se citar mudanças nos trajetos ou combustíveis dos ônibus municipais ou ainda a construção de linhas de metrô ou estação de barca que permitissem a chegada na Ilha do Fundão através de outros modos que não o rodoviário.

Sendo assim, as medidas consideradas foram:

- Incentivo à Carona;  
Esta medida vem se consolidando na UFRJ através de grupos em aplicativos de mensagem, grupos no *facebook* e pelo aplicativo CARONAÊ (projeto de alunos da Ilha do Fundão que recebeu o primeiro lugar no concurso “Soluções Sustentáveis” do Fundo Verde/UFRJ).
- Incentivo ao transporte ativo (bicicleta e caminhada);  
A Cidade Universitária conta com 4,2 km de ciclovia, segundo dados do Plano Diretor UFRJ 2020. Além disto, o Fundo Verde instalou 100 unidades de bicicletários com capacidade para 200 bicicletas. Nota-se, portanto, que existe a infraestrutura necessária na Ilha do Fundão para a locomoção por meio de bicicletas. Porém, o acesso à universidade através desse meio de transporte não é viável. Dessa forma, seria necessário a aquisição de bicicletas por parte da UFRJ, que seriam disponibilizadas ao corpo social por meio de aplicativos nos moldes do *Bike Rio*. Também será necessário

a adaptação dos ônibus externos da UFRJ para que os alunos, professores e funcionários utilizar a bicicleta como meio de transporte adicional na chegada ou saída da Ilha do Fundão.

Ao serem questionados na pesquisa de origem e destino que foi base deste trabalho, se estariam dispostos a utilizar um sistema de aluguel de bicicletas, mais de 5.000 entrevistados disseram que sim, porém, mais de 3.500 responderam que a segurança pessoal é um fator importante ou importantíssimo no uso deste serviço.

Visto que o Plano Diretor UFRJ 2020 tem como uma de suas diretrizes o incentivo ao transporte ativo, garantindo a segurança e o conforto nos trajetos, o transporte por bicicleta também será uma medida considerada.

O Plano Diretor UFRJ 2020 tem como uma de suas diretrizes o incentivo ao transporte ativo, garantindo a segurança e o conforto nos trajetos. Dessa forma, o transporte a pé também será uma medida considerada.

- Aumento da frota de ônibus externo e substituição do combustível.

Os ônibus da UFRJ que fazem trajetos externos à Ilha do Fundão são de grande importância para a mobilidade. Além de realizarem a integração inter-campi, também promovem a aproximação da Cidade Universitária com pontos de transferência modal, como, por exemplo, a Praça XV-RJ. O aumento da frota gera mais conforto aos usuários, além disso, por se tratar de uma frota que presta serviço direto à UFRJ, a substituição do diesel B7 por diesel com maiores porcentagens de biodiesel na mistura, torna-se mais simples, visto que a Prefeitura Universitária pode realizar parcerias com os diversos laboratórios da UFRJ que realizam pesquisa nas áreas de combustíveis renováveis.

#### **4.2.2 Consumo energético no Cenário Alternativo**

O cálculo do consumo de combustível seguiu a mesma metodologia do Cenário de Referência, porém, para que as medidas de mitigação fossem consideradas, foram adotadas algumas premissas com vistas a demonstrar o potencial de redução do consumo de energia no cenário:

- O número de passageiros que utiliza carona para chegar ou sair da Ilha do Fundão é 3 vezes maior em 2030 no Cenário Alternativo quando comparado ao Cenário de referência e cresce linearmente nos anos intermediários. A migração dos passageiros para a carona se deu pelos automóveis e ônibus convencionais, proporcionalmente. Segundo SILVA, ANDRADE e MAIA (2016), é fácil notar que a população universitária possui características que facilitam a aceitação da adoção da carona, já que,

em sua maioria, são jovens, sem filhos e com melhor aceitação de medidas de gerenciamento de demanda. Dessa forma, com incentivo da Universidade a este tipo de transporte, deve ser possível atingir este número em 2030

- O fator de ocupação dos automóveis que promovem carona é de 4 passageiros por veículo;
- A frota de ônibus externo no Cenário Alternativo é 3 vezes maior do que no Cenário de Referência, nos anos intermediários, o crescimento foi linear;
- O combustível utilizado nos ônibus da UFRJ será B10 em 2020, assumindo a mesma premissa do cenário de referência da Matriz Energética Estadual do Rio de Janeiro, B12 em 2025 e B15 em 2030. Estes últimos valores vão além do proposto no cenário referencial da MEE, ainda assim, foram considerados apenas nos ônibus contratados pela UFRJ.

#### **4.2.3 Emissão de CO<sub>2</sub>**

A estimativa das emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário Alternativo seguiu a mesma metodologia utilizada no cenário de referência, explicada no capítulo 4.1.3.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

#### 5.1.1 Passageiro transportados

No cenário de referência não houve alteração na estrutura da matriz-modal, ou seja, proporcionalmente, os meios de transporte continuaram sendo utilizados da mesma forma ainda que o crescimento dos passageiros transportados tenha acompanhado o crescimento populacional. Isto só não ocorreu com no caso dos passageiros que migraram para o BRT, que ainda não havia sido finalizado na ocasião da pesquisa. Tal resultado pode ser visto na Tabela 8 a seguir.

**Tabela 8 Matriz-modal - Cenário de Referência**

	2014	2020	2025	2030
Moto	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Carro	17,5%	17,5%	17,5%	17,5%
Carona	7,4%	7,4%	7,4%	7,4%
Taxi	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Barca	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Metrô	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%
Trem	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%
Ônibus Convencional	58,6%	58,0%	58,0%	58,0%
BRT	0,0%	0,6%	0,6%	0,6%
Ônibus fretado	3,2%	3,2%	3,2%	3,2%
Van	3,6%	3,6%	3,6%	3,6%
Ônibus externo	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
<b>TOTAL</b>	<b>36.159.604</b>	<b>46.552.932</b>	<b>53.562.052</b>	<b>61.278.422</b>

Fonte: Elaboração própria

## 5.1.2 Consumo de energético

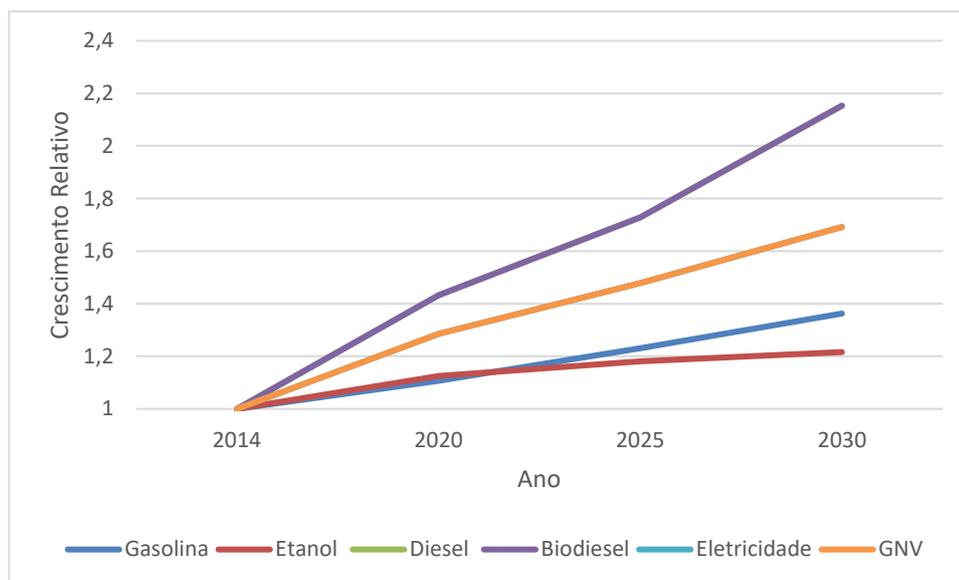


Figura 10 Crescimento relativo do consumo energético no Cenário de Referência (C<sub>2014=1</sub>)

Fonte: Elaboração própria

A Figura 10 apresenta o crescimento do consumo de energético no Cenário de Referência, tomando o consumo de 2014 como base 1. Diferentemente dos passageiros transportados, o consumo de combustível não segue o mesmo crescimento da população. Isto se deve ao fato de, mesmo se tratando de um cenário de referência, medidas de melhoria de eficiência energética já tenham sido aplicadas na modelagem energética, destaca-se também, o aumento da participação do etanol na escolha *flex*. O Anexo 3 apresenta o consumo de combustível detalhado em cada cenário.

### 5.1.3 Estimativa das Emissões de CO<sub>2</sub>

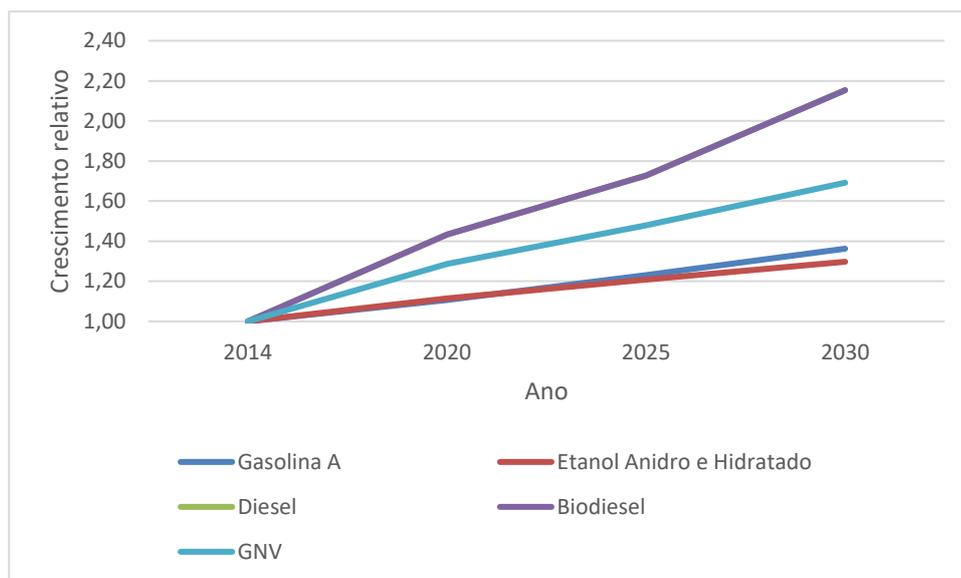


Figura 11 Crescimento relativo das emissões de CO<sub>2</sub> (E<sub>2014</sub>=1)

Fonte: Elaboração própria

Pode-se notar pela Figura 11 que as emissões de diesel e biodiesel tiveram um crescimento mais acelerado, quando comparado aos outros combustíveis. Isto se deve ao fato do ônibus ser o único veículo que apresenta uma diminuição da eficiência energética ao longo dos anos, gerando um crescimento mais acelerado do consumo de diesel B7. O Anexo 4 contém os dados detalhados de emissão por tipo de combustível.

## 5.2 CENÁRIO ALTERNATIVO

### 5.2.1 Passageiros transportados

Tabela 9 Matriz modal - Cenário Alternativo

	2014	2020	2025	2030
Moto	0,6%	0,60%	0,6%	0,6%
Carro	17,5%	16,5%	15,9%	15,4%
Carona	7,4%	10,1%	11,9%	13,2%
Taxi	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Barca	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Metrô	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%
Trem	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%
Ônibus Convencional	58,6%	54,8%	52,6%	51,1%
BRT	0,0%	0,6%	0,6%	0,6%

Ônibus fretado	3,2%	3,2%	3,2%	3,2%
Van	3,6%	3,6%	3,6%	3,6%
Ônibus externo	4,2%	5,7%	6,7%	7,4%
<b>TOTAL</b>	<b>36.159.604</b>	<b>46.552.932</b>	<b>53.562.052</b>	<b>61.278.422</b>

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 9 mostra a matriz modal do Cenário Alternativo. É importante destacar que o total de passageiros transportados permanece o mesmo, visto que isto só depende da estimativa de crescimento populacional. Pode-se notar que, diferentemente do Cenário de Referência, neste cenário a matriz mudou ao longo dos anos, aumentando a participação da carona e ônibus externo em detrimento dos automóveis e ônibus convencionais, como resultados das medidas de mitigação apresentadas anteriormente.

### 5.2.2 Consumo Energético

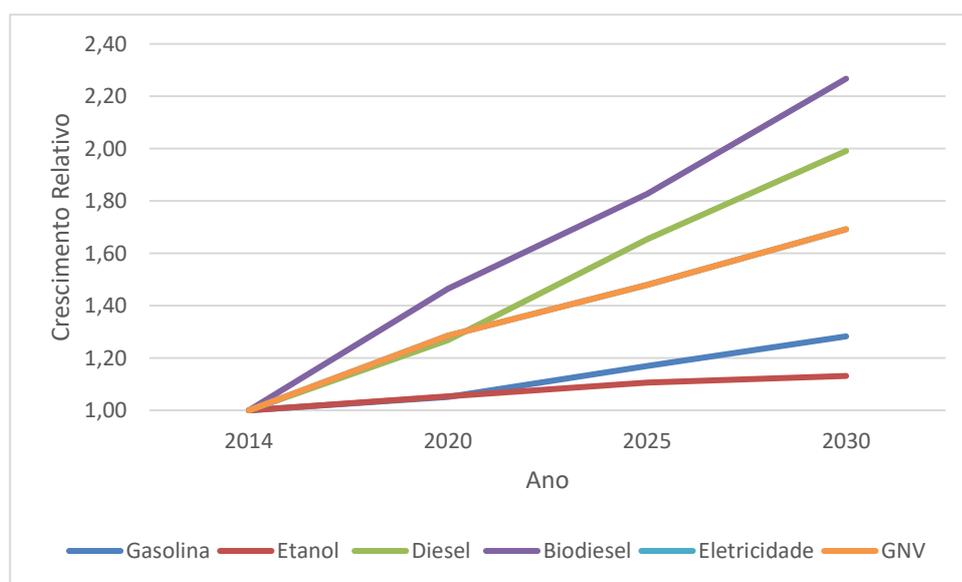


Figura 12 Crescimento relativo do consumo energético (C<sub>2014</sub>=1)

Através da Figura 14 pode-se analisar o crescimento do consumo de energético no Cenário Alternativo, em especial do biodiesel que aumentou em 56% o seu consumo, enquanto os outros combustíveis tiveram seu consumo acrescido em 33% em média. O crescimento pode ser justificado pelo aumento da participação do biodiesel na mistura com o diesel e pelo aumento da frota de ônibus externo.

### 5.2.3 Estimativa das Emissões de CO<sub>2</sub>

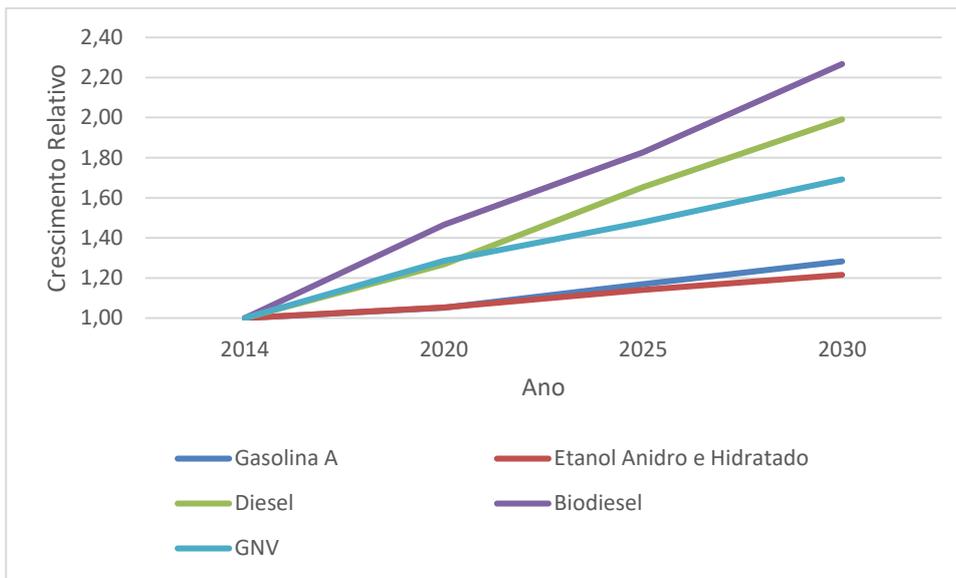


Figura 13 Crescimento relativo das emissões de CO<sub>2</sub> (E2014=1)

Pode-se notar pela Figura 13 que as emissões de biodiesel tiveram um crescimento mais acelerado se comparadas às emissões de diesel, isto é resultado do aumento da porcentagem de biodiesel na mistura com o diesel. O Anexo 4 contém os dados detalhados de emissão por tipo de combustível.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

As medidas de mitigação citadas no capítulo anterior geraram no Cenário Alternativo redução do uso de combustíveis fósseis em comparação ao Cenário de Referência, como pode ser observado Figura 14<sup>4</sup> em linha pontilhada e contínua, respectivamente.

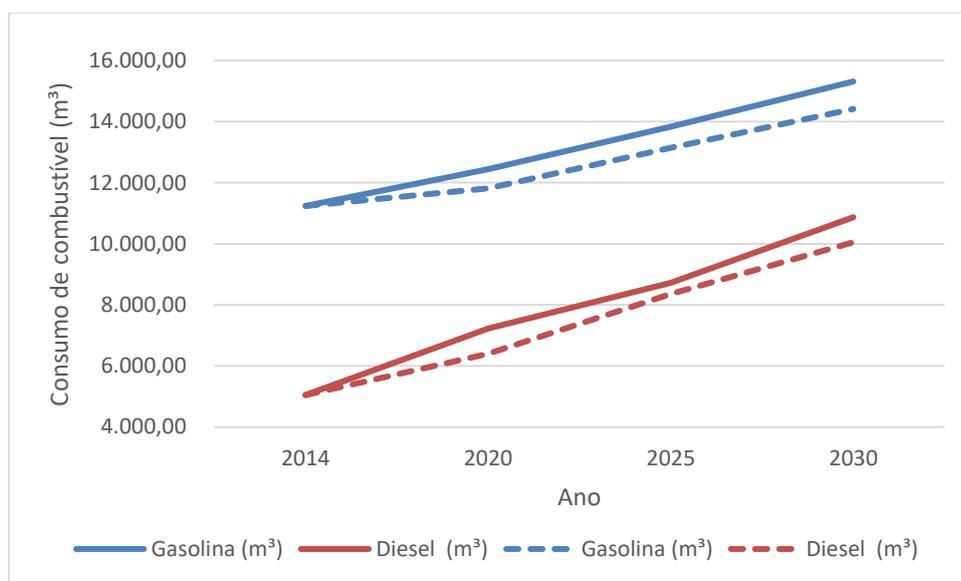


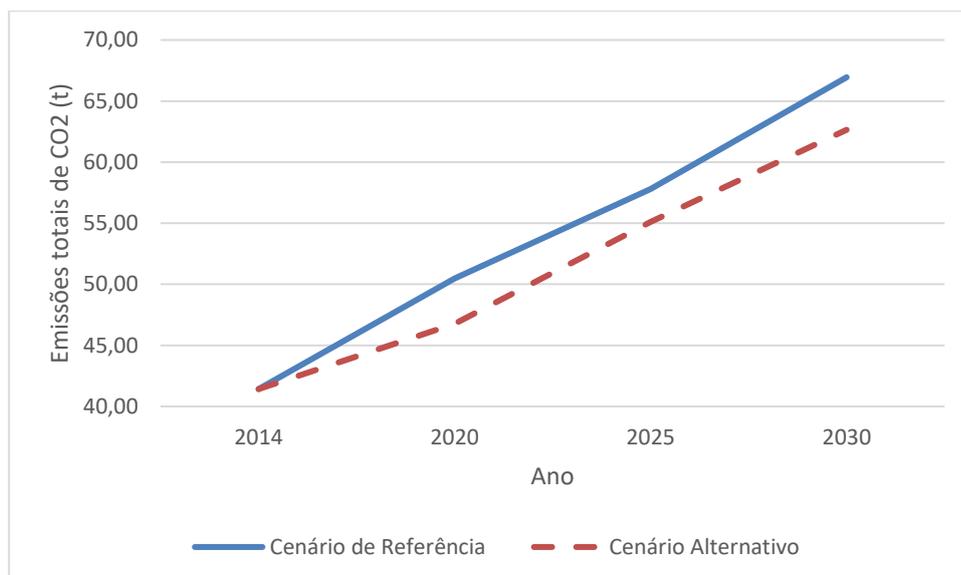
Figura 14 Consumo de combustível fóssil nos Cenários de Referência e Alternativo

Fonte: Elaboração própria

O consumo de combustível fóssil evitado com as medidas do Cenário Alternativo nos 16 anos de modelagem foi de 18,5 mil m³.

Quanto às emissões de CO<sub>2</sub>, as medidas de mitigação propostas no Cenário Alternativo resultaram em uma redução total de 46,76 toneladas de CO<sub>2</sub>. A redução pode ser observada na Figura 15.

<sup>4</sup> Apesar do biodiesel ser produzido no Brasil a partir de rota metílica, este combustível não foi considerado como combustível fóssi.



**Figura 15 Emissões de CO2 nos Cenários de Referência e Alternativo**

Fonte: Elaboração própria

A redução de consumo de combustível fóssil e de emissões de CO<sub>2</sub> reduziram em pouco mais de 5% no Cenário Alternativo, quando comparados ao Cenário de Referência. Apesar do ganho ambiental pouco significativo, as medidas propostas contribuem para a melhoria da mobilidade urbana no *campus* e, logo, a qualidade de vida dos alunos, professores e funcionários da UFRJ, promovendo viagens diárias mais rápidas e confortáveis e incentivando a pesquisa na universidade, sem acrescentar custos ambientais.

## 6.2 SUGESTÕES E PROPOSTAS

Em uma próxima etapa desta pesquisa, seria válido realizar um levantamento, através de questionário com o corpo social da UFRJ e de contato com as empresas de ônibus que prestam serviço na Ilha do Fundão, da frota de veículos que circula pela universidade, coletando dados sobre o ano/modelo do veículo. Desta forma seria possível realizar o cálculo das emissões dos GEE não CO<sub>2</sub>, visto que este cálculo depende de informações de quilometragem rodada pelo veículo, pois os fatores de emissão destes outros gases, aumentam em função da quilometragem percorrida pelo veículo.

Também seria interessante realizar uma nova pesquisa de origem e destino, já que a pesquisa base deste estudo foi realizada antes da operação do BRT.

Além disso, podem ser consideradas medidas que fugissem da responsabilidade exclusiva da UFRJ, como, por exemplo, criação de estações de metrô e barcas na Ilha do Fundão, ou ainda uma racionalização nos itinerários dos ônibus.

Por fim, é fato que o cálculo de consumo de combustível e reduções de GEE não são diretamente aplicados à discussão de mobilidade urbana. Este trabalho se propôs a realizar uma análise qualitativa do tema. Para futuros projetos, incluir como variável o tempo de percurso na ida e na volta da Ilha do Fundão pode auxiliar na análise quantitativa.

## 7. ANEXOS

### 7.1 ANEXO 1: Estimativa Populacional

Tabela 10 Estimativa Populacional

	<b>Discentes</b>	<b>Docentes</b>	<b>Técnicos - Administrativos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2008</b>	41.007	3.613	8.428	53.048
<b>2009</b>	43.441	3.768	8.541	55.749
<b>2010</b>	45.874	3.923	8.654	58.451
<b>2011</b>	48.308	4.078	8.766	61.152
<b>2012</b>	50.741	4.233	8.879	63.853
<b>2013</b>	53.175	4.388	8.992	66.554
<b>2014</b>	55.608	4.543	9.105	69.256
<b>2015</b>	58.042	4.698	9.217	71.957
<b>2016</b>	60.475	4.853	9.330	74.658
<b>2017</b>	63.560	5.043	9.665	78.256
<b>2018</b>	66.646	5.233	9.999	81.853
<b>2019</b>	69.731	5.423	10.334	85.451
<b>2020</b>	72.816	5.613	10.669	89.048
<b>2021</b>	74.397	5.714	10.500	90.612
<b>2022</b>	77.010	5.879	10.674	93.563
<b>2023</b>	79.622	6.043	10.848	96.514
<b>2024</b>	82.235	6.208	11.022	99.464
<b>2025</b>	84.848	6.373	11.195	102.415
<b>2026</b>	87.460	6.537	11.369	105.366
<b>2027</b>	90.073	6.702	11.543	108.317
<b>2028</b>	92.685	6.866	11.716	111.268
<b>2029</b>	95.298	7.031	11.890	114.219
<b>2030</b>	97.910	7.195	12.064	117.170

Fonte: Elaboração própria

## 7.2 ANEXO 2: Escolha de combustível – Veículos flex fuel e Híbridos

Tabela 11 Escolha de combustível

<b>Ano</b>	<b>Gasolina C</b>	<b>Etanol Hidratado</b>
<b>2014</b>	91,9%	8,1%
<b>2015</b>	91,9%	8,1%
<b>2016</b>	90,4%	9,6%
<b>2017</b>	89,0%	11,0%
<b>2018</b>	87,5%	12,5%
<b>2019</b>	86,0%	14,0%
<b>2020</b>	84,6%	15,4%
<b>2021</b>	83,1%	16,9%
<b>2022</b>	81,7%	18,3%
<b>2023</b>	80,2%	19,8%
<b>2024</b>	78,7%	21,3%
<b>2025</b>	77,3%	22,7%
<b>2026</b>	75,8%	24,2%
<b>2027</b>	74,4%	25,6%
<b>2028</b>	72,9%	27,1%
<b>2029</b>	71,5%	28,5%
<b>2030</b>	70,0%	30,0%

Fonte: Elaboração própria com base em SEDEIS (2016) e Ribeiro *et al.* (2016).

7.3 ANEXO3: Estimativa do consumo de combustível nos Cenários de Referência e Alternativo

Tabela 12 Consumo de combustível

	2014	2020	2025	2030
<b>Cenário de Referência</b>				
<b>Gasolina (m<sup>3</sup>)</b>	11.240,32	12.441,59	13.836,75	15.316,43
<b>Etanol (m<sup>3</sup>)</b>	2.542,35	2.861,30	3.003,72	3.091,75
<b>Diesel (m<sup>3</sup>)</b>	5.048,54	7.231,40	8.725,77	10.870,33
<b>Biodiesel (m<sup>3</sup>)</b>	156,14	219,61	275,04	341,33
<b>Eletricidade (10<sup>3</sup>kWh)</b>	2.574,01	3.309,64	3.806,45	4.354,83
<b>GNV (10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)</b>	375,52	482,84	555,32	635,32
<b>Cenário Alternativo</b>				
<b>Gasolina (m<sup>3</sup>)</b>	11.240,32	11.815,69	13.143,07	14.416,82
<b>Etanol (m<sup>3</sup>)</b>	2.542,35	2.679,94	2.811,13	2.876,67
<b>Diesel (m<sup>3</sup>)</b>	5.048,54	6.402,37	8.351,07	10.051,88
<b>Biodiesel (m<sup>3</sup>)</b>	156,14	228,74	285,36	354,02
<b>Eletricidade (10<sup>3</sup>kWh)</b>	2.574,01	3.309,64	3.806,45	4.354,83
<b>GNV (10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)</b>	375,52	482,84	555,32	635,32

Fonte: Elaboração própria

7.4 ANEXO 4: Estimativa das Emissões de CO<sub>2</sub> nos Cenários de Referência e Alternativo em tCO<sub>2</sub>

Tabela 13 Estimativa das emissões de CO<sub>2</sub>

<b>Combustíveis</b>	<b>2014</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
<b>Cenário de Referência</b>				
<b>Gasolina A</b>	18,33	20,29	22,57	24,98
<b>Etanol Anidro e Hidratado</b>	8,65	9,64	10,45	11,22
<b>Diesel</b>	13,28	19,02	22,95	28,59
<b>Biodiesel</b>	0,38	0,54	0,68	0,84
<b>GNV</b>	0,78	1,00	1,15	1,31
<b>Cenário Alternativo</b>				
<b>Gasolina A</b>	18,33	19,27	21,44	23,51
<b>Etanol Anidro e Hidratado</b>	8,65	9,10	9,87	10,51
<b>Diesel</b>	13,28	16,84	21,97	26,44
<b>Biodiesel</b>	0,38	0,56	0,70	0,87
<b>GNV</b>	0,78	1,00	1,15	1,31

Fonte: Elaboração própria

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, 1948. *Lei nº 447, de 20 de 1948*. Rio de Janeiro.

BRASIL, 1998. *Constituição (1988)*. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. Centro Gráfico.

Brasil, 2016. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasil.

BRINCO, R., 2012. Mobilidade urbana e transporte público: sobre a oportunidade de implantação de sistemas metroviários. Porto Alegre: *Indicadores Econômicos FEE*, p. 105-116.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes, 2002. *A Importância do Transporte de Passageiros para a Eficiência Econômica e Mobilidade da População - Transporte de Passageiros no Brasil - Diagnóstico e Plano de Ação*. Rio de Janeiro.

CAMPOS, V.B.G., 2006. *Uma visão da mobilidade sustentável*. Revista dos Transportes Públicos. v. 2, p. 99-106.

D'AGOSTO, M., 2015. *Eficiência e tecnologia no transporte de massa e transporte individual*. In: PINHEIRO, Armando Castelar; FRISCHTAK, Cláudio. *Mobilidade Urbana: Desafios e Perspectivas para as Cidades Brasileiras*. Rio de Janeiro: Elsevier. Cap. 6. p. 167-194.

FERRANDIZ, J. V.C., 1990. Movilidad y ambiente en ciudades de tipo medio: un nuevo enfoque del problema. *Revista del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones*. N. 46, p 9-18.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010. *O Brasil em 4 Décadas: Desenvolvimento Regional, Questões Urbanas e Acesso à Moradia no Brasil*. 1500. ed. Rio de Janeiro: Livraria do IPEA.

\_\_\_\_\_, 2011. *A mobilidade urbana no Brasil*. Comunicados do IPEA, Nº 94. Brasil.

\_\_\_\_\_, 2013. *A. Tarifação e financiamento do transporte público urbano*. Nota Técnica: Brasília, n. 2, p.1-24.

KNEIB, E. C., 2008. *Subcentros urbanos: Contribuição conceitual e metodológica à sua definição e identificação para planejamento de transportes*. 194 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento de Transporte, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

LARICA, N. J., 2003. *Design de transporte - a arte em função da mobilidade*. Rio de Janeiro: PUC.

MAGAGNIN, R. C.; DA SILVA, A. N. R., A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. *Transportes*, v.XVI, n. 1, p.25-35, abr. 2008.

MCTI – Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação, 2015. *Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor de Energia – Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Rodoviário*. Brasil.

ONU – Organização das Nações Unidas, 2012. *Estado de las Ciudades de América Latina y El Caribe 2012*. Kenia.

PERO, V.; MIHESSEN, V., 2013. Mobilidade urbana e pobreza no Rio de Janeiro. *Econômica – Niterói*, v.15. n. 2, p. 23-50.

PINHEIRO, A. C.; FRISCHTAK, C., 2015. *Mobilidade Urbana: Desafios e Perspectivas para as Cidades Brasileiras*. Rio de Janeiro: Elsevier.

RIBEIRO, S. K. et al., 2016. Diagnóstico dos transportes e indicadores de emissão de CO<sub>2</sub> da Cidade Universitária da UFRJ: Projeto 18997 – Shell Brasil Petróleo Ltda. Rio de Janeiro.

RIBEIRO, S. K.; MACHADO, C. L., *Contribuição dos Corredores BRT para as Políticas Governamentais sobre as Mudanças Climáticas na Ótica da Redução de CO<sub>2</sub> no Rio De Janeiro*, 2016. Artigo apresentado no 30º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE. Rio de Janeiro.

RODRIGUES, P. R. A., 2007. *Introdução ao Sistema de Transporte no Brasil e à Logística Internacional*. São Paulo: Aduaneiras.

SEDEIS – Secretaria Estadual de Desenvolvimento, Energia, Indústria e Serviços, 2016. *Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2015-2030 – Relatório Final*. Rio de Janeiro.

SILVA, E. F., 2014. *Meio Ambiente & Mobilidade Urbana*. São Paulo: Senac (Série Meio Ambiente, 22/ Coordenação José de Ávila Aguiar Coimbra).

SILVA, L. A. S.; ANDRADE M. O.; MAIA, M. L. A., 2016. *Fatores Motivacionais para o Uso de um Hipotético Sistema Dinâmico de Carona em Campus Universitário*. Artigo apresentado no 30º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE. Rio de Janeiro

SENNA, L. A. S., 2014. *Economia e Planejamento dos Transportes*. Rio de Janeiro: Elsevier.

TAGORE, M. R.; SKIDAR, P. K., 1995. A new accessibility measure accounting mobility parameters Paper presented at 7th WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH. The University of New South Wales, Sidney, Australia.

WILLS, W. *Projeto IES-Brasil – 2050 – Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental – 2050 – Relatório Técnico*. Rio de Janeiro.

YOUNG, C. E. F; AGUIAR, C.; POSSAS, E., 2013. *Sinal Fechado: Custo Econômico do Tempo de Deslocamento para a Trabalho na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. GEMA – IE/UFRJ.