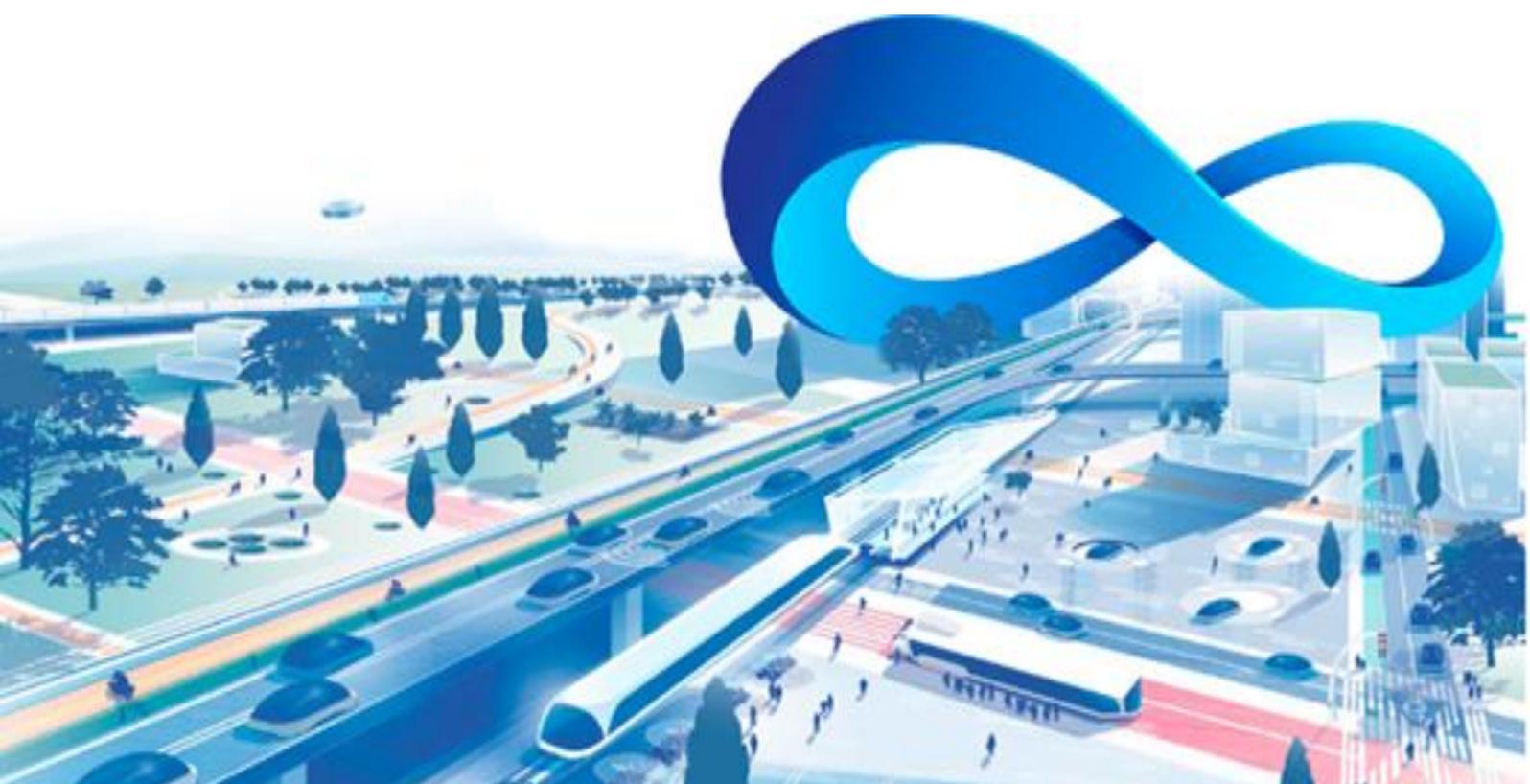


IBTS

INSTITUTO BRASILEIRO
DE TRANSPORTE
SUSTENTÁVEL



GUIA DE REFERÊNCIA

Uso de Energia Eficiente na Mobilidade Urbana UEEMU

2019

Elaborado por

Márcio de Almeida D'Agosto
Renata Albergaria de Mello Bandeira
Daniel Neves Schmitz Gonçalves
Mariane Gonzalez da Costa
Isabela Rocha Pombo Lessi de Almeida
Tassia Faria de Assis

Colaboradores

Fernando Araldi – Ministério das Cidades
Martha Martorelli – Ministério das Cidades
Aguiar G. V. da Costa – Ministério das Cidades
Dr. Sebastian Ebert – GIZ
Anna Carollina Palmeira – GIZ

Editora:

Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS)

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93743-07-8



9 788593 743078

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Nivelando Conceitos e Conhecimentos	3
3	Eficiência Energética no Planejamento e Gestão da Mobilidade Urbana	9
3.1	A PNMU e o UEEMU.....	9
3.2	Ações de gestão da mobilidade urbana.....	11
3.3	Indicadores de gestão de mobilidade urbana com enfoque em sustentabilidade .	1
3.4	Exemplos de aplicação de ações de gestão da mobilidade urbana	2
3.4.1	<i>Incentivo ao Transporte Ativo</i>	2
3.4.2	<i>Incentivo ao Transporte Coletivo</i>	4
3.4.3	<i>Ações com Foco no Transporte Individual</i>	6
3.4.4	<i>Gestão da Demanda por Viagens</i>	6
3.4.5	<i>Ações de Incentivo Geral</i>	7
3.4.6	<i>Ações para Transporte de Carga</i>	8
4	Método para Estimativa do Uso Eficiente de Energia na Mobilidade Urbana	10
4.1	Fase 1: Conhecimento do sistema e coleta de dados	12
4.2	Fase 2: Definição do método a ser aplicado	16
4.3	Fase 3: Nível 1 - Abordagem Top-down	17
4.3.1	<i>Nível 1 - Abordagem top-down para o transporte ferroviário e aquático</i>	17
4.3.2	<i>Nível 1 - Abordagem Top-down para o transporte rodoviário</i>	18
4.4	Fase 4: Nível 2 e 3 – Abordagem bottom-up	23
4.5	Fase 5: Análise e divulgação dos resultados	33
5	Método para Monitoramento do UEEMU	34
5.1	Fase 1: Medição do baseline (<i>ex-ante</i>)	37
5.2	Fase 2: Monitoramento da implantação da ação para do UEEMU	40
5.3	Fase 3: Medição do cenário <i>ex-post</i>	42
5.4	Fase 4: Verificação dos resultados finais	42
5.5	Fase 5: Relatório de divulgação.....	43
	Referências Bibliográficas	44
	Apêndice 1 – Questionários Para Levamento Dados Primários	47

1 INTRODUÇÃO

A população urbana vem aumentando ao longo dos anos. Em 1990, 43% da população mundial vivia em áreas urbanas. Em 2010 essa parcela aumentou para 51% (Banco Mundial, 2018). Estima-se que até 2030 esse número aumente para 60% (WHO, 2017) e poderá chegar a 70% até 2050 (ONU, 2013). No Brasil, 84,36% da população habitava em áreas urbanas em 2010 (IBGE, 2010). Esta tendência de crescimento da urbanização tem implicações de caráter socioeconômico e, sobretudo, ambiental. Afinal, apesar de ocuparem apenas 2% da área de terra no mundo as cidades são responsáveis pelo consumo de cerca de 70% de toda a energia primária gerada (WEC, 2016).

A concentração populacional em centros urbanos aumenta a demanda por serviços de transporte, tanto para o deslocamento de passageiros quanto de cargas. No caso dos passageiros, essa demanda não é totalmente atendida pela oferta do transporte público existente, sendo suprida pelo transporte individual motorizado, intensificando os níveis de congestionamento de tráfego, o que compromete a mobilidade.

Além dos problemas relacionados à mobilidade urbana, o transporte é responsável pelo consumo de 27,7% do total de energia produzida em todo mundo e, destes, 55,5% se destina ao transporte urbano de passageiros e cargas (IEA, 2016). Deste modo, o transporte também é responsável por impactos socioambientais que promovem o agravamento das mudanças climáticas, o aumento no custo de energia e na poluição atmosférica, a insegurança viária e a deterioração da saúde da população.

No Brasil, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) prevê diretrizes para orientar os governos municipais e estaduais na elaboração de políticas para o desenvolvimento da mobilidade urbana sustentável, por meio da adoção de ações que previnam e minimizem os impactos causados pelas atividades de transporte. Estas ações devem ser adotadas a partir de uma visão integrada e o seu monitoramento deve garantir a melhoria contínua do sistema de transporte. A busca pela melhoria do uso eficiente de energia na mobilidade urbana (UEEMU) proporciona a redução do consumo de combustível e colabora para a redução dos impactos socioambientais mencionados anteriormente, de modo que ações neste sentido são desejáveis.

A redução no consumo energético no setor de transportes pode ser atingida diretamente através de mudanças tecnológicas e de investimentos em infraestrutura. Entretanto, este objetivo

também pode ser alcançado por uma gestão mais eficiente do sistema de transporte e com mudanças no comportamento de seus usuários (Bohler-Baedeker e Hugging, 2014). Nesse sentido, as cidades têm buscado definir soluções de mobilidade urbana sustentável para enfrentar os problemas de transporte comumente encontrados no país, de forma que o uso de veículos individuais não seja a prioridade absoluta, contribuindo efetivamente para o uso eficiente de energia e na obtenção de outros benefícios socioambientais, tais como na redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e na melhoria da qualidade de vida.

Neste contexto, este Guia de Referência foi desenvolvido com o objetivo de orientar profissionais, técnicos e gestores, da área de transporte e mobilidade urbana, nas esferas públicas municipais e estaduais, para o planejamento e a implantação de políticas, ações e projetos que tenham como foco o aumento da eficiência energética na mobilidade urbana dos municípios brasileiros. Sendo assim, também é aplicável na atuação de outros órgãos do poder público, do setor privado e da sociedade civil envolvidos na gestão da mobilidade urbana.

Após esta Introdução, este documento é estruturado em outros cinco Capítulos. O Capítulo 2 apresenta conceitos importantes para ampliar o entendimento do leitor no contexto do uso eficiente de energia na mobilidade urbana (UEEMU). O Capítulo 3 trata da importância da eficiência energética no planejamento da mobilidade urbana, enquanto o Capítulo 4 aborda as ações de gestão de mobilidade urbana, assim como seus impactos no UEEMU. O Capítulo 5 apresenta um procedimento para cálculo e monitoramento do UEEMU, além de abordar orientações sobre a seleção, avaliação e quantificação do impacto de ações de gestão de mobilidade urbana na eficiência energética (EE). Enfim, O Capítulo 6 traz as conclusões, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

2 NIVELANDO CONCEITOS E CONHECIMENTOS

Neste Capítulo aborda-se conceitos fundamentais para o planejamento e a implantação de políticas e ações que tenham como foco o aumento da eficiência energética na mobilidade urbana. Ao final deste Capítulo o leitor será capaz de compreender conceitos tais como energia, momento de transporte, eficiência energética (EE), uso eficiente de energia na mobilidade urbana (UEEMU) e gestão do UEEMU; benefícios e impactos sociais, ambientais e econômicos advindos do planejamento e do gerenciamento da mobilidade urbana, com foco na eficiência energética; mitigação, compensação, prevenção e redução de emissões de gases de efeito estufa, bem como conhecer a Política Nacional da Mobilidade Urbana e as metodologias ASI (*avoid/shift/improve*) e ASIF (*activity/structure/intensity/fuel*).

- **EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E EFETIVIDADE**

Eficiência: é uma medida de desempenho que avalia o quão bem um sistema utiliza os recursos necessários à fabricação de um produto ou a realização de um serviço e está relacionada com a razão entre resultados atingidos e recursos consumidos.

Eficácia: é uma medida de desempenho que avalia o quão bem um sistema atinge as metas estabelecidas e relaciona-se com a qualidade do serviço.

Efetividade: é uma medida de desempenho que avalia o quão bem um sistema utiliza os recursos disponíveis e, ao mesmo tempo, atinge as metas estabelecidas. O conceito de efetividade se relaciona à capacidade de ser eficiente e eficaz ao mesmo tempo.

- **FONTES DE ENERGIA E MOMENTO DE TRANSPORTE**

Fonte de energia primária: é a energia capturada a partir de recursos naturais, sem sua transformação, tais como o petróleo bruto e o gás natural.

Fonte de energia secundária: é a energia obtida por meio da transformação de uma fonte de energia primária, tais como a gasolina e o diesel.

Momento de transporte: é uma medida utilizada para a estimativa de serviço de transporte obtida pelo produto das massas (ou volumes) transportadas pela distância média de transporte.

No caso de transporte de passageiros, a unidade adotada para o momento de transportes é passageiro.quilômetro (p.km) enquanto que a unidade para o transporte de carga é tonelada.quilômetro (t.km).

- **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, USO EFICIENTE DE ENERGIA NA MOBILIDADE URBANA (UEEMU) E GESTÃO DO UEEMU**

Eficiência Energética (EE): é uma medida que relaciona um resultado alcançado por meio do uso de uma determinada quantidade de energia com esta quantidade de energia. Pode ser considerada como uma forma de gerenciar e restringir o crescimento do consumo de energia, de modo que, com um menor consumo de energia, seja possível realizar a mesma quantidade de serviço ou trabalho.

Uso Eficiente de Energia na Mobilidade Urbana (UEEMU): é um conceito derivado da eficiência energética aplicada a movimentação de pessoas e cargas em área urbana. O UEEMU está relacionado à redução no consumo de energia, mantendo-se o nível de mobilidade em cidades, para o transporte de passageiros e carga. A determinação do UEEMU se faz por meio da razão entre a estimativa do momento de transporte (t.km ou p.km) e o consumo total de energia (em unidades com Joule [J], Watt [W] ou tonelada equivalente de petróleo [tep]) para promover esta movimentação de pessoas ou cargas. Vale ressaltar que, para manter o nível de mobilidade urbana, deve-se acompanhar os indicadores de gestão de mobilidade urbana. Por exemplo, o aumento do número de carros elétricos na cidade pode promover o UEEMU, porém não garante a melhoria no trânsito, penalizando indicadores como ‘velocidade média da rede (km/h)’ e ‘participação do transporte público (%)’. Assim, deve-se considerar a promoção do UEEMU bem como de indicadores de gestão de mobilidade urbana, paralelamente.

Gestão do UEEMU: é uma atividade que está associada à possibilidade de acompanhar as mudanças geradas no consumo de energia devido à aplicação de uma ação de gestão de mobilidade urbana. Para medir o efeito das ações voltadas para o UEEMU, é necessário utilizar um conjunto de indicadores que descrevem o desempenho do sistema de transportes em relação à eficiência energética.

- **BENEFÍCIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS ADVINDOS DO PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS SISTEMAS DE MOBILIDADE URBANA COM FOCO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Dos benefícios e impactos ambientais: a promoção do UEEMU tem como principais benefícios ambientais a redução dos impactos provenientes do uso de fontes de energia esgotáveis, da emissão de GEE, de poluentes atmosféricos e da poluição sonora.

Dos benefícios e impactos econômicos: a promoção do UEEMU tem como principais benefícios econômicos a redução com os gastos de energia e com os gastos públicos decorrentes.

Dos benefícios e impactos sociais: a promoção do UEEMU tem como principais benefícios sociais o aumento da segurança viária, a redução dos congestionamentos e a melhoria da qualidade de vida da população urbana.

Pode-se exemplificar que, com o menor uso de energia derivada de fontes fósseis, reduz-se a emissão dos GEE e, conseqüentemente, os impactos ambientais relacionados. A redução na queima destes combustíveis também promove a redução da emissão de poluentes atmosféricos e, portanto, a melhoria da qualidade do ar nas cidades.

As áreas de lazer, as calçadas e os parques urbanos são comprometidos pelo uso de veículos individuais, uma vez que a priorização no uso desses veículos normalmente utiliza para seu deslocamento e estacionamento muito do espaço público urbano, que é limitado. Por outro lado, o transporte coletivo utiliza menos espaço para atender a uma mesma demanda, possibilitando um ambiente urbano com mais áreas de lazer e para o pedestre.

Uma implicação social é a melhoria da qualidade de vida decorrente da redução da emissão de poluentes atmosféricos e de ruído e pela liberação do espaço público para outras atividades que não o transporte individual. Sob o aspecto econômico, observa-se a desvalorização do metro quadrado de terrenos e construções devido à poluição atmosférica e sonora provocada pela atividade de transporte.

A Figura 1 apresenta a comparação clássica da ocupação do espaço urbano por 60 pessoas se estas utilizarem o transporte público coletivo, bicicletas ou automóveis. A promoção do transporte público coletivo pode reduzir significativamente o nível de congestionamento de tráfego e o risco de acidentes em áreas urbanas. Uma parcela considerável do orçamento dos

municípios é gasta com os impactos negativos do transporte rodoviário. Estes gastos são divididos com toda a sociedade. Em alguns municípios, deve-se investir em medidas de mitigação da poluição atmosférica e sonora ou tem-se um custo maior com a saúde pública no tratamento de doenças causadas pela poluição atmosférica e sonora, e com vítimas de acidentes de trânsito.



Fonte: Pôster da cidade de Muenster, *Planning Officer*, agosto de 2001

Figura 1 - Espaço urbano necessário para o transporte do mesmo número de passageiros por veículos individuais, transporte público coletivo e bicicleta

- **POLÍTICA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA (PNMU)**

Espaço urbano: é o espaço das cidades, definido como o conjunto que integra e sobrepõe as diferentes atividades e práticas econômicas, sociais e culturais da sociedade ao uso do solo (Correa, 2018).

Mobilidade Urbana: No Brasil, a Lei nº 12.587 de 2012 (Política Nacional da Mobilidade Urbana – PNMU) define a Mobilidade Urbana como “a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano”.

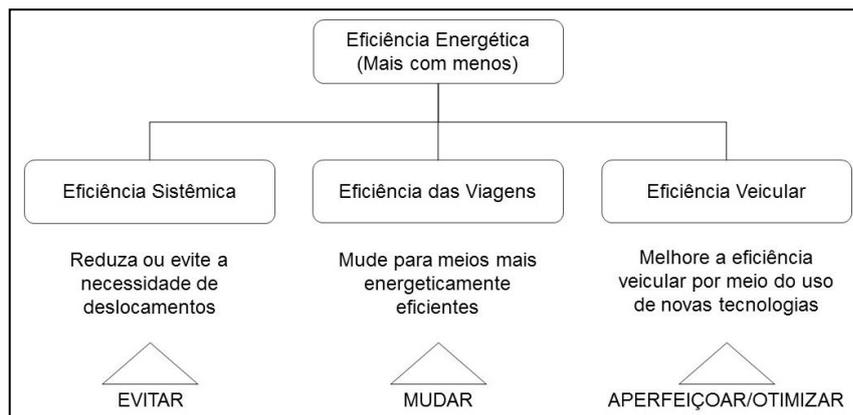
Política Nacional de Mobilidade Urbana: trata de um código para promover a mobilidade urbana sustentável, dentro do conceito mais amplo do desenvolvimento sustentável, que se refere à promoção do equilíbrio entre a satisfação das necessidades humanas com a proteção do ambiente natural (Carvalho, 2016).

- **A METODOLOGIA ASI (AVOID-SHIFT-IMPROVE)**

Metodologia ASI (Avoid-Shift-Improve): é uma metodologia que possibilita incrementar a eficiência energética em transporte por meio de três estratégias (Bohler-Baedeker e Hugging, 2012):

- (i) Evitar (*Avoid*) o aumento de atividade de transporte, reduzindo a demanda existente do sistema de transporte como um todo (eficiência sistêmica);
- (ii) Mudar (*Shift*) a demanda para modos mais eficientes, aumentando assim o nível de EE das viagens individuais (eficiência da viagem); e
- (iii) Aperfeiçoar/Otimizar (*Improve*) viagens existentes, veículos e fonte de energia (eficiência do veículo).

A Figura 2 apresenta um esquema das estratégias que permitem a promoção da EE no transporte.



Fonte: Elaboração própria a partir de Bohler-Baedeker e Hugging (2012).

Figura 2 - Estratégias para a promoção da EE em transporte.

- **A METODOLOGIA ASIF (ACTIVITY – STRUCTURE – INTENSITY – FUEL)**

Metodologia ASIF (Activity-structure-intensity-fuel): é uma metodologia que introduzida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), considera quatro linhas de atuação com enfoque na redução das emissões de GEE provenientes da atividade de transporte: 1) Redução da atividade (Activity); 2) Oferta de infraestrutura (Structure); 3) Redução da intensidade energética (Intensity); e 4) Escolha de fontes de energia de baixo teor de carbono (Fuel). Esta metodologia segue a lógica de que ao realizar o menor número de viagens possível, ao utilizar um modo mais eficiente em termos de uso de energia, ao reduzir a intensidade

energética dos veículos e ao escolher fontes de energia de baixo teor de carbono, aumenta-se o nível de sustentabilidade do sistema, pela minimização das emissões de GEE, o que também está relacionado com a redução do consumo de combustíveis fósseis.

É possível verificar que as metodologias ASI e ASIF são consistentes e coerentes entre si e ambas podem ser aplicadas para a promoção do UEEMU.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PLANEJAMENTO E GESTÃO DA MOBILIDADE URBANA

A mobilidade urbana garante o acesso universal dos cidadãos no âmbito das cidades. A mobilidade, quando bem planejada, proporciona aumento da qualidade de vida e desenvolvimento econômico das cidades. Para garantir que as condições do deslocamento de pessoas e cargas no ambiente urbano sejam adequadas é necessário investimento em transportes e em infraestrutura de mobilidade urbana, serviços que compõem o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana. A infraestrutura, quando alocada dentro de um planejamento sistêmico, produz benefícios efetivos e proporcionais aos recursos empregados.

Vale ressaltar que as ações de gestão de mobilidade urbana impactam no momento de transporte (p.km ou t.km) e, conseqüentemente, podem levar a um aumento ou a uma redução do consumo energético. Desta forma, é fundamental o estabelecimento de ações na promoção da sustentabilidade na mobilidade urbana, visando o aumento da Eficiência Energética, objetivo deste documento, para garantir o estabelecido na legislação vigente por meio da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Neste Capítulo, é analisado como a PNMU pode influenciar o UEEMU. Assim, são apresentadas as ações de gestão da mobilidade urbana e seu impacto no UEEMU, além de serem propostos indicadores de gestão da mobilidade urbana a serem adotados para monitoramento do impacto destas ações.

3.1 A PNMU e o UEEMU

A PNMU, determinada pela Lei 12.587/12, institui as diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive o de transporte, além de tratar de questões da política urbana estabelecida pelo Estatuto da Cidade¹. Os princípios, diretrizes e objetivos estabelecidos na PNMU têm como principal função a orientação na elaboração de normas, no planejamento e na implantação de políticas que garantam a mobilidade nas cidades.

As diretrizes da PNMU visam orientar o governo, a nível municipal e estadual, na redução das desigualdades e promoção da inclusão social; na promoção do acesso aos serviços básicos e

¹ O Estatuto da Cidade é definido pela Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece as normas de ordem pública e de interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

equipamentos sociais; na melhoria das condições urbanas da população, no que se refere à acessibilidade e à mobilidade; na promoção do desenvolvimento sustentável com a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades; e na consolidação da gestão democrática como instrumento e garantia da construção contínua do aprimoramento da mobilidade urbana. A Tabela 1 apresenta as diretrizes da PNMU, explicitando os objetivos de cada diretriz e sua relação com o UEEMU.

Tabela 1 - Diretrizes da PNMU

Diretrizes da PNMU	Objetivos e relação com o UEEMU
<i>“Integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos”</i>	Esta diretriz fomenta a integração da mobilidade urbana às outras políticas e planos, de modo que outras questões urbanas sejam consideradas em seu planejamento e ações. Esta diretriz possui uma relação indireta com a EE, por meio da gestão do uso do solo e da inclusão social.
<i>“Prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado”</i>	Esta diretriz está ligada ao UEEMU sob o enfoque da abordagem de transferência modal, devido à alteração da demanda, induzida por ações de restrição ao transporte individual e de oferta e incentivo ao transporte coletivo e ativo.
<i>“Integração entre os modos e serviços de transporte urbano”</i>	A integração entre modos proporciona uma maior mobilidade urbana, ao mesmo tempo que possibilita a escolha de viagens mais eficientes energeticamente. Desse modo, esta diretriz está ligada ao UEEMU sob o enfoque da abordagem de transferência modal.
<i>“Mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade”</i>	Esta diretriz visa tornar a mobilidade sustentável, isto é, leva em consideração os três aspectos, ambiental, social e econômico, como prevê o princípio do desenvolvimento sustentável das cidades.
<i>“Incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes”</i>	Esta diretriz promove o aumento da eficiência nos modos existentes, por meio do uso de fontes de energia menos poluentes e pela melhoria do sistema de transporte ou da tecnologia atualmente empregada. Desta forma, relaciona-se com a estratégia <i>Improve</i> , de aperfeiçoar os veículos e as fontes de energia, proposta pela metodologia ASI.
<i>“Priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado”</i>	Esta diretriz está ligada ao Desenvolvimento Orientado ao Transporte (TOD), ou seja, incentivo ao uso do transporte de massa com foco em cidades compactas, adensadas e bem conectadas. Deste modo, esta diretriz está diretamente ligada ao UEEMU.
<i>“Integração entre as cidades gêmeas localizadas na faixa de fronteira com outros países sobre a linha divisória internacional”</i>	Esta diretriz foi estabelecida para os casos das cidades gêmeas, que trazem peculiaridades que obrigam o Poder Público a tratar de questões que extrapolam os limites do território nacional. É comum que o cidadão de um município de fronteira desloque-se diariamente para um país vizinho, por razões de trabalho na “cidade gêmea”, em território internacional. Ressalta-se que, apesar de estar relacionada com a acessibilidade, esta é a única diretriz que não possui relação direta com o UEEMU.
<i>“Garantia de sustentabilidade econômica das redes de transporte público coletivo de passageiros, de modo a preservar a continuidade, a universalidade e a modicidade tarifária do serviço. (Inserida na PNMU pela Lei nº 13683/2018)”</i>	Trata da melhoria nas condições de oferta dos serviços de transporte público coletivo, que é um modo de transporte com maior eficiência energética que o transporte individual.

Com base nas diretrizes estabelecidas na PNMU, o município deve estabelecer seu Plano Diretor e seu Plano de Mobilidade Urbana, que são instrumentos desta política, como exemplificado no box “*Plano de Mobilidade de Sorocaba*”.

Enfim, existem diversas medidas para implantação, por parte dos municípios, dos princípios e diretrizes para o cumprimento dos objetivos estabelecidos na Lei 12.587/12. Deve-se ressaltar o controle da demanda por viagens de automóveis e o estímulo ao uso de modos não motorizados e do transporte público coletivo.

O aumento da oferta de serviços e infraestruturas com qualidade, segurança, acessibilidade e modicidade tarifária² são instrumentos que devem ser adotados aliados ao uso de instrumentos de controle de demanda por viagens de veículos individuais. Pode-se citar, por exemplo, a oferta de rede cicloviária segura e bem sinalizada, calçadas acessíveis, transporte público confortável, confiável, acessível e com baixo custo aos usuários. Desta forma, as ações que possuem efeitos no UEEMU garantem o estabelecimento destes instrumentos, pois visam reduzir o consumo de combustível e incentivar o uso do transporte não motorizado e do transporte público.

Dada à ampla gama de ações de gestão de mobilidade urbana com efeito no UEEMU, apresentadas neste Guia de Referência, torna-se um desafio para o gestor público escolher uma ação a ser implantada, uma vez que cada ação tem impacto em diversos indicadores relacionados a EE, com vários co-benefícios. Este desafio torna-se ainda mais complexo devido à dificuldade da determinação do impacto individual de cada ação para melhorar a mobilidade urbana e a EE, uma vez que tais ações costumam ser implantadas em conjunto, por meio de programas de gestão da mobilidade urbana. Neste contexto, é fundamental a compreensão das ações de gestão de mobilidade urbana e de seus impactos neste processo decisório.

Vale ressaltar que o estabelecimento dos prazos e custos para a implantação das ações para o UEEMU e, conseqüentemente, do retorno de seus benefícios, é uma importante medida. Este Guia de Referência fornece auxílio nesta tomada de decisão no que diz respeito à EE.

3.2 Ações de gestão da mobilidade urbana

Foram consolidadas, com base nos trabalhos de Castro (2006), Barczak e Duarte (2012), Martins *et al.* (2014), FGV (2015), Oliveira (2016) e Montagna e Abreu (2017), 33 ações de gestão de mobilidade urbana com impacto no UEEMU aplicáveis às cidades brasileiras.

² A modicidade tarifária é o estabelecimento de uma tarifa que permita o acesso do indivíduo aos serviços básicos, tais como água, alimentação, transporte, entre outros.

Essas ações são classificadas nas seguintes linhas de ação, embasadas nas diretrizes da PNMU: Incentivo ao Transporte Ativo; Incentivo ao transporte coletivo; Ações de incentivo geral; Ações de Transporte de Carga; Incentivo ao transporte público e ao de carga; Gestão da Demanda por Viagens (TDM) e; Ações com foco no transporte individual. Ainda, as ações podem ser classificadas segundo as metodologias ASI e ASIF, bem como segundo o nível da decisão a ser tomada³. Esta categorização auxilia na compreensão do mecanismo de aplicação de cada ação, colaborando assim para o processo de seleção e avaliação delas. Além disso, compreender os efeitos das ações da gestão de mobilidade urbana em relação ao UEEMU é fundamental para realizar este processo decisório.

Deste modo, a Tabela 2 apresenta a classificação das ações de gestão da mobilidade urbana e seu efeito (relação positiva (+), negativa (-) ou neutra (0)) em relação ao momento de transporte, ao consumo energético e à própria eficiência energética.

³De acordo com o nível da decisão a ser tomada, o planejamento pode ser estratégico, tático ou operacional. No nível estratégico, o planejador está preocupado com ações em longo prazo, enquanto no nível tático (ou nível de projeto), normalmente são realizadas análises de médio a longo prazo. Por sua vez, o foco do nível operacional está principalmente nas ações de curto prazo (Campos, 2013).

Tabela 2 - Classificação das ações de gestão de mobilidade urbana e seu impacto no UEEMU

Nº	Categorias	Ações	ASI	ASIF	Nível de decisão	Momento de transporte (p.km ou t.km)	Consumo energético (kJ)	EE (p.km/kJ ou t.km/kJ)
1	Incentivo ao Transporte Ativo	Implantar e requalificar rede cicloviária, incluindo a integração com o transporte público, tratamento adequado e requalificação das travessias para ciclistas e pedestres.	S	St	E	+	-	+
2		Implantar e incentivar a implantação de "bicicletários" e "centros de apoio ao ciclista" com vestiários nos polos geradores de viagens e outros pontos estratégicos da cidade	S	St	T	0	-	+
3		Fiscalizar o uso e ocupação das calçadas	S	St	O	0	-	+
4		Promover serviços de aluguel de bicicletas e promover (implantar, ampliar) serviços de bicicletas compartilhadas	S	St	T	+	-	+
5	Incentivo ao transporte coletivo	Fiscalizar a manutenção dos veículos do transporte público	I	In	O	0	-	+
6		Fazer otimização operacional e racionalização das linhas	I	At	T/E	0	-	+
7		Estabelecer/ aprimorar rotinas de controle e fiscalização da operação do transporte público	S	At	O	0	-	+
8		Expandir a rede de transporte público, dando prioridade para o transporte de massa (metrô e trens urbanos), BRT e VLT	S	St	E	+	-	+
9		Melhorar as infraestruturas de transporte coletivo - terminais, estações e pontos de parada, seguindo padrões de acessibilidade, para requalificação do sistema existente	I	St	T	0	-	+
10		Implantar ITS e/ou programação visual para melhorar a comunicação de informações aos usuários no transporte público coletivo, em terminais, estações e pontos de parada	I	At	O	0	-	+
11		Propiciar a integração física, institucional e tarifária entre os modos de transporte público	S	At	O	+	-	+
12	Ações de incentivo geral	Realizar campanha educativa e de comunicação sobre mobilidade urbana sustentável e o Programa UEEMU	I	In	E	0	-	+
13		Realizar programas de capacitação dos técnicos do órgão gestor	I	In	T	0	-	+
14		Implantar sistema de monitoramento e avaliação de ações de mobilidade urbana sustentável	I	In	E	0	-	+
15		Produzir e divulgar material informativo e aplicativos sobre a rede de transporte coletivo, transporte ativo e táxi	I	At	O	0	-	+
16	Modernizar a sinalização semafórica incluindo a prioridade ao transporte coletivo	A	At	O/T	0	-	+	
17	Ações de Transporte de Carga	Implantar restrições à circulação e operação de veículos pesados nas áreas centrais da cidade, tais como restrição de horários, restrição de itinerários e limitação de tráfego ao rodoanel	A	At	T	0	-	-
18		Fiscalização física e eletrônica de estacionamentos para carga e descarga	I	In	T	0	-	+
19		Realização de coleta e distribuição noturna de carga	I	At	T	0	-	+
20		Estabelecer um limite mínimo de taxa de ocupação de veículos de carga para permitir acesso ao centro urbano	I	In	O	0	-	+
21	Incentivo ao transporte	Utilização de veículos com maior EE	I	In	E	0	-	+
22	Utilização de sistemas de propulsão alternativos e de fonte de energia mais limpa	I	In	E	0	-	+	

Nº	Categorias	Ações	ASI	ASIF	Nível de decisão	Momento de transporte (p.km ou t.km)	Consumo energético (kJ)	EE (p.km/kJ ou t.km/kJ)
23	público e ao de carga	Incentivar programa de treinamento dos motoristas de transporte público e de carga para direção com EE (Ecodriving)	I	In	O	0	-	+
24		Implantar traffic calming em áreas específicas (área central, entorno de escolas e hospitais) para aumentar a segurança e incentivo aos modos não motorizados	A	At	T	0	+	-
25		Implantação de faixas prioritárias para transportes coletivos e veículos de carga	I	In	T	0	-	+
26		Renovação e modernização da frota	I	In	E	0	-	+
27	Gestão da Demanda de Viagens (TDM)	Aumentar preços de estacionamentos em vias públicas conforme a demanda	S	At	O	0	-	+
28		Limitar o número de vagas de estacionamento para carros em novos empreendimentos imobiliários	S	St	E	0	-	+
29		Reduzir vagas de estacionamento em vias públicas específicas nas áreas centrais; com intensa operação de fiscalização de estacionamentos irregulares	A	At	O/T	0	-	+
30		Implantar programas de desincentivo ao uso dos automóveis, tais como pedágio urbano e restrição de acesso a centros urbanos	A	At	O/T	0	-	+
31	Ações com foco no transporte individual	Implantar o sistema de compartilhamento de veículos (<i>car sharing</i>)	S	At	T	+	0	+
32		Implantar estacionamentos de automóveis nos terminais e estações de transporte público	S	St	E	+	-	+
33		Incentivar programas de caronas solidária (<i>carpooling</i> e <i>vanpooling</i>)	S	In	O	0	-	+

Fonte: Elaboração própria

Legenda: ITS: Sistema Inteligente de Transporte (em inglês *Intelligent Transport System*); UEEMU: Uso Eficiente de Energia na Mobilidade Urbana; EE: Eficiência Energética; A: Evitar (em inglês *Avoid*); S: Mudar (em inglês *Shift*); I: Melhorar (em inglês *Improve*); At: Atividade (em inglês *Activity*); St: Infraestrutura (em inglês *Structure*); In: Intensidade (em inglês *Intensity*); F: Energia (em inglês *Fuel*); O: Operacional; T: Tático; E: Estratégico

Com base no conjunto de ações de gestão de mobilidade (Tabela 5), o gestor público deve selecionar as ações prioritárias para a cidade em que estas serão implantadas, seguindo os passos da metodologia a ser apresentada no Capítulo 4. Neste processo decisório, é importante considerar as características do sistema de transporte da cidade em questão, os objetivos traçados em seu plano de mobilidade e as ações já implantadas.

3.3 Indicadores de gestão de mobilidade urbana com enfoque em sustentabilidade

De acordo com Assunção e Sorratini (2012), os indicadores de mobilidade urbana sustentável são instrumentos fundamentais para promover a informação e o conhecimento necessário para auxiliar o deslocamento das pessoas e o transporte de cargas. Como estes indicadores estão relacionados à Mobilidade Urbana Sustentável, podem influenciar direta ou indiretamente o consumo de energia e a eficiência na sua utilização, dado o enfoque direcionado na redução do fluxo de pessoas e bens sobre o ambiente local e global (Costa, 2008).

Entretanto, é importante destacar que a implantação de ações que aumentem a eficiência energética no sistema de transportes, nem sempre levam a uma melhoria na mobilidade urbana. Por exemplo, o aumento do número de carros elétricos na cidade melhora o UEEMU, porém não garante a melhoria no trânsito, penalizando indicadores como ‘velocidade média da rede (km/h)’ e ‘participação do transporte público (%)’. Assim, de modo a garantir o mesmo nível de mobilidade urbana ao se aplicar uma ação, deve-se acompanhar os indicadores de gestão de mobilidade urbana, considerando a melhoria tanto do UEEMU quanto destes indicadores. Logo, é necessário utilizar um conjunto de indicadores que descrevem o desempenho do sistema de transportes em relação à eficiência energética. Dentro deste contexto, a Tabela 3 apresenta uma consolidação dos indicadores utilizados para o monitoramento da mobilidade urbana. Orientações mais detalhadas referentes aos indicadores de mobilidade urbana se encontram no Capítulo 4 deste Guia de Referência.

Tabela 3 – Atributos, indicadores e medidas de gestão de mobilidade urbana

Indicadores (I)	Descrição	Unidade
Consumo de energia e combustíveis fósseis no transporte	Energia consumida por veículo (automóvel, ônibus, etc.) para deslocar 1 km em área urbana Quantidade de litros de combustível consumida anualmente por habitante utilizando veículo motorizado individual na área urbana.	MJ/veíc. km ou l/hab. ano
Uso de energia limpa e combustíveis alternativos	Energia de fontes renováveis consumida por veículo (automóvel, ônibus, etc.) em um percurso.	MJ/veíc.km ou %
Emissão de CO _{2e}	Emissões anuais de CO _{2e} por veículos automotores	kg/ano ou %
Frota de veículos por tipo de energia	Quantidade de veículos por tipo de energia em circulação no município	%
Participação do modo de transporte não motorizado	Percentual de frota não motorizada no município	%
Idade média da frota de veículos no transporte público	Idade média da frota de ônibus e micro-ônibus urbanos no ano de referência no município.	anos
Índice de passageiro por quilometro (IPK)	Razão entre o número de usuários transportados e a quilometragem percorrida pela frota de transporte público do município	Pass./km
Taxa de ocupação dos veículos	Número médio de passageiros em veículos motorizados privados em deslocamentos feitos na área urbana para todos os motivos de viagem. Média de toneladas transportadas por veículos de carga na área urbana	pass./veíc. ou t/ veíc.
Momento de transporte	Quantidade de passageiros (ou carga) transportados em um sistema de transportes (em km).	p.km ou t.km
Quilômetros percorridos por veículo (<i>VKT - Vehicle Kilometres Travelled</i>)	Distância média de viagem para cada meio de transporte.	km/ veíc.
Velocidade média da rede	Velocidade diária média de horas de congestionamento de tráfego em vias da rede viária principal	km/h
Participação do transporte público	Extensão total da rede de transporte público em relação à extensão total do sistema viário urbano	%
Número de horas de congestionamento nas vias urbanas	Média diária mensal de horas de congestionamento de tráfego em vias da rede viária principal	h
Extensão da rede de transporte público	Extensão total da rede de transporte público em relação a extensão total do sistema viário urbano	km

3.4 Exemplos de aplicação de ações de gestão da mobilidade urbana

Esta seção apresenta exemplos de aplicação de ações de mobilidade urbana, segundo as linhas de atuação para uma seleção de cidades do Brasil e do mundo.

3.4.1 *Incentivo ao Transporte Ativo*

Ação: Promover serviços de aluguel de bicicletas e promover (implantar, ampliar) serviços de bicicletas compartilhadas

✓ *Sorocaba, Brasil*

O município de Sorocaba possui 126 quilômetros de vias para bicicleta que cortam a cidade de Leste a Oeste e de Norte a Sul. Deste total, 116 quilômetros são representados por ciclovias, 4 quilômetros por ciclofaixas e 6 quilômetros por faixa exclusiva compartilhada com ônibus.

Faz parte do plano cicloviário de Sorocaba a implantação de um sistema gratuito de empréstimos de bicicletas (Programa Integrabike), proporcionando além de facilidade de locomoção, uma melhoria significativa na qualidade de vida dos cidadãos. O Integrabike possui 19 estações e 152 bicicletas que podem ser utilizadas por pessoas com mais de 18 anos que tenham quaisquer dos cartões de embarque do Transporte Coletivo municipal. Além disso, o Integrabike possui mais de 30.500 usuários cadastrados e desde o início do funcionamento do sistema, em 2012, já realizou mais de 458.000 viagens de bicicletas na cidade. Ao todo, ao final do período de transição para o novo modelo, serão disponibilizadas 200 bicicletas em 25 estações distribuídas na cidade, aumentando em 24% o sistema.

Fonte: IntegraBike (sem data)



Figura 3: IntegraBike Sorocaba

✓ *Cidade do México, México*

A Cidade do México desenvolveu um plano para o uso de bicicletas, denominado como Plano Mestre de Bicicletas. Este plano foca na mobilidade (ciclovias), no acesso universal (estacionamento de bicicletas), na promoção do uso de bicicletas, na gestão da demanda de viagens e na aplicação e cumprimento de leis. Como instrumento do Plano, foi implantado em 2010 o Programa *Ecobici*, que promove um sistema de compartilhamento de bicicletas. Com essa medida, a participação de bicicletas na divisão modal na Cidade do México passou a 2,1%, em 2012, o que contribuiu para que 232 t de CO_{2e} deixassem de ser emitidas entre 2010 e 2012.

Fonte: GIZ (2012); EcoBici (2019)



Figura 4 - Transporte ciclovitário na cidade do México
Fonte: Meionorte (2016)

✓ *Bolonha (Itália) e Clermont Ferrand (França)*

A cidade de Bolonha, na Itália, adotou o sistema de aluguel de bicicletas, que promoveu a redução de emissões, em 323 Mg de CO₂ e 447 kg de NO_x. Na cidade de Clermont-Ferrand (FR), espera-se uma redução de 8% nas emissões de CO₂ e uma redução de 74% das emissões NO_x e CH₄ até 2025 devido à utilização de veículos mais limpos.

Em termos de consumo de energia, Bolonha teve seu consumo reduzido em 2.260 e 545 GJ/ ano, respectivamente. Em Clermont-Ferrand, uma redução de 10% no consumo de energia é estimada até 2025.

Fonte: *World Bank (2011).*

3.4.2 *Incentivo ao Transporte Coletivo*

Ação: *Expandir a rede de transporte público, dando prioridade para o transporte de massa (metrô e trens urbanos), BRT e VLT*

✓ *Curitiba, Brasil*

Desde os anos 1960, a cidade segue um desenvolvimento orientado ao transporte, com destaque para seu sistema de BRT (*Bus Rapid Transit*). Atualmente são 6 corredores de BRT: Norte, Sul, Leste, Oeste, Boqueirão e Linha Verde. A rede conta com 630 ônibus, sendo: 169 biarticulados, 113 articulados e 348 padron. Os passageiros podem fazer a integração a partir dos 21 terminais, de onde o cidadão desembarca em uma linha e embarca em outra sem efetuar um novo pagamento. De acordo com Ayres e Ayres (2012), os curitibanos consomem 30% menos combustíveis no transporte, se comparada com a população de outras cidades brasileiras de tamanho semelhante.

Fonte: *BRT Brasil (sem data)*



*Figura 5 - BRT Curitiba
Fonte: ViaTrolebus (2018)*

Ação: Melhorar as infraestruturas de transporte coletivo - terminais, estações e pontos de parada, seguindo padrões de acessibilidade, para requalificação do sistema existente

✓ *Burgos, Espanha*

As melhorias na oferta de transporte público na cidade de Burgos, na Espanha, buscaram introduzir ações que incentivassem os usuários a se deslocarem por meio do transporte público coletivo. Foram implantadas diversas ações tais como linhas de ônibus prioritárias; aumento da frequência dos ônibus e modernização do serviço de ônibus urbano que, ao determinar a demanda e a modelagem da rota e o comprimento do ônibus, podem ser planejadas de acordo com a demanda dos passageiros; instalação de 20 painéis de informações eletrônicas em paradas de ônibus e promoção de workshops de treinamento para policiais locais e operadores de sistemas. A implantação destas ações levou a um aumento de mais de 7% no número de passageiros que utilizam o transporte público.

Fonte: World Bank (2011).



*Figura 6 - Transporte público em Burgos, Espanha.
Fonte: Dreamtime. (sem data)*

3.4.3 Ações com Foco no Transporte Individual

Ação: Implantar o sistema de compartilhamento de veículos (*car sharing*)

✓ *Toronto, Canadá*

O programa de *car sharing* foi implantado na cidade de Toronto pela empresa CarShare, sendo instalados mais de 200 locais de estacionamento. O programa teve início em 1998 e, em 2018, possui cerca de 10.000 membros cadastrados, que utilizam 220 veículos.

Os membros podem realizar as reservas de um veículo com, no mínimo, meia hora de antecedência. Os carros podem ser pegos em qualquer estacionamento conveniente, devendo ser devolvidos no mesmo local. São oferecidas taxas reduzidas para viagens realizadas antes da 7h da manhã e a diária nos dias de semana são mais altas que as do fim de semana. O custo de uso inclui seguro, manutenção e combustível.

Fonte: Costain *et al.* (2012) e The Globe and Mail (s/data)

3.4.4 Gestão da Demanda por Viagens

Ação: Implantar programas de desincentivo ao uso dos automóveis, tais como pedágio urbano e restrição de acesso a centros urbanos

✓ *São Paulo, Brasil*

A Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) fecha algumas vias do centro da cidade ao trânsito de automóveis e motos toda última sexta-feira do mês das 6h00 às 18h00. O acesso a estas vias é liberado apenas para ônibus, táxis, vans escolares e bicicletas. A

ação, chamada de “Sexta sem Carro”, busca conscientizar e incentivar a população para utilizar outros meios de transporte, sejam eles coletivos ou ativos, como ônibus, bicicleta ou caminhada.

Além disso, o Município de São Paulo implantou o rodízio de caminhões e automóveis nos horários de pico de acordo com o último dígito da placa e dos dias da semana (Tabela 4). Esta ação é chamada de “Operação Horário de Pico” e visa evitar a piora do trânsito nos horários de 7h às 10h e de 17h às 20h, retirando aproximadamente 20% dos automóveis de circulação. A ação é restrita aos dias úteis. Esta operação incentiva o uso do transporte coletivo e de caronas, de modo que auxilia na redução do consumo de combustível, na redução da emissão de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos.

Tabela 4 - Rodízio de automóveis segundo a placa e dia de semana.

Dia	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Final da placa	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 0

Fonte: CETSP (sem data)

Fonte: CET-SP (2017).

✓ *Cidade do México (México), Bogotá (Colômbia) e Beijing (China)*

Na cidade do México, a ação “Hoy No Circula” proíbe a circulação de carros de acordo com o último dígito da placa e o dia da semana. Já em Bogotá, a circulação dos carros é proibida no horário de pico (das 7h às 9h e das 17h30 às 19h30), de modo que aproximadamente 40% dos veículos não circulam nas ruas, considerando o mesmo critério que a cidade mexicana. Na cidade de Beijing, a ação é chamada de “Dia sem Dirigir” e o critério da restrição de circulação varia de acordo com o último dígito da placa e a época do ano. Considerando os resultados dessas ações nessas três cidades, ao menos 10% dos motoristas deixaram os carros na garagem e utilizaram o transporte público.

Fonte: GIZ., (2012).

3.4.5 Ações de Incentivo Geral

Ação: Implantar sistema de monitoramento e avaliação de ações de mobilidade urbana sustentável

✓ *Jakarta, Indonésia*

O método MRV (Measurement, Report and Verification) foi implantado para monitorar a redução de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) que poderia ser obtida com a aplicação de medidas de TDM (Travel Demand Management). Ao modelar os impactos de três medidas (precificação eletrônica de vias, restrição de estacionamento e implantação de BRT), o TDM foi executado, em primeiro lugar, assumindo que não houve alterações na política (cenário business-as-usual) e, em seguida, executado considerando cenários que incluíam diferentes níveis de aplicações das medidas. Assim, o modelo demonstrou que uma combinação típica das três políticas levaria a uma redução da demanda total de transporte (em veículos quilômetros), em relação ao cenário baseline, de 4% a 5% em toda a área urbana. Ressalta-se ainda que foi realizada uma estimativa do consumo de combustível nos cenários e, a partir deste dado, estimou-se a redução de emissão de GEE.

Fonte: Eichhorst (2015).

3.4.6 Ações para Transporte de Carga

Ação: Implantar restrições à circulação e operação de veículos pesados nas áreas centrais da cidade, tais como restrição de horários, restrição de itinerários e limitação de tráfego ao rodoanel e Utilização de veículos com maior EE

✓ *Lucca, Itália*

De 2007 a 2008, a cidade de Lucca, na Itália, desenvolveu um projeto piloto denominado Centro Ecológico Distribuzione Merci (CEDM), com o objetivo de implantar uma série de medidas (em níveis regulatório, organizacional e tecnológico) para iniciar um centro de distribuição de mercadorias com operações eco-eficientes no centro histórico, visando assim atingir maior eficiência energética e qualidade ambiental.

Este serviço de distribuição eco-eficiente começou em 2007, atingindo uma média de 110 entregas por dia, com mais de 30 clientes. Uma das medidas implantadas consistiu na

restrição de entregas no centro histórico por veículos com taxa de ocupação inferior a 60%. Outra medida foi a adoção de veículos elétricos para realização da distribuição urbana, tendo sido realizadas até 2018 mais de 200.000 entregas por este tipo de veículo. Deste modo, desde 2007, estima-se que foram economizados 820.000 kWh de energia, o equivalente ao consumo energético de 300 residências.

Fonte: CEDM (sem data)



Figura 7 - Centro histórico de Lucca
Fonte: Cidades em fotos (sem data)

Estas ações de gestão da mobilidade urbana têm impacto direto no consumo de energia por parte do transporte urbano. Logo, é essencial medir os impactos da implantação de tais ações para garantir que a economia de energia seja efetiva, bem como fazer os ajustes por ventura necessários. Assim, é de fundamental importância a estimativa do UEEMU de modo a acompanhar quantitativamente as mudanças geradas no consumo energético pela aplicação de tais ações. Portanto, a seguir é apresentada a orientação para o cálculo da estimativa do UEEMU e seu monitoramento.

4 MÉTODO PARA ESTIMATIVA DO USO EFICIENTE DE ENERGIA NA MOBILIDADE URBANA

Aqui se propõe uma metodologia para estimativa da EE do sistema de transportes urbano, considerando o transporte de passageiros e o transporte urbano de carga, bem como os modos de transporte rodoviário, ferroviário e aquático. A Figura 8 ilustra as cinco fases da metodologia, de forma simplificada, com seus respectivos passos. A metodologia proposta para análise do UEEMU é estruturada em três diferentes níveis de detalhamento (*nível 1, nível 2, nível 3*). O primeiro nível (*nível 1: top-down*) apresenta a análise com menor detalhamento, a partir de dados agregados de energia e momento de transporte, enquanto os *níveis 2 e 3 (bottom-up)* apresentam uma análise com maior detalhamento, permitindo identificar como variações em cada parâmetro de entrada (*input*) influenciam a EE. A diferença do *nível 2* para o *nível 3* se deve a necessidade da disponibilidade de todos os dados para a cidade em estudo. No *nível 2*, admite-se a adoção de dados de outros municípios com características semelhantes, do estado ou até do país ao qual a cidade em análise pertence.

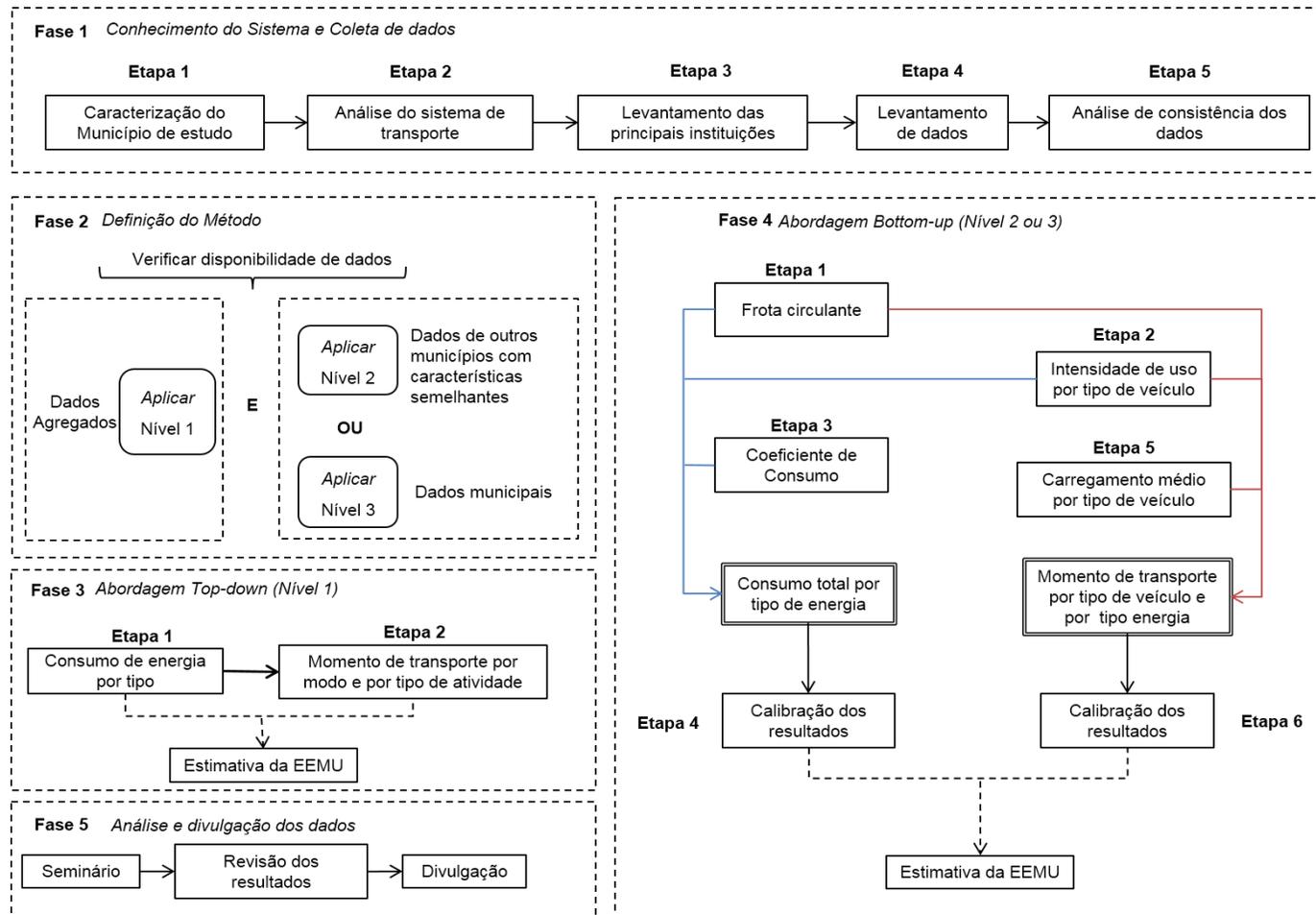


Figura 8 - Método para Estimativa do UEMU.

4.1 Fase 1: Conhecimento do sistema e coleta de dados

Esta fase engloba as seguintes etapas da metodologia proposta:

- (i) Caracterização do município de estudo;
- (ii) Análise do sistema de transportes;
- (iii) Levantamento das principais instituições envolvidas;
- (iv) Levantamento de dados; e
- (v) Análise da consistência dos dados coletados.

Na **etapa 1**, deve ser realizada a **caracterização do município de estudo**, por meio do levantamento de dados geográficos, populacionais, socioeconômicos e de planejamento urbano. Ainda, os dados referentes à distribuição de viagens por tipo e modo de transporte e à frota circulante e flutuante no município devem ser identificados ou coletados.

Na **etapa 2**, deve ser realizada a **análise do sistema de transportes do município**, considerando a demanda e oferta de transportes por tipo e por modo. Neste momento, devem ser identificados: a infraestrutura de transportes para cada modo por tipo de atividade, detalhando a rede viária e seus principais acessos; os serviços de transportes ofertados, detalhando suas características operacionais (itinerário e demanda); os principais operadores de transporte e sua frota.

Na **etapa 3**, devem ser identificadas as **principais instituições** que fornecem os dados necessários como *input* para aplicação da metodologia proposta. A Tabela 5 apresenta os principais *inputs* provenientes de fontes secundárias, orientando onde estes podem ser obtidos. É importante ressaltar que deve ser realizado o levantamento destes dados para um período mínimo de cinco anos, de modo a possibilitar uma análise de tendência.

Tabela 5 - Principais fontes de dados secundários para a metodologia de estimativa UEEMU.

Input	Fonte
Consumo de energia por tipo	ANP, Companhia de Abastecimento de Gás Natural do Estado e Secretaria de Energia ou Secretaria de Planejamento
Divisão modal	Pesquisa Origem-Destino, obtida na Secretaria de Transportes ou Secretaria de Planejamento Inventário de Emissões Municipal ou Estadual, obtido na Secretaria de Meio Ambiente do município ou estado
Intensidade de uso por tipo de veículo	Pesquisa Origem-Destino, obtida na Secretaria de Transportes ou Secretaria de Planejamento, Inventário de Emissões Municipal ou Estadual, obtido na Secretaria de Meio Ambiente do município ou estado, ou no Inventário Nacional de Emissões do MMA
Frota circulante por tipo de veículo, energia e ano de fabricação	DETRAN, DENATRAN ou no Inventário de Emissões Municipal ou Estadual, obtido na Secretaria de Meio Ambiente do município ou estado
Coeficiente de consumo para veículos leves	Inventário de Emissões Municipal ou Estadual, obtido na Secretaria de Meio Ambiente do município ou estado, no Inventário Nacional de Emissões do MMA ou no programa brasileiro de etiquetagem do INMETRO
Intensidade energética por modo e atividade	Relatórios da IEA, do CentroClima, do LTC e da EPE

Legenda: ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; MMA – Ministério do Meio Ambiente, DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito, DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, IEA – International Energy Agency (em português Agência Internacional de Energia), LTC – Laboratório de Transporte de Carga, EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Na **etapa 4**, prossegue-se com o **levantamento de dados primários**, que servirão como *input* para aplicação da metodologia proposta. A Tabela 6 apresenta os principais *inputs* provenientes de fontes primárias, identificando como estes devem ser coletados. Os questionários a serem utilizados para levantamento dos dados primários são apresentados no Apêndice 1.

Após o levantamento de dados primários e secundários, deve ser realizada a **análise de consistência**. Inicialmente, realiza-se uma comparação dos dados levantados para o município com os dados do estado ao qual o município pertence. Porém, caso os dados estaduais não estejam disponíveis, esta comparação pode ser realizada com dados nacionais. Outra análise relevante nesta etapa consiste em verificar a tendência dos parâmetros de saída (ou seja, os *outputs*: consumo energético e momento de transporte) em relação aos parâmetros tais como população e produto interno bruto (PIB). Assim, caso os dados sejam consistentes, passa-se para a fase seguinte. Caso contrário, deve-se realizar novo levantamento de dados, de modo a melhorar a qualidade destes, em atendimento aos critérios de consistência.

Tabela 6 - Dados primários para a metodologia de estimativa do UEEMU

Input	Atividade de Transporte	Tipo de transporte	Processo de coleta
Coefficiente de consumo ¹ (l/km, kWh/km ou m ³ /km)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Consumo anual por tipo de energia (l, kWh, TEP, J ou m ³)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Número de veículos por tipo e energia ² (unidade)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Quilometragem média anual (km)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo comercial leve; Automóvel; Motocicleta; Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã; A pé; Bicicleta	Levantamentos nas empresas, entrevistas e <i>survey</i> ³
Quilometragem média por rota/linha (km/linha)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Idade média da frota (anos)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Nº de viagens por ano	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Taxa de ocupação média diária (% da capacidade)	Passageiro/ Carga	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Veículo comercial leve; Automóvel; Motocicleta; Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas, entrevistas, <i>survey</i> ³ , pesquisa visual de carregamento, pesquisa embarque/desembarque e sensores para contagem de passageiros ⁴

Input	Atividade de Transporte	Tipo de transporte	Processo de coleta
Taxa de ocupação média do horário de pico (% da capacidade)	Passageiro	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas, entrevistas, <i>survey</i> ³ , pesquisa visual de carregamento, pesquisa embarque/desembarque e sensores para contagem de passageiros ⁴
Taxa de ocupação média no horário de vale (% da capacidade)	Passageiro	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã	Levantamentos nas empresas, entrevistas, <i>survey</i> ³ , pesquisa visual de carregamento, pesquisa embarque/desembarque e sensores para contagem de passageiros ⁴
Usuários por ano (unidade)	Passageiro	Ônibus rodoviário; Ônibus <i>Double Decker</i> ; Microônibus; Ônibus Urbano Básico; Ônibus Pesado <i>Padron</i> ; Ônibus articulado; Ônibus biarticulado Trem; Metrô; VLT; Bonde; Barca; Catamarã; A pé; Bicicleta	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Quantidade de carga transportada por ano (t/ano)	Carga	Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Média de massa transportado por rota (kg/rota - considerando ida e volta)	Carga	Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado; Trem; Metrô; VLT; Bonde	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Principais regiões atendidas (unidade)	Carga	Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado	Levantamentos nas empresas e entrevistas
Número de clientes por bolsão (unidade)	Carga	Veículo Urbano de Carga; Caminhão Semi-leve; Caminhão Leve; Caminhão Médio; Caminhão Semipesado; Caminhão Pesado	Levantamentos nas empresas e entrevistas

¹ Para veículos *flex-fuel*, deve ser levantado o consumo de combustível para cada tipo de energia.

² Aplicado para caminhões e ônibus. Os ônibus podem ser: micro, urbano e rodoviário. Os veículos de carga podem ser: comercial leve, semileve (3,5<PBT<6t), leve (6<PBT<10t), médio (10<PBT<15t), semipesado (PBT>15t; PBTC<40t) ou pesado (PBT>15t; PBTC>40t), sendo PBT: peso bruto total

³ Para o transporte rodoviário individual, é necessário realizar uma pesquisa *survey*, a partir de questionários em uma amostra significativa estatisticamente para fins de levantamento da taxa de ocupação (caronas) e distância média por viagem, com intuito de comparar com os resultados da Pesquisa O/D.

⁴ Caso as empresas de ônibus não disponham de dados sobre a taxa de ocupação dos veículos, será necessário estimá-la. Assim, para estimar a taxa de ocupação dos veículos para transporte por ônibus, pode ser necessário realizar pesquisas embarque-desembarque, pesquisa de carregamento visual ou a instalação de sensores para contagem de passageiros.

4.2 Fase 2: Definição do método a ser aplicado

A metodologia ideal para estimativa da EE deve considerar a aplicação da abordagem *bottom-up*, utilizando um banco de dados locais para estimar o consumo de energia e, em seguida, avaliar a EE. Contudo, considerar apenas a abordagem *bottom-up* impossibilita a calibração dos resultados. Assim sendo, é necessário conciliar os resultados de uma abordagem *bottom-up* com a aplicação de uma abordagem *top-down*.

No caso dos transportes ferroviário e aquático a abordagem *top-down* (nível 1) usualmente atende as necessidades do gestor, devido a menor diversidade de tipos de fontes de energia e ao pequeno número de sistemas em operação no Brasil. Enquanto para o transporte rodoviário é adotada uma abordagem *bottom-up* (nível 2 ou 3) e, em seguida, os resultados são calibrados com a aplicação de uma abordagem *top-down*. Assim, inicialmente, a metodologia proposta segue por meio do *nível 1*, para posteriormente seguir para o *nível 2* ou 3, quando necessário. Enfim, o processo de escolha entre os níveis do método proposto (*níveis 2 e 3*) depende da disponibilidade dos dados. A Tabela 7 lista os *inputs* necessários para a aplicação da metodologia, sendo destacados os dados mínimos que são requeridos para cada *nível*, para cada modo e tipo de transporte ofertado no município de estudo, tanto para o transporte de passageiros quanto para o TUC.

Tabela 7 - Dados necessários para a escolha do nível** do método para estimativa da EE.

Inputs	<i>Nível 1</i>	<i>Nível 2</i>	<i>Nível 3</i>
Consumo de energia por tipo de energia	✓	✓	✓
Divisão modal (por momento de transporte ou viagens)	✓	✓	✓
Distância média de viagem	✓	✓	✓
Coefficiente de consumo		*	✓
Frota circulante		✓	✓
Intensidade de uso		*	✓
Carregamento médio		*	✓

* Estes inputs também são necessários para a aplicação do método em nível 2. Entretanto, caso estes não estejam disponíveis para o nível local (ou seja, para a cidade em estudo), devem ser utilizadas premissas de outros municípios com características semelhantes, do estado ou até mesmo do país ao qual município pertence.

** A metodologia é estruturada em três diferentes níveis de detalhamento (nível 1, nível 2, nível 3). O primeiro nível (nível 1) adota uma abordagem *top-down*, enquanto os níveis 2 e 3 adotam uma abordagem *bottom-up*. Porém, no nível 3 adota apenas dados do município em estudo, enquanto no nível 2 podem ser adotados dados de outros municípios com características semelhantes, do estado ou até do país ao qual a cidade em análise pertence.

Ressalta-se ainda a importância de dados locais referentes ao consumo de energia por tipo de energia e da divisão modal para uma estimativa agregada da EE. Caso os dados para divisão modal sejam disponíveis apenas por viagens, ainda é fundamental que se tenham dados referentes à distância média por viagem e por tipo de veículo, pois sem estes dados, não é possível realizar uma estimativa da EE, mesmo que de forma agregada, e, assim, a metodologia só poderia ser aplicada após a realização de uma Pesquisa Origem-Destino no município em estudo.

4.3 Fase 3: Nível 1 - Abordagem Top-down

Nesta fase, são descritas as etapas para aplicação da abordagem *top-down* na estimativa do UEEMU. A seção se subdivide em duas subseções: uma relativa à aplicação da abordagem para o transporte ferroviário e aquático, e outra específica para o transporte rodoviário.

4.3.1 Nível 1 - Abordagem top-down para o transporte ferroviário e aquático

Para a estimativa da UEEMU para o modo ferroviário e aquático são necessários os seguintes *inputs*: consumo energético útil, passageiros transportados, e intensidade de uso média por viagem em área urbana, como apresentado na Figura 9. Destaca-se que, por se tratar de modos que operam em um ambiente controlado e com acessos limitados por meio de estações e terminais, é possível garantir disponibilidade e maior confiabilidade dos dados para o transporte ferroviário e aquático. Os dados devem ser obtidos em consulta às operadoras de transporte.

A Figura 9 resume as etapas para a estimativa da EE para os modos ferroviários e aquáticos pela abordagem *top-down*. Posteriormente, compara-se a estimativa da EE com as eficiências encontradas na literatura especializada (relatórios da IEA, LTC, Centro Clima e EPE). Em casos em que a eficiência obtida não esteja enquadrada entre os valores mínimos e máximos levantados na literatura, uma nova coleta de dados deve ser realizada.

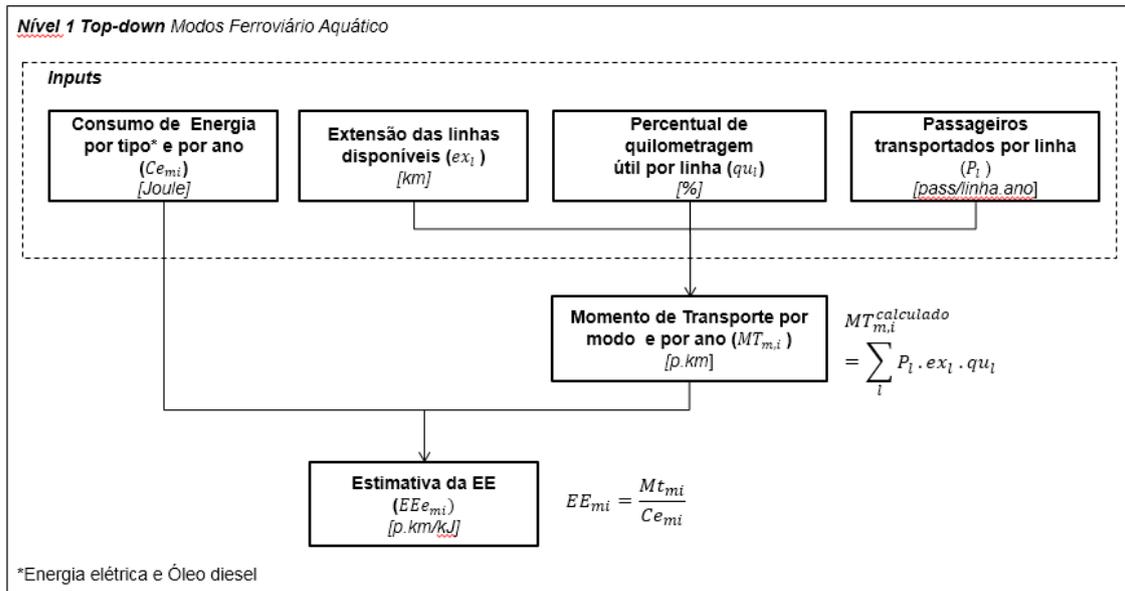


Figura 9 – Fluxograma para estimativa EE para o modo ferroviário e aquático (nível 1)

4.3.2 Nível 1 - Abordagem Top-down para o transporte rodoviário

A Figura 10 apresenta um fluxograma para estimativa da EE para o modo rodoviário.

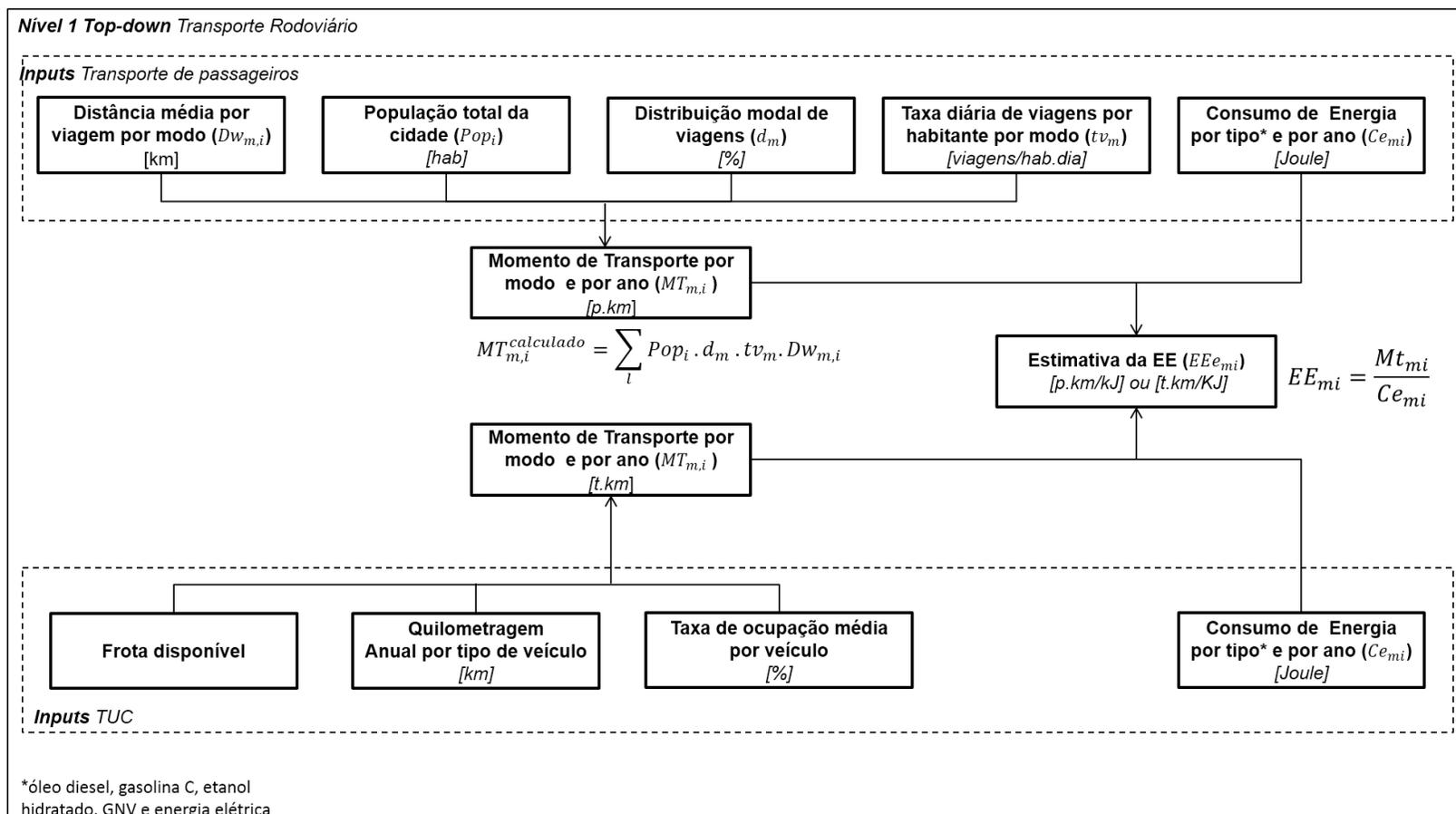


Figura 10 – Fluxograma para estimativa EE para o modo rodoviário.

A primeira etapa consiste na **estimativa do consumo de energia por tipo** (óleo diesel, gasolina C, etanol hidratado, GNV e energia elétrica) para o modo rodoviário, considerando tanto o transporte de passageiro quanto o TUC (Figura 10). Inicialmente, deve-se verificar se o município em estudo possui um Inventário de Emissões recente, que engloba o setor de transportes. Em caso positivo, deve ser identificado no inventário os dados relativos à demanda energética para o setor de transporte e, em seguida, compará-los com os dados de venda de combustíveis, obtidos pela ANP. A finalidade deste passo é validar e atualizar o consumo energético, uma vez que a ANP disponibiliza estes dados anualmente. Porém, caso o município estudado não disponha de um Inventário de Emissões, deve ser realizada uma solicitação formal à ANP sobre as vendas de combustíveis da ANP especificamente para o setor de transportes.

No caso específico do óleo diesel, deve ser identificado qual o percentual do consumo de energia se destina a transporte urbano de carga e ao transporte de passageiros. Deste modo, deve ser identificado por meio de pesquisas com as principais operadoras de ônibus urbano e fretados o consumo de óleo diesel. Pesquisa similar deve ser realizada com transportadoras locais, porém especificando o percentual deste consumo que se destina ao TUC. Deve-se então realizar a soma dos valores referentes ao consumo de óleo diesel para o transporte de passageiros e TUC, e comparar este total ao consumo deste tipo de combustível destinado ao setor de transportes, estimado com base nos dados na ANP. Caso o primeiro seja equivalente ou inferior ao segundo, deve-se prosseguir para a estimativa do momento de transporte. Caso contrário, deve-se retornar a etapa de levantamento de dados, refinando a pesquisa referente ao consumo de óleo diesel com as empresas.

A segunda etapa da abordagem *top-down* consiste na **estimativa do momento de transporte por modo e por tipo de atividade**. Para tanto, são necessários estudos, tal como Pesquisa Origem-Destino, que disponibilizem dados relativos à divisão modal do transporte urbano. O ideal seria que estes estudos fornecessem dados relativos ao momento de transporte (p.km e t.km), tal como é usual nas pesquisas desenvolvidas em países da OECD (IEA, 2016; ITF, 2015). Entretanto, as pesquisas OD em cidades brasileiras, tal como a pesquisa do município do Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Sorocaba, fornecem dados relativos à divisão modal por número de viagens.

Portanto, faz-se necessário determinar a intensidade de uso por tipo de veículo para, então, calcular o momento de transporte. Este dado pode ser estimado a partir da quilometragem média percorrida pelos passageiros por tipo de veículo na Pesquisa Origem Destino e validado com base no tempo médio de deslocamento por viagem e a velocidade média operacional por modo na cidade. Ainda, é necessário estimar a taxa diária de viagens por habitante para cada modo com base nos dados da Pesquisa Origem/Destino. Assim, de posse destes dados, passa-se a estimativa do momento de transporte (Equação 1).

$$MT_{m,i}^{calculado} = \sum_l Pop_i \cdot d_m \cdot tv_m \cdot Dw_{m,i} \quad (1)$$

Em que, $MT_{m,i}$ é o momento de transporte por modo (m) para o ano (i) em p.km;

Pop_i é população total da cidade no ano i, em hab.;

d_m é a distribuição modal de viagens, em %;

tv_m é a taxa diária de viagens por habitante por modo, em viagens/hab.dia;

$Dw_{m,i}$ é a distância média por viagem (w) por modo (m) para o ano (i), em km.

Para calibração do momento de transporte, os valores estimados para veículos pesados devem ser adotados como balizadores, uma vez que os dados obtidos para o *nível 2* são referentes a uma operação controlada, sendo levantados diretamente com as empresas do setor. Além disto, são dados necessários para o cálculo da tarifa vigente, garantindo assim sua confiabilidade. Assim, deve-se comparar os valores estimados para o momento de transporte, obtidos por meio da Equação 1, em relação aos valores obtidos para veículos pesados por meio do *nível 2*, sendo realizados então, para todos os modos, os ajustes necessários na distância média por viagem e na taxa de viagens por habitante por modo.

Destaca-se que, em geral, costuma-se observar uma subestimação das distâncias percorridas e do número de viagens realizadas em Pesquisas Origem Destino. Segundo Paiva (2013), a subestimação das distâncias percorridas ocorre porque para cada para OD existem diferentes possibilidades de caminho e, principalmente na hora de pico, muitos passageiros acabam não adotando o caminho mínimo como forma de evitar congestionamento. A subestimação com relação ao número de viagens costuma ocorrer para viagens não pendulares, ou seja, para viagens a lazer ou outras viagens não costumeiras, pois os respondentes da pesquisa O/D acabam esquecendo de relatar estes deslocamentos que não realizam com frequência. Tais dados, no planejamento de

transportes, acabam sendo ajustados, posteriormente, na etapa de alocação de tráfego, pois, nesta fase do modelo quatro etapas, costuma-se realizar contagem de tráfego.

Ressalva-se que os dados relativos à taxa de viagens por habitante por modo, por serem obtidos por meio da Pesquisa Origem-Destino, representam a característica do ano de estudo. Contudo, a demanda por transporte é derivada e diferenciada, de modo que é influenciada por características socioeconômicas. Assim, é preciso ajustar o momento de transporte estimado para os demais anos, com base em fatores como População, PIB, PIB per capita, evolução da frota circulante etc. Porém, caso haja uma mudança significativa na oferta de transporte local, é possível que ocorram mudanças significativas com a distribuição de viagens, de modo que se faz necessário o desenvolvimento de uma nova Pesquisa Origem-Destino.

Ainda, é importante destacar que o TUC não costuma ser abordado nas Pesquisas Origem-Destino em cidades brasileiras. Portanto, caso o estudo a ser desenvolvido para estimativa da EE englobe também a mobilidade urbana de carga, deve-se estimar a movimentação anual de carga na região de estudo, em t, e a intensidade de uso, em km, por meio de entrevistas com empresas do setor.

De posse dos dados referentes ao consumo de energia por tipo e ao momento de transportes, utiliza-se a Equação 2 para a estimativa da EE do sistema de transporte.

$$EE_{ai} = \frac{Mt_{ai}}{Ce_{ai}} \quad (2)$$

Em que, EE_{ai} : eficiência energética para a atividade de transporte (a) e ano (i), em p.km/kJ ou t.km/kJ;

Ce_{ai} : consumo de energia em Joule para a atividade de transporte (a) e ano (i);

Mt_{ai} : momento de transporte para a atividade (a) e ano (i); em p.km ou t.km.

Posteriormente, a estimativa da EE deve ser comparada com as eficiências encontradas na literatura especializada (relatórios da IEA, LTC, CentroClima e EPE). Em casos em que a eficiência obtida não esteja enquadrada dentre os valores mínimos e máximos levantados na literatura, uma nova coleta de dados deve ser realizada.

4.4 Fase 4: Nível 2 e 3 – Abordagem *bottom-up*

Aqui descrevem-se as seis etapas para aplicação da abordagem *bottom-up* para a estimativa da UEEMU, que são:

- (i) Etapa 1: consiste na estimativa da frota circulante, ou seja, do volume de veículos em operação;
- (ii) Etapa 2: consiste na estimativa da intensidade de uso por tipo de veículo da frota circulante;
- (iii) Etapa 3: consiste na estimativa do consumo de energia por tipo de veículo e fonte de energia;
- (iv) Etapa 4: consiste na calibração dos resultados obtidos para consumo de energia por tipo pela abordagem *bottom-up* (nível 2 ou 3) com aqueles estimados pela abordagem *top-down* (nível 1);
- (v) Etapa 5: consiste na estimativa do carregamento médio por tipo de veículo; e
- (vi) Etapa 6: consiste na calibração dos resultados obtidos para consumo de energia e momento de transporte por tipo de veículo pela abordagem *bottom-up* (nível 2 ou 3) com aqueles estimados pela abordagem *top-down* (nível 1).

A seguir, as Figuras 11, 12 e 13 apresentam respectivamente as Etapas 1, 2 e 3 da abordagem *bottom-up* e a Tabela 8 apresenta os coeficientes de equivalência médios para combustíveis líquidos.

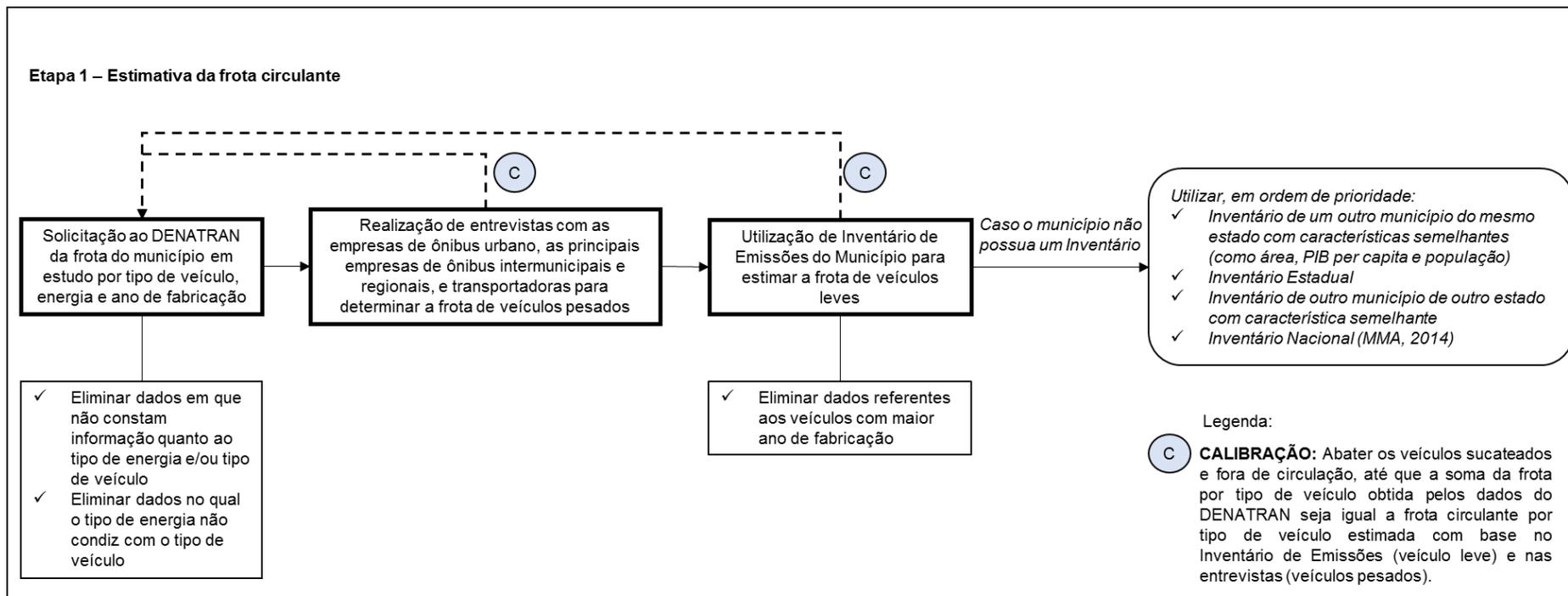


Figura 11 – Estimativa da frota circulante.

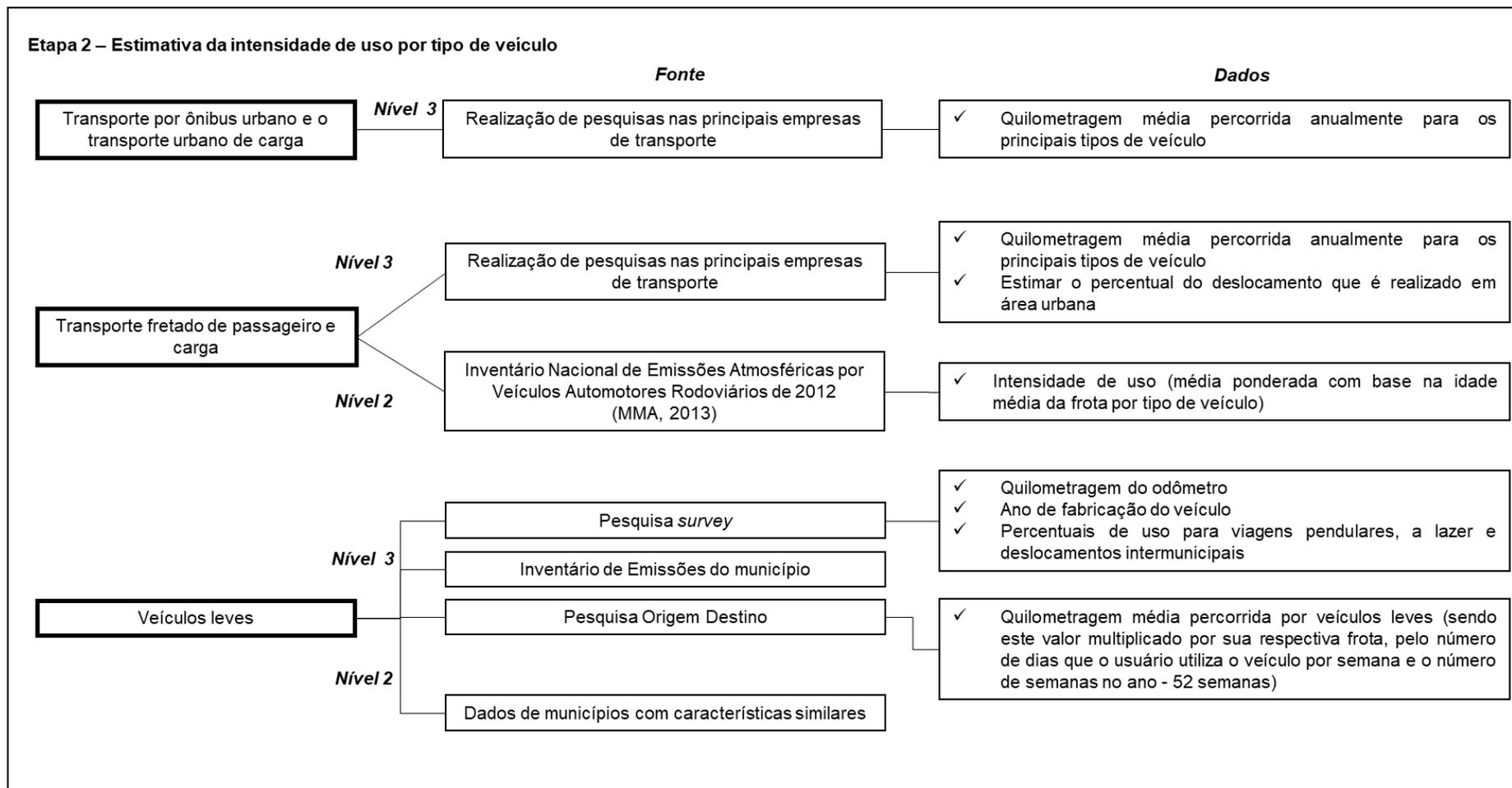


Figura 12 – Estimativa da intensidade de uso por tipo de veículo

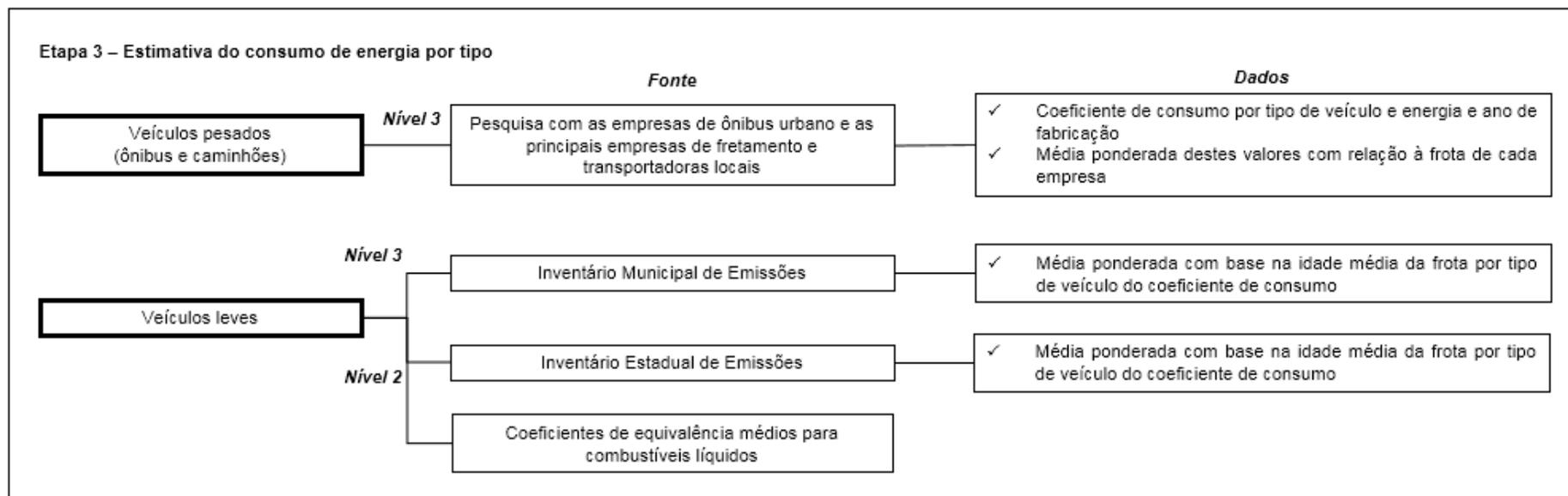


Figura 13 – Estimativa do consumo de energia por tipo

Tabela 8 – Coeficientes de equivalência médios para combustíveis líquidos

Multiplicar de m³ para	kJ
Óleo diesel	35.500.000
Biodiesel	33.160.000
Gasolina A	32.240.000
Etanol anidro	22.360.000
Etanol hidratado	21.350.000
Multiplicar de 10³ m³ para	kJ
GNV	36.840.000

Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2017)

Após a estimativa da frota circulante, intensidade de uso e coeficiente de consumo por tipo de energia e veículo, realiza-se o **cálculo do consumo de energia por tipo de veículo e por tipo de energia** com base na Equação 3. Entretanto, é importante destacar que, no caso da fração *flexible-fuel* (percentual de consumo de combustível por tipo para os veículos *flexible-fuel*), não se conhece o percentual de veículos que utiliza cada tipo de combustível (gasolina e etanol). Assim, sugere-se que, em um primeiro momento, seja adotado o percentual de 50% para cada tipo de energia do total da frota *flexible-fuel*. Este valor será ajustado na etapa de calibração.

$$Vol_{k,v,i}^{calculado} = Fr_{k,v,i} \cdot CoefC_{k,v,i} \cdot Iu_{k,v,i} \quad (3)$$

Em que, $Vol_{k,v,i}$ é o consumo de energia (k) para o tipo de veículo (v) para o ano (i), em l ou m³;

$Fr_{k,v,i}$ é a frota circulante do veículo (v) do tipo de energia (k) para o ano (i), em unidade;

$CoefC_{k,v,i}$ é o coeficiente de consumo do veículo (v) no ano (i) para o tipo de energia (k), em l/km ou m³/km;

$Iu_{k,v,i}$ é a intensidade de uso média do veículo (v) no ano (i) para o tipo de energia (k), em km.

Com base no consumo de energia por tipo de veículo e energia (Equação 3), estima-se o **consumo total por tipo de energia para o transporte urbano de carga e para o transporte de passageiros**, por meio da Equação 4.

$$Vol_{k,i}^{calculado} = \sum_v Vol_{k,v,i}^{calculado}, \forall k \quad (4)$$

Em que, $Vol_{k,v,i}$ é o consumo de energia (k) para o tipo de veículo (v) para o ano (i), em l ou m³;

$Vol_{k,i}$ é o consumo de energia (k) no ano (i), em l ou m³;

Posteriormente, as Figuras 14 e 15 apresentam respectivamente as Etapas 4 e 5 da abordagem *bottom-up*.

Etapa 4 – Calibração de dados

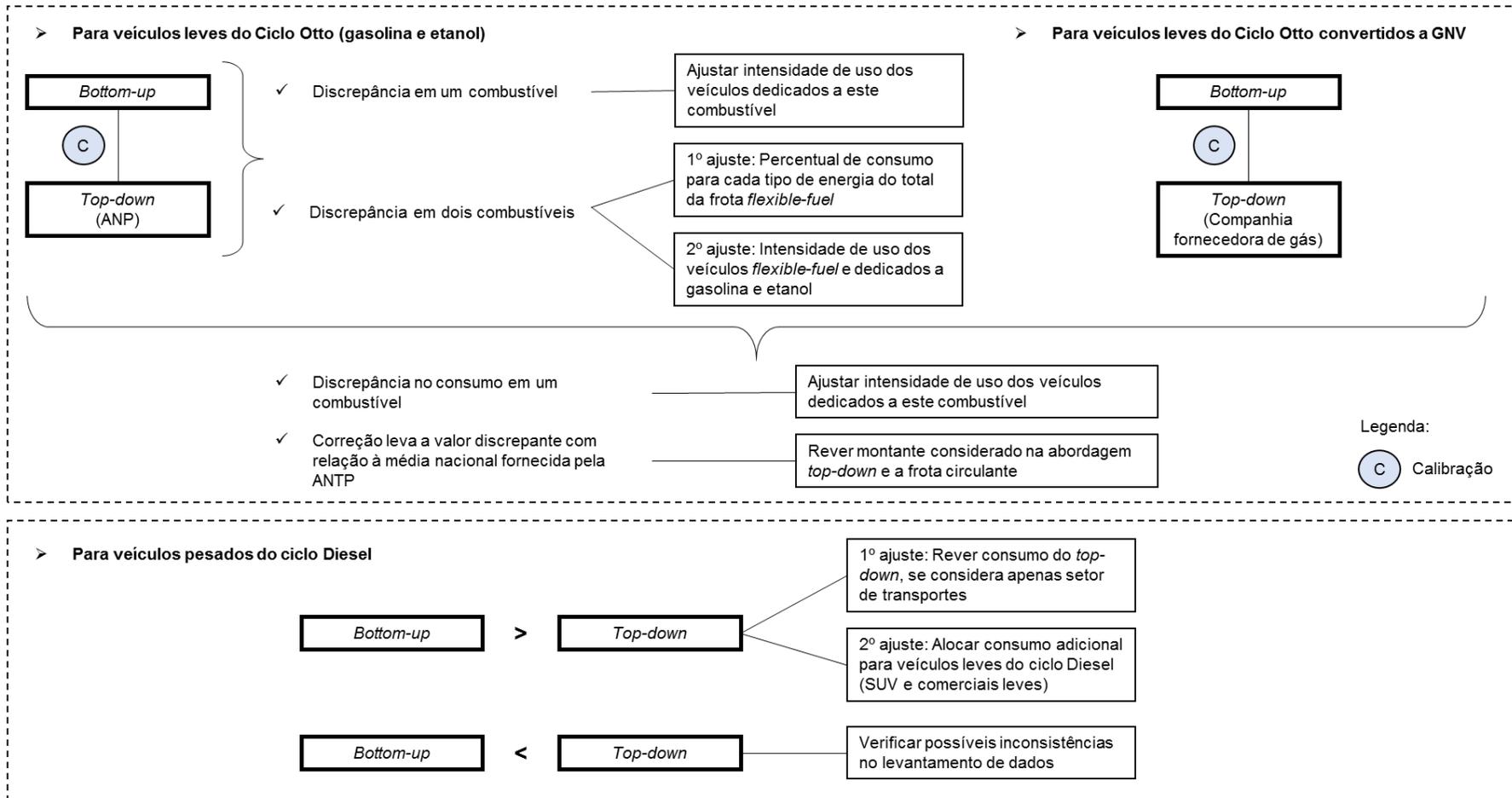


Figura 14 - Calibração de dados.

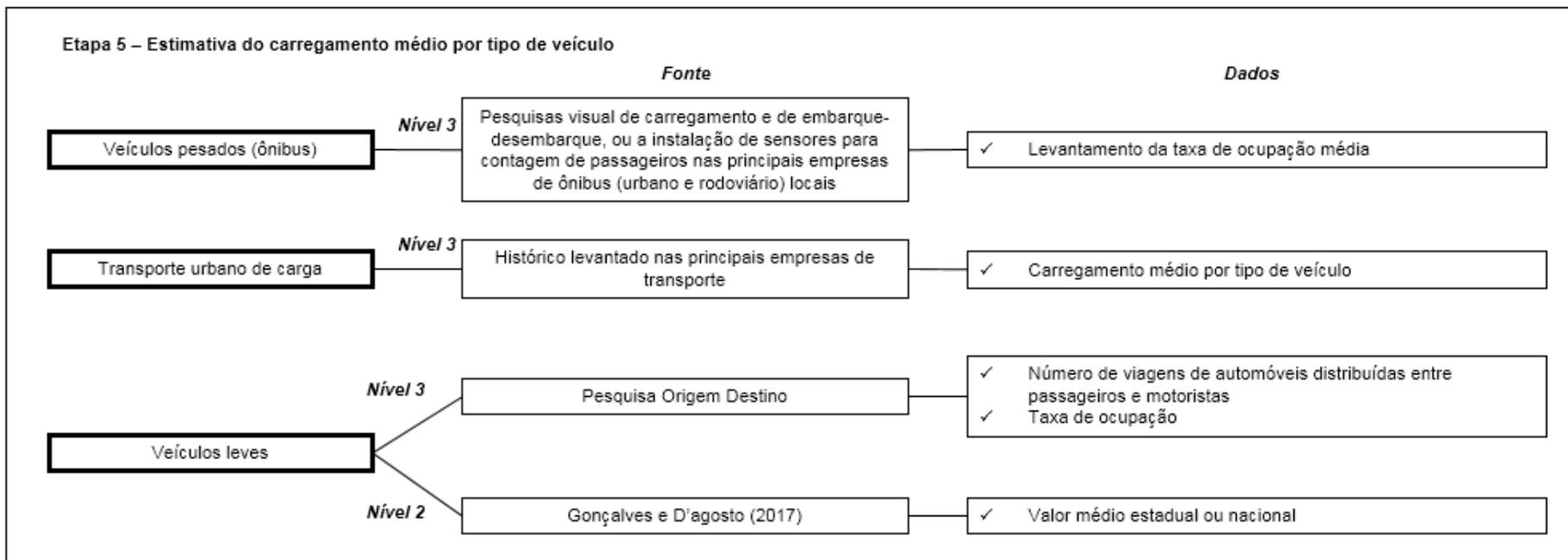


Figura 15 – Estimativa do carregamento médio por tipo de veículo

Após a estimativa da frota circulante, intensidade de uso e carregamento médio por tipo de veículo, realiza-se o cálculo do **momento de transporte por tipo de veículo e por energia** com base na Equação 5.

$$MT_{v,i}^{calculado} = Fr_{v,i} \cdot Iu_{v,i} \cdot CMed_{v,i} \quad (5)$$

Em que, $MT_{v,i}$ é o momento de transporte por tipo de veículo (v) para o ano (i), em p.km ou t.km;

$Fr_{v,i}$ é a frota circulante do veículo (v) para o ano (i), em unidades;

$Iu_{v,i}$ é a intensidade de uso média do veículo (V) no ano (i), em km; e

$CMed_{v,i}$ é o carregamento médio do veículo (V) no ano (i), em pass. ou t.

A etapa 6 consiste na **calibração dos resultados obtidos para consumo de energia e momento de transporte por tipo de veículo** pela abordagem *bottom-up* (nível 2 ou 3) com aqueles estimados pela abordagem *top-down* (nível 1), como apresentado na Figura 16.

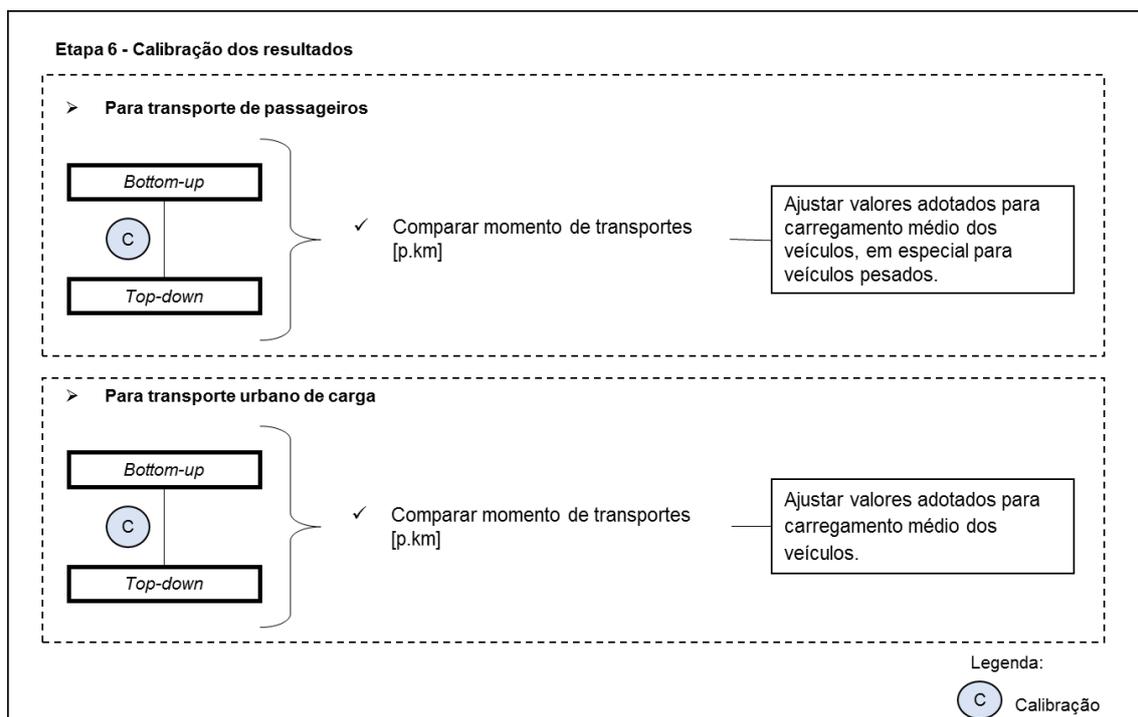


Figura 16 – Calibração dos resultados

Após realizar o ajuste do consumo energético por tipo de energia, no caso brasileiro, onde se verifica a mistura de combustíveis, é preciso separar as misturas da gasolina C e do

diesel BX de acordo com a regulação vigente no período analisado. Assim, os valores do consumo energético por tipo de energia e veículo devem ser convertidos para uma unidade de energia comum (Joule). Em seguida, realiza-se a soma destes valores por tipo de atividade (TUC e transporte de passageiros), considerando os devidos tipos de veículos (CE_{ai}). Enfim, é realizada a **estimativa da eficiência energética na mobilidade urbana** por meio da Equação 6.

$$EE_{ai} = \frac{MT_{a,i}}{CE_{ai}} \quad (6)$$

Em que, $EE_{a,i}$ é a eficiência energética para a atividade de transporte (a) para o ano (i);
 $CE_{a,i}$ é o consumo energético para a atividade de transporte (a) para o ano (i);
 $MT_{a,i}$ é o momento de transporte por atividade de transporte (a) para o ano (i), em p.km ou t.km.

A Figura 17 apresenta o fluxograma para o cálculo para estimativa da EE. É importante destacar que, após a estimativa do UEEMU, este resultado deve ser comparado com valores de referência apresentados na literatura (Tabela 9) de modo a analisar a sua consistência.

Tabela 9 – Valores de referência de EE.

Tipo de transporte	Tipo de veículo	Eficiência Energética
		p.km/MJ
Passageiro	Micro Ônibus	1,33-2,86
	Ônibus Convencional	1,25-4,00
	Veículo Leve Sobre Trilhos	2,50-5,88
	Trem Metropolitano a Diesel	1,67-5,10
	Trem Metropolitano Elétrico	2,22-5,46,
	Automóvel a Gasolina - Grande	0,32-0,83
	Automóvel a Gasolina - Pequeno	0,36-1,43
Carga		t.km/MJ
	Furgão com MCI a gasolina	0,37
	Caminhão leve com MCI a diesel	0,55
	Caminhão médio com MCI a diesel	0,62
	Caminhão pesado com MCI a diesel	0,78
	Caminhão trator + semirreboque com MCI a diesel	1,18
	Trem de carga a diesel ²	4,07
	Hidrovia interior com rebocador a diesel ³	2,70
	Navio petroleiro	15,15
	Avião de carga	0,14
Oleoduto ¹	8,13	

Notas: 1 – fluxo contínuo de bombeio; 2 – trem com duas locomotivas e 100 vagões com 75t cada; 3 – comboio com um rebocador e seis chatas.

Fonte: D’Agosto & Ribeiro (2004); D’Agosto & Ribeiro (2009); Davis et al. (2009); Hughes (1994).

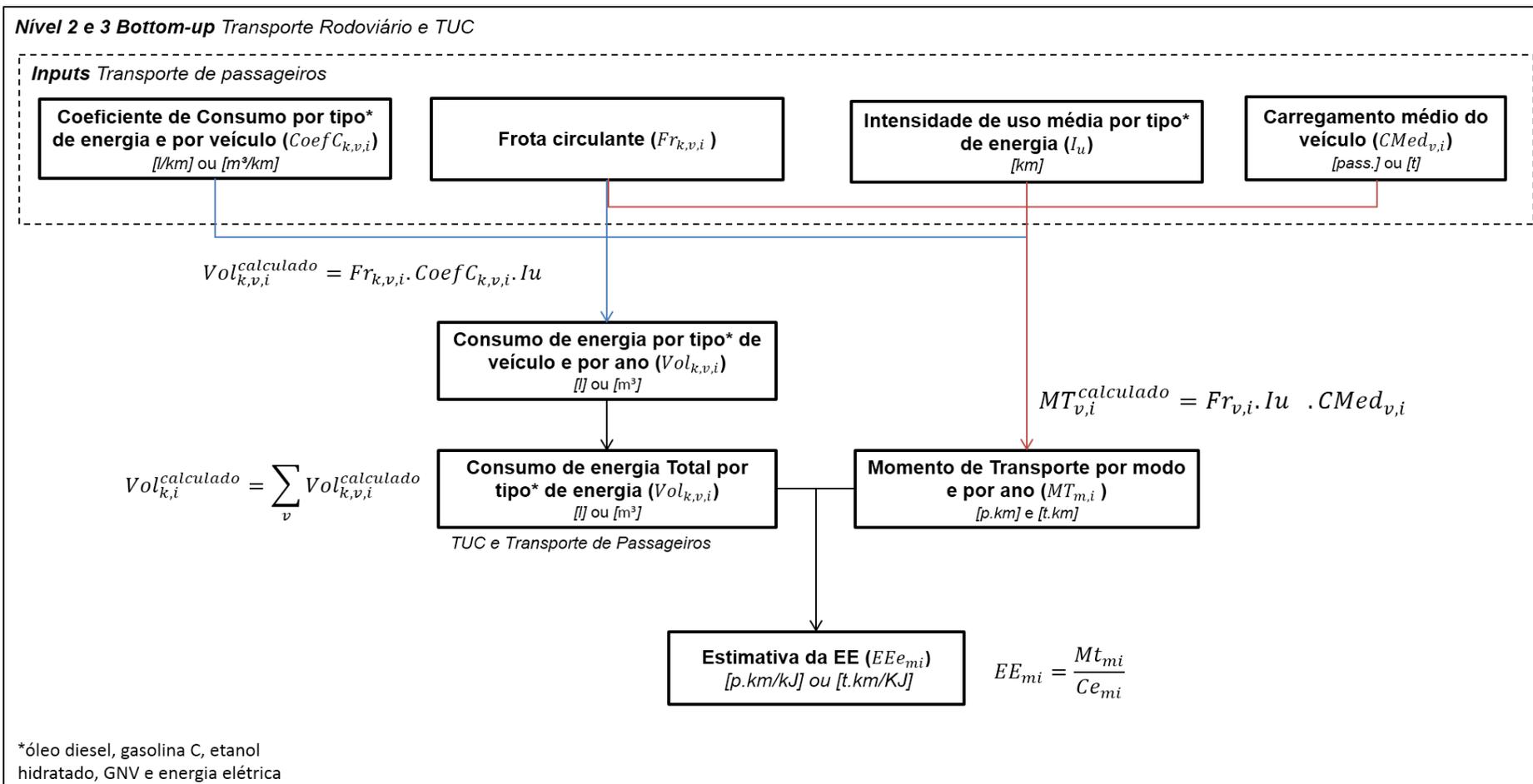


Figura 17- Fluxograma para estimativa EE na abordagem *Bottom-up*.

4.5 Fase 5: Análise e divulgação dos resultados

A análise dos resultados obtidos nas Fases 3 e 4, na forma da estimativa da EE, subsidiarão a escolha de ações de gestão de mobilidade urbana, que serão implementadas visando o aprimoramento da UEEMU, além de permitir o cálculo da *baseline* (*ex-ante*), o processo de monitoramento da EE e das ações selecionadas e a estimativa do cenário *ex-post*. O Capítulo a seguir apresenta a metodologia proposta para monitoramento da UEEMU e das ações de gestão de mobilidade urbana.

5 MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO UEEMU

O método MRV (*Monitoring, Reporting and Verification*) tem a finalidade de coletar informações relevantes sobre o progresso e o impacto de ações de mitigação (Etapa 1), apresentar as informações resultantes destas ações de forma transparente e padronizada (Etapa 2), e avaliar a integridade, consistência e confiabilidade da informação relatada por meio de um processo independente (Etapa 3) (Füssler et al., 2016). Além disso, o MRV pode ser aplicado em diversos contextos, especialmente no monitoramento da emissão de CO₂ no contexto da mobilidade urbana. Sua adoção é recomendada pelo UNFCCC (*United Nations Framework Conventions on Climate Change*), desde a COP13 (*Conference of Parties*, 13^a edição) em 2007. Neste capítulo, é apresentado o procedimento proposto para aplicação do método MRV no monitoramento do UEEMU e do impacto das ações de gestão da mobilidade sobre o UEEMU.

O processo de medição/monitoramento tem o objetivo de estimar o UEEMU, com base em dados recentes ou em dados históricos. Este processo pode ser definido por meio do rastreamento de indicadores-chaves ao longo do tempo. A partir destes conceitos, definem-se as fases de medição/monitoramento, que englobam as etapas de: (i) estimativa do *baseline* (*ex-ante*); (ii) monitoramento da implantação da ação e do UEEMU e; (iii) estimativa do cenário *ex-post*. A estimativa do *baseline* (definida como cenário *ex-ante*) relacionada ao problema de UEEMU ocorre com a finalidade de identificar o cenário atual de EE do sistema de transporte da cidade em estudo, permitindo uma análise dos pontos sensíveis a serem aprimorados. O resultado desta etapa apoia o processo decisório relativo à implantação de ações de gestão de mobilidade urbana. Após a determinação da ação a ser implantada, deve ser realizado o seu monitoramento, por meio da coleta de dados de indicadores de gestão da mobilidade urbana e de EE. Enfim, a estimativa desta ação (cenário *ex-post*) deve ser realizada após a implantação da ação ou durante um processo de intervenção prolongado (Eichhorst *et al.*, 2015).

A Figura 18 apresenta as principais questões a serem abordadas em cada etapa do método (Medição/Monitoramento, Relatórios e Verificação) adaptadas para a estimativa e monitoramento do UEEMU.

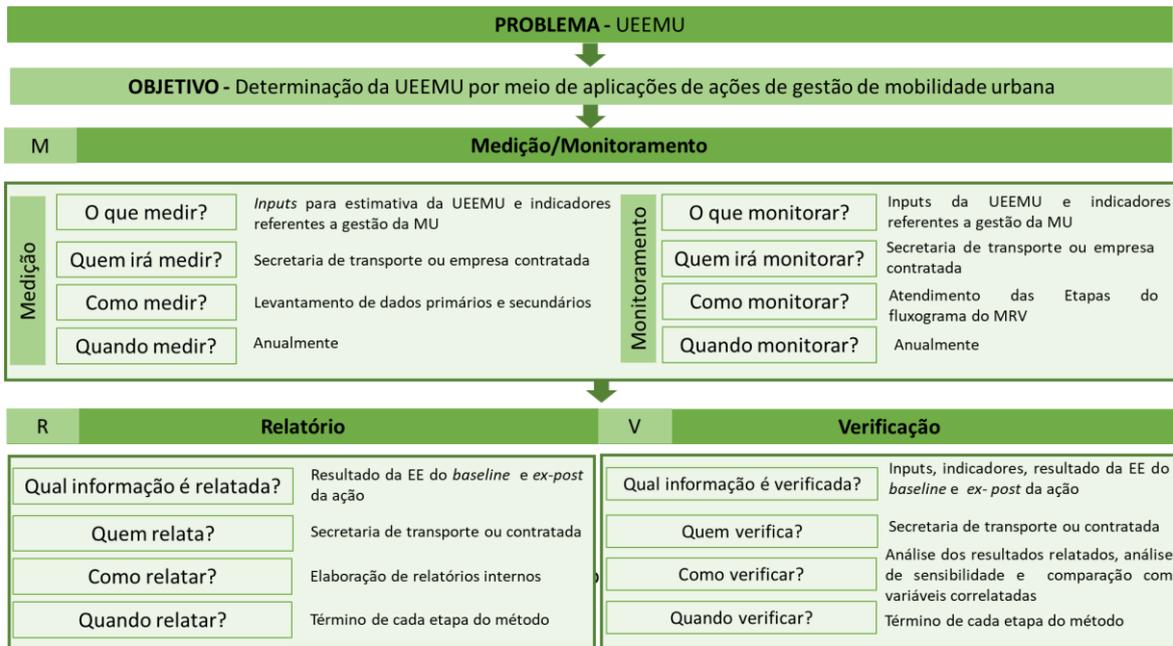


Figura 18 – Definição dos termos MRV

A Figura 19 apresenta, por meio de um fluxograma, as etapas a serem seguidas para a aplicação do procedimento de monitoramento do UEEMU e gestão das ações de mobilidade urbana e que são descritas ao longo deste Capítulo.

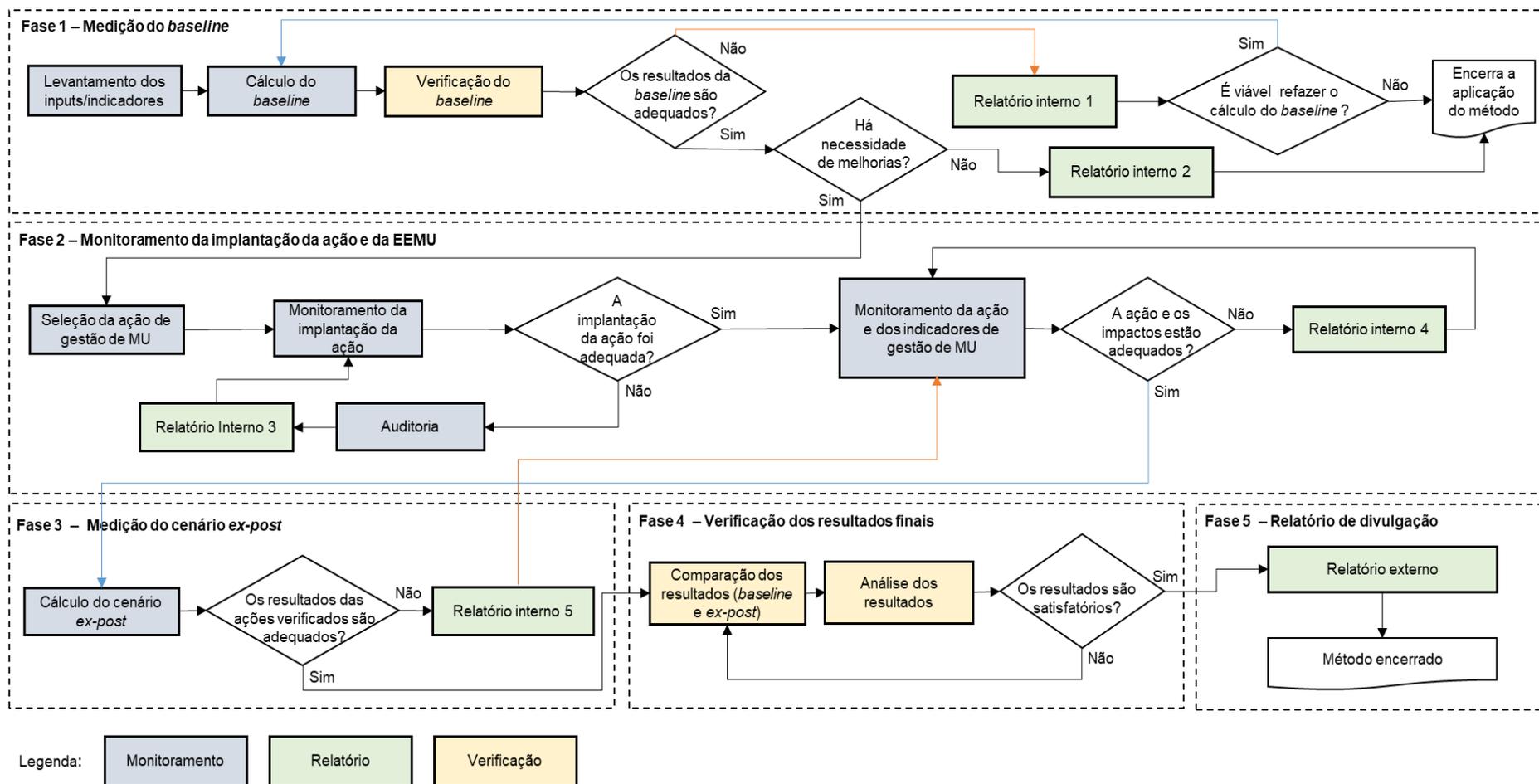


Figura 19 - Fluxograma do Método MRV

5.1 Fase 1: Medição do baseline (*ex-ante*)

Nesta fase, deve-se realizar a estimativa do *baseline*, por meio de dados históricos. Deste modo, devem ser levantados os *inputs*, apresentados nas Tabela 7, para a estimativa da EE, os parâmetros de saída (*outputs*) e os indicadores de gestão de mobilidade urbana. Assim, a EE pode ser estimada (em p.km/kJ ou em t.km/kJ) como definido no método proposto.

Além da medição e monitoramento do UEEMU, deve ser realizada a medição e monitoramento do impacto das ações de gestão de mobilidade urbana. Os indicadores referentes à gestão da mobilidade urbana são apresentados na Tabela 10 e categorizados segundo os três aspectos da sustentabilidade (ambiental, social e econômico). Convém destacar a necessidade de estudos para levantamento dos dados e de estatísticas relativas ao sistema e à demanda de transporte local. Deste modo, entre estes indicadores, recomenda-se que seja dada prioridade ao processo de medição e monitoramento daqueles que possuem maior correlação com a UEEMU (destacados em azul na Tabela 10).

Após a definição dos *inputs* e indicadores de gestão de mobilidade, deve-se realizar a estimativa da EE do *baseline*. Para estimativa do UEEMU, deve-se seguir o método proposto anteriormente.

No processo de verificação da *baseline*, deve-se avaliar os *inputs* e os indicadores selecionados, verificando se os resultados obtidos na estimativa do UEEMU são satisfatórios e condizentes com a realidade. A partir deste resultado, verifica-se a necessidade de melhorias em relação ao UEEMU, que, se houver, deve-se seguir o procedimento descrito na Etapa 2, em que são selecionadas as ações de gestão de MU a serem implantadas no município. Porém, em caso de inadequação do resultado, deve-se elaborar um Relatório Interno, conforme apresentado na Figura 19, e verificar a viabilidade de refazer a estimativa do *baseline*. No entanto, caso não seja viável, o procedimento é encerrado.

Tabela 10 - Indicadores de gestão da mobilidade urbana

Aspecto	Indicadores	Descrição	Unidade
Ambiental	Consumo de energia e combustíveis fósseis no transporte ³	<ul style="list-style-type: none"> Energia consumida por veículo (automóvel, ônibus etc.) para deslocar 1 km em área urbana Quantidade de litros de combustível consumida anualmente por habitante utilizando veículo motorizado individual na área urbana. 	MJ/veíc. km ou l/hab.ano
	Emissão de CO ₂	Emissões anuais de CO ₂ por veículos automotores	t
	Velocidade média da rede	Velocidade diária média de horas de congestionamento de tráfego em vias da rede viária principal	km/h
	Frota de bicicletas	Quantidade de bicicletas no município	Nº de bicicletas/ 100 hab.
	Vagas de estacionamento para bicicletas (número de estações e vagas disponíveis)	Participação de vagas em estacionamentos para bicicletas	Nº de vagas de estacionamento para bicicletas ou %
	Extensão de vias para pedestres	Cobertura e conectividade da rede de vias para pedestres	km ou %
	Emissão de CO	Emissões anuais de CO por veículos automotores	kg/ano
	Uso de energia limpa e combustíveis alternativos ³	<ul style="list-style-type: none"> Energia de fontes renováveis consumida por veículo (automóvel, ônibus, etc.) em um percurso. 	MJ/veíc.km ou %
	Emissão de CO _{2eq} ³	Emissões anuais de CO _{2eq} por veículos automotores	kg/ano ou %
	Emissão de outros GEE ⁴	Emissões anuais de outros GEE por veículos automotores	kg/ano ou %
	Emissão de outros PA ⁵	Emissões anuais de outros PA por veículos automotores	kg/ano
	Frota de veículos por tipo de energia ³	Quantidade de veículos por tipo de energia em circulação no município	%
	Parcela de veículos (oferta de lugares) do Transporte Público Urbano (TPU) utilizando energia limpa	Percentual de lugares ofertados no transporte público utilizando energia limpa.	%
	Participação do modo de transporte não motorizado ³	Percentual de frota não motorizada no município	%
	Econômico	Número de horas de congestionamento nas vias urbanas	Média diária mensal de horas de congestionamento de tráfego em vias da rede viária principal
Índice de motorização		Número de veículos registrados no município por 1000 habitantes no ano de referência	veíc. /hab.
Idade média da frota de veículos no transporte público ³		Idade média da frota de ônibus e micro-ônibus urbanos no ano de referência no município.	anos
Parcela de veículos de carga com uso de energia limpa		Número de veículos com energia limpa registrados no município	%
	Índice de passageiro por quilometro (IPK) ³	Razão entre o número de usuários transportados e a quilometragem percorrida pela frota de transporte público do município	pass./km

⁴ Outros GEE: CH₄ e N₂O.

⁵ Outros PA: NO_x, HC e MP

³ Indicadores e atributos sugeridos como prioritários para monitoramento.

Aspecto	Indicadores	Descrição	Unidade
	Taxa de ocupação dos veículos ³	<ul style="list-style-type: none"> • Número médio de passageiros em veículos motorizados privados em deslocamentos feitos na área urbana para todos os motivos de viagem. • Média de toneladas transportadas por veículos de carga na área urbana 	pass./veíc. ou t/ veíc.
	Tarifas de transportes	<ul style="list-style-type: none"> • Valor monetário da passagem • Variação percentual dos valores de tarifa de transporte público para um período de análise, comparada a índices inflacionários para o mesmo período 	R\$ ou %
	Participação do transporte público	Extensão total da rede de transporte público em relação à extensão total do sistema viário urbano	%
	Momento de transporte ³	Quantidade de passageiros (ou carga) transportados em um sistema de transportes (em km).	p.km ou t.km
	Quantidade de quilômetros percorridos por veículo (VKT - <i>Vehicle Kilometres Travelled</i>) ³	Distância média de viagem para cada meio de transporte.	km/ veíc.
	Total de veículos-viagens per capita	Razão entre o número de viagens diárias por automóvel na região e a população ativa.	Nº viagens/ pop. ativa
Social	Condições para caminhada (<i>walkability</i>)	Razão entre a extensão de calçadas em boas condições de caminhabilidade e a extensão de rodovias	%
	Condições para uso de bicicletas (<i>bikability</i>)	Razão entre a extensão da ciclovia e extensão de rodovias	%
	Índice de Acessibilidade	Participação da população urbana residente na área de cobertura de um ponto de acesso aos serviços de transporte público, considerando todos os modos disponíveis	%
	Oferta de Transporte público (oferta de lugares)	Número de lugares ofertados no transporte público em hora de pico	Número de lugares ofertados
	Frequência de Transporte público	Frequência média de veículos de transporte público por ônibus em linhas urbanas no município, nos dias úteis e período de pico	veic./h
	Oferta de transporte para pessoas com mobilidade reduzida	Porcentagem dos veículos da frota municipal de transporte público por ônibus, micro-ônibus e vans adaptada para pessoas com necessidades especiais e restrições de mobilidade.	%
	Tempo médio de viagem no Transporte Público Urbano para o centro	Tempo médio de viagens feitas na área urbana para o transporte público no sentido centro do município, a trabalho ou estudo	min
	Demanda de viagens por automóveis na região	Participação de automóveis em vias urbanas	%
	Tempo médio de viagem no Transporte Público Urbano versus tempo médio de viagem por automóvel	Razão entre o tempo médio de viagem no transporte público e o tempo médio de viagem feito por automóvel	%
	Número de acidentes com pedestres e ciclistas	Média mensal de acidentes envolvendo pedestres ou ciclistas com veículos para cada mil habitantes.	Número de acidentes com pedestres e ciclistas / 1000 hab. ou %
Extensão da rede de transporte público	Extensão total da rede de transporte público em relação a extensão total do sistema viário urbano	%	

Fonte: Elaboração própria a partir de Costa (2008), Campos *et al* (2009) e Oliveira (2014).

5.2 Fase 2: Monitoramento da implantação da ação para do UEEMU

Nesta fase, a ação de gestão da mobilidade urbana a ser implantada na cidade é selecionada, considerando a realidade local. Com base no conjunto de ações de gestão de mobilidade, deve-se selecionar aquelas prioritárias para a cidade em que serão implantadas. Com o objetivo de subsidiar a definição e escolha destas ações, sugere-se que seja realizado um grupo focal com especialistas com intuito de definir as ações de gestão da mobilidade com maior potencial a serem implantadas no município em questão. A Figura 20 apresenta as etapas a serem seguidas para a realização do grupo focal para seleção da ação de UEEMU a ser implantada. Estas etapas devem ser conduzidas por um moderador.

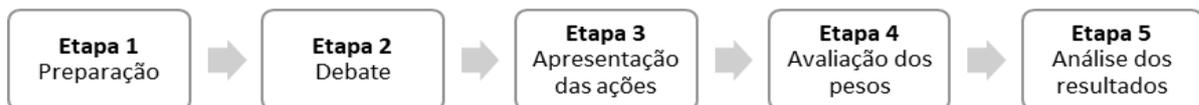


Figura 20 - Etapas para a realização de um grupo focal.

Para a seleção de ações de gestão da mobilidade urbana, a técnica mais indicada consiste na realização de um *workshop* com especialistas. Trad, (2009) recomenda entre seis a quinze especialistas participantes em grupos focais, que devem possuir conhecimento e experiência nos temas abordados (PIO, 2002). Este grupo deve ser composto por representantes da iniciativa privada que atuam no setor de transportes, por representantes do governo (estadual e municipal), que atuem no setor de transporte ou afins, por representantes da sociedade civil (usuários do sistema) e por especialistas em engenharia de transportes.

Na etapa de preparação do grupo focal, o moderador deve fazer uma breve introdução, com o objetivo de apresentar e explicar os objetivos do grupo, além de assegurar aos participantes que não existem opiniões corretas e que opiniões contrárias serão bem-vindas. Em seguida, o moderador convida os participantes a se apresentarem de forma rápida e objetiva, e se inicia uma apresentação sobre as características do sistema de transporte. Também devem ser apresentados conceitos básicos de mobilidade urbana e eficiência energética, sendo detalhadas as ações de gestão da mobilidade e seu impacto na EE.

Passa-se, então, à etapa de debate, em que deve ser seguido o Método de Associação Livre, que consiste em um método utilizado por moderadores para realizar entrevistas em grupo. Neste

método, uma situação ou tema é apresentado e o moderador pede aos entrevistados para falarem o que pensam sobre o assunto. Assim, dentro do contexto do UEEMU, o moderador solicita aos especialistas que expressem sua opinião com relação às ações de gestão de mobilidade apresentadas e seu potencial impacto em relação à mobilidade urbana e EE, dado o contexto da cidade em análise. No Método de Associação Livre, mesmo que alguns membros do grupo ainda não tenham uma opinião formada, a partir da expressão de outros participantes, eles podem fazer associações, concordar com o que já foi dito ou mostrar opiniões divergentes.

Na etapa de apresentação das ações, entrega-se aos especialistas um documento, em que são apresentadas as ações de gestão da mobilidade e os seguintes critérios de avaliação: impacto da ação na eficiência energética, impacto da ação na gestão da mobilidade urbana, custo de implantação da ação e prazo para implantação da ação. Após a leitura deste documento, os especialistas, conduzidos pelo moderador, avaliam em conjunto o peso de cada critério, de modo que o somatório destes pesos seja igual a 1 (100%) (Etapa de avaliação dos pesos). Os especialistas também devem avaliar os critérios para cada ação, em uma escala Likert de cinco pontos. Para os critérios impacto da ação na eficiência energética e na gestão de mobilidade urbana, a escala varia de muito baixo (1) a muito alto (5), sendo que deve ser considerado o impacto no sistema de transporte como um todo. Por sua vez, para os critérios custo e prazo de implantação da ação, a escala varia de muito alto (1) a muito baixo (5).

Passa-se então para a etapa de análise dos resultados do grupo focal. Após a transcrição dos dados, o somatório da pontuação dos critérios de cada ação e a classificação das ações são realizados em ordem decrescente, segundo esta pontuação. O moderador deve então analisar este resultado e consolidá-lo no ranqueamento das ações de gestão da mobilidade urbana, levando-se em conta as particularidades da cidade em análise.

Após a seleção da ação a ser implantada, recomenda-se que seja realizada uma revisão bibliográfica e documental com o intuito de verificar o potencial de ganho em termos de consumo energético e, conseqüentemente, de EE da ação em análise, conforme relatado em estudos anteriores. O potencial ganho em termos de EE servirá como base para analisar se o ganho real após a implantação da ação é satisfatório, na fase de verificação dos resultados (Fase 4).

A implantação da ação de gestão de MU deve ser monitorada, de forma a certificar o cumprimento do prazo, orçamento e escopo do projeto, bem como conferir se a implantação da

ação está de acordo com o planejamento estabelecido previamente pelo plano diretor do município. Caso a implantação da ação não seja adequada, deve-se promover uma auditoria, em que devem ser averiguadas, junto ao corpo técnico, as não conformidades. Deve-se decidir sobre a viabilidade quanto ao tempo de implantação da ação e custo de implantação, gerando um relatório com os problemas de não-conformidades encontradas (Relatório Interno 3), com a finalidade de promover um novo monitoramento.

Após a implantação da ação de gestão de MU, deve-se monitorar a ação na fase de operação por meio da coleta dos *inputs* e indicadores de gestão de MU. Caso os dados sejam suficientes, é realizada a estimativa do cenário *ex-post*. Caso contrário, é necessário elaborar o relatório interno (Relatório Interno 4) e a realização de nova coleta de dados.

5.3 Fase 3: Medição do cenário *ex-post*

Nesta fase, o impacto das ações implantadas sobre o UEEMU e os indicadores de gestão da MU devem ser estimados e reportados. Para estimativa do UEEMU, deve-se seguir o método proposto anteriormente. Caso os resultados das ações sejam adequados, deve-se direcionar para a Etapa 4, na qual se verifica os resultados finais. Porém, caso os resultados não sejam adequados deverá ser elaborado um relatório interno (Relatório Interno 5) e retornar ao monitoramento da ação e dos impactos das ações nos indicadores de MU e EE, em que as ações e os impactos devem ser monitorados novamente.

5.4 Fase 4: Verificação dos resultados

Após obtenção das estimativas do cenário *ex-post*, os resultados devem ser comparados ao cenário *ex-ante* por meio da Equação 7. Ressalva-se que, para verificação dos indicadores de gestão da mobilidade urbana, deve ser levado em consideração os impactos referentes à evolução da população e o PIB (PIB per capita) sobre estes.

$$\text{Ganho em EE} = \sum EE(\text{Ex} - \text{post}) - EE(\text{Ex} - \text{ante}) \quad (7)$$

Na análise dos resultados, verifica-se se estes são adequados e satisfatórios. Um resultado considerado como satisfatório apresenta um impacto positivo da ação nos indicadores de gestão de MU e no UEEMU, além de apresentar resultados compatíveis com a literatura. Caso o

resultado seja satisfatório, divulga-se o resultado por meio de um relatório externo. Caso contrário, os resultados devem ser comparados novamente, devendo ser refeitos os devidos cálculos.

5.5 Fase 5: Relatório de divulgação

O relatório externo tem a finalidade de relatar e comunicar os resultados obtidos no procedimento, apresentando os principais pontos dos relatórios internos e encerrando o método de monitoramento do UEEMU. Ele deve conter os principais resultados referentes ao impacto das ações de gestão de mobilidade urbana implantadas em relação ao consumo energético, momento de transportes e principalmente a eficiência energética. Além disso, deve explicitar o impacto destas ações nos indicadores de gestão de mobilidade urbana previamente selecionados. O ideal é que seja divulgado anualmente um relatório externo com estes principais resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assunção, M.A., Sorratini, J.A. Cálculo e análise de indicadores de mobilidade urbana: o caso de Uberlândia, MG. XXVI ANPET. Joinville, Santa Catarina, 2012.
- Ayres, R. U. e Ayres, E. H. (2012). Crossing the Energy Divide: Moving from Fossil Fuel Dependence to a Clean-Energy Future. 1ª edição, Pearson Education, Inc. 2012.
- Barczak, R.; Duarte, F. Impactos Ambientais da Mobilidade Urbana: Cinco Categorias De Medidas Mitigadoras. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 4, n. 1, p. 13-32, 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/urbe/v4n1/a02v4n1>>. Último acesso em dez. 2015.
- Böhler-Baedeker, S., Hüging, H. (2012). Urban Transport and Energy Efficiency. Module 5h. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. GIZ. 2012.
- Böhler-Baedeker, S.; Kost, C.; Merforth, M. (2014) Urban Mobility Plans National Approaches and Local Practice Moving Towards Strategic, Sustainable and Inclusive Urban Transport Planning. Sustainable Urban Transport Technical Document #13. GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2014. Campos, V., Ramos, R., Correia, D. Multi-criteria analysis procedure for sustainable mobility evaluation in urban areas. Journal of Advanced Transportation, v. 43 (4), pp. 371-390, 2014.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade, Brasília, DF, jul. 2001.
- BRASIL. Lei nº 12.587 de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana, Brasília, DF, jan. 2012.
- BRT Brasil. Disponível em: www.brtrbrasil.org.br. Último acesso em: 15 de julho de 2019.
- Campos, V., Ramos, R., Correia, D. Multi-criteria analysis procedure for sustainable mobility evaluation in urban areas. Journal of Advanced Transportation, v. 43 (4), pp. 371-390, 2009.
- Campos, V. B. G. Planejamento de Transportes: conceitos e modelos. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2013.
- Carvalho, C. H. R. de. Mobilidade Urbana Sustentável: Conceitos, Tendências e Reflexões, IPEA – Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada, 2016.
- CEDM. Centro Ecologico Distribuzione Merci Centre for Eco-Friendly City Freight Distribution. Disponível em: <http://www.research.softeco.it/cedm.aspx>. Último acesso em: 12 de julho de 2019.
- CETSP - Companhia de Engenharia de Tráfego de SP. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/consultas/rodizio-municipal/como-funciona.aspx>. Último acesso em: 19 de julho de 2019.
- CET-SP (2017). CET fecha ruas do Centro Histórico na sexta-feira. Disponível em: [http://www.cetsp.com.br/noticias/2017/11/17/cet-fecha-ruas-do-centro-historico-na-sexta-feira-\(24-11\).aspx](http://www.cetsp.com.br/noticias/2017/11/17/cet-fecha-ruas-do-centro-historico-na-sexta-feira-(24-11).aspx). Último acesso em: 19 de julho de 2019.
- CETSP. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/consultas/rodizio-municipal/como-funciona.aspx>
- CETSP. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. Disponível em: [http://www.cetsp.com.br/noticias/2017/11/17/cet-fecha-ruas-do-centro-historico-na-sexta-feira-\(24-11\).aspx](http://www.cetsp.com.br/noticias/2017/11/17/cet-fecha-ruas-do-centro-historico-na-sexta-feira-(24-11).aspx)
- Cidades em fotos (sem data) <https://cidadesemfotos.blogspot.com.br/2012/04/fotos-de-lucca-italia.html>. Último acesso em: 19 de julho de 2019.
- Corrêa, Roberto Lobato. «O ESPAÇO URBANO». reverbe.net. Consultado em 7 de dezembro de 2018
- Costa, M.S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2008.
- Costain, C., Ardron, C., e Habib, K. N. (2012) Synopsis of users' behaviour of a carsharing program: A case study in Toronto. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(3), 421-434. doi:10.1016/j.tra.2011.11.005
- D'Agosto, M. A.; Ribeiro, S. K. Assessing Total and Renewable Energy in Brazilian Automotive Fuels. A Life Cycle Inventory Approach. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v. 13, p. 1326-1337, 2009.
- D'Agosto, Márcio de Almeida; Ribeiro, Suzana Kahn. Performance evaluation of hybrid-drive buses and potential fuel savings in Brazilian urban transit. *Transportation (Amsterdam)*, Holanda, v. 31, n.4, p. 479-496, 2004.
- DAVIS, STACY C.; DIEGEL, SUSAN W.; BOUNDY, ROBERT G. (2009). Transportation Energy Data Book: Edition 28. US Department of Energy. (Edition 28 of ORNL-5198). Disponível em: <http://cta.ornl.gov/data/Index.shtml>. Último acesso em: 16 de abril de 2017.

- Dreamtime.com. Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/foto-editorial-corridas-de-autom%C3%B3veis-team-burgos-bh-team-bus-do-ciclo-image85414741>
- EcoBici (2017). Sistemas de Bicicletas Compartilhadas e a experiência Latino-Americana. 19 de abril de 2017. Disponível em: <http://transporteativo.org.br/ta/?p=9935>. Último acesso em: 19 de julho de 2019.
- Eichhorst, U.; Bongardt, D.; Novikova, V. et al. Compendium on Greenhouse Gas Baselines and monitoring passenger and freight transport, GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2015.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Relatório síntese. Ano Base 2016. Rio de Janeiro, junho, 2017.
- FGV (2015). Cidades inteligentes e mobilidade urbana. Cadernos – FGV projetos, 3ª ed., n° 24. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/cadernos_fgvprojetos_smart_cities_bilingue-final-web.pdf
- Füssler, J.; Sharma, S.; Bakker, S. (2016). Reference document on Measurement, Reporting and Verification in the Transport Sector. Final Report. Fevereiro, 2016.
- GIZ. Transporte Urbano e Eficiência Energética. Transporte Sustentável: Um Manual de Referência para Elaboradores de Política em Cidades em Desenvolvimento, Módulo 5h, GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2012.
- Hughes, P. (1994) Planning for reduced carbon dioxide emissions from transport sources. Transportation Planning Systems, v. 2, no 1, p.29-40.
- IBGE (2010). IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Último acesso em: 19 de julho de 2019.
- IEA, Energy Efficiency Indicators Highlights. International Energy Agency, 2016.
- IntegraBike. Portal da Prefeitura – Prefeitura de Sorocaba. Disponível em: <http://www.sorocaba.sp.gov.br/ciclovias/>. Último acesso: 15 de julho de 2019.
- ITF. Transport Outlook. OECD Publishing/ITF, International Transport Forum, 2015.
- Martins, C.; Soutinho, J.; Brito, L. *et al.* Apoio ao Planejamento do Projeto “Eficiência Energética na Mobilidade Urbana”. ITEC – Infraestrutura, Tecnologia, Engenharia e Consultoria e GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2014.
- Meionorte (2016). México irá devolver dinheiro de imposto para quem comprar bicicleta. Disponível em: <https://www.meionorte.com/noticias/mexico-ira-devolver-dinheiro-de-imposto-para-quem-comprar-bicicleta-306151>. Último acesso em 15 de julho de 2019.
- Meionorte.com. Disponível em: <https://www.meionorte.com/noticias/mexico>
- Montagna, E. M. de M.; Abreu, H. (2017). Progress Report 1/Relatório de Avaliação Multicritério. Projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana. Consórcio GITEC/ITDP e GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2017.
- Museum of the city. Disponível em: <http://www.museumofthecity.org/linha-verde-brt-curitiba-est-marechal-floriano/>
- Oliveira, C. M. Procedimentos para identificação, análise e recomendação de ações para o transporte de cargas. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2016.
- Oliveira, G.M. Mobilidade urbana e padrões sustentáveis de geração de viagem: um estudo comparativo de cidades brasileiras. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2014.
- ONU. ONU: mais de 70 da população mundial viverá em cidades até 2050. 2013. Disponível em: <http://www.onu.org.br/onu-mais-de-70-da-populacao-mundialvivera-em-cidades-ate-2050/>. Último acesso em: 08 de outubro de 2015.
- Paiva, C. (2013) Atendimento à população: ônibus urbano no município de São Paulo. Journal of Transport Literature, vol. 7, n. 1.
- PIO, M., Estudos Prospectivos como Ferramenta de Apoio ao Planejamento. Caso do Setor Têxtil Nacional. Exame de Qualificação, EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.
- The Globe and Mail. Disponível em: <https://www.theglobeandmail.com/report-on-business/small-business/sb-money/the-autoshare-saga-a-long-strange-trip/article4258967/>.
- Trad, L. A. B. (2009) Focal groups: Concepts, procedures and reflections based on practical experiences of

- research works in the health area. *Physis*, 19(3), 777–796. doi:10.1590/S0103-73312009000300013
- Viatrolebus (2018). Curitiba ganha biarticulados conectados. <https://viatrolebus.com.br/2018/03/curitiba-ganha-biarticulados-conectados/>. Último acesso: 19 de julho de 2019.
- WEC - World Energy Council. World Energy Resources.2016. Disponível em <http://staging.unep.org/energy/districtenergyincities>. Último acesso em 21 set 2017.
- WHO – World Health Organization. Health in green economy. Transport sector. 2011. Disponível em: http://www.who.int/hia/green_economy/en/. Último acesso em: 21 de setembro de 2017.
- World Bank (2011). Developing an Energy Efficient Urban Transport Plan for Zarqa City Downtown Area, Final Report, v. 1. Report No. 63551-JO. 2011.
- World Bank (2018). Urban Population (%). Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2016&start=1990>. Último acesso em: 27 de março de 2018.
- World Bank. Developing an Energy Efficient Urban Transport Plan for Zarqa City Downtown Area, Final Report, v. 1. Report No. 63551-JO. 2011.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIOS PARA LEVAMENTO DADOS PRIMÁRIOS

- Questionário a ser aplicado em Empresas de ônibus urbano

Empresa:

Responsável:

Contato:

DADOS OPERACIONAIS

	Ônibus			
	Micro	Urbano Básico (12,5 m)	Pesado Padron (12,2 – 15m)	Articulado
Coeficiente de consumo (l/km)				
Consumo anual de diesel (l)				
Número de veículos (unid)				
Quantidade de passageiros transportados por ano (unid)				
Distância média anual (km)				
Nº Linhas (unid)				
Distância média por linha (km)				
Nº de viagens (viag/ano)				
Idade média da frota (anos)				
Taxa de ocupação média diária (unid/viag)				
Taxa de ocupação média no horário de pico (unid/viag)				
Taxa de ocupação média no horário de vale (unid/viag)				

- Questionário a ser aplicado em Empresas de ônibus rodoviário, turismo, fretado e escolar

Empresa:

Responsável:

Contato:

DADOS OPERACIONAIS

	Ônibus				
	Van	Microônibus	Padron	Rodoviário	Double Decker
Coeficiente de consumo (l/km)					
Consumo anual de diesel (l)					
Número de veículos (unid)					
Quantidade de passageiros transportados por ano					
Distância média anual (km)					
Distância média por linha (km)					
Nº de viagens (viag/ano)					
Idade média da frota (anos)					
Taxa de ocupação média (pass/viag)					

- Questionário a ser aplicado em Transportadoras que realiza transporte longa distância

Empresa:

Responsável:

Contato:

DADOS OPERACIONAIS

	Caminhão			
	Leve (6<PBT<10t)	Médio (10<PBT<15t)	Semipesado (PBT>15t; PBTC<40t)	Pesado (PBT>15t; PBTC>40t)
Coefficiente de consumo (l/km)				
Consumo anual de diesel (l)				
Número de veículos (unid)				
Quantidade de carga transportadas por ano (t/ano).				
Distância média anual (km)				
Idade média (anos)				
Taxa de ocupação média (t) por rota (considerando ida e volta)				
Distância média por rota (km)				
Principais cidades atendidas				

- Questionário a ser aplicado em Transportadoras que realiza TUC

Empresa:

Responsável:

Contato:

DADOS OPERACIONAIS

	Veículo			
	VUC ou comercial leve	Semileve (3,5<PBT<6t)	Leve (6<PBT<10t)	Médio (10<PBT<15t)
Coeficiente de consumo (l/km)				
Consumo anual de diesel (l)				
Número de veículos (unid)				
Quantidade de carga transportadas por ano (t/ano).				
Distância média anual (km)				
Idade média (anos)				
Taxa de ocupação média por rota (considerando ida e volta) t/viag				
Capacidade média (t)				
Número de viagens (unid)				
Distância média por rota (km)				
Principais regiões atendidas				
Número de clientes por bolsão (região)				

- Questionário a ser aplicado em cooperativas de táxi

Empresa:

Responsável:

Contato:

DADOS OPERACIONAIS

	Táxi
Coeficiente de consumo médio - gasolina (l/km ou km/l)	
Coeficiente de consumo médio - etanol (l/km ou km/l)	
Coeficiente de consumo médio - GNV (m ³ /km ou km/m ³)	
Número de veículos (unid)	
Número de veículos convertidos para Gás Natural Veicular (unid)	
Quantidade de passageiros transportados anualmente (unid)	
Distância média mensal ou anual (km)	
Idade média da frota (anos)	

- Questionário a ser aplicado em cooperativas de moto-táxi

Empresa:

Responsável:

Contato:

DADOS OPERACIONAIS

	Motocicleta
Coeficiente de consumo de gasolina (l/km ou km/l)	
Coeficiente de consumo de etanol (l/km ou km/l)	
Número de motocicletas (unid)	
Quantidade de carga transportadas por dia (kg/dia).	
Distância média mensal ou anual (km)	
Idade média (anos)	
Média de kg transportado por rota (considerando ida e volta)	
Distância média por rota (km)	
Principais regiões atendidas	
Número de clientes por bolsão (região)	