

Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ - Fase 1: Mobilidade

RELATÓRIO PARCIAL 1

Diagnóstico dos transportes e indicadores de emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ

Projeto 18997 – Shell Brasil Petróleo Ltda.



EQUIPE

Coordenação: Suzana Kahn Ribeiro – PET/COPPE/UFRJ

Coordenação técnica da área de tecnologias de mobilidade sustentável: Márcio de Almeida D'Agosto – PET/COPPE/UFRJ

Coordenação técnica da área de indicadores e monitoramento: Elizabeth Lima – PET/COPPE/UFRJ

Pesquisadores:

Cíntia Machado de Oliveira - PET/COPPE/UFRJ

Daniel Neves Schmitz Gonçalves - PET/COPPE/UFRJ

ÍNDICE

Diagnóstico dos transportes e indicadores de emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ.....	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1 Justificativa.....	3
1.2 Objetivo.....	4
1.3 Conteúdo do Relatório Parcial 1.....	4
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
2.1 Estrutura Física.....	4
2.2 Veículos	13
2.2.1 Frota Contratada.....	13
2.2.2 Frota Própria (frota cativa)	13
3. LEVANTAMENTO DE DADOS E RESULTADOS ALCANÇADOS	13
3.1 Pesquisa Origem / Destino	13
3.2 Consumo de energia.....	22
3.3 Cálculo das Emissões	27
3.3.1 Metodologia para cálculo de emissões	27
3.3.2 Aplicação da metodologia e resultados alcançados	28
4. INDICADORES DE EMISSÃO DE CO₂ DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ	31
4.1 Indicadores de emissão de CO ₂ por grupo de entrevistados	33
4.2 Indicadores de emissão de CO ₂ por tipo de veículo	33
5. LINHA DE BASE PARA AS EMISSÕES DE CO₂ DA CIDADE UNIVERSITÁRIA	34
DA UFRJ – ANO 2015.....	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

O aquecimento global é uma realidade que coloca em risco a vida no planeta e tem uma relação direta com o aumento da emissão de gases poluentes, principalmente, dos gases que são derivados da queima dos combustíveis fósseis (Schipper *et al.*, 2000). A fim de garantir o crescimento econômico sem comprometer o clima da terra, organizações de todo o mundo têm buscado alternativas para reduzir a emissão de tais poluentes, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂) que é o principal gás do efeito estufa.

Diante desse cenário, o setor de transporte tem um destaque especial, pois em 2012, foi responsável pela emissão de 7,0 GtCO₂ e mesmo com o avanço da eficiência energética dos veículos e das políticas de sustentabilidade, este número tende a aumentar. Além disso, considerando os países em desenvolvimento, a demanda por transporte tende a crescer, devido ao aumento da distribuição de renda e melhorias na infraestrutura (IPCC, 2013).

Dessa forma, as cidades possuem um papel significativo, pois dispõem da característica de atrair pessoas em busca de bens, serviços, oportunidades de emprego e qualificação profissional. Com isso, têm-se a intensificação da demanda por transportes, bem como a intensificação de seus impactos ambientais e sociais. Sendo assim, a mobilidade urbana, representa um desafio para a sociedade, não apenas em termos de deslocamento de pessoas, mas também sob a ótica dos impactos ambientais e sociais.

Considerando que as cidades universitárias representam, muitas vezes, uma amostra fidedigna de uma cidade real e a fim de descobrir e testar possíveis formas de minimizar os impactos promovidos pelo transporte, a Shell Brasil Petróleo Ltda. pretende utilizar a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) como um laboratório vivo para realização desses testes.

O objetivo da Shell Brasil Petróleo Ltda. é estabelecer uma plataforma para comparação de indicadores de mobilidade sustentável selecionados, entre diferentes cidades universitárias em todo o mundo, incluindo a Cidade Universitária da UFRJ. Para isso, de forma inicial, será necessário realizar um levantamento de dados sobre a mobilidade da Cidade Universitária da UFRJ, incluindo infraestrutura e veículos. Além disso, será necessária a identificação do consumo de energia relacionada ao setor de transporte, bem como o estabelecimento dos indicadores de emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ.

1.1 Justificativa

A Cidade Universitária da UFRJ localizada na Ilha do Fundão, na cidade do Rio de Janeiro, possui uma população estimada em 60 mil pessoas e uma área de 5,2 milhões de metros quadrados, onde circulam diariamente mais de 100 mil pessoas e 25 mil veículos. Abriga todo o complexo universitário, que é composto por institutos, escolas, faculdades e órgãos suplementares e conta com a presença de importantes instituições, tais como o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobrás (CENPES), o Centro de Pesquisas da Eletrobrás (CEPEL), o Centro de Referência Tecnológica da Embratel (CRT) e o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Além disso, se encontram na Cidade Universitária da UFRJ um conjunto de cerca de 100 empresas, que atuam em uma área denominada de Parque Tecnológico (Fundo Verde, 2014).

Além disso, a Cidade Universitária da UFRJ conta com algumas iniciativas já

incrementadas pelo Governo do Estado, com o apoio da prefeitura da Cidade Universitária da UFRJ e do Fundo Verde¹, na promoção da mobilidade sustentável, tais como a utilização de veículos elétricos e híbridos, o uso de biocombustíveis, e o deslocamento por meio de levitação magnética.

1.2 Objetivo

O Relatório Parcial 1 tem por objetivo geral descrever as atividades e apresentar os resultados preliminares do estudo para criação de uma plataforma para comparação dos indicadores de mobilidade sustentável entre diferentes campi universitários de todo o mundo, incluindo a Cidade Universitária da UFRJ. Tais resultados preliminares consistem em um levantamento dos dados sobre a mobilidade da Cidade Universitária da UFRJ e estão relacionados à infraestrutura da cidade, à circulação de veículos (oferta e demanda de viagens) e aos serviços de transporte prestados dentro da Cidade Universitária. Além disso, pretende-se apresentar o consumo de energia do setor de transporte e os indicadores emissão de CO₂ para a Cidade Universitária da UFRJ.

1.3 Conteúdo do Relatório Parcial 1

A partir desta introdução este Relatório Parcial 1 se divide em três seções. Na seção dois apresenta-se a caracterização da área de estudo. Na seção três, os dados levantados e os resultados alcançados relacionados à mobilidade da Cidade Universitária. Na seção quatro apresentam-se os indicadores de emissão de CO₂ da Cidade universitária da UFRJ. Na seção cinco apresentam-se as considerações finais. Por fim, na seção seis apresentam-se os próximos passos a serem dados.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nesta seção será apresentada a estrutura física da Cidade Universitária da UFRJ. Sendo assim, apontam-se as possíveis formas de acesso à Cidade, as áreas de estacionamentos, as edificações, os pontos de ônibus e o itinerário das linhas de ônibus circulares.

2.1 Estrutura Física

A Ilha do Fundão foi artificialmente criada em 1950 pela união de diferentes ilhas (Figura 1). No entanto, as atividades acadêmicas só tiveram início em 1970. A arquitetura foi influenciada pelo modernismo tendo, inclusive, alguns de seus projetos arquitetônicos premiados.

¹ O Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia para a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro foi instituído por meio do decreto estadual nº 43.903/2012, com objetivo de elaborar e implantar projetos de infraestrutura sustentável nos setores de geração e racionalização do uso de energia e de mobilidade urbana.

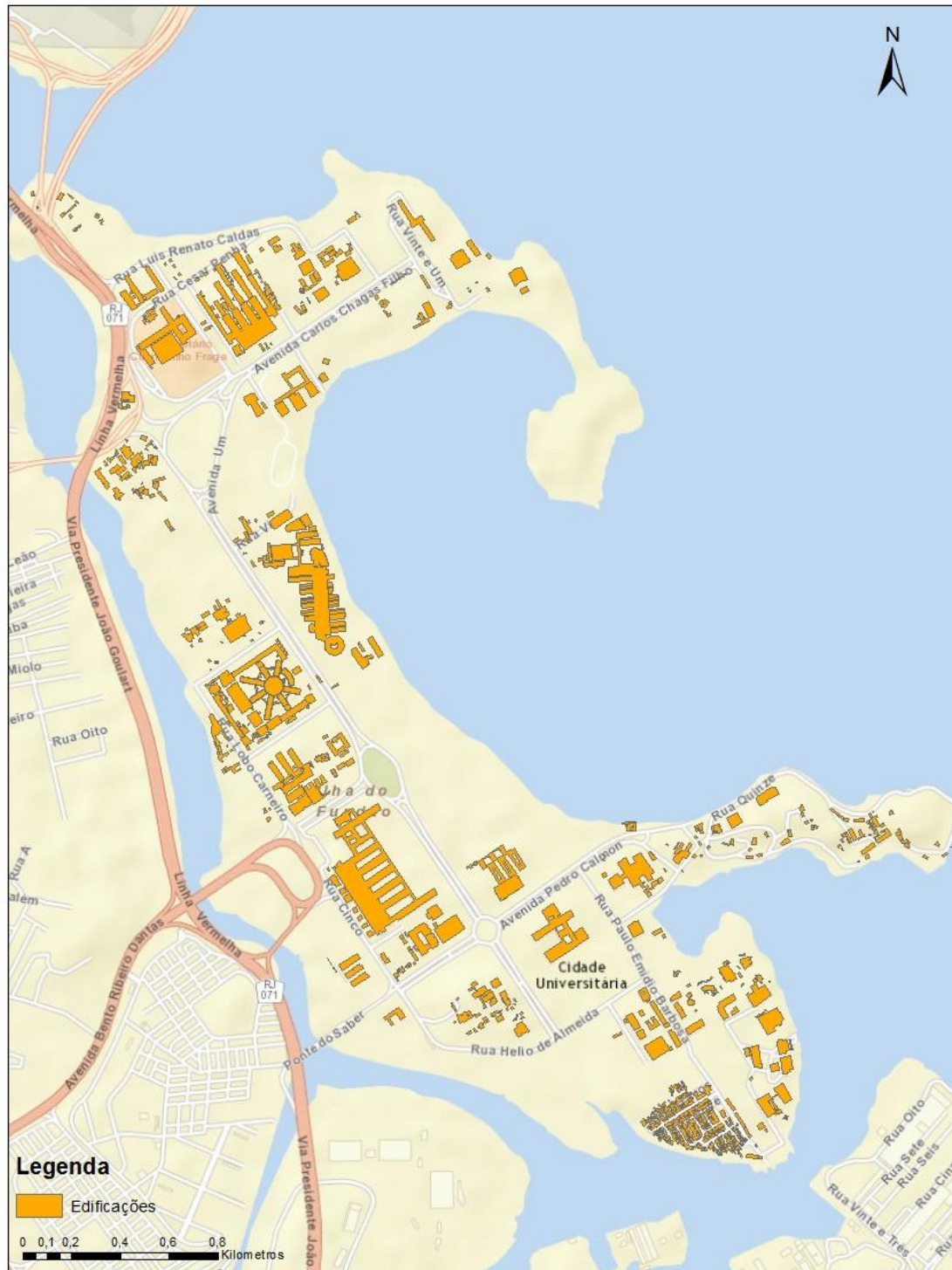


Fonte: Plano Diretor UFRJ 2020

Figura 1 – Foto da Cidade Universitária após o aterramento e a união das ilhas – 1953

Atualmente, estão localizadas na Ilha do Fundão, além de faculdades, institutos e centros de pesquisa de empresas públicas e privadas. A Figura 2 apresenta o conjunto das edificações existentes na Ilha do Fundão obtida da base de dados geográficos que foi estruturada a partir da parceria entre a COPPE e o Instituto Pereira Passos, que está disponível em <http://bit.ly/projetofundoverde>.

PARCIAL



Fonte: Fundo Verde / Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP)

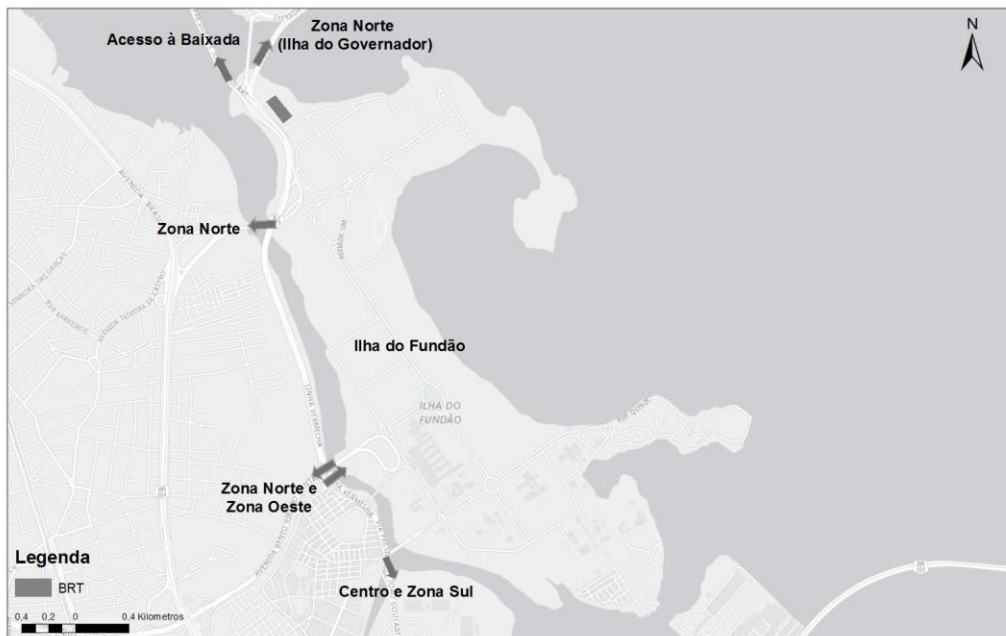
Figura 2 – Edificações da Ilha do Fundão

A Cidade Universitária da UFRJ pode ser utilizada como modelo de laboratório de iniciativas urbanas sustentáveis, sendo o campus um laboratório vivo para implantação de projetos voltados à sustentabilidade. O laboratório vivo tem o propósito de testar alternativas, avaliar seu desempenho tanto do ponto de vista energético e ambiental,

como os custos e viabilidade econômica, além de ser possível testar a aceitação por parte dos usuários.

Um dos maiores problemas de sustentabilidade que a Cidade Universitária enfrenta, a exemplo do Rio de Janeiro, é de mobilidade, principalmente pela dificuldade de acesso à Ilha do Fundão.

A Ilha do Fundão está ligada às principais regiões da cidade tais como: Zona Oeste – Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes – por meio da Linha Amarela e do sistema de BRT (*Bus Rapid Transportation*) Transcarioca, inaugurado em outubro/ 2014); Zona Norte por meio das vias expressas – Linhas Amarela e Vermelha – e ao Centro da Cidade, Zona Sul, Baixada Fluminense, Niterói e Norte Fluminense pela Linha Vermelha e Avenida Brasil. Estas ligações rodoviárias, mostradas na Figura 3 permitem os deslocamentos tanto por motocicleta, automóvel individual, ônibus e caminhões.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 – Acessos à Cidade Universitária

Uma vez que o carro particular é dos meios mais utilizados devido ao acesso precário à Cidade Universitária da UFRJ, uma área relevante da Ilha é usada para estacionamento. A Figura 4 ilustra a área disponível para estacionamento de veículos que foi estimada em 238 m². (Fundo Verde/IPP).



Fonte: Fundo Verde / Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP)

Figura 4 – Áreas de Estacionamento disponíveis na Cidade Universitária

Por outro lado, a maioria das pessoas que se desloca internamente na Cidade Universitária realiza o trajeto por meio de transporte público. A Figura 5 ilustra a localização dos pontos de ônibus da Ilha do Fundão totalizando 31 paradas distribuídas ao longo da Cidade Universitária.



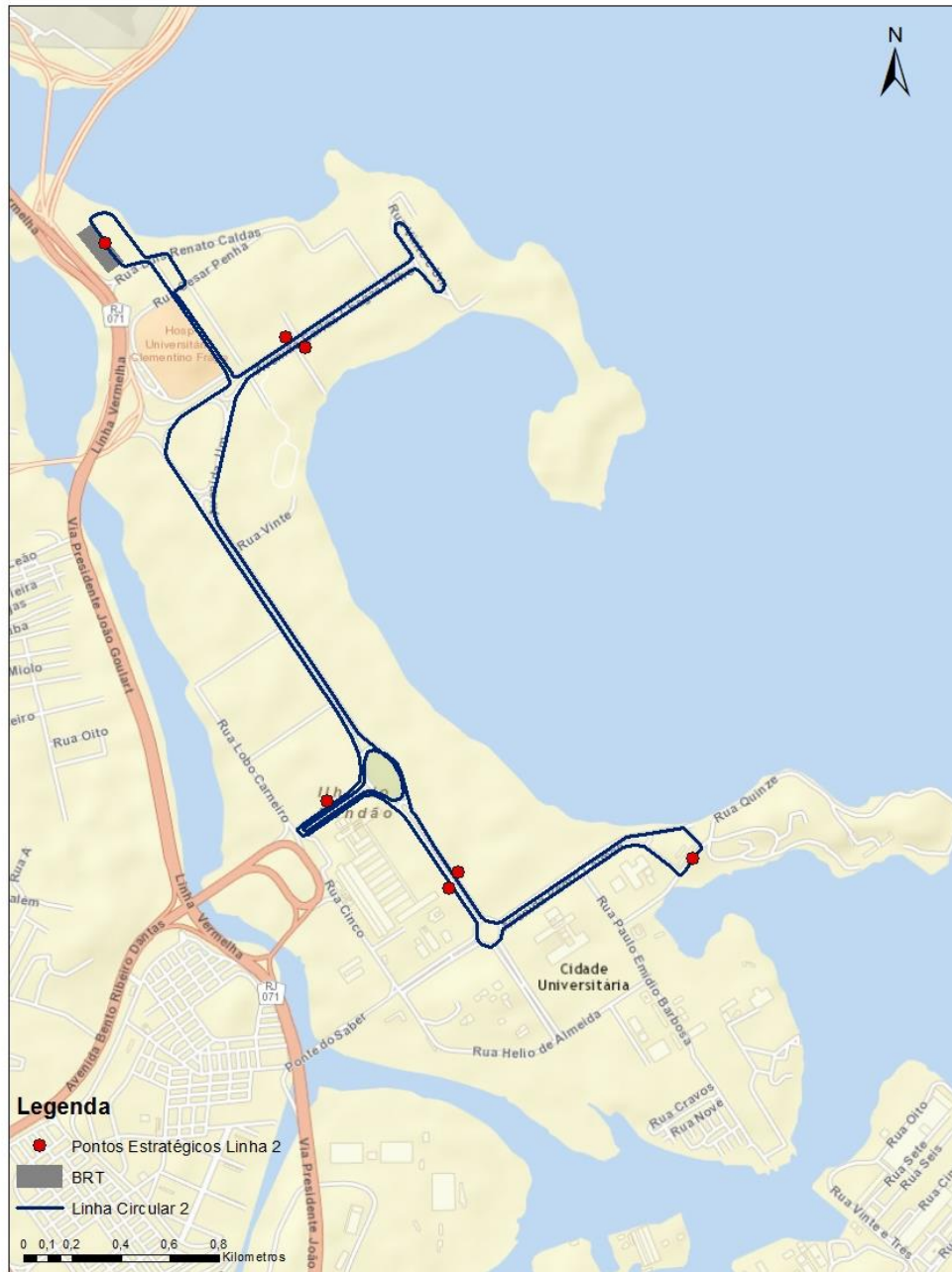
Fonte: Fundo Verde / Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP)
Figura 5 – Pontos de Ônibus da Cidade Universitária

O transporte de integração gratuito, oferecido pela universidade, visa complementar o acesso à Cidade Universitária durante 24 horas por dia, inclusive aos sábados, domingos e feriados, por meio de itinerários diferenciados das linhas comerciais regulares.

As linhas foram planejadas e são fiscalizadas pela Prefeitura Universitária (PU/UFRJ). Os ônibus transportam passageiros pela Ilha, permitindo o acesso a diversas unidades administrativas, de Ensino e Pesquisa, hospitais e demais locais com atividades instaladas no *campus*, incluindo a Residência dos Estudantes e a Vila Residencial. Circulam atualmente 18 ônibus nas três linhas denominadas Circular 1, Circular 2 e Circular 3. Todas param no Terminal do BRT, próximo ao Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), principal ponto de integração com o BRT e com as linhas de ônibus municipais e intermunicipais, e de transporte alternativo que passam pelo local. Os itinerários dos ônibus internos de Transporte Integrado são apresentados nas Figuras 6, 7 e 8 com indicação dos pontos de ônibus estratégicos, com maior movimento.

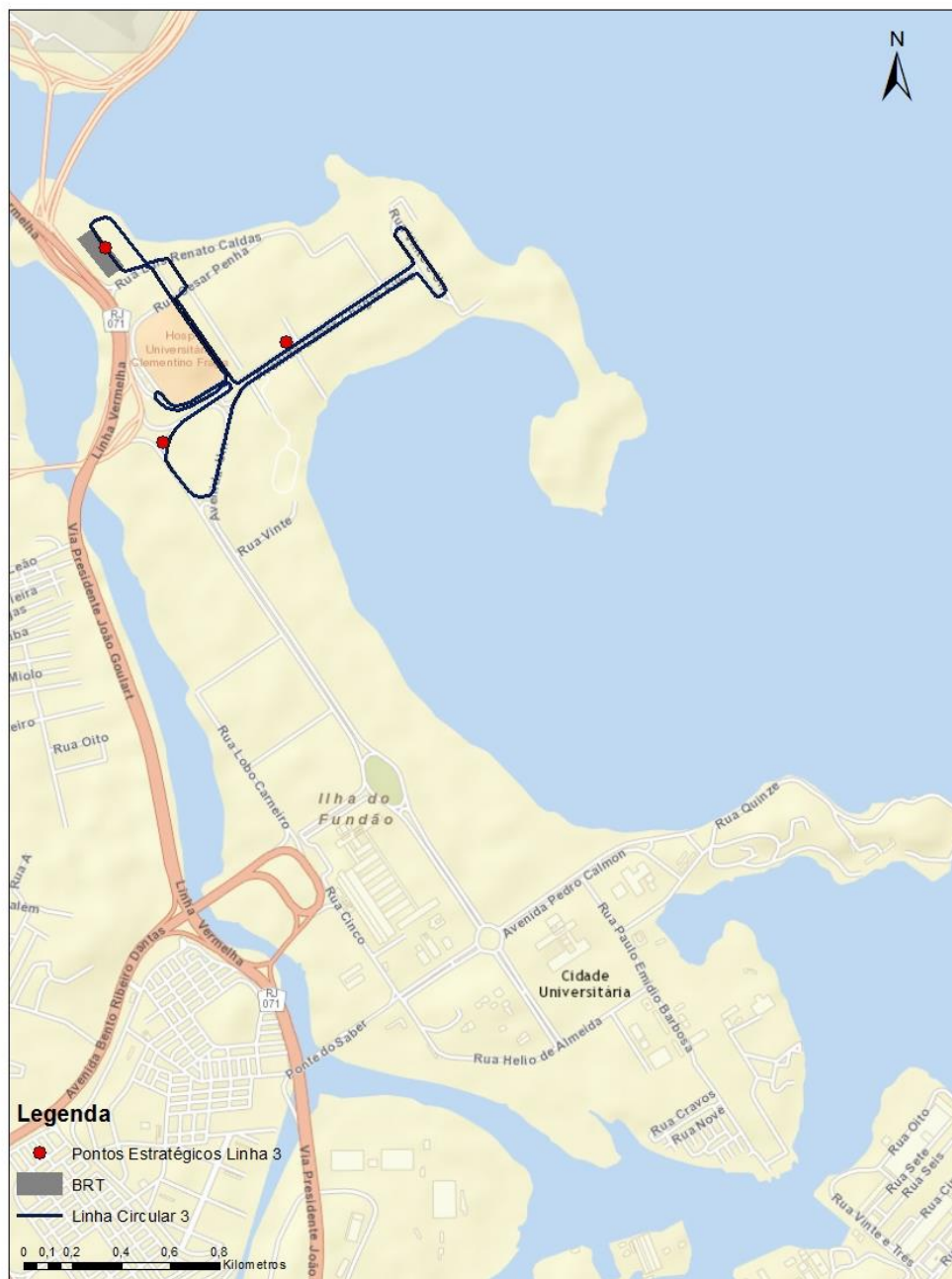


Fonte: Fundo Verde / Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP)
Figura 6 – Itinerário da Linha Circular 1



Fonte: Fundo Verde / Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP)

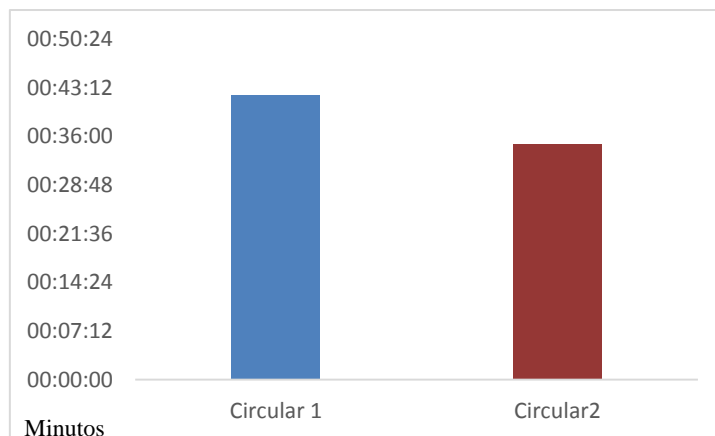
Figura 7 – Itinerário da Linha Circular 2



Fonte: Fundo Verde / Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP)

Figura 8 – Itinerário da Linha Circular 3

A Figura 9 apresenta o tempo médio de viagem (ida e volta) para as linhas circulares 1 e 2. Tal média foi obtida com base nos dados levantados durante os meses de maio, junho e julho de 2015. Não foi possível obter os dados para a linha circular 3 devido a irregularidade da frequência do serviço.



Fonte: Elaboração Própria

Figura 9 – Tempo médio de viagens (ida e volta)

2.2 Veículos

Nesta seção será apresentada toda a frota de veículos (contratada e cativa) pertencente à Cidade Universitária da UFRJ referentes aos serviços de transporte prestados aos usuários. Tais veículos circulam tanto dentro da cidade, quanto fora, para realização de serviços diversos da Instituição.

2.2.1 Frota Contratada

A frota contratada pela Cidade Universitária da UFRJ é responsável pelo transporte de integração gratuito e é composta por 18 ônibus Modelo Mercedes Benz OF 1721 - 2015/2014, com dois eixos e carroceria Caio Apache VIP de 3 portas, com capacidade para 57 passageiros sentados e 27 passageiros em pé. Estes veículos possuem como características principais a economia de combustível, a rentabilidade e a qualidade do transporte e todos possuem ar condicionado. A empresa que presta o serviço de aluguel e abastecimento dos veículos é a Rosamares Transportes Ltda.

2.2.2 Frota Própria (frota cativa)

A frota cativa (própria) da Cidade Universitária da UFRJ é composta por 242 veículos, de diversas marcas e modelos que possuem, em média, 8 anos de utilização. Tal frota é constituída por 99 veículos tipo automóvel, 123 veículos tipo comercial leve; 5 veículos tipo caminhão leve; 3 veículos tipo caminhão médio; 5 veículos tipo micro ônibus; 4 veículos tipo ônibus rodoviário e 3 veículos tipo ônibus urbano.

3. LEVANTAMENTO DE DADOS E RESULTADOS ALCANÇADOS

Nesta seção serão apresentados os dados levantados e todos os resultados alcançados. Para realização do levantamento de dados, primeiramente realizou-se uma pesquisa de campo do tipo origem/destino (O/D) a fim de identificar o padrão de viagens daqueles que se dirigem ou partem da Cidade Universitária da UFRJ (Ilha do Fundão) em suas viagens. Com os dados oriundos da pesquisa, foi possível levantar a quilometragem percorrida por cada modo e por cada grupo de usuários. A partir daí, pode-se identificar o consumo de combustível, bem como as emissões de CO₂ correspondente.

3.1 Pesquisa Origem / Destino

Para a construção da matriz O/D foi realizada uma pesquisa origem-destino (O/D) que foi aplicada no período de 24/05/2014 ao dia 13/06/2014, pelos pesquisadores do

Laboratório de Transporte de Carga (LTC), do Programa de Engenharia de Transporte (PET) da COPPE/UFRJ. Para isso, foi elaborado um questionário com a finalidade de levantar características socioeconômicas e o padrão de viagens daqueles que se dirigem ou partem da Cidade Universitária da UFRJ (Ilha do Fundão) em suas viagens.

O questionário foi elaborado por meio da ferramenta informatizada *Google Docs* sendo enviado aos potenciais respondentes pelos seguintes canais de comunicação: (1) listas de correio-eletrônico da instituição (*e-mail*); (2) rede do *Facebook*; (3) disponibilizado no site do Fundo Verde e (4) solicitando divulgação em páginas da internet de unidades da UFRJ.

O questionário consta de 28 questões, das quais:

- As quatro primeiras são informações gerais sobre o usuário entrevistado;
- Da 5ª à 18ª são perguntas visando a compreensão do padrão das viagens de entrada e saída do campus e dentro do mesmo;
- Da 20ª a 24ª são perguntas, utilizando a Técnica de Pesquisa Declarada, buscando comportamento da população quando apresentado cenários ou alternativas hipotéticas aos entrevistados (Implantação do VLT, barcas e bicicletas);
- Para finalizar o questionário, foram feitas as quatro últimas perguntas buscando um perfil da ocupação do transporte individual, mais particularmente, do carro.

Foram obtidas 8.521 respostas até o dia 13 de junho de 2014. Após análise da consistência das respostas, foram excluídas aquelas decorrentes de má interpretação das questões ou respondidas de forma inválida. Desta forma, o questionário ofereceu 8.486 respostas que são efetivamente utilizadas como resultado da pesquisa O/D.

A população estimada da Cidade Universitária, nos dias úteis, é um número em torno de 60 mil pessoas. Tal valor foi obtido com base na pesquisa visual de carregamento realizada na Cidade Universitária, que foge ao escopo deste relatório. A pesquisa permitiu estimar o número de viagens de ônibus, bem como sua demanda (lotação) diária. A partir dessa informação, a demanda foi extrapolada para os demais modos.

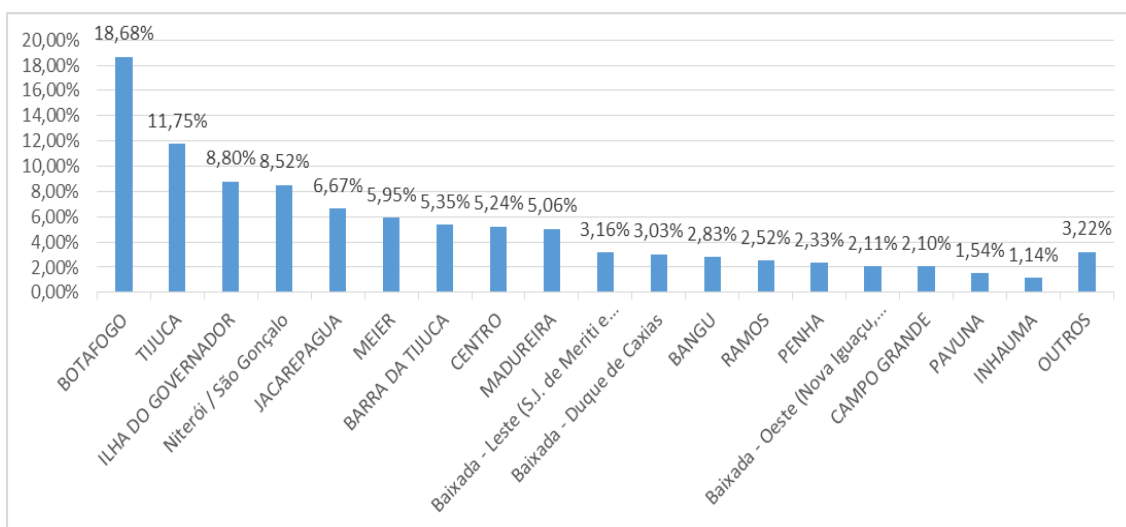
De acordo com o DNIT (2006) o tamanho da amostra recomendada para esse tipo de pesquisa deverá atender a Tabela 1. Sendo assim, as respostas atendem ao requisito de tamanho ideal para uma amostra representativa deste universo, que é de 1 entrevistado para cada 7 pessoas.

Tabela 1 – Tamanho da amostra recomendada para estudos com entrevistas domiciliares

População da área (habitantes)	Amostra recomendada	Amostra mínima
Abaixo de 50.000	1 em 5	1 em 10
50.000 a 150.000	1 em 8	1 em 20
150.000 a 300.000	1 em 10	1 em 35
300.000 a 500.000	1 em 15	1 em 50
500.000 a 1.000.000	1 em 20	1 em 70
Acima de 1.000.000	1 em 25	1 em 100

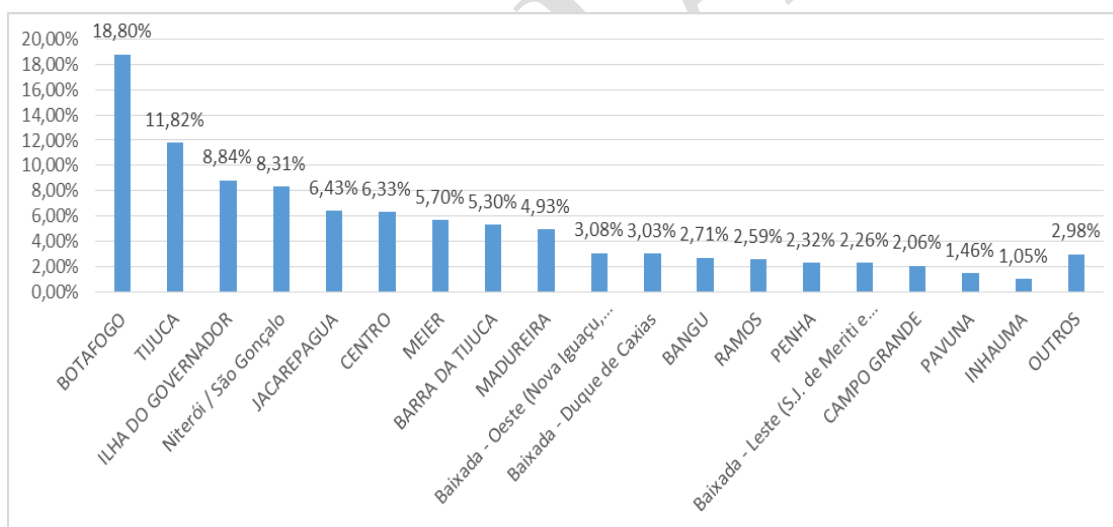
Fonte: DNIT (2006)

Com base na pesquisa, foi possível identificar as origens e os destinos mais declarados pelos frequentadores do Campus. Essas localidades mais procuradas ficam evidenciadas por meio das figuras 10 e 11.



Fonte: Elaboração própria

Figura 10 - Distribuição percentual das principais origens declaradas



Fonte: Elaboração própria

Figura 11 - Distribuição percentual dos principais destinos declarados

Após a agregação dos resultados da pesquisa, foi possível a construção da matriz O/D tanto para a chegada quanto para a saída do Campus, conforme pode ser visto nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Principais Origens e Destinos na ida à Cidade Universitária

Regiões (O/D)	CCMN	CCS	CENPES	CETEM	COPPEAD	CT / CT 2	Educação Física	Hospital Universitário	Letras	Parque Tecnológico	Prefeitura Universitária	Reitoria	Total Geral
Baixada - Caxias	24	60	1	1	4	93	7	8	26	12	4	14	254
Baixada - Leste	26	52	3	1	2	94	10	12	38	7	3	20	268
Baixada - Oeste	11	46	4	5		54	2	10	26	2	3	13	176
Bangu	21	62		2	1	80	5	5	33	6	1	22	238
Barra da tijuca	18	52	12	3	10	240	1	18	21	42	4	32	453
Botafogo, Copacabana e Lagoa	81	236	22	7	26	754	20	62	70	117	14	147	1556
Campo grande	20	43	2	1		50	1	6	28	4	1	21	177
Centro	38	76	1	2	4	138	22	15	60	18	6	49	429
Ilha do Governador	61	153	5	7	7	335	16	37	46	19	7	41	734
Inhaúma	10	19		1	1	30	4	1	13	6		11	96
Jacarepaguá	64	109	5	3	4	197	22	31	48	21	5	54	563
Madureira	56	91	3	3	5	124	16	12	45	14	8	49	426
Meier	40	91	4	2	4	198	11	21	42	25	3	60	501
Niterói / São Gonçalo	69	127	7	2	12	281	20	28	36	52	6	73	713
Pavuna	15	29		1	2	44	4	1	14	5	2	13	130
Penha	18	38		1	2	55	13	9	29	6	1	22	194
Ramos	19	38			2	74	12	13	25	7	2	20	212
Santa Cruz	6	5				9	2		8	1		1	32
Tijuca	85	172	6	10	11	429	20	32	56	41	5	118	985
Total geral	682	1499	75	52	97	3279	208	321	664	405	75	780	8137

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Principais Origens e Destinos na saída da Cidade Universitária

Regiões (O/D)	CCMN	CCS	CENPES	CETEM	COPPEAD	CT / CT 2	Educação Física	Hospital Universitário	Letras	Parque Tecnológico	Prefeitura Universitária	Reitoria	Total Geral
Baixada - Caxias	25	60	1	1	4	90	8	12	25	13	3	13	255
Baixada - Leste	17	40	1	1	2	70	8	5	23	4	1	20	192
Baixada - Oeste	18	63	5	5	1	85	5	14	40	5	4	13	258
Bangu	17	62		2	1	76	6	5	32	5	1	20	227
Barra da tijuca	21	51	12	3	10	233	1	16	21	43	3	35	449
Botafogo, Copacabana e Lagoa	82	230	20	7	27	744	19	66	75	119	19	160	1568
Campo grande	19	43	1			48	3	8	32	2	1	17	174
Centro	57	78	5	2	3	187	14	12	47	27	8	83	523
Ilha do Governador	64	151	6	8	7	337	15	38	48	17	5	38	734
Inhauma	9	19			1	30	4	1	15	3		7	89
Jacarepagua	62	108	5	4	4	192	21	31	46	19	4	47	543
Madureira	53	89	3	2	5	124	16	12	45	12	8	46	415
Meier	37	91	3	2	4	193	20	20	42	22	2	44	480
Niterói / São Gonçalo	69	127	7	2	12	271	19	26	39	49	7	67	695
Pavuna	16	29		1	1	39	4	1	14	5	2	11	123
Penha	16	40		1	2	60	9	9	30	6	1	20	194
Ramos	19	41			2	71	15	13	26	8	2	19	216

Regiões (O/D)	CCMN	CCS	CENPES	CETEM	COPPEAD	CT / CT 2	Educação Física	Hospital Universitário	Letras	Parque Tecnológico	Prefeitura Universitária	Reitoria	Total Geral
Santa Cruz	6	5				6	2		7	1		1	28
Tijuca	77	176	6	11	12	429	19	33	58	47	3	120	991
Total geral	684	1503	75	52	98	3285	208	322	665	407	74	781	8154

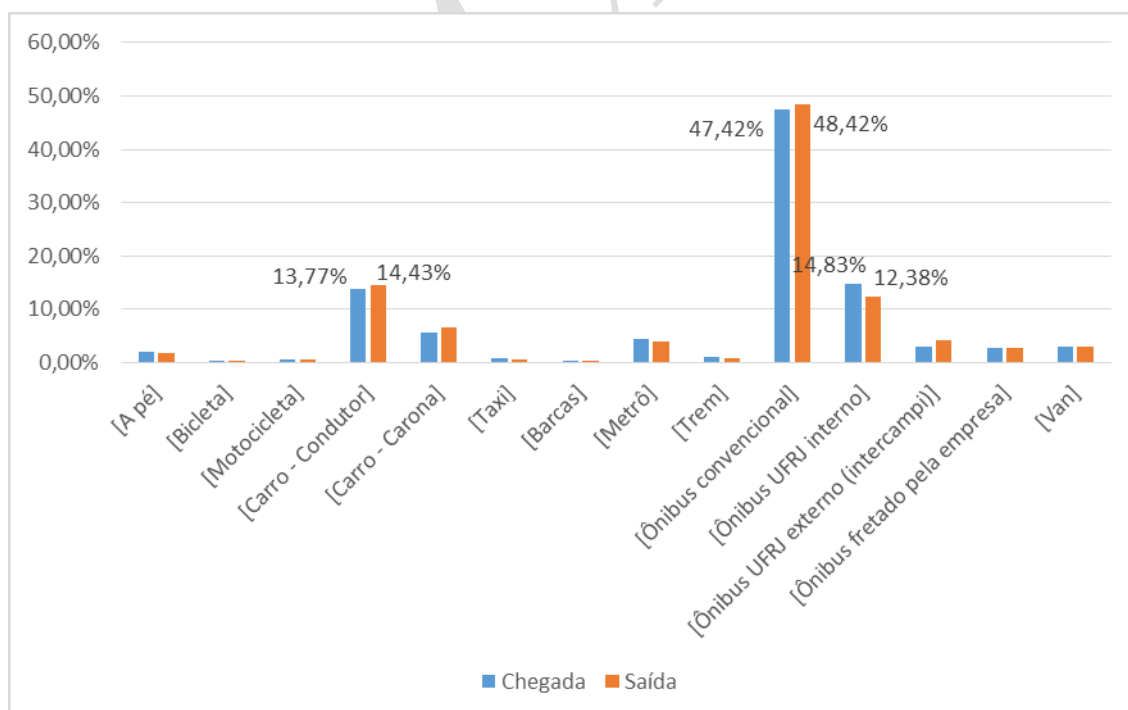
Fonte: Elaboração própria

A Ilha do Fundão está ligada às principais regiões da cidade tais como:

- Zona Oeste – Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes – por meio da Linha Amarela e do sistema de BRT Transcarioca;
- Zona Norte por meio das Linhas Amarela e Vermelha;
- Centro da Cidade, Zona Sul, Baixada Fluminense, Niterói e Norte Fluminense pela Linha Vermelha e Avenida Brasil.

As ligações rodoviárias permitem os deslocamentos tanto por motocicleta, automóvel individual, ônibus e caminhões.

Quanto aos modos de transporte utilizados, a figura 12 mostra que, aproximadamente, metade das viagens, tanto entrando, quanto saindo da Ilha do Fundão, são realizadas utilizando, pelo menos em parte do trajeto, o ônibus convencional como modo de transporte e cerca de 15%, o carro (automóvel individual).

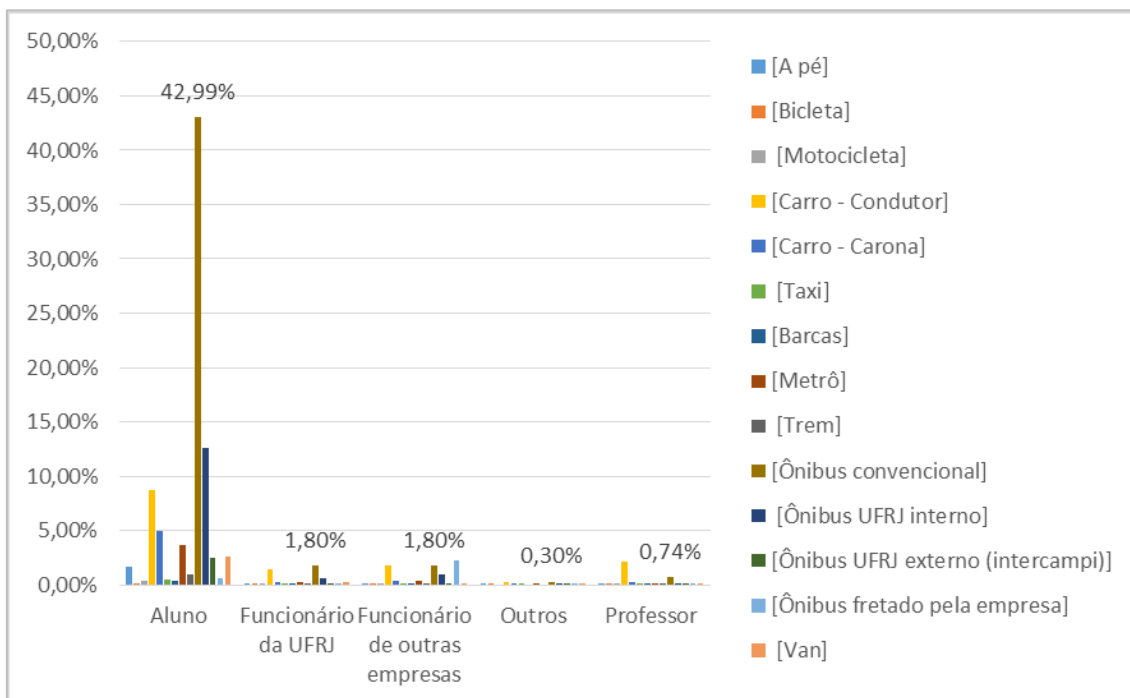


Fonte: Elaboração própria

Figura 12 - Distribuição modal das viagens dos entrevistados

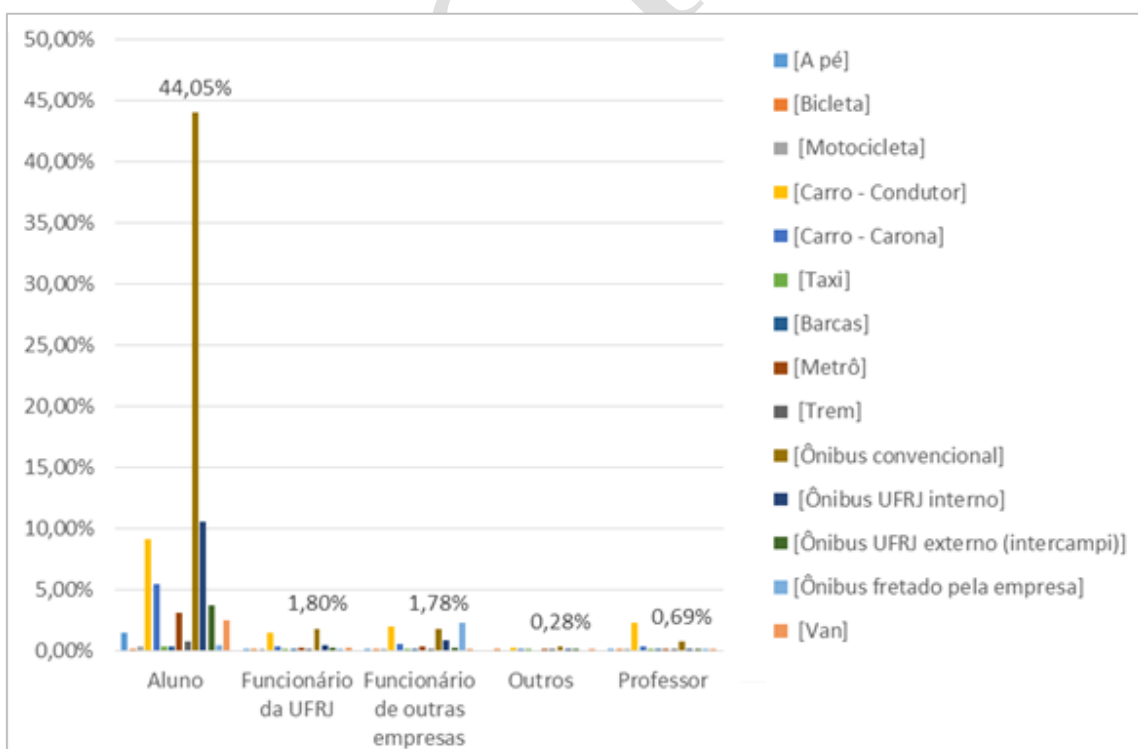
Nas figuras 13 e 14, se apresenta a distribuição modal, em percentual, segundo a função dos entrevistados (grupo de entrevistados). Podendo-se observar que funcionários da

UFRJ, funcionários de outras empresas e alunos são os que mais usam o transporte público para se deslocar e os professores tendem a usar o carro.



Fonte: Elaboração própria

Figura 13 - Distribuição modal em percentual por grupo de entrevistados – chegada



Fonte: Elaboração própria

Figura 14 - Distribuição modal em percentual por grupo de entrevistados – saída

As tabelas 3 e 4 apresentam a distribuição modal da origem e destino respectivamente, mostrando a quantidade total de demanda gerada e a distribuição modal por grupo de

entrevistados, a km percorrida por modo e por grupo de entrevistados e a quantidade de usuários por modo. A distância percorrida pelo metrô e pelo trem foram obtidas por suas respectivas concessionárias, quando não foi possível obter a distância real, foi utilizada a distância euclidiana, e em casos que envolviam mais de uma estação de origem ou destino, foi utilizada a média ponderada da distância, sendo o peso a população do bairro em que a estação está localizada. As distâncias rodoviárias foram mensuradas com base no centroide do grupo de origem até o centroide do destino (Ilha do Fundão) e vice-versa. Os centroides de cada zona de estudo foram calculados através do centro de massa, conforme a equação 1, aplicando-se para as zonas de Origem e Destino (Silva, 2013).

$$C_i = \begin{cases} X_i = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} X_{ik} P_{ik}}{\sum_{k=1}^{N_i} P_{ik}} \\ Y_i = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} Y_{ik} P_{ik}}{\sum_{k=1}^{N_i} P_{ik}} \end{cases}, \quad (1)$$

em que:

- C_i é o centroide do grupo i ;
- X_i é a longitude do centroide do grupo i ;
- Y_i é a latitude do centroide do grupo i ;
- P_{ik} é o peso da origem k do grupo i ;
- X_{ik} é a longitude da origem k do grupo i ;
- Y_{ik} é a latitude da origem k do grupo i ;
- N é a quantidade de origens do grupo i .

Sendo os pesos dos grupos a população de cada bairro/município de acordo com IBGE (2010) e em relação à ilha do fundão, os pesos considerados foram a quantidade de demanda para cada origem e destino na Cidade Universitária (CT, CCMN etc.) de acordo com a tabela 2 e 3.

Tabela 4 – Distribuição modal para ida a Cidade Universitária

Grupos (IDA)	Total	Moto			Carro			Carona (3pas)			Taxi			Barcas				Metrô				Trem				Ônibus			Van		
		%*	us.*	Km*	%	us.	Km	%	us.	Km	%	us.	Km	%	us.	Km barca	km ônibus	%	us.	Km M.	Km R.	%	us.	Km T	Km R.	%	us.	Km	%	us.	Km
Baixada Caxias	1813	0,23%	4	16,90	13,79%	250	16,90	4,34%	39	16,90	0,15%	3	17					0,85%	15	13,1	16,00	1,08%	20	25	4,8	76,07%	1379	16,90	1,55%	28	16,90
Baixada-Leste	1913	1,23%	24	22,13	11,72%	224	22,13	4,53%	43	22,13	0,06%	1	22					8,54%	163	13,1	19,20	3,04%	58	19	5	58,64%	1122	22,13	0,65%	12	22,13
Baixada-Oeste	1256	0,19%	2	33,90	9,01%	113	33,90	6,07%	38	33,90	0,00%	0	34					10,35%	130	13,1	15,90	5,11%	64	70	7	53,23%	669	33,90	0,58%	7	33,90
Bangu/Realengo	1698	0,99%	17	30,48	6,02%	102	30,48	2,41%	20	30,48	0,14%	2	30					6,02%	102	13,1	22,80	6,79%	115	34	7	61,85%	1051	30,48	2,97%	50	30,48
Barra da Tijuca /Recreio	3233	0,35%	11	31,32	32,46%	1049	31,32	11,16%	180	31,32	0,93%	30	31					1,24%	40	11,4	19,00					51,15%	1654	31,32	1,33%	43	31,32
Botafogo (Zona Sul)	11104	0,31%	35	16,65	25,61%	2844	16,65	8,48%	471	16,65	1,57%	175	17					3,27%	363	11,4	8,30					55,80%	6221	16,65	1,20%	133	16,65
Campo Grande	1263	0,00%	0	44,56	6,82%	86	44,56	3,04%	19	44,56	0,28%	3	45					4,52%	57	13,1	38,80	9,95%	126	41	7	56,31%	711	44,56	4,61%	58	44,56
Centro	3061	0,37%	11	9,28	11,62%	356	9,28	4,62%	71	9,28	1,90%	58	9					7,38%	226	1,5	6,80	0,87%	27	4	7	62,37%	1909	9,28	2,18%	67	9,28
Ilha do Governador	5238	1,34%	70	11,01	17,19%	901	11,01	8,33%	218	11,01	0,80%	42	11													58,65%	3109	11,01	12,03%	630	11,01
Inhaúma/Complexo do Alemão	685	0,53%	4	8,28	5,68%	39	8,28	3,73%	13	8,28	0,71%	5	8					12,43%	85	0,9	6,80	1,07%	7	5	5	60,04%	411	8,28	2,13%	15	8,28
Jacarepaguá	4018	0,59%	24	21,38	17,54%	705	21,38	6,81%	137	21,38	0,26%	11	21													64,33%	2736	21,38	2,75%	110	21,38
Madureira/ Irajá	3040	0,45%	14	15,55	9,65%	293	15,55	4,66%	71	15,55	0,58%	18	16					15,30%	465	13,1	9,80	3,05%	93	17	7	37,76%	1148	15,55	9,96%	303	15,55
Méier	3575	1,04%	37	10,70	16,37%	585	10,70	7,65%	137	10,70	1,64%	59	11													58,93%	2263	10,70	3,07%	110	10,70
Niterói/São Gonçalo	5088	0,48%	24	24,41	19,60%	997	24,41	10,31%	262	24,41	0,56%	28	24	3,82%	195	5,00	18,5									58,43%	3028	24,41	0,48%	24	24,41
Pavuna / Anchieta	928	0,00%	0	19,84	5,68%	53	19,84	2,27%	11	19,84	0,23%	2	20					25,57%	237	13,1	9,80					34,43%	342	19,84	0,68%	6	19,84
Penha/Vigário Geral	1384	0,25%	4	13,07	8,13%	113	13,07	3,81%	26	13,07	0,76%	11	13													68,59%	1005	13,07	8,81%	122	13,07
Ramos/Maré	1513	1,64%	25	5,64	10,18%	154	5,64	3,80%	29	5,64	0,95%	14	6									1,47%	22	5	5	72,22%	1115	5,64	4,57%	69	5,64
Santa Cruz	228	0,00%	0	56,09	10,38%	24	56,09	8,20%	9	56,09	0,00%	0	56									10,93%	25	55	7	55,19%	126	56,09	4,37%	10	56,09
Tijuca/Vila Isabel	7029	0,43%	30	12,30	20,22%	1421	12,30	8,43%	296	12,30	1,08%	76	12					7,22%	508	2,8	8,30					52,18%	3689	12,30	2,62%	184	12,30

%: percentual de utilização do modo;
 Us: Número total de usuários que utilizam o modo *m* por dia;
 Km: Quilômetro percorrido pelo modo *m* por dia.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Distribuição modal saindo da Cidade Universitária

Grupos (Volta)	Total	Moto			Carro			Carona			Taxi			Barcas			km ônibus	Metrô				Trem				Ônibus			Van		
		%	us.	Km	%	us.	Km	%	us.	Km	%	us.	Km	%	us.	Km barca		%	us.	Km metrô	Km rod	%	us.	Km T	Km R.	%	us.	Km	%	us.	Km
Baixada Caxias	1820	0,30%	6	13,10	14,44%	263	13,10	4,18%	38	13,10	0,23%	4	13					0,00%	0	13,1	0	0,91%	17	32	9,5	77,20%	1405	13,10	0,76%	14	13,10
Baixada-Leste	1371	1,43%	20	21,23	12,51%	172	21,23	4,01%	27	21,23	0,00%	0	21					5,16%	71	13,1	15,00	1,05%	14	28	9,5	69,15%	948	21,23	0,48%	7	21,23
Baixada-Oeste	1842	0,20%	4	33,62	9,15%	169	33,62	5,56%	51	33,62	0,00%	0	34					7,32%	135	13,1	9,50	4,00%	74	70	9,5	61,36%	1130	33,62	1,08%	20	33,62
Bangu/Realengo	1621	0,91%	15	30,86	5,99%	97	30,86	4,86%	39	30,86	0,15%	2	31					2,35%	38	13,1	9,50	5,46%	89	34	9,5	69,65%	1129	30,86	2,81%	45	30,86
Barra da Tijuca /Recreio	3205	0,36%	11	32,75	32,59%	1045	32,75	9,58%	154	32,75	0,67%	22	33													53,89%	1758	32,75	1,03%	33	32,75
Botafogo (Zona Sul)	11194	0,43%	48	15,77	25,07%	2807	15,77	10,81%	605	15,77	1,27%	142	16					3,08%	345	11,4	10,90					54,13%	6079	15,77	1,77%	198	15,77
Campo Grande	1242	0,20%	2	46,45	7,08%	88	46,45	2,75%	17	46,45	0,20%	2	46									10,42%	129	41	9,5	57,33%	743	46,45	6,69%	83	46,45
Centro	3734	0,78%	29	9,36	10,91%	407	9,36	5,33%	99	9,36	1,74%	65	9					7,96%	297	1,5	8,80					57,69%	2188	9,36	5,79%	216	9,36
Ilha do Governador	5240	1,40%	73	15,53	17,08%	895	15,53	7,17%	188	15,53	1,00%	53	16													60,67%	3238	15,53	10,43%	546	15,53
Inhaúma/Complexo do Alemão	635	0,00%	0	10,04	8,09%	51	10,04	4,73%	15	10,04	1,38%	9	10					10,45%	66	0,9	7,30					60,36%	383	10,04	2,56%	16	10,04
Jacarepaguá	3877	0,55%	21	22,67	18,71%	725	22,67	7,15%	139	22,67	0,31%	12	23													63,19%	2603	22,67	2,22%	86	22,67
Madureira/ Irajá	2963	0,63%	19	18,15	9,48%	281	18,15	6,98%	103	18,15	0,88%	26	18					14,77%	438	13,1	7,30	1,90%	56	17	9,5	44,17%	1309	18,15	4,51%	134	18,15
Méier	3427	0,81%	28	13,17	17,11%	586	13,17	6,85%	117	13,17	1,28%	44	13									0,89%	31	8	9,5	63,89%	2286	13,17	2,63%	90	13,17
Niterói/São Gonçalo	4962	0,57%	29	25,59	19,57%	971	25,59	10,70%	265	25,59	0,38%	19	26	4,35%	216	5,00	19,50									62,04%	3108	25,59	0,85%	42	25,59
Pavuna / Anchieta	878	0,00%	0	20,91	7,01%	62	20,91	3,64%	16	20,91	0,13%	1	21					18,57%	163	13,1	8,80					48,05%	422	20,91	1,69%	15	20,91
Penha/Vigário Geral	1385	0,00%	0	12,56	9,69%	134	12,56	3,67%	25	12,56	0,79%	11	13													71,53%	1053	12,56	5,41%	75	12,56
Ramos/Maré	1542	1,23%	19	8,12	10,85%	167	8,12	4,43%	34	8,12	0,47%	7	8													76,32%	1192	8,12	4,62%	71	8,12
Santa Cruz	200	0,00%	0	58,50	13,38%	27	58,50	6,37%	6	58,50	0,64%	1	59									10,83%	22	55	9,5	54,78%	109	58,50	3,18%	6	58,50
Tijuca/Vila Isabel	7075	0,33%	24	12,48	20,03%	1417	12,48	9,01%	319	12,48	0,46%	33	12					6,34%	448	2,8	10,90					53,75%	3821	12,48	3,21%	227	12,48

Fonte: Elaboração própria

A distância foi mensurada para servir como base para o cálculo do consumo de energia e com este, obter a medida estimativa de emissões de carbono relacionada. Em relação ao trem e ao metrô, foram consideradas também as distâncias percorridas pelos ônibus, uma vez que, quem os utiliza, precisa necessariamente fazer a integração com um ônibus, já que não existem estações de trem/metrô no campus. Para estimar esta distância foram adotadas algumas premissas, são elas:

- Quem vem de trem pelos ramais: Guapimirim, Vila Inhomirim, Saracuruna, Gramacho e Palmeiras, tem como destino a estação de Bonsucesso;
- Quem vem de trem pelo ramal de Belford Roxo, tem como destino o ramal Del Castilho, por meio da integração com o metro na estação da Pavuna;
- Quem vem de trem pelos ramais: Campo Grande, Santa Cruz e Paracambi tem como destino a estação central do Brasil;
- A estação Central do Brasil é a estação de origem para quem volta de trem;
- Quem vem de metrô da linha 2, tem como destino a estação de Del Castilho;
- Quem vem de metrô pela linha 1, tem como destino a estação Cidade Nova;
- Quem volta de metrô pela linha 2, tem como origem a estação Del Castilho;
- Quem volta de metrô pela linha 1, tem como origem a estação Cidade Nova.

A coluna ônibus corresponde ao somatório da demanda dos ônibus: convencional, UFRJ intercampi e fretado.

3.2 Consumo de energia

Com as distâncias e a quantidade de usuários definidos, para mensurar o consumo de energia, o próximo passo é identificar o tipo de combustível usado em cada alternativa e qual o rendimento do modo de transporte, uma vez que o fator que determina a quantidade de emissão dióxido de carbono é dado em kg de CO₂ pelo volume de combustível. Logo, conhecido o volume de combustível gasto, se tem a massa, em kg de CO₂ (COPPETEC, 2011).

Para a determinação dos tipos de combustíveis utilizados, as seguintes premissas foram adotadas:

- A idade média da frota de veículos leves foi obtida a partir dos cálculos apresentados em Souza *et al.* (2013), que leva em consideração os resultados do inventário de poluentes atmosféricos emitidos por veículos rodoviários no Estado do Rio de Janeiro para o ano de 2010;
- 40% dos carros são dedicados à gasolina (73% gasolina e 27% Etanol anidro), 3% são dedicados a etanol hidratado e o restante (57%), são veículos flex (MME, 2013);
- O rendimento da frota de ônibus da UFRJ (frota contratada) e dos ônibus fretados (contratado pelas empresas) tratam-se do mesmo do ônibus urbano.

Com base nessas premissas, os tipos de combustível por alternativa de transporte estão apresentados na Tabela 6, onde:

- Para os transportes públicos movidos a combustíveis fósseis (ônibus, barca e van) considerou-se a utilização do Diesel B7 (7% biodiesel – B100 e 93% diesel – B0);
- Para o transporte público (metrô e trem), o combustível é energia elétrica;

- Táxis utilizam como combustível apenas o GNV;
- Motos utilizam como combustível apenas a gasolina comum;
- Para os veículos flex, com base no custo do etanol (R\$ 2,481) sobre o custo da gasolina C (R\$ 3,127), obtidos a partir do sistema de levantamento de preços do município do Rio de Janeiro (ANP, 2014) no período de 07 a 13 de setembro de 2014, foi medido o valor da razão média do preço dos combustíveis na bomba que é de 0,79. Utilizando a equação 2 proposta por COPPETEC (2011), é possível identificar, aproximadamente, que a frota de veículos flexíveis (57%) é de 9% de Álcool Etílico Hidratado Carburante (AEHC) e 91% de Gasolina C.

$$\text{Percentual}_{\text{etanol}} = -3,6945 * \frac{\text{Preço}_{\text{etanol}}}{\text{Preço}_{\text{gasolina}}} + 3,0219, \quad (2)$$

$$\text{se } 0,6 \leq \frac{\text{Preço}_{\text{etanol}}}{\text{Preço}_{\text{gasolina}}} \leq 0,8$$

Tabela 6 – Tipo de combustível utilizado para cada modo

Modo	Tipo de Combustível
Moto	gasolina C
Carro	91,87% gasolina C e 8,13% AEHC
Táxi	GNV
Barca	Diesel B7
Ônibus	Diesel B7
Van	Diesel B7

Fonte: Elaboração própria

Com relação ao consumo de energia, os dados do carro, moto, ônibus convencional e van foram baseados em MME (2013) e do trem em Hughes (1994). Já em relação ao consumo da barca, este foi calculado com base nas características das novas embarcações construídas na China, sendo estas: 1550 ewK (energia); 0,258 litros/kw.h. (consumo específico de motores diesel de alta rotação); e 2000 passageiros (Capacidade). Por fim, o consumo do metrô foi calculado com base nos dados de 2014 (histórico anual), obtidos do Centro de Controle e Operações do Metrô Rio, sendo estes: consumo de tração (MWh) e quantidade de passageiros transportados, de forma a resumir e unir as informações levantadas elaborou-se a tabela 7.

Tabela 7 – Rendimento por modo de transporte

Modo	Rendimento			
Moto	37,19 km/l			
Carro	Gasolina	Etanol	Flex	
			Gasolina C	Etanol
	11,3 km/l	6,9 km/l	12,2km/l	8,5 km/l
Táxi	12 km/m ³			
Barca	0,07 litros/pass.km			
Metrô	0,25 MJ/pass.km			
Trem	0,45 MJ/pass.km			
Ônibus	2,30 km/l			
Van	10,5 km/l			

Fonte: Elaboração própria

Com base nas considerações do tipo de combustível, premissas e nas tabelas 6 e 7, foram criadas as tabelas 8 e 9 que apresentam o consumo de energia diário para chegada e saída da Cidade Universitária.

Tabela 8 – Consumo de energia para chegada à Cidade Universitária

Grupos (Ida)	Moto	Carro		Carona		Táxi	Barca	Metrô	Trem	Ônibus	Van
	Gasol (l.)	Gasol. (l)	AEHC .(l)	Gasol .(l).	AEHC .(l)	GNV (m³)	Diesel .(l)	Energia Elétrica MJ		Diesel (l)	
Baixada Caxias	1,82	329,19	43,87	50,33	6,90	4,23		50,58	225,00	177,92	3,00
Baixada-Leste	14,28	386,27	51,48	72,67	9,96	1,84		535,14	174,51	209,31	2,11
Baixada-Oeste	1,82	298,47	39,77	98,36	13,48	0,00		425,79	2331,00	185,47	3,23
Bangu/Realengo	13,93	242,23	32,28	46,55	6,38	5,08		334,61	1361,70	258,06	9,68
Barra da Tijuca /Recreio	9,26	2559,56	341,09	430,43	58,98	78,29		114,25	0,00	383,60	8,55
Botafogo (Zona Sul)	15,66	3688,38	491,52	598,64	82,02	242,74		1035,63	0,00	776,58	14,06
Campo Grande	0,00	298,56	39,79	64,64	8,86	11,14		186,82	2380,05	255,02	16,41
Centro	2,74	257,35	34,30	50,30	6,89	44,84		84,71	0,00	144,66	3,95
Ilha do Governador	20,73	773,21	103,04	183,34	25,12	38,55		0,00	0,00	248,14	44,06
Inhaúma/Complexo do Alemão	0,89	25,16	3,35	8,22	1,13	3,45		19,17	0,00	31,78	0,79
Jacarepaguá	13,80	1174,26	156,49	223,63	30,64	19,60		0,00	0,00	423,83	14,93
Madureira/ Irajá	5,85	355,06	47,32	84,32	11,55	23,33		1523,59	428,40	173,61	29,92
Méier	10,65	487,80	65,01	111,95	15,34	52,62		0,00	111,60	178,45	7,47
Niterói/São Gonçalo	15,75	1896,46	252,73	488,41	66,92	56,96	68,25	0,00	0,00	561,82	3,72
Pavuna / Anchieta	0,00	81,92	10,92	16,66	2,28	3,31		776,83	0,00	69,38	1,89
Penha/Vigário Geral	1,41	115,10	15,34	25,95	3,56	11,98		0,00	0,00	95,21	10,13
Ramos/Maré	3,79	67,68	9,02	12,49	1,71	6,58		0,00	0,00	47,66	2,47
Santa Cruz	0,00	104,89	13,98	38,55	5,28	0,00		0,00	542,03	54,17	5,34
Tijuca/Vila Isabel	9,93	1362,29	181,54	278,10	38,11	77,93		355,39	0,00	365,56	14,37
Total	142,33	14503,85	1932,82	2883,56	395,10	682,47	68,25	5442,51	7554,29	4640,25	196,07

Fonte: Elaboração própria

Tabela 9 – Consumo de energia para saída a Cidade Universitária

Grupos (Volta)	Moto	Carro		Carona		Táxi	Barca	Metrô	Trem	Ônibus	Van
	Gasol (l.)	Gasol. (l)	AEHC .(l)	Gasol .(l).	AEHC .(l)	GNV (m³)	Diesel .(l)	Energia Elétrica (MJ)		Diesel (l)	
Baixada Caxias	2,11	268,44	35,77	38,01	5,21	4,37		0,00	244,80	137,50	21,83
Baixada-Leste	11,42	284,51	37,91	43,77	6,00	0,00		231,53	174,51	157,65	35,38
Baixada-Oeste	3,62	442,68	58,99	130,92	17,94	0,00		441,68	2331,00	289,67	4,98
Bangu/Realengo	12,45	233,21	31,08	91,89	12,59	5,14		124,83	1361,70	262,70	10,29
Barra da Tijuca /Recreio	9,69	2666,24	355,31	385,07	52,76	60,04		0,00	0,00	417,16	8,00
Botafogo (Zona Sul)	20,36	3449,39	459,68	728,61	99,83	186,63		982,63	0,00	721,99	23,13
Campo Grande	2,50	318,51	42,45	60,30	8,26	7,74		0,00	2380,05	258,99	28,56
Centro	7,30	296,81	39,55	70,75	9,69	50,70		111,42	0,00	167,34	14,98
Ilha do Governador	30,48	1082,70	144,28	222,89	30,54	68,57		0,00	0,00	364,30	62,80
Inhaúma/Complexo do Alemão	0,00	39,89	5,32	11,50	1,58	7,53		14,94	0,00	31,37	1,19
Jacarepaguá	12,80	1280,80	170,68	240,66	32,97	22,67		0,00	0,00	427,68	14,44

Grupos (Volta)	Moto	Carro		Carona		Táxi	Barca	Metrô	Trem	Ônibus	Van
	Gasol (l)	Gasol. (l)	AEHC (l)	Gasol (l)	AEHC (l)	GNV (m³)	Diesel (l)	Energia Elétrica (MJ)		Diesel (l)	
Madureira/ Irajá	9,27	397,48	52,97	142,78	19,56	39,33		1433,03	428,40	199,48	18,02
Méier	9,92	601,42	80,15	117,68	16,12	48,30		0,00	111,60	222,33	8,78
Niterói/São Gonçalo	19,95	1935,69	257,96	517,73	70,94	40,51	75,60	0,00	0,00	606,76	7,96
Pavuna / Anchieta	0,00	101,02	13,46	25,55	3,50	1,74		534,08	0,00	74,35	2,32
Penha/Vigário Geral	0,00	131,17	17,48	23,98	3,29	11,52		0,00	0,00	95,87	6,98
Ramos/Maré	4,15	105,66	14,08	21,08	2,89	4,74		0,00	0,00	70,14	4,27
Santa Cruz	0,00	123,07	16,40	26,80	3,67	4,88		0,00	542,03	50,34	97,50
Tijuca/Vila Isabel	8,06	1378,30	183,68	304,09	41,67	34,33		313,78	0,00	381,07	20,99
Total	164,06	15136,97	2017,20	3204,06	439,02	598,74	75,60	4187,92	7574,09	4936,70	392,41

Fonte: Elaboração própria

Em relação à frota contratada e à frota cativa, com base nos dados oferecidos pela PU/UFRJ, que é responsável pela fiscalização de ambas, foram elaboradas as Tabela 10 (frota contratada) e 11 (frota cativa).

A tabela 10 apresenta as médias da quilometragem percorrida, a quantidade de veículos em circulação por dia, o tipo de combustível utilizado e o seu consumo médio.

Tabela 10 – Análise do transporte de integração gratuito

Médias	Dia útil	Final de semana
km percorrida	265,32	325,09
Quantidade de veículos	15	4
Combustível	Diesel B7	
Consumo	1,98 km/l	

Fonte: Elaboração própria

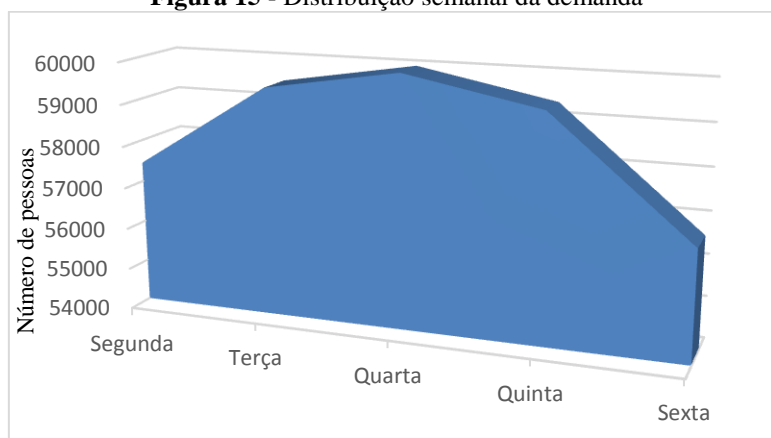
Tabela 11 – Consumo médio mensal da frota cativa por tipo de veículo

Tipo de veículo	Total de consumido de combustível (litros)	Diesel B7	Etanol	Gasolina C
Automóvel	33506	-	5,85%	94,15%
Caminhão Leve	497	100%	-	-
Caminhão Médio	1739	100%	-	-
Comercial Leve	51858	43,44%	52,78	3,77%
Micro ônibus	1722	100%	-	-
Ônibus rodoviário	3242	100%	-	-
Ônibus urbano	4708	100%	-	-

Fonte: Elaboração própria

Com o objetivo de obter o consumo mensal de Gasolina C, AEHC, GNV, Diesel e energia elétrica, identificou-se a variação de demanda (número de pessoas) externa ao longo da semana (Figura 15).

Figura 15 - Distribuição semanal da demanda



Fonte: Elaboração própria

Observa-se a quarta-feira com o dia de maior movimento, seguido de terça e quinta-feira, respectivamente. Já a segunda e a sexta-feira são os dias menos movimentados.

As tabelas 8, 9, 10 e 11, e a figura 15 permitiram a criação da Tabela 12, que apresenta o consumo total de energia para os deslocamentos de chegada e saída da Cidade Universitária, por mês.

Tabela 12 – Consumo de energia mensal

Grupos	Gasolina (l)		AEHC (l)		GNV (m³)		Diesel (l)		Energia elétrica (Mj)	
	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta
Baixada Caxias	7447	6026	991	800	83	85	3475	2685	5382	4781
Baixada-Leste	9242	6634	1200	858	36	0	4088	3079	13859	7930
Baixada-Oeste	7786	11273	1040	1502	0	0	3622	5657	53839	54149
Bangu/Realengo	5912	6592	755	853	99	100	5040	5130	33128	29031
Barra da Tijuca /Recreio	58574	59780	7813	7969	1529	1172	7492	8147	2231	0
Botafogo (Zona Sul)	84030	81992	11201	10927	4741	3645	15166	14100	20226	19190
Campo Grande	7093	7447	950	990	218	151	4980	5058	50130	46481
Centro	6062	7321	804	962	876	990	2825	3268	1654	2176
Ilha do Governador	19086	26093	2503	3414	753	1339	4846	7115	0	0
Inhaúma/Complexo do Alemão	669	1003	87	135	67	147	621	613	374	292
Jacarepaguá	27570	29963	3655	3977	383	443	8277	8352	0	0
Madureira/ Irajá	8695	10732	1150	1417	456	768	3391	3896	38122	36353
Méier	11921	14237	1569	1880	1028	943	3485	4342	2180	2180
Niterói/São Gonçalo	46883	48304	6243	6423	1113	791	12305	13326	0	0
Pavuna / Anchieta	1925	2472	258	331	65	34	1355	1452	15171	10430
Penha/Vigário Geral	2782	3030	369	406	234	225	1859	1872	0	0
Ramos/Maré	1640	2556	210	331	129	93	931	1370	0	0
Santa Cruz	2801	2927	376	392	0	95	1058	983	10586	10586
Tijuca/Vila Isabel	32230	33014	4290	4401	1522	670	7139	7442	6941	6128

Grupos	Gasolina (l)		AEHC (l)		GNV (m³)		Diesel (l)		Energia elétrica (Mj)	
	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta	Ida	Volta
Frota Cativa	58757		3104				36611			
Frota Contratada							45088			
Total	342349	361397	45463	47969	13328	11693	91955	97888	253822	229707
	762502		96537		25022		271542		483529	

Fonte: Elaboração própria

A fim de comparar o consumo mensal da Cidade universitária da UFRJ, identificou-se o consumo total de Gasolina C, AEHC, GNV e Diesel do Estado do Rio de Janeiro para o ano de 2015 (Tabela 13).

Tabela 13 – Consumo total Gasolina, AEHC, GNV e Diesel do Estado do Rio de Janeiro

Combustível	Consumo
Gasolina C (l)	173.205.291
AEHC (l)	99.048.718
GNV (m³)	80.191.071
Diesel (l)	211.710.992

Fonte: Adaptado de COPPETEC (2011)

A Tabela 14 apresenta a participação do consumo mensal de combustível da Cidade Universitária em relação ao consumo mensal do estado do Rio de Janeiro

Tabela 14 – Comparação do consumo mensal: Cidade Universitária/Estado do Rio de Janeiro

Combustível	Participação
Gasolina C (l)	0,44%
AEHC (l)	0,10%
GNV (m³)	0,03%
Diesel (l)	0,13%

Fonte: Elaboração própria

3.3 Cálculo das Emissões

Nesta seção, serão apresentados a metodologia utilizada para o cálculo das emissões de CO₂, referentes à atividade de transporte da Cidade universitária da UFRJ, e os resultados alcançados.

3.3.1 Metodologia para cálculo de emissões

O cálculo das emissões de CO₂ referentes à atividade de transporte, segue a metodologia do (MCT, 2010), abordagem bottom-up, sua unidade original é ton C/TJ e a conversão para unidades de massa de CO₂ por volume de combustível é feita por meio da equação 3, utilizada no MME (2013). Lembrando que o combustível do trem e do metrô é a energia elétrica, oriundas de centrais hidroelétricas, ao invés de combustíveis fósseis, logo não será necessário levantar outras informações do referido modo uma vez que a emissão de CO₂ será nula;

$$\frac{k_g.co_2}{L} = \frac{ton\ C}{T_j} \cdot \frac{T_j}{tep} \cdot \frac{tep}{m^3} \cdot \% \text{Oxidação} \cdot \frac{44_{ton.co_2}}{12_{ton.co_2}} \quad (3)$$

Em que,

$k_g \cdot CO_2$ é o fator de emissão calculado em kg de dióxido de carbono por litro de combustível;

$\frac{ton\ C}{T_j}$ é o fator de emissão apresentado na Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC, em toneladas de carbono por Terajoule de combustível;

$\frac{T_j}{tep}$ é o fator de conversão de unidades de energia, de Terajoules para toneladas equivalentes em petróleo (tep);

$\frac{tep}{m^3}$ é a densidade energética;

% oxidação é a fração do carbono presente no combustível realmente oxidado na combustão e;

$\frac{44_{ton \cdot CO_2}}{12_{ton \cdot CO_2}}$ é a relação entre as massas molares de CO₂ e do carbono.

A tabela 15 mostra os parâmetros utilizados para o cálculo dos fatores de emissão de CO₂.

Tabela 15 – Parâmetros utilizados no cálculo dos fatores de emissão de CO₂

Combustível	Fator de Emissão ($ton\ C/T_j$)	$\frac{T_j}{tep}$	$\frac{tep}{m^3}$	% Oxidada
Gasolina Automotiva	18,90000	0,04187	0,77000	99,0%
Etanol Anidro	18,80000		0,51000	
Etanol Hidratado			0,53400	
Diesel Mineral	20,20000		0,84800	
Biodiesel			0,79200	
GNV	15,30000		0,88000	99,5%

Fonte: Adaptado de MME (2013)

3.3.2 Aplicação da metodologia e resultados alcançados

Com base na equação (3), no consumo mensal demonstrado na tabela 12 e nos parâmetros estabelecidos na tabela 15, foi possível elaborar a tabela 16 e as figuras 15, 16 e 17, que ilustram as emissões de CO₂, com base na pesquisa O/D, nos dados da frota contratada e da frota cativa da Cidade Universitária da UFRJ. Para o cálculo das emissões considerou-se também o etanol anidro presente na gasolina (27%) e o biodiesel presente no diesel (7%).

Tabela 16 – Emissão de CO₂ considerando pesquisa O/D, frota contratada e frota cativa

Grupos	CO ₂ (kg)	Percentual
Baixada Caxias	42894	1,95%
Baixada-Leste	49935	2,27%
Baixada-Oeste	61595	2,80%
Bangu/Realengo	50552	2,30%
Barra da Tijuca /Recreio	286433	13,02%
Botafogo (Zona Sul)	428248	19,47%

Grupos	CO ₂ (kg)	Percentual
Campo Grande	54834	2,49%
Centro	45777	2,08%
Ilha do Governador	125663	5,71%
Inhaúma/Complexo do Alemão	6825	0,31%
Jacarepaguá	160016	7,27%
Madureira/ Irajá	59856	2,72%
Méier	76419	3,47%
Niterói/São Gonçalo	261288	11,88%
Pavuna / Anchieta	16009	0,73%
Penha/Vigário Geral	21837	0,99%
Ramos/Maré	14578	0,66%
Santa Cruz	16898	0,77%
Tijuca/Vila Isabel	173603	7,89%
Frota Contratada	201276	9,15%
Frota Cativa	45088	2,05%
Total		2.199.626

Fonte: Elaboração própria

A Figura 16 demonstra as emissões totais de CO₂ (mês) por localidades declaradas (ida e volta) pelos grupos de entrevistados na pesquisa O/D. Verifica-se que as regiões de Botafogo, Barra da Tijuca, Niterói/São Gonçalo e Tijuca Vila/Isabel representam 58,85% da emissão mensal de CO₂, referentes à atividade de transporte, na Cidade Universitária da UFRJ.

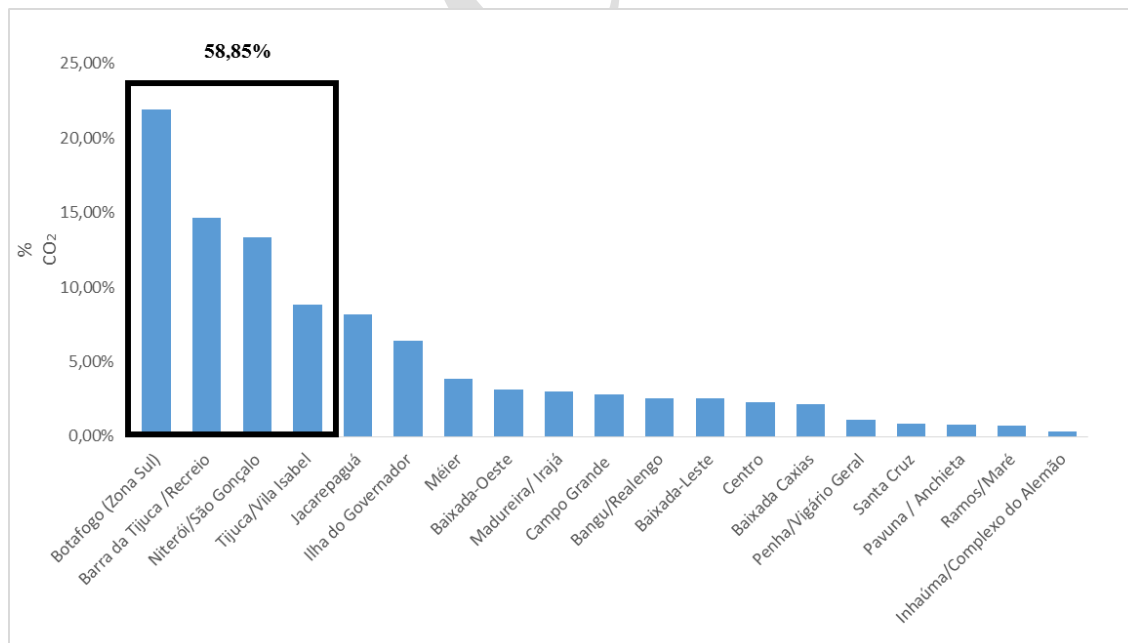


Figura 16 – Emissão total de CO₂ por localidades declaradas

Fonte: Elaboração própria

Considerando as emissões levantadas por meio da pesquisa O/D e as emissões das frotas contratada e cativa, têm-se uma emissão total de 2.199.626 kg de CO₂/mês. A figura 17

ilustra a participação de cada finalidade de transporte no total emitido mensal. Verifica-se que as emissões relacionadas à pesquisa de O/D representam 89% do total de emissões de CO₂ referentes à atividade de transporte, na Cidade Universitária da UFRJ. A frota cativa é responsável por 9% das emissões de CO₂, sendo 4,5 vezes mais representativa que a frota contratada.

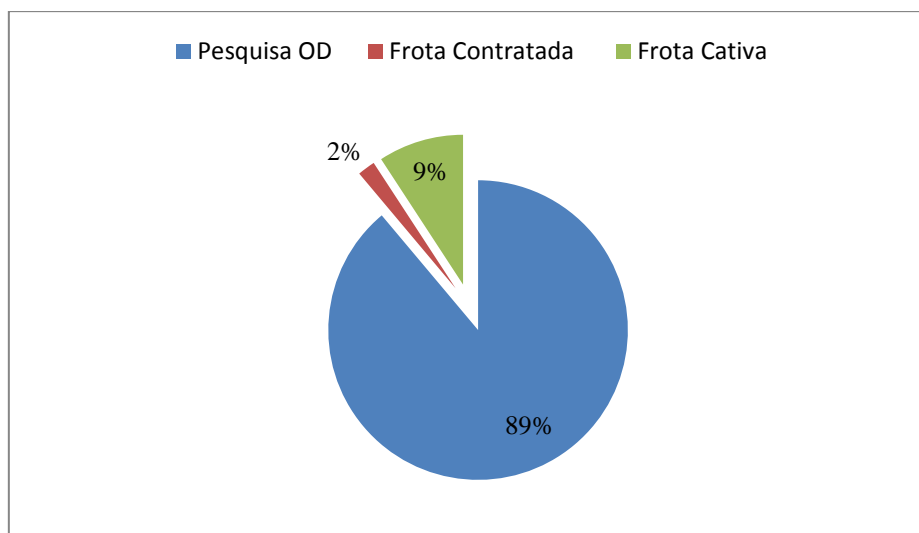


Figura 17 – Emissão total de CO₂ (pesquisa O/D, frota contratada e frota cativa)

Fonte: Elaboração própria

Com base na pesquisa O/D e considerando as frotas contratada e cativa, verificou-se a participação de cada tipo de combustível em relação às emissões de CO₂. Identificou-se que os combustíveis, gasolina e diesel, representam 92% das emissões de CO₂ referentes à atividade de transporte, na Cidade Universitária da UFRJ (Figura 18).

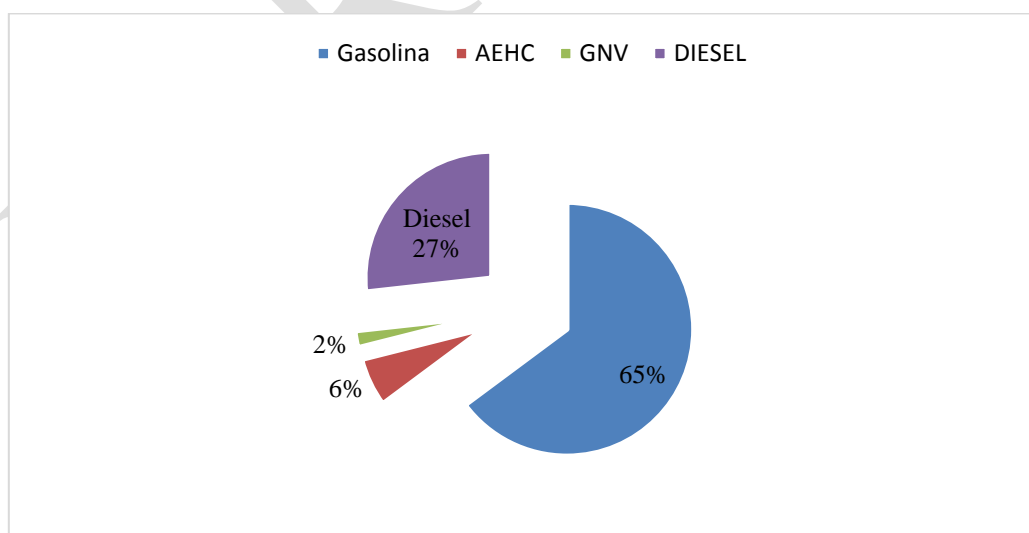


Figura 18 – Participação dos combustíveis para Emissão total de CO₂

Fonte: Elaboração própria

4. INDICADORES DE EMISSÃO DE CO₂ DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ

O cálculo dos indicadores de emissão de CO₂ por aluno, professor, funcionário UFRJ e funcionário externos (grupos de entrevistados) de cada localidade declarada (origem e destino) baseou-se nos dados, obtidos por meio da pesquisa O/D. Tais dados são ilustrados nas figuras 13 e 14, citadas na seção 3.1 deste relatório e na figura 19, onde os dados se apresentam de forma desagregada.

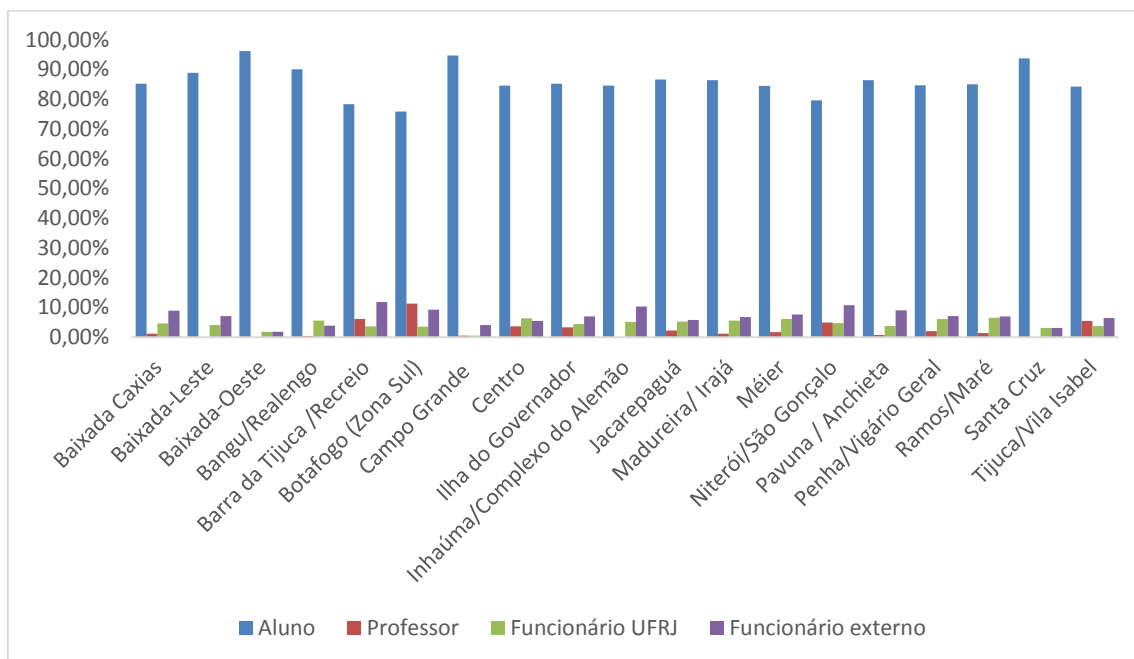


Figura 19 – Percentual dos grupos de entrevistados por localidade declarada

Fonte: Elaboração própria

A figura 20 demonstra a emissão mensal de CO₂, da Cidade Universitária da UFRJ, por grupo de entrevistado (aluno, professor, funcionário UFRJ e funcionário externo). Verificou-se que os grupos de alunos e professores correspondem a 83% da emissão de CO₂ (Figura 20).

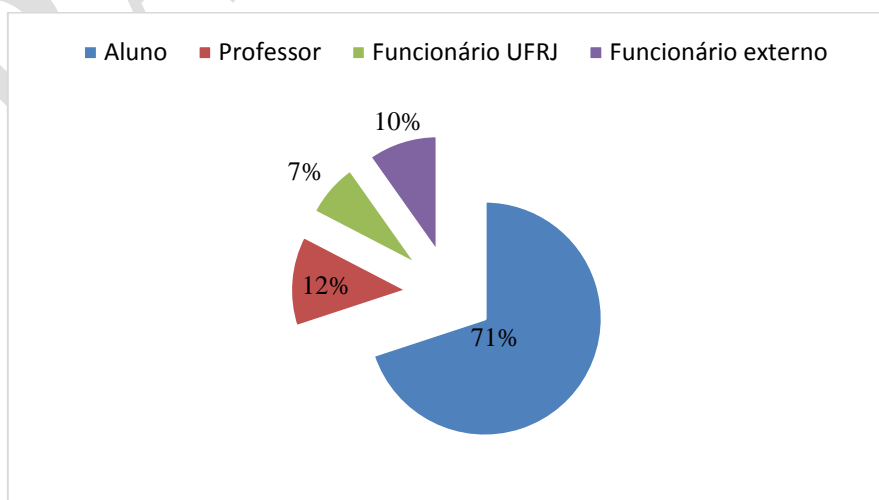


Figura 20 – Emissão mensal de CO₂ por grupo de entrevistados

Fonte: Elaboração própria

A partir das figuras 13 e 14 apresentadas na seção 3.1, na tabela 16 apresentada na seção 3.3.2, deste relatório e na figura 18, elaborou-se a tabela 17 que se refere à emissão mensal de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ, considerando, separadamente, os grupos de entrevistados (aluno, professor, funcionário UFRJ e funcionário externo) e cada modo de transporte declarado pelos mesmos.

Tabela 17 – Emissão de CO₂ por grupos e por modo utilizado

Veículo	Aluno		Professor		Funcionário UFRJ		Funcionário externo	
	CO ₂ (kg)	%	CO ₂ (kg)	%	CO ₂ (kg)	%	CO ₂ (kg)	%
Moto	7949	66,15%	1307	10,88%	669	5,57%	2090	17,40%
Carro	813354	63,54%	213011	16,64%	116686	9,11%	137112	10,71%
Carro (Carona)	76767	87,37%	3535	4,02%	3547	4,04%	4019	4,57%
Táxi	33684	65,45%	7695	14,95%	3734	7,25%	6349	12,34%
Barcas	6087	83,61%	251	3,45%	279	3,83%	664	9,11%
Ônibus	422584	87,19%	7835	1,62%	16596	3,42%	37676	7,77%
Van	26185	87,92%	762	2,56%	1857	6,24%	979	3,29%
Total	1386609		234396		143368		188889	

Fonte: Elaboração própria

O cálculo dos indicadores, por tipo de veículos utilizados pelos grupos de entrevistados e pelas frotas contratada e cativa, baseou-se nas tabelas 8, 9, 10, 11 e 12 apresentadas na seção 3.2 deste relatório e na tabela 17. A partir dessas informações foi possível identificar a emissão mensal de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ, por cada tipo de veículo, considerando os que foram declarados na pesquisa O/D e nos dados da frota contratada. Não foi possível indicar a emissão mensal de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ para a frota cativa devido à impossibilidade de identificação do tipo de veículo para esta frota.

A figura 21 demonstra a emissão mensal de CO₂, da Cidade Universitária da UFRJ, por tipo de veículo, considerando o que foi declarado pelo grupo de entrevistado na pesquisa OD e nos dados fornecidos pela Prefeitura da Cidade Universitária da UFRJ sobre as frotas contratada e cativa. Verificou-se que os tipos de veículos, tais como o carro (pesquisa O/D e frota cativa) e os ônibus (frota contratada, cativa, ônibus convencional, ônibus fretado pelas empresas e UFRJ intercampi) são responsáveis por mais de 60% e 25% da emissão mensal de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ, respectivamente. (Figura 21).

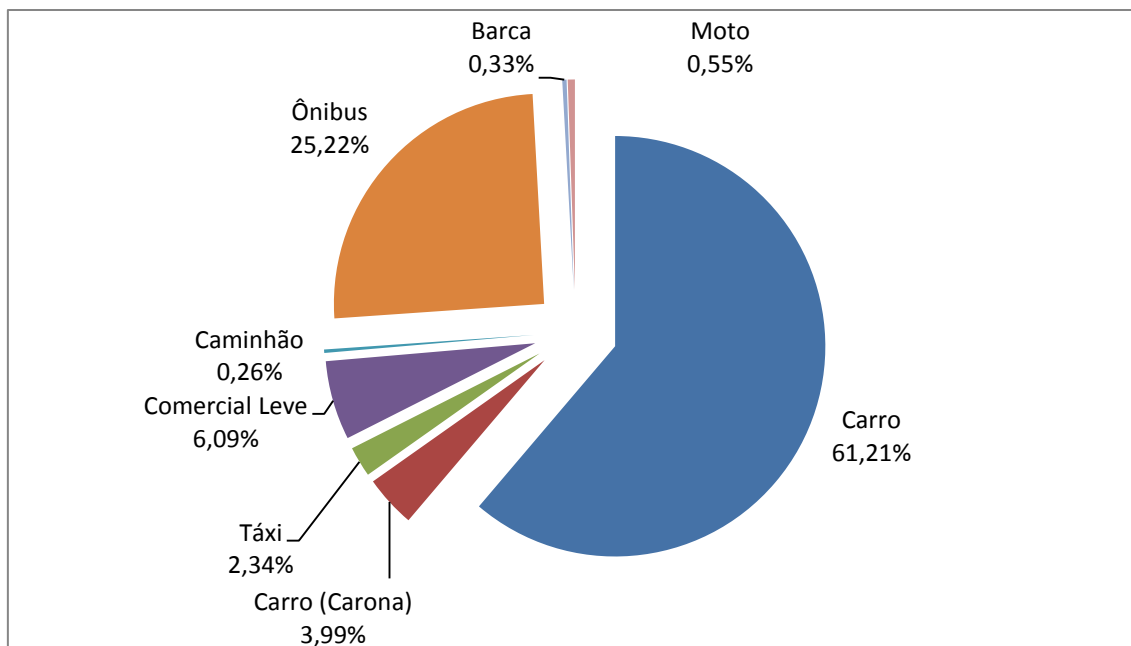


Figura 21 – Emissão mensal de CO₂ por cada tipo de veículo

Fonte: Elaboração própria

4.1 Indicadores de emissão de CO₂ por grupo de entrevistados

Com base nos dados levantados, e nos cálculos realizados e apresentados nas seções 3 e 4 deste relatório, obteve-se os seguintes indicadores de emissão de CO₂, devido a mobilidade, para os grupos entrevistados:

- Aluno – 28,7 kgCO₂/aluno mês
- Professor – 88,2 kgCO₂/professor mês
- Funcionário UFRJ – 52,9 kgCO₂/funcionário UFRJ mês
- Funcionário externo – 41,1 kgCO₂/funcionário externo mês

4.2 Indicadores de emissão de CO₂ por tipo de veículo

Com base nos dados levantados, e nos cálculos realizados e apresentados nas seções 3 e 4 deste relatório, obteve-se os seguintes indicadores de emissão de CO₂ para os veículos utilizados:

Meios de chegada e saída da cidade Universitária (pesquisa O/D):

- Carro – 124 kgCO₂/carro mês
- Moto – 35 kgCO₂/moto mês
- Taxi – 104 kgCO₂/taxi mês
- Barca – 1820 kgCO₂/barca mês
- Ônibus (ônibus convencional, UFRJ intercampi e ônibus fretado) – 848 kgCO₂/ônibus mês
- Van – 229 kgCO₂/van mês

Frota Cativa:

- Carro – 873 kgCO₂/carro mês
- Caminhão leve – 1288 kgCO₂/caminhão mês
- Caminhão médio – 1502 kgCO₂/caminhão mês
- Comercial leve – 1144 kgCO₂/comercial leve mês

- Micro ônibus – 1488 kgCO₂/micro ônibus mês
- Ônibus rodoviário – 4201 kgCO₂/ônibus mês
- Ônibus urbano – 12201 kgCO₂/ônibus mês

Frota Contratada:

- Ônibus urbano (interno) – 3757 kgCO₂/ônibus mês

5. LINHA DE BASE PARA AS EMISSÕES DE CO₂ DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ – ANO 2015

Para determinação da “*base line*” em relação às emissões de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ, referente ao ano de 2015, tomou-se como base a pesquisa O/D realizada no segundo semestre de 2014, e os dados sobre as frotas cativa e contratada, no primeiro semestre de 2015. Acredita-se que, as alterações em relação ao número de alunos, funcionários (externos e UFRJ), professores e as características das viagens tenham sido insignificantes em relação à divergência de tempo entre a obtenção dos dados.

- ✓ Emissão total (frota contratada, frota cativa e pesquisa O/D) de CO₂ – 2.199.626 kgCO₂
- ✓ Emissão de CO₂ – Frota Contratada (ônibus interno) – 45.088 kgCO₂
- ✓ Emissão de CO₂ – Frota Cativa – 201.276 kgCO₂
- ✓ Emissão de CO₂ – Aluno – 1.386.609 kgCO₂
- ✓ Emissão de CO₂ – Professor – 234.396 kgCO₂
- ✓ Emissão de CO₂ – Funcionário UFRJ – 143.368 kgCO₂
- ✓ Emissão de CO₂ – Funcionário Externo – 188.889 kgCO₂

Tendo em vista que a demanda por transporte tende a crescer, se nada for feito em relação ao cenário de emissões de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ dado pela “*base line*” de 2015, as emissões também tendem a aumentar. Sendo assim, práticas sustentáveis para a mobilidade de passageiros, para a cidade universitária da UFRJ devem ser consideradas e implementadas, dentre elas, destacam-se:

- ✓ Utilização de ônibus elétrico para acesso a Cidade Universitária ➡ Altera a emissão total de CO₂;
- ✓ Compartilhamento da frota cativa ➡ Altera a emissão da frota cativa
- ✓ Incentivo da carona ➡ Altera a emissão dos alunos, professores, funcionários UFRJ e funcionários externos;
- ✓ Utilização de veículo elétrico para circulação interna (Joaninha) ➡ Altera a emissão da frota contratada

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Relatório Parcial 1 apresentou os resultados preliminares das pesquisas relacionadas ao projeto Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ - Fase 1: Mobilidade. Identificou-se o consumo de energia relacionada ao setor de transporte e foram estabelecidos os indicadores de emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ.

Inicialmente realizou-se um levantamento de informações, a fim de caracterizar a Cidade Universitária, identificar a sua estrutura física e verificar os tipos e a quantidade de veículos que circulam na cidade. Em seguida, realizou-se um levantamento de dados por meio de uma pesquisa de campo do tipo origem/destino (O/D), a fim de identificar o padrão de viagens daqueles que se dirigem ou partem da Cidade Universitária da UFRJ em suas viagens, bem como a quilometragem percorrida por cada modo de transporte e por cada grupo de usuário.

Como resultados preliminares do projeto, identificou-se a emissão mensal de CO₂, referentes à atividade de transporte, na Cidade Universitária da UFRJ. Com isso, verificou-se que as regiões de Botafogo, Barra da Tijuca, Niterói/São Gonçalo e Tijuca Vila/Isabel representam 58,85% da emissão mensal de CO₂, da Cidade Universitária da UFRJ. Quanto à frota de veículos (contratada e cativa) pertencente à Cidade Universitária da UFRJ, verificou-se que a frota cativa é responsável por 83% da emissão mensal de CO₂. Adicionalmente, considerando apenas as frotas contratada e cativa, verificou-se que os combustíveis, gasolina e diesel, representam 92% das emissões de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ.

Com base nos dados levantados e nos cálculos realizados e apresentados nas seções 3 e 4 deste relatório, obteve-se os indicadores de emissão de CO₂ para os grupos entrevistados e para os veículos utilizados na Cidade Universitária da UFRJ, tanto para o acesso quanto para a circulação interna.

Além disso, identificou-se a “*base line*” em relação à emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ e algumas alternativas sustentáveis para a mobilidade de passageiros, dentre elas destacam-se a utilização de ônibus elétricos para acesso a Cidade Universitária, o compartilhamento da frota cativa, o incentivo a carona e a utilização de veículo elétrico para circulação interna.

Como próximo passo para finalização do Projeto Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ - Fase 1: Mobilidade, tem-se, a identificação de indicadores de outros campi universitários, considerando além do Brasil, também outros países. Além disso, pretende-se propor medidas de melhoria para a Cidade Universitária da UFRJ, que seja replicável em outros campi universitários.

Em seguida, tem-se a elaboração de uma plataforma de monitoramento dos indicadores de mobilidade sustentável na Cidade Universitária da UFRJ e início de seu monitoramento. Além disso, têm-se a definição das tecnologias e das práticas de mobilidade sustentável que terão seu desempenho monitorado, bem como a identificação de seus custos para implantação e manutenção.

REFERÊNCIAS

ANP. Sistema de Levantamento de Preço. Site da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp>. Acesso em: 25 Setembro 2014.

COPPETEC. Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011.

DNIT. Manual de Estudos de Tráfego. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro, p. 384. 2006.

Fundo Verde, 2014. Linha circular de veículo leve sobre trilho (VLT) na Ilha do Fundão com conexão com a região do Porto Maravilha e da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão, Praça XV e Praia Vermelha. Relatório parcial 2 – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica - Projeto AIT 17.445

Hughes, P. (1994) Planning for reduced carbon dioxide emissions from transport sources. *Transportation Planning Systems*, v. 2, no 1, p.29-40.

IBGE, Censo 2010. Disponível em: 5 de junho de 2015. http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rj&tema=censodemog2010_amostra

Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2014.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, Estados Unidos da América.

MCT- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2010. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência: Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-Up.

Plano Diretor UFRJ 2020 - Serviço de Mídias Impressas, Virtuais e de Produção Editorial da Superintendência Geral de Comunicação Social da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Schipper, L., Marie-Lilliu, C. e Gorham, R. Flexing the Link Between Transport and Greenhouse Gas Emissions: A Path for the World Bank. International Energy Agency, 2000

Silva, M. A. V., Uso do conceito de maximização de entropia para auxiliar na estimativa de matrizes origem-destino de carga com características dinâmicas. Novembro, 2013. 352 páginas. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Souza, C. D. R.; Silva, S. D.; Silva, M. A. V.; D'Agosto, M. A. e Barboza, A. P.; (2013) Inventory of conventional air pollutants emissions from road transportation for the state of Rio de Janeiro. *Energy Policy* 53 (2013) 125–135.