

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Bruna Rigon de Oliveira

**SISTEMA DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO TÁTICO DO
TRANSPORTE PÚBLICO URBANO PARA LINHAS UNIVERSITÁRIAS**

Santa Maria, RS
2019

Bruna Rigon de Oliveira

**SISTEMA DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO TÁTICO DO TRANSPORTE
PÚBLICO URBANO PARA LINHAS UNIVERSITÁRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Centro de Tecnologia da
Universidade Federal de Santa Maria, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Neuenfeldt Júnior

Santa Maria, RS
2019

SISTEMA DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO TÁTICO DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO PARA LINHAS UNIVERSITÁRIAS

A TACTICAL PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM OF URBAN PUBLIC TRANSPORT FOR UNIVERSITY LINES

Bruna Rigon de Oliveira¹, Alvaro Neuenfeldt Júnior²

RESUMO

Devido ao surgimento de novas modalidades de transporte, grande parte da população universitária tem buscado meios de locomoção que proporcionem um melhor custo-benefício para o seu deslocamento. Nesse contexto, o transporte público por ônibus continua sendo o modal de transporte mais tradicional, seguro e ambientalmente sustentável. Por esses motivos, torna-se necessária a mensuração de seu desempenho, com o intuito de identificar a proporção entre o nível de serviço prestado e o preço de tarifa cobrado, a fim de torná-lo o meio de locomoção mais utilizado pela população universitária. Dessa forma, o objetivo principal do estudo consiste na elaboração de um método de mensuração de desempenho para avaliar aspectos da gestão tática de linhas universitárias de transporte público urbano, com viés para o ponto de vista econômico. Para isso, uma estrutura hierárquica composta por fatores críticos de sucesso, *key performance indicators* e métricas é desenvolvida, resultando em um índice global de desempenho. Com o objetivo de realizar testes, a modelagem desenvolvida foi aplicada em uma linha universitária vinculada ao sistema de transporte público da cidade de Santa Maria, que apresentou desempenho moderado de acordo com a escala do índice global de desempenho. Com base no cenário analisado, sugestões de melhoria foram traçadas, a fim de aumentar o desempenho tático-econômico da linha universitária explorada.

Palavras-chave: Sistema de mensuração de desempenho; Transporte público urbano; Mobilidade urbana; Abordagem multicritério de apoio a decisão.

ABSTRACT

Due to the emergence of new alternatives of transportation, a large part of the university population has been seeking for means of transportation that provide with a better cost-benefit for their commute. In this context, public transport by bus remains being the most traditional, safest and environmentally sustainable one. For these reasons, it is necessary to measure its performance to identify the ratio between the level of service provided and the fare in order to make it the most used mean of transportation by the university population. Therefore, the main goal of the study is the elaboration of a performance measurement method to evaluate aspects of the tactical management of university lines of urban public transportation, with an economic bias. For this reason, a hierarchical structure composed of critical success factors, key performance indicators and metrics were developed, resulting in a global performance index. In order to perform tests, the developed modeling was applied in a university line linked to the public transportation system of the city of Santa Maria, which presented moderate performance according to the scale of the global performance index. Based on the analyzed scenario, suggestions for improvement were planned in order to increase the tactic-economic performance of the exploited university line.

Keywords: Performance Measurement System; Urban Public Transport; Urban Mobility; Multi-Criteria Decision Analysis.

¹ Aluna, autora: Graduanda do Curso de Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria

² Professor, orientador: Doutor em Engenharia e Gestão Industrial pela Universidade do Porto

1 INTRODUÇÃO

“Há pouco mais de quarenta anos, a população brasileira vivia, em sua maior parte, nas áreas rurais, sem que houvesse muitas demandas por transporte de massa nos poucos aglomerados urbanos existentes” (IPEA, 2016, p. 8). Hoje, segundo o IBGE (2015), cerca de 85% da população vive em centros urbanos, que se distribuem desigualmente pelo território nacional. Esse rápido processo de urbanização vivenciado pelo Brasil contribuiu para a consolidação de grandes desigualdades na ocupação do espaço urbano, exigindo a presença de um meio de locomoção acessível, que possibilite a circulação de pessoas no perímetro urbano.

Nesse contexto, a implementação do conceito de transporte público nas cidades torna-se essencial, sendo um serviço responsável pela movimentação de pessoas e mercadorias nos centros urbanos (FREITAS; REIS, 2013). Fujii e Van (2009) retratam estudos que reportam o transporte público como um modo de deslocamento muito importante para a sociedade, podendo contribuir significativamente para o desenvolvimento de uma região. Ainda segundo os autores, isso ocorre pelo fato de o transporte público estar relacionado com questões sociais e ambientais, sendo uma possível solução para redução nos congestionamentos do tráfego, redução da emissão de CO₂, aumento da eficiência no consumo de energia, bem como para melhoria da mobilidade urbana.

Assim, é notório que existe uma ligação intrínseca entre o transporte coletivo urbano e a qualidade de vida de seus usuários, afetando diretamente a produtividade das demais atividades econômicas, em função da sua própria qualidade e produtividade.

No Brasil, o ônibus é o modo de transporte com maior representatividade na matriz de deslocamento dos municípios, atendendo a 3.313 das 5.570 cidades do território nacional, transportando milhões de pessoas por mês, segundo a NTU (2018). Fujii e Van (2009) declaram que nos países em desenvolvimento – como o Brasil - os ônibus são “a espinha dorsal” do transporte público urbano, por serem flexíveis e adaptáveis a diferentes situações urbanas.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O problema central da pesquisa consiste no desenvolvimento de uma metodologia de mensuração do desempenho do transporte público urbano, com enfoque em linhas universitárias, que possibilite verificar o nível de serviço prestado à população em proporção a tarifa cobrada. A partir dessa definição, o presente estudo terá foco em responder ao seguinte

problema de pesquisa: Como identificar o nível do desempenho tático de uma linha universitária de transporte público urbano através de uma análise quantitativa de dados?

1.2 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral desenvolver um sistema de mensuração de desempenho da gestão tática do transporte público urbano em linhas universitárias.

Com o propósito de alcançar o objetivo descrito, os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- a) realizar o levantamento bibliográfico sobre o problema;
- b) estruturar o sistema de mensuração de desempenho;
- c) testar a modelagem desenvolvida em uma linha universitária;
- d) elaborar sugestões de melhorias que podem vir a ser implementadas na gestão tática do cenário estudado.

1.3 JUSTIFICATIVA

O transporte coletivo pode ser uma maneira de utilizar o espaço das vias urbanas de forma inteligente e funcional, de forma que, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT) e a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), os automóveis privados ocupam aproximadamente 60% das vias públicas, apesar de transportarem apenas 20% dos passageiros, enquanto os ônibus, que transportam cerca de 75% dos passageiros, ocupam uma média de 30% do espaço viário (CNT - NTU, 2017).

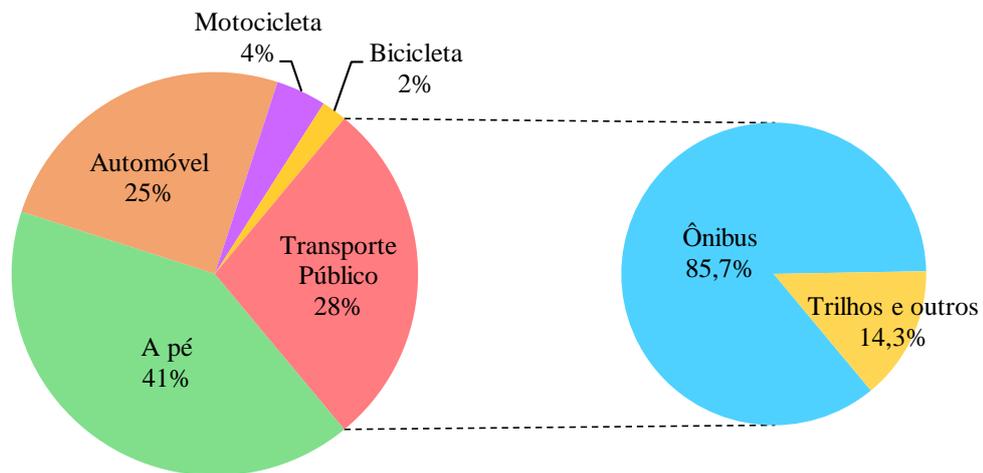
Além de ocupar menos espaço, o transporte através de linhas de ônibus é benéfico para o meio ambiente, quando considerada as emissões de poluentes per capita: segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), enquanto um ônibus emite 1,28 kg de CO₂/km, um automóvel emite 0,19 kg de CO₂/km. Contudo, considerando os índices médios de ocupação, é possível verificar que, em uma operação do transporte coletivo com ocupação máxima, é emitida uma quantidade 68% menor de poluentes por passageiro em relação ao transporte individual, em sua situação habitual (CNT - NTU, 2017).

Outro fator que comprova a importância do transporte público urbano é retratado pelo Ministério da Saúde, que aponta o ônibus como o meio de deslocamento com maior segurança viária, responsável pelo menor índice de mortes no trânsito. O dado reportado pela NTU revela

que o transporte através do ônibus coletivo leva aproximadamente um terço da população, e é responsável por apenas uma em cada duzentas mortes no trânsito (NTU, 2019).

Contudo, apesar dos notórios benefícios do uso do transporte público como meio de locomoção, uma grande parcela da população recorre a outras formas de deslocamento, conforme dados fornecidos pela NTU, expressos graficamente na Figura 1.

Figura 1 – Demanda dos principais modais de transporte pela população



Fonte: Adaptação de NTU (2019).

A divisão modal descrita foi resultado de um estudo em cidades com população acima de 60.000 habitantes. É importante observar que, somados os valores percentuais referente aos meios de transporte motorizados privados, tem-se como resultado 29% do total, superando a categoria de transporte público (28%), tornando questionável a eficiência do serviço de transporte coletivo atual. Dessa forma, torna-se visível a competitividade do meio em que o sistema de transporte público está inserido, tendo um grande potencial de público a ser atraído caso melhorias sejam implementadas em sua operação, provenientes tanto da categoria de transporte privado, em constante crescimento com a presença cada vez mais intensa de aplicativos de transporte, quanto da maior parcela da população que, até o momento, não utiliza o suporte de nenhum meio de transporte para sua locomoção, deslocando-se a pé (41%).

Com isso, pode-se afirmar que o desenvolvimento da pesquisa justifica-se pois, de acordo com os dados supracitados, faz-se necessária a avaliação do sistema de transporte público, a fim de verificar pontos positivos e sinais de melhoria para uma operação mais eficaz, gerando um ciclo de satisfação dos usuários atuais, bem como de atração de um novo público para um meio de locomoção seguro pessoal e ambientalmente.

Ademais, a escolha de focar o estudo em linhas universitárias é justificada pela potencialidade do público envolvido com atividades de ensino, pesquisa e extensão a aderir a modais públicos de transporte, tendo em vista a distância dos campi universitários do centro das cidades e de bairros residenciais, tornando-se necessário o auxílio de algum meio de transporte para que a população da instituição de ensino superior acesse a universidade e execute suas atividades.

Tendo em vista esse cenário, a gestão tática de uma linha universitária pode se tornar extremamente rentável para as empresas concessionárias de transporte devido ao grande potencial de público existente, composto por estudantes, professores, técnicos administrativos em educação e demais funcionários, que precisam acessar as instalações da universidade e retornar para as suas residências diariamente.

Dessa forma, além da pesquisa possuir grande relevância para estudantes, professores e pesquisadores da engenharia de produção e engenharia de transportes, o estudo também orienta empresas de transporte, associações e demais setores envolvidos com a temática, a respeito da importância da medição do desempenho do serviço de transporte prestado. Com a atenção desse grupo, objetiva-se a criação de condições não apenas para que o usuário pague uma tarifa justa, mas que também tenha a sua disposição um serviço confiável, com certo conforto e eficácia, gerando um círculo virtuoso de atração de novos usuários (SILVEIRA E COCCO, 2013).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são abordados os principais tópicos utilizados como base de conhecimento para o problema de pesquisa em questão, que são: a situação atual da mobilidade urbana e do transporte público, os sistemas de mensuração de desempenho utilizados para atender aos objetivos propostos e um método de abordagem multicritério de apoio a decisão, utilizado para definir pontos cruciais do desempenho do transporte urbano.

2.1 A MOBILIDADE URBANA E O TRANSPORTE PÚBLICO

Entre as diversas maneiras de se deslocar pessoas de um ponto a outro, pode-se destacar dois grupos distintos. O primeiro está relacionado aos meios de transporte públicos, sejam sob pneus, meios férreos ou aquáticos, através de uma trajetória previamente estipulada, com horários de chegada e saída definidos, estando, em teoria, acessíveis a toda população pertencente a aquele centro. Já o segundo grupo é constituído por meios de locomoção privados,

caracterizado através de deslocamentos que envolvam automóveis, motocicletas, bicicletas ou, até mesmo, a locomoção a pé, de forma que a principal vantagem desses é a versatilidade de servir o público no momento e local no qual ele desejar (NEUENFELDT JÚNIOR et al, 2018).

Várias foram as políticas que reforçaram o estímulo ao transporte individual. As tarifas de transporte público por ônibus, por exemplo, tiveram um crescimento acima da inflação nos últimos quinze anos, ao mesmo tempo em que os principais itens associados ao transporte privado tiveram crescimento real negativo. Na prática, o que ocorreu foi um processo de barateamento do uso e aquisição do transporte privado, e uma redução do nível de serviço e encarecimento do transporte público urbano (IPEA, 2016).

O transporte privado possui um poder de otimização veículo/habitante inferior, o que exige demanda por espaços para escoamento significativamente maiores do que os formatos públicos. Por isso, algumas cidades brasileiras investiram em medidas para garantir prioridade ao transporte coletivo em detrimento do transporte individual, através de faixas exclusivas, corredores de ônibus ou *Bus Rapid Transit* (BRT). Isso possibilita aos ônibus maiores velocidades operacionais, reduzindo o tempo do passageiro dentro do veículo e aumentando a fluidez na circulação viária, compartilhando os espaços viários urbanos de forma justa entre os diferentes meios de transporte (NEUENFELDT JÚNIOR et al, 2018; CNT - NTU, 2017).

2.2 SISTEMAS DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO

Corrêa e Hourneaux Junior (2008) definem desempenho como a capacidade de uma organização atingir seus objetivos usando recursos de modo eficiente e eficaz. Dessa forma, para conhecer o nível de desempenho de uma organização, esse deve ser quantificado através de métricas e indicadores para verificar sua performance de acordo com metas pré-estabelecidas (CALLADO; CALLADO; ALMEIDA, 2008; NEUENFELDT JÚNIOR et al, 2018; PACE; BASSO; SILVA, 2003).

O uso de sistemas de medição de desempenho pode ser realizado com o auxílio de uma estrutura hierárquica para um Ponto de Vista Fundamental (PVF), para, em consequente, autenticar fatores críticos de sucesso e definir um conjunto de indicadores a serem mensurados, através da implementação de ferramentas para coleta de dados, cálculo de indicadores e geração de relatórios para, na sequência, possibilitar o planejamento de melhorias a serem implementadas no contexto estudado, baseadas no aprendizado decorrente das etapas anteriores (CARPINETTI, 2016).

A estrutura hierárquica pode ser composta por um diagrama de árvore, que é uma metodologia de lógica linear na qual cada alternativa é representada por um ramo da árvore, ordenada por um número finitos de nós partindo de forma decrescente de um nó raiz, que contempla o conjunto de dados completo (CAMPOS; GOMES, 2005; OÑA; OÑA; LÓPEZ, 2016). A técnica tem por função decompor um objetivo maior em objetivos mais facilmente executáveis, através do desdobramento do objetivo geral de um problema em diversos caminhos a serem seguidos, sendo formas importantes e eficientes de estruturar e orientar processos de tomada de decisão (MAK; BLANNING; HO, 2006; OÑA; OÑA; LÓPEZ, 2016).

Já os Fatores Críticos de Sucesso (FCS), do inglês *critical success factors*, são atividades ou competências que convertem aspectos qualitativos em indicadores quantitativos, nos quais os resultados favoráveis são absolutamente necessários para que o empreendimento obtenha bom desempenho em seus objetivos (NEUENFELDT JÚNIOR et al, 2018). Os FCS podem ser definidos a partir de influências tanto por fontes externas quanto internas, são variáveis de acordo com cada modelo de negócio, bem como podem ser alterados ao longo do tempo em um mesmo empreendimento, à medida que as forças propulsoras e as condições competitivas mudam.

Por fim, os *Key Performance Indicators* (KPIs), definidos como indicadores chave de desempenho em português, são um sistema de indicadores capazes de medir a performance de uma atividade de forma que seja possível, através da tradução dos números medidos, verificar se estão sendo obtidos bons resultados nos FCS definidos (CASCAJO; MONZON, 2014; NEUENFELDT JÚNIOR et al, 2018). Para que haja essa conexão entre os FCS e os KPIs, o primeiro grupo torna-se um ponto de referência para determinar o segundo, de forma a determinar o sucesso ou fracasso dos objetivos definidos pela estrutura hierárquica (NEUENFELDT JÚNIOR et al, 2018).

2.3 ABORDAGEM MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO

A abordagem multicritério de apoio à decisão, do inglês *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA), consiste em um conjunto de métodos que objetivam tornar claro um problema, no qual alternativas são avaliadas por múltiplos critérios (CAVALCANTE; ALMEIDA, 2005). Dessa forma, essa modelagem não é uma abordagem relacionada diretamente à tomada de decisão, mas serve para auxiliar nesse processo, pois possibilita a comparação entre alternativas contendo múltiplos critérios (GOMES; ALENCAR, 2005; SOUSA; CARMO, 2015).

Existem inúmeros métodos para a abordagem multicritério de apoio à decisão que podem ser utilizados através da visão construtivista. Alguns exemplos são o *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), o *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) (ROY, 1991) e o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1980).

Em específico, a AHP, definido em português como processo de análise hierárquica, trata-se de um método de apoio à tomada de decisão que avalia múltiplas alternativas em um cenário afetado por diferentes fatores independentes. A partir disso, o método indica a sequência de melhores alternativas em ordem de prioridade, segundo critérios predefinidos, tornando a decisão mais racional, não intuitiva e menos subjetiva. (SAATY, 1980). Dessa forma, o método permite organizar hierarquicamente problemas complexos, envolvendo vários critérios e decisores, sendo um processo flexível, que usa tanto a lógica quanto a percepção para priorizar fatores qualitativos de forma quantitativa na análise das alternativas.

A AHP está baseada em três princípios que sintetizam as etapas para a construção do modelo. O primeiro, é a estruturação do problema em hierarquias, a fim de possibilitar a visualização gráfica dos fatores que são importantes para a questão discutida. Na sequência, ocorre a definição de prioridades e julgamentos através de comparações par a par, com o objetivo de determinar a importância relativa entre cada dupla de critérios. Por fim, são elaboradas as associações das prioridades baseadas na pontuação obtida pela definição de prioridades (SAATY, 1990).

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta, em um primeiro momento, o enquadramento metodológico da pesquisa, caracterizando a mesma quanto a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Na sequência, são apresentadas as etapas da pesquisa, com uma breve explicação sobre o estudo.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Para a estruturação da pesquisa, foram realizadas classificações teóricas que indicam a forma que o objeto de estudo em questão será tratado. Dessa forma, com base na mensuração do desempenho do transporte público urbano para linhas universitárias, quatro enquadramentos metodológicos foram rotulados: objetivos, procedimentos técnicos, natureza e forma de abordagem.

Quanto aos objetivos, o estudo é classificado como uma pesquisa exploratória, por seguir o raciocínio de buscar maior familiaridade com a temática do transporte público urbano para, posteriormente, construir hipóteses a respeito do desempenho do mesmo no cenário especificado.

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa é enquadrada como um estudo de caso, pois visa compreender vieses relacionados ao transporte público urbano e sintetizar o conhecimento adquirido para verificar possíveis aperfeiçoamentos no meio, visando a sugestão de melhorias para auxiliar na solução de alguns dos problemas atuais do caso.

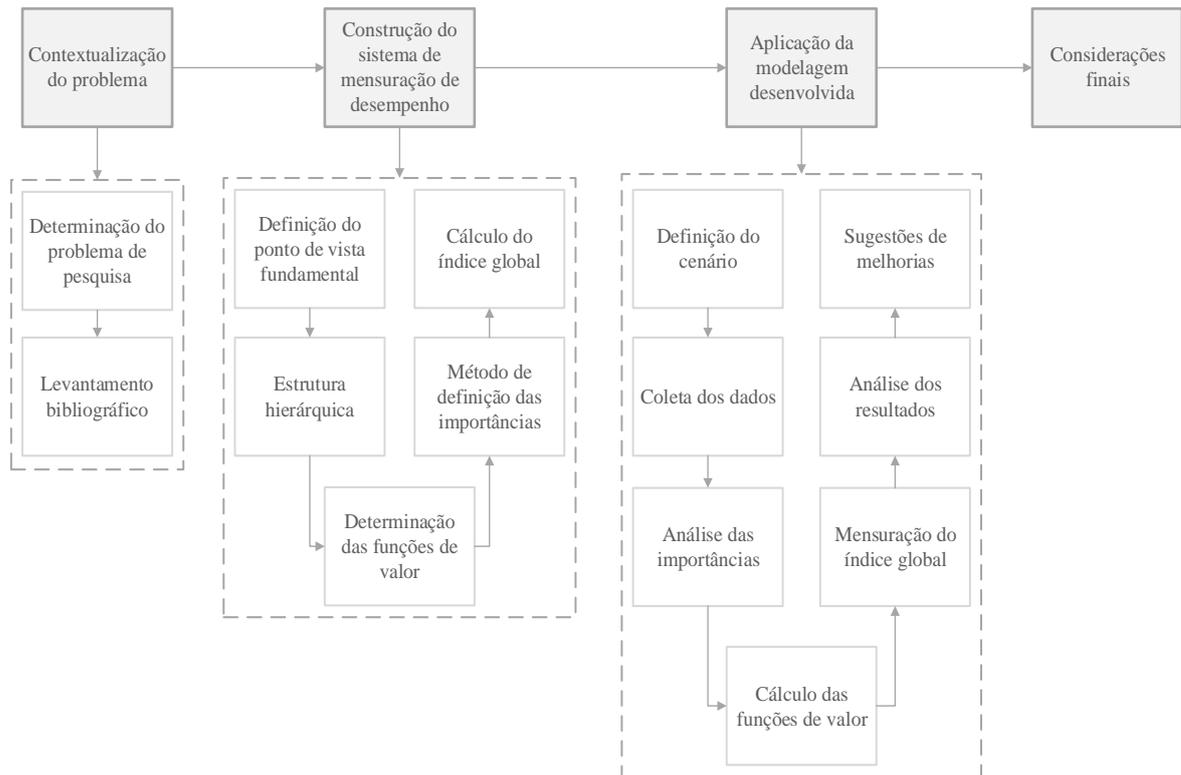
A natureza da pesquisa é considerada aplicada, por direcionar os conhecimentos adquiridos para uma análise que possibilite a constatação de problemas específicos da linha universitária vinculada ao transporte público urbano, surgindo a possibilidade futura de adoção prática das melhorias sugeridas no presente estudo, a fim de auxiliar a solução de problemas identificados relacionados ao meio estudado.

Em relação à forma de abordagem, o tema será analisado sob o enfoque qualitativo, a fim de contemplar características inerentes a mobilidade urbana e, mais em específico, do transporte público por ônibus nas linhas universitárias, tendo como resultado um banco de informações sobre a temática. Com a posse dessas informações, fez-se necessária a aplicação de metodologias quantitativas através da coleta e análise de dados. Para o fechamento do estudo, as informações numéricas obtidas são convertidas para uma base qualitativa, de forma a possibilitar a leitura do desempenho do cenário estudado.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Com a finalidade de visualizar as etapas da pesquisa, foi elaborado um fluxo metodológico. Para atender aos objetivos propostos, quatro etapas principais deverão ser realizadas: contextualização do problema, construção do sistema de mensuração de desempenho, aplicação da modelagem desenvolvida e as conclusões do estudo, descritas no fluxo da Figura 2.

Figura 2 – Etapas do desenvolvimento do estudo



Fonte: Autora (2019).

A primeira etapa do estudo foi compreendida na contextualização do problema, inicialmente, através da determinação do problema de pesquisa, que se deu pela importância da temática nos dias atuais, tendo em vista sua relação com questões sociais e ambientais, motivando os objetivos geral e específicos do estudo. Em um segundo momento, foi elaborado um estudo sobre os principais conceitos e métodos a cerca do tema abordado, com o objetivo de absorver conhecimento suficiente para o desenvolvimento das etapas seguintes. Para isso, foram utilizadas ferramentas de investigação, a fim de se obter materiais de relevância publicados, além de livros e anuários sobre o tema proposto.

Em busca de um posicionamento para a problemática identificada, inicia-se a etapa de construção do sistema de mensuração de desempenho, composto por cinco subetapas. Dessa forma, em um primeiro momento o Ponto de Vista Fundamental (PVF) do estudo é definido, a fim de estabelecer qual o parâmetro gerencial mais relevante para o desempenho de uma linha universitária de transporte público no contexto atual. Para dar sequência à modelagem, uma estrutura hierárquica baseada no PVF definido é composta, contendo Fatores Críticos de Sucesso (FCS) que definam aspectos táticos essenciais para o bom funcionamento da linha de transporte estudada, bem como *Key Performance Indicators* (KPIs) e métricas a serem mensurados para retratar a realidade do cenário estudado. Utilizando como base a estrutura

hierarquica definida, funções de valor são extraídas a partir de cada métrica, com o objetivo de parametrizar os dados coletados. Contudo, tendo em vista que nem todos os FCS e KPIs definidos possuem a mesma importância para o desempenho de uma linha universitária, torna-se necessário o desenvolvimento de um método para determinar suas importâncias a partir da percepção de especialistas da área. Com a posse dessas informações, a construção da modelagem se encerra com a composição de associações quantitativas para determinar o índice global, utilizado para calcular o desempenho do transporte da linha estudada.

Com o objetivo de testar o método desenvolvido, uma etapa de aplicação da modelagem é desenvolvida. Para sua concretização, inicialmente, um cenário para a aplicação do método é definido para, na sequência, ser efetuada a etapa de coleta de dados. O levantamento de dados é dividido em duas partes, sendo uma delas referente às importâncias dos FCS e KPIs a partir das crenças de especialistas do meio, e a segunda, relativa ao levantamento de dados a partir dos agentes de transporte responsáveis, a fim de constituir respostas às métricas levantadas. A partir da primeira parte dos dados levantados, uma análise das importâncias é realizada, a fim de determinar quais são os FCS e KPIs que possuem maior impacto no desempenho do transporte público urbano para os especialistas consultados. Já a segunda parte dos dados é utilizada para a aplicação das funções de valor, a fim de obter o desempenho de cada KPI que, junto dos demais cálculos definidos na etapa de construção da modelagem, irão resultar na mensuração do índice global de desempenho. Por conseguinte, os dados obtidos são analisados, a fim de encontrar pontos ideais referente ao serviço prestado, bem como pontos críticos, que serão analisados na etapa seguinte, visando a proposição de melhorias que poderão vir a ser implementadas pela gestão tática da linha universitária estudada.

Dessa forma, a pesquisa se encerra com as considerações finais referentes ao estudo, tendo como resultados a modelagem desenvolvida e as conclusões da aplicação do estudo.

4 CONSTRUÇÃO DA MODELAGEM

Nesta seção os procedimentos desenvolvidos para a elaboração do sistema de mensuração de desempenho de linhas universitárias vinculadas ao transporte público urbano são apresentados.

As etapas consistem na construção de uma estrutura hierárquica em função de um PVF predefinido, constituída por FCS, KPIs e métricas. Tendo estruturados os fatores que se deseja mensurar, ocorre a etapa de determinação da escala quantitativa a ser utilizada para parametrizar os dados futuramente coletados, bem como a construção das funções de valor referente às

métricas. Na sequência, a fim de determinar a importância relativa para os FCS e KPIs em relação ao desempenho do transporte público, ocorre a determinação do método de definição das importâncias. Dessa forma, o desenvolvimento é finalizado com a elaboração do método de cálculo que define o índice global de desempenho a ser aplicado em linhas universitárias vinculadas ao sistema de transporte público urbano, bem como uma escala quantitativa para fins de interpretação do resultado obtido.

A primeira etapa da construção da modelagem é a definição PVF a ser estudado. Para tanto, tendo em vista a perda de usuários do transporte público urbano para outros meios de locomoção devido à queda do custo-benefício desse meio de deslocamento, surge uma preocupação econômica sob a viabilidade da operação, tanto no ponto de vista da empresa quanto dos usuários. Uma cadeia viciosa é gerada: Quanto menor a demanda da linha de transporte, menor é o lucro da companhia, que, por sua vez, possui menos recursos para investir na frota e necessita reajustar o valor da passagem para manter a operação da linha em níveis aceitáveis. Com o aumento no preço da passagem e a decadência na qualidade do serviço, ocorre um aumento da probabilidade de a população universitária substituir o transporte coletivo por outras formas de locomoção que proporcionem um melhor custo-benefício, tais como aplicativos de transporte e grupos de carona. Motivado pelas razões descritas, o pilar econômico foi definido como o PVF a ser estudado para mensurar o desempenho das linhas universitárias.

Mediante uma pesquisa exploratória baseada em artigos científicos ligados à mobilidade urbana, um total de três FCS ($f = \{1,2,3\}$) foram identificados para o PVF econômico. A manutenção, que representa a conservação do funcionamento dos principais componentes da frota de veículos destinada às linhas universitárias. A tarifa, que corresponde ao valor cobrado do usuário para a realização de uma viagem intramunicipal. E, por fim, a demanda, que abrange o número de viagens realizadas pelos usuários que fazem uso do transporte público urbano para sua locomoção.

Identificados os FCS, torna-se necessário o estabelecimento de KPIs para a especificação dos itens a serem mensurados para cada fator, bem como métricas para a determinação de sua performance. Dessa forma, foram identificados 15 KPIs ($k = \{1,2, \dots, 15\}$) que se desdobraram em 21 métricas ($m = \{1,2, \dots, 21\}$), descritos no Quadro 1, juntamente de suas escalas de medida.

Quadro 1 – Desdobramento dos FCSs

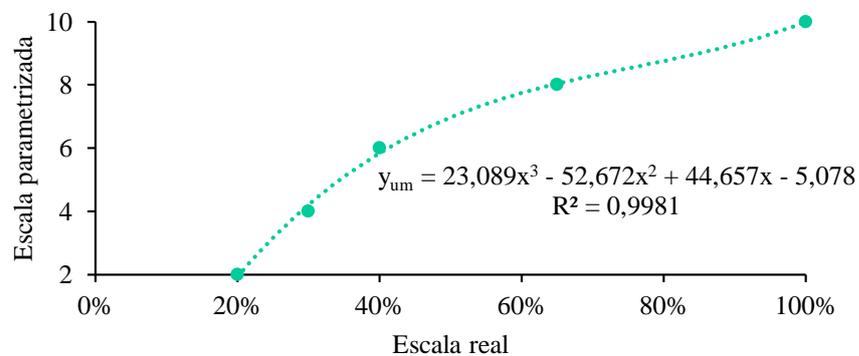
FCS (<i>f</i>)	KPI (<i>k</i>)	<i>k</i>	Métrica (<i>m</i>)	Escala
Manutenção	Capacidade dos pneus e recapagem	1	Número médio de viagens realizadas com o mesmo jogo de pneus e recapagem	Absoluta
	Rendimento da frota em relação a média do consumo de combustíveis e lubrificantes	2	Rendimento da frota em relação à média do consumo de lubrificantes	km/l
			Rendimento da frota em relação à média do consumo de combustível	km/l
	Faixa etária da frota	3	Quantidade média de anos que a frota está em operação	Anual
Tarifa	Percentual de pagamento da tarifa de acordo com os benefícios garantidos dos passageiros transportados	4	Percentual de pagantes da passagem integral em linha universitária (100% do valor da tarifa)	%
			Percentual de pagantes de meia passagem em linha universitária (50% do valor da tarifa)	%
			Percentual de isenções totais por gratuidade em linha universitária (0% do valor da tarifa)	%
	Variação anual do valor da tarifa	5	Percentual anual de aumento do valor da tarifa	%
	Viabilidade para o usuário do uso de transporte público em relação a outros meios de transporte	6	Diferença entre o valor do km rodado do ônibus e o valor do km rodado do táxi	R\$
			Diferença entre o valor do km rodado do ônibus e o valor do km rodado de aplicativos de transporte	R\$
	Viabilidade financeira de uma linha universitária para a empresa operadora de transporte urbano	7	Preço real médio pago pela totalidade de passageiros da linha considerando seus benefícios adquiridos	R\$
Viabilidade financeira de uma linha universitária de acordo com seus custos variáveis	8	Percentual do preço real da passagem da linha universitária destinado a custos variáveis da frota	%	
Demanda	Adesão ao serviço pela população da instituição de ensino superior	9	Percentual de usuários do transporte público por ônibus em relação a outros modais públicos de transporte	%
	Popularidade do transporte público entre a população da instituição de ensino superior	10	Percentual da população da instituição de ensino superior que utiliza o transporte público	%
	Produtividade da linha em relação ao número de passageiros	11	Quantidade média de passageiros por quilômetro rodado	IPK
			Quantidade média de passageiros em relação a capacidade do veículo	Relativa
	Regularidade da frota	12	Intervalo médio de tempo entre dois ônibus em dias úteis	min
			Intervalo médio de tempo entre dois ônibus em finais de semana e feriados	min
	Frequência dos horários de ônibus	13	Dispersão dos horários de ônibus para a instituição de ensino superior	min
Acesso às paradas de ônibus	14	Distância média entre as paradas de ônibus	m	
Rapidez do transporte público quando comparado com outros meios de transporte motorizados	15	Diferença entre o tempo de viagem de ônibus e de automóvel privativo	min	

Fonte: Autora (2019).

Com o objetivo de transformar situações reais referentes ao transporte público urbano em uma escala numérica parametrizada, as funções de valor (y_{um}) das métricas são determinadas. Um estudo individual de cada métrica foi realizado, a fim de determinar seus pontos ideais, intermediários e minimamente aceitáveis de desempenho, distribuídos em cinco classes distintas, compostas pelos números pares entre 2 e 10, sendo 2 para um baixo desempenho e 10 para um desempenho máximo, seguindo essa lógica para as classes intermediárias.

Com a posse desses dados, foram gerados gráficos que possibilitaram a leitura do comportamento da métrica em termos visuais, como o exemplo da Figura 3, tornando-se possível a definição de sua linha de tendência e a extração da respectiva função de valor.

Figura 3 – Exemplo de função de valor (y_{um}) para o KPI “percentual da população da instituição de ensino superior que utiliza o transporte público”



Fonte: Autora (2019).

O exemplo exhibe o gráfico do KPI referente ao percentual da população da instituição de ensino superior que utiliza o transporte público. O indicador possui seu resultado em porcentagem e tem como função de valor a expressão $y_{um} = 23,089x^3 - 52,672x^2 + 44,657x - 5,078$, sendo uma função polinomial de terceiro grau com tendência crescente. Ademais, a medida estatística R^2 demonstrou um valor aproximado de 1 para o referido KPI, o que indica um alto nível de precisão na conversão da escala real para a escala parametrizada de valores utilizada. As funções de valor definidas para as demais métricas estão dispostas em um quadro disponível no Apêndice A.

De modo que cada KPI possui um número de métricas específico, definidas conforme a necessidade de informações demandada para explicar o comportamento de mensuração do indicador, os atributos dos KPIs são calculados com base nas funções de valor definidas para

as métricas. Dessa forma, o valor dos atributos dos KPIs (a_{uk}) é resultado da média aritmética dos resultados encontrados para todas as funções de valor das métricas contidas em um KPI, conforme mostra a Equação 1.

$$a_{uk} = \frac{\sum_{m=1}^z y_{um}}{m}; \forall m \subset k \quad (1)$$

Posteriormente, considerando que tanto os FCS quanto os KPIs podem possuir influências diferentes sob o desempenho da linha de transporte público estudada, o método de definição das importâncias desses índices é determinado. Para isso, uma coleta de dados com profissionais da área de mobilidade urbana deve ser realizada, a fim de extrair suas percepções a respeito das medidas de desempenho. Contudo, para isso, seguindo os pressupostos de Saaty (1980), as taxas de consistência das matrizes de julgamento devem ser calculadas: Caso o número de especialistas consultados seja superior a uma pessoa, toda matriz em que o especialista foi inconsistente (taxa de consistência maior do que 10%) deve ser excluída da ponderação.

Para a importância dos FCS (w_f), é realizada uma análise paritária entre manutenção e tarifa; manutenção e demanda; tarifa e demanda. As importâncias dos FCS são mensuradas quantitativamente com base nos pressupostos da matriz AHP, através da escala fundamental proposta por Saaty (1980), que busca avaliar quão representativo é um FCS para o desempenho de uma linha universitária.

Já a importância dos KPIs é medida através de uma escala quantitativa de cinco atributos que visam determinar o nível de relevância de cada KPI, individualmente, quando comparado com os demais KPIs que compõem o mesmo FCS. Assim, a importância relativa de um KPI (w'_k) pode ser definida pela média aritmética da sua importância (v_k) em relação a importância dos KPIs que compõem o seu respectivo FCS, conforme mostra a Equação 2.

$$w'_k = \frac{v_k}{\sum_{k=1}^n v_k}; \forall k \subset f \quad (2)$$

Por se tratar de uma estrutura hierárquica, a real importância dos KPIs deve ser expressa em termos globais, levando em consideração a importância do FCS em que está contido. Nesse caso, cada KPI está contido em apenas um FCS, onde a importância global de um KPI (w_k) pode ser calculada a partir da multiplicação da importância relativa do KPI (w'_k) pela importância do FCS (w_f) no qual está inserido, conforme mostra a Equação 3.

$$w_k = w'_k \times w_f; \forall k \subset f \quad (3)$$

Até esse momento, o método de cálculo das importâncias apresentado considera a opinião de apenas um especialista. Para tornar a mensuração do desempenho mais completa,

uma série de especialistas devem ser consultados. Para a importância dos FCS, a agregação das opiniões ocorre através da média aritmética das importâncias encontradas através da matriz AHP individual de cada especialista. Já a agregação das importâncias para os KPIs é desenvolvida pela média aritmética das importâncias indicadas por cada especialista.

Por fim, o cálculo do índice global (I_u) para mensurar o desempenho de linhas universitárias consiste em agregar a pontuação dada aos atributos dos KPIs que representam o desempenho da linha universitária (a_{uk}) e a importância global (w_k) dos 15 KPIs identificados para contextualizar o estudo, de acordo como descreve a Equação 4. Além disso, torna-se possível calcular o desempenho de cada FCS através da média aritmética dos atributos dos KPIs que o compõe.

$$I_u = \sum_{k=1}^n a_{uk} \times w_k \quad (4)$$

A fim de facilitar a análise e o entendimento dos resultados obtidos, bem como para contextualizar o desempenho referente a linha universitária vinculada a um sistema de transporte público, a Tabela 1 mostra a conversão da escala quantitativa do índice global de desempenho para uma escala qualitativa. Assim, a medida do índice global de desempenho do transporte público, que é expressa quantitativamente em uma escala que varia entre o valor mínimo igual a 2 e o valor máximo igual a 10, é separada em quatro níveis de intervalos distintos, sendo que o menor nível é considerado como “razoável” e o maior nível como “muito satisfatório”, seguindo a mesma lógica para os níveis intermediários.

Tabela 1 – Avaliação do índice global (I_u)

Descrição	Índice global (I_u)	
	Inferior	Superior
Razoável	2,0	3,9
Moderado	4,0	5,9
Satisfatório	6,0	7,9
Muito satisfatório	8,0	10

Fonte: Autora (2019).

As atribuições de tais limites foram estruturadas de acordo com as experiências obtidas pela autora durante o desenvolvimento do sistema de mensuração de desempenho das linhas universitárias, de modo a proporcionar uma visão qualitativa referente ao índice global obtido.

Para aplicar o estudo na prática, uma coleta de dados torna-se necessária para o levantamento de informações referente a uma linha universitária. Os dados levantados servem para arranjar as importâncias referentes aos FCS e KPIs, bem como para obter as taxas de substituição das incógnitas nas funções de valor, possibilitando o cálculo do índice global.

5 APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO

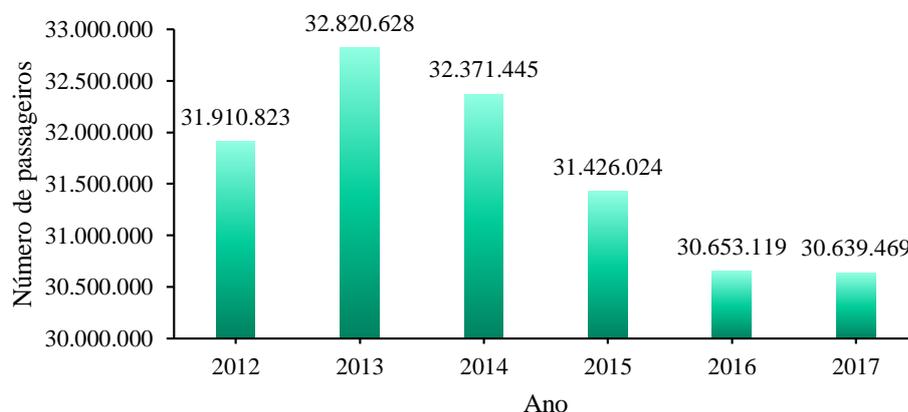
A partir da concepção do método de mensuração de desempenho de linhas universitárias vinculadas ao sistema de transporte público urbano, será exposto, na sequência, um exemplo prático de aplicação da modelagem desenvolvida. Para tanto, o primeiro momento é reservado para a identificação do contexto ao qual o sistema de mensuração de desempenho foi submetido, para posteriormente ser exibida sua aplicação e os respectivos resultados obtidos.

5.1 CENÁRIO

O estudo foi realizado na Associação dos Transportadores Urbanos de Passageiros de Santa Maria (ATU), que tem por objetivo estudar, coordenar, proteger e representar as cinco empresas operadoras de ônibus que atendem as linhas intramunicipais da cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul.

A ATU conta com uma frota de 253 ônibus que percorrem uma média de 1.031.224 quilômetros por mês para atender as 57 linhas que ligam vários pontos do município, levando milhões de passageiros por ano, como é possível visualizar graficamente na Figura 4.

Figura 4 – Quantidade anual de passageiros do transporte público na cidade de Santa Maria



Fonte: Adaptação de Santa Maria (2018).

O declínio percebido no uso do transporte público pela população santa-mariense ao passar dos anos é controverso, pois a população da cidade está em constante crescimento e o uso de algum meio de locomoção na cidade se faz necessário. Um dos motivos que acarreta na queda do número de passageiros é a substituição do transporte público por aplicativos de transporte, grupos de carona, dentre outros meios que proporcionem maior conforto ao usuário

por um custo semelhante. Isso ocorre porque a tarifa paga pelo uso do transporte público pode não ser adequada para a distância percorrida e a qualidade ofertada, podendo ser intensificado pela distância das paradas de ônibus da localização do passageiro, considerando a hipótese de que as mesmas podem estar mal dimensionadas para a realidade da população santa-mariense.

A cidade de Santa Maria foi escolhida dentre as demais cidades brasileiras por ter o transporte público por ônibus como um grande aliado dos estudantes, que estudam em um dos maiores centros universitários do país – a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Como a universidade mantém constante o seu número de alunos e uma considerável parcela desses estudantes precisa do auxílio do transporte público para ter acesso ao campus, quatro linhas distintas que ligam a UFSM ao centro e vice-versa são disponibilizadas, além de linhas que circulam entre a universidade e os dois bairros mais povoados de Santa Maria. Para acesso às demais localidades da cidade, o sistema de transporte proporciona paradas de ônibus na região central que possuem tanto conexões para o campus, quanto linhas que ligam o centro da cidade aos demais bairros, possibilitando a troca integrada de ônibus pelos usuários.

Assim, o método desenvolvido para mensuração do desempenho do transporte público foi aplicado a uma das linhas que liga o campus ao centro da cidade denominada “UFSM”, por ser uma das maiores linhas em extensão operadas na cidade, e ser a maior linha ligada a universidade em termos de volume de demanda. A linha escolhida conta com dois caminhos distintos, sendo um pela Avenida Prefeito Evandro Behr, denominado “faixa velha”, e outro pela RS-287, denominado “faixa nova”. Para esse estudo, serão considerados apenas os ônibus que fazem o percurso “faixa velha”, por serem mais numerosos e atenderem maior número de pessoas, nos sentidos Centro – UFSM, e UFSM – Centro, que têm seus trajetos disponíveis no Apêndice B.

Para a linha que vai do centro até a universidade, são disponibilizados 68 horários de ônibus nos dias úteis, que rodam 13,2 quilômetros e atendem 36 paradas de ônibus distribuídas em seu trajeto. Já a linha que vai da universidade ao centro possui 12 quilômetros de extensão, nos quais são distribuídas 40 paradas de ônibus que são atendidas por 65 horários de ônibus em dias úteis. Nos sábados, domingos e feriados, a frota é reduzida para ambos sentidos.

5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO

A aplicação do método se deu na linha de transporte coletivo denominada “UFSM”, com o objetivo de testar a modelagem desenvolvida. Dessa forma, no mês de outubro de 2019 foi aplicada uma ferramenta de coleta de dados, a fim de se obter a opinião de especialistas a

respeito de atributos relacionados a linha universitária definida, sendo os resultados provenientes dessa coleta de dados utilizados para determinar a importância dos FCS e dos KPIs. O processo consistiu no contato via *e-mail* com especialistas e profissionais da área de mobilidade urbana no Brasil, convidando-os para o preenchimento de um formulário estruturado através da plataforma *Google Forms*. O formulário foi constituído por duas seções, sendo a primeira formada pela avaliação paritária dos FCS (Apêndice C), e a segunda pela avaliação individual dos KPIs (Apêndice D).

Foram obtidas 20 respostas provenientes de especialistas da área, dentre eles o engenheiro de transportes da Rio Ônibus, componentes da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), do instituto *World Resources Institute* (WRI) e de pesquisadores de laboratórios de transporte, mobilidade e logística da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Da totalidade de respostas obtidas, 14 foram validadas, de forma que foram consideradas apenas as respostas em que a coerência das respostas dos tomadores de decisão é aceitável para uma taxa de consistência superior a 10%, conforme proposto por Saaty (1980).

As respostas obtidas foram analisadas, a fim de compor o índice de importância dos FCS (w_f) e dos KPIs (v_k). Dessa forma, inicialmente foram elaboradas matrizes AHP individuais para a opinião de cada um dos respondentes em relação a importância dos FCS, conforme mostra o exemplo proposto na Tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo de matriz AHP para a opinião de um dos especialistas consultados

	Manutenção	Tarifa	Demanda	Total	Importância (w_f)
Manutenção	1,00	5,00	5,00	11,00	59,14%
Tarifa	0,20	1,00	5,00	6,20	33,33%
Demanda	0,20	0,20	1,00	1,40	7,53%
Total				18,60	100,00%

Fonte: Autora (2019).

Para o respondente do exemplo, a manutenção é superior que a tarifa e a demanda, de mesmo modo e proporção que a tarifa é superior a demanda. Com isso, tem-se que a manutenção representa 59,14% de importância para esse respondente, a tarifa possui 33,33% de importância e a demanda é 7,53% importante para o desempenho de uma linha universitária.

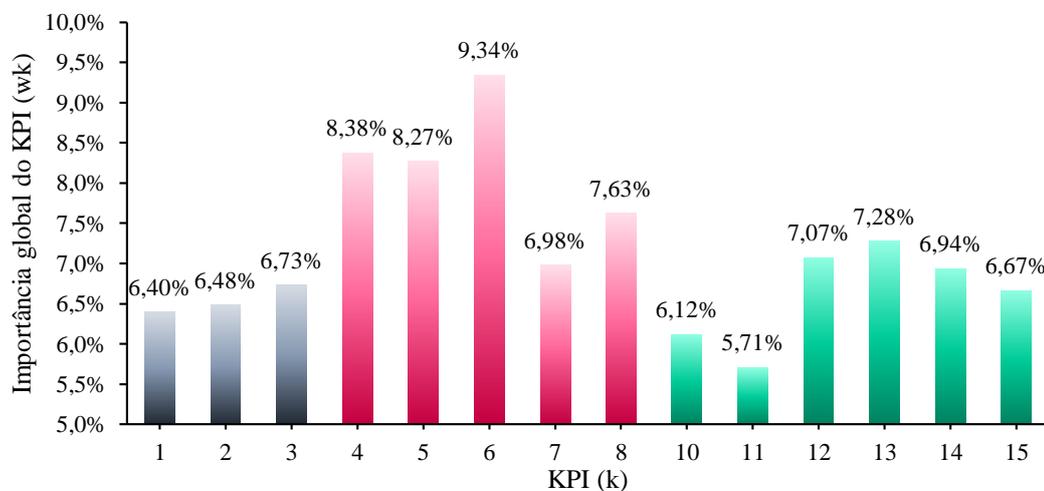
Os 14 especialistas que responderam à pesquisa de forma consistente definiram que a manutenção é 19,61% importante para o desempenho do transporte público, a tarifa tem uma

importância correspondente a 40,60% de importância e a demanda representa 39,79% de importância para o mesmo contexto.

Tendo isso em vista, a tarifa é considerada como o fator de maior importância para o desempenho de uma linha universitária. Isso se deve pela importância do fator tanto para a empresa prestadora do serviço, que visa a obtenção de receitas provenientes da tarifa cobrada, quanto para os usuários, que buscam por um meio de transporte com tarifa acessível e de acordo com o nível de serviço prestado. Além disso, a tarifa recebe destaque por possuir influência na demanda de passageiros, fator de segunda maior importância para o desempenho, segundo os especialistas. Já a manutenção, segundo os especialistas consultados, possui menor influência em relação ao desempenho do transporte público, quando comparada com os demais fatores supracitados. Acredita-se que isso ocorre porque, caso os dois primeiros tenham bom desempenho, haverá recursos disponíveis a serem investidos na manutenção da frota, possibilitando a oferta de um serviço de melhor qualidade para os usuários.

Na sequência, as respostas dos especialistas foram analisadas para a composição das importâncias relativas (w'_k) (Apêndice E) e, por consequência, importâncias globais dos KPI (w_k) (Figura 5), no qual os indicadores foram separados de acordo com o seu FCS correspondente, sendo os KPIs relacionados à manutenção na cor cinza, os referentes à tarifa em rosa e os indicadores ligados à demanda em verde.

Figura 5 – Importância global dos KPIs



Fonte: Autora (2019).

Para a manutenção, a aproximação entre as importâncias globais dos KPIs é notória, possuindo um desvio padrão praticamente nulo. Contudo, entre os três KPIs, o que mais se

destaca é idade da frota, com 6,73% de importância, sendo apenas 0,33% mais importante do que o KPI que constitui o menor peso para o referido FCS, que abrange a capacidade dos pneus e recapagem, com 6,40% de importância.

A tarifa, determinada como o FCS mais importante pelos especialistas consultados, é composta por cinco KPIs, sendo quatro deles os constituintes das maiores importâncias globais em uma análise geral entre todos os FCS. Dentre eles, o que se destaca é a viabilidade para o usuário do uso de transporte público em relação a outros meios de transporte, com importância global de 9,34%, sendo o KPI mais importante dentre os 15 levantados. Por outro lado, o KPI referente a viabilidade financeira de uma linha universitária de acordo com seus custos variáveis constituiu a menor nota para o FCS, com importância de 6,98%. Contudo, mesmo sendo a menor nota para esse fator, sua importância global ainda é considerada alta, se comparada com as importâncias dos indicadores dos demais FCS.

Para o cenário estudado, um dos KPIs que compõe o FCS da demanda não é aplicável, referente a adesão do serviço pela população da instituição de ensino superior, com o objetivo de identificar a divisão da população da instituição de ensino superior em relação aos modais públicos de transporte disponíveis. Isso, porque a cidade de Santa Maria conta apenas com o modal de transporte público por ônibus. Dessa forma, esse KPI torna-se nulo e a importância adotada pelos especialistas para o mesmo, totalizada em 5,10%, foi distribuída igualmente entre os demais KPIs ligados ao FCS correspondente.

Dessa forma, para os seis KPIs considerados para a demanda, as importâncias globais variam em uma margem de 1,57%. O indicador com a maior importância global para o FCS é referente a frequência dos horários de ônibus, sendo 7,28% importante. Já o KPI de menor importância para o fator corresponde a produtividade da linha em relação ao número de passageiros, com 5,71%, sendo a menor importância global dentre todos os KPIs estudados para esse e para os demais FCS.

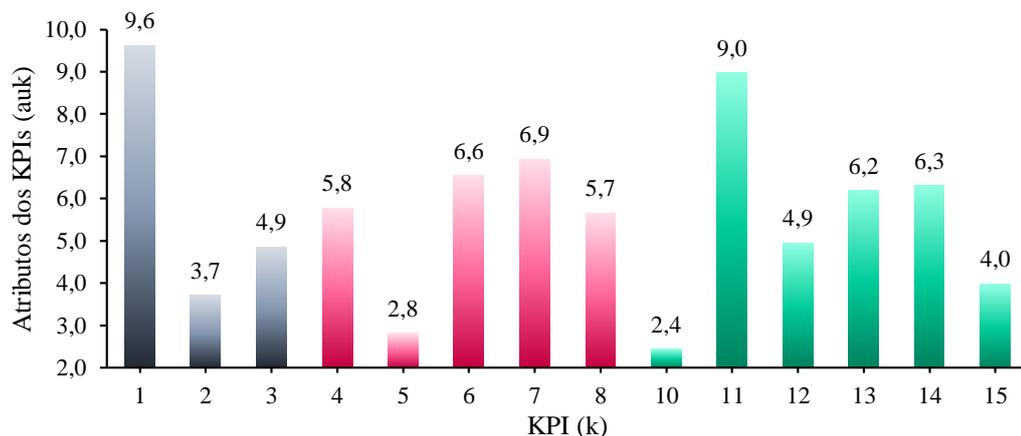
Sendo definida a importância global de cada KPI em relação aos demais, a mensuração dos atributos descritos no Quadro 1 é desenvolvida. Para tanto, os dados foram obtidos diretamente dos agentes de transporte, através de anuários disponíveis na rede, do portal de transparência da cidade de Santa Maria, do endereço eletrônico da associação dos transportadores urbanos, do quadro de horários de partida dos ônibus disponível na rede, do plano diretor de mobilidade urbana da cidade de Santa Maria e de aplicativos de celular nas áreas de mobilidade urbana e de mapas de trânsito.

Com a posse dos valores em sua escala original, os mesmos foram substituídos nas funções de valor descritas no Apêndice A, com o objetivo de padronizar os termos para uma

mesma escala. Assim, os cálculos provenientes das funções de valor geraram o valor correspondente a métrica em uma escala parametrizada, que indica o nível de satisfação de cada indicador investigado e possibilita a realização dos cálculos de desempenho com as equações definidas na definição da modelagem. Os valores para cada métrica em sua escala original e na escala parametrizada estão disponíveis no quadro inserido no Apêndice F.

Para que as importâncias dos KPIs possam ser consideradas no cálculo do desempenho da linha, os dados correspondentes a cada métrica, já parametrizados, são atribuídos a seus respectivos KPIs (a_{uk}), conforme mostra o gráfico da Figura 6.

Figura 6 – Desempenho dos atributos dos KPIs



Fonte: Autora (2019).

Com base na importância e no desempenho dos atributos dos KPIs, o índice global calculado para a linha “UFSM” através das fórmulas demonstradas na construção da modelagem é de 5,59, valor que qualitativamente remete a um nível de desempenho considerado como “moderado”, de acordo com a Tabela 1.

A manutenção obteve um desempenho de 6,07, composto pela média aritmética das notas dos KPIs que a compõe, sendo o único dos três FCS a possuir desempenho superior ao índice global. Dentre os KPIs que compõe esse FCS, o destaque é referente ao número médio de viagens realizadas com o mesmo jogo de pneus e recapagem, que também é o indicador com maior pontuação dentre os demais KPIs que compõe o índice global. O fator teve seu dado extraído de uma planilha eletrônica realizada anualmente pela Secretaria de Mobilidade Urbana de Santa Maria que compõe as despesas e receitas da frota para compor o reajuste no valor da passagem. Através da fonte, a frota realiza um total de 9.523 viagens com o mesmo jogo de pneus e recapagem, considerando como percurso a distância média da linha “UFSM”, sendo

que a média para a categoria é de 7.000 a 12.500 viagens de mesma quilometragem, segundo uma nota técnica da AGERGS (2007). Já o menor índice do FCS diz respeito ao rendimento da frota em relação à média do consumo de combustíveis e lubrificantes, atentando a gestão tática para o alto custo despendido com custos variáveis de operação.

Em termos da tarifa, o desempenho do FCS é considerado moderado, com um índice de 5,55, compondo uma nota inferior ao índice global. Esse índice é formado pelas notas dos cinco KPIs que o compõe, tendo como destaque o indicador que mede a viabilidade para o usuário do uso de transporte público em relação a outros meios de transporte. Esse KPI é composto por duas métricas que comparam o valor do quilômetro rodado pelo ônibus, considerando o preço da passagem integral diluída pela quilometragem média da linha “UFSM”, com o valor do quilômetro rodado por taxis e por aplicativos de transporte, considerando a mesma quilometragem. Para os taxis, foi considerado o valor de seu quilômetro rodado, acrescido do valor da bandeirada diluída nos quilômetros rodados, constituindo um índice de 8,2 em fatores ponderados, com a diferença de R\$ 3,70 por quilômetro rodado. Já para os aplicativos de transporte, foi considerada a tarifa do aplicativo mais popular na cidade de Santa Maria, diluída pela quilometragem que compõe o trajeto, tendo como nota ponderada 4,9, com uma diferença de R\$ 2,05 por quilômetro rodado. Por outro lado, o KPI com o menor desempenho para o FCS foi o percentual anual de aumento do valor da tarifa, tendo em vista que o percentual médio de aumento dos últimos anos foi de 10%, muito superior ao Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), o qual determina a taxa de inflação para a categoria.

Por fim, a demanda é o FCS que merece maior atenção pelo corpo de gestão tática que gere a linha “UFSM”. Isso, porque o fator obteve o menor desempenho em relação aos demais, totalizado em 5,47. A nota foi composta pela média de seus seis KPIs válidos, de forma que o sétimo indicador, referente a adesão ao serviço pela população da instituição de ensino superior, foi desconsiderado para fins de cálculo, conforme explicado anteriormente. O baixo índice se deve, principalmente, pelo KPI referente a popularidade do transporte público entre a população da instituição de ensino superior, tendo em vista que o mesmo obteve o menor desempenho entre todos os KPIs que compõe o índice global, com uma nota de 0,15. Acredita-se que isso se deve pelo motivo do estudo deste PVF: a população da universidade está adotando outros meios de deslocamento, que proporcionem um melhor custo-benefício em relação ao transporte por ônibus. Já o KPI que se destaca para a composição do índice se deve a produtividade da linha em relação ao número de passageiros, que, através de duas métricas, mede a quantidade média de passageiros por quilômetro rodado, com um índice ponderado de 8,95, e pela capacidade do veículo, com índice igual a 9, o que mostra que a companhia provedora do transporte da linha

está conseguindo atender a sua demanda de modo muito satisfatório. Contudo, tendo em vista o primeiro KPI citado para a demanda, que retrata a baixa adesão ao serviço pela população da instituição de ensino, é necessário atentar-se para a expansão da capacidade da frota caso uma alta na demanda seja registrada, a fim de manter o mesmo nível de serviço para os usuários.

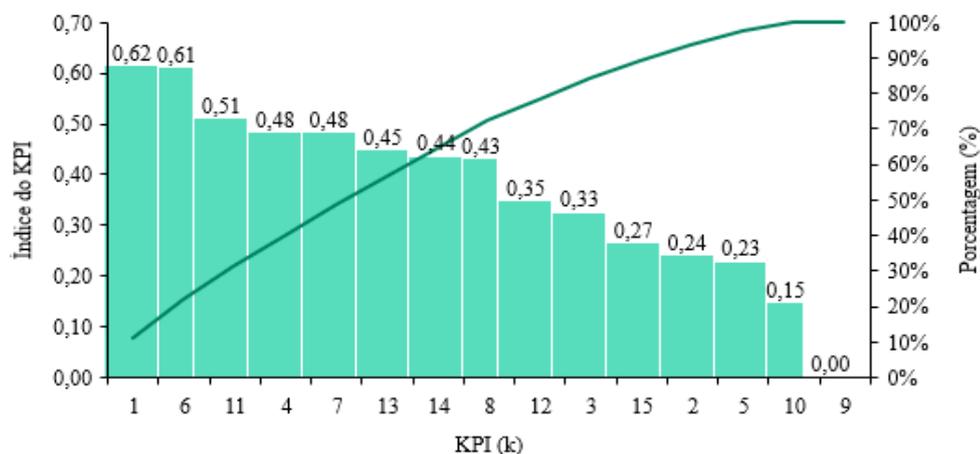
5.3 SUGESTÕES DE MELHORIA

Tendo em vista o índice global de desempenho calculado para a linha “UFSM” equivalente a 5,59, tem-se que o nível de serviço prestado é classificado como “moderado”. Contudo, com a possibilidade de atração de novos usuários, bem como de fidelização dos passageiros atuais, é possível propor um giro positivo na cadeia do transporte público, aumentando a demanda e, conseqüentemente, os lucros relacionados, possibilitando o investimento de recursos na prestação de um serviço de qualidade para os usuários, de modo a atrair ainda mais pessoas para esse meio de transporte. Para tanto, é necessário voltar a atenção para os KPIs com baixos índices, a fim de propor planos de melhoria para a gestão tática da linha de transporte que, posteriormente, poderão vir a ser implementados pelos responsáveis.

Com o objetivo de determinar quais KPIs necessitam maiores esforços em ações de melhorias, foi utilizada a metodologia do gráfico de Pareto. O diagrama de Pareto é uma forma especial do gráfico de barras verticais que nos permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade, com a finalidade de dirigir atenção e esforços para priorizar as causas vitais de um problema (COLETTI; BONDUELLE; IWAKIRI, 2010).

Assim, levando em conta o desempenho de cada KPI, a Figura 7 mostra o gráfico de Pareto para a situação da linha universitária do transporte público da cidade de Santa Maria.

Figura 7 – Gráfico de Pareto para o desempenho da linha “UFSM”



Fonte: Autora (2019).

Dessa forma, foi considerada a medida de porcentagem acumulada para definir os KPIs que devem ser priorizados. A porcentagem acumulada é composta pela porcentagem do presente termo somado pelo conjunto de porcentagens dos termos que o antecedem, de forma decrescente. Através da experiência da autora, foi estipulada a porcentagem acumulada de 30% como marco para a priorização dos KPIs, tendo como resultado a Tabela 3.

Tabela 3 – KPIs priorizados pelo gráfico de Pareto

KPI	Desempenho do KPI	Porcentagem	Porcentagem acumulada
Popularidade do transporte público entre a população da instituição de ensino superior	0,15	2,41%	2,41%
Varição anual do valor da tarifa	0,23	4,11%	6,78%
Rendimento da frota em relação à média do consumo de combustíveis e lubrificantes	0,24	3,89%	11,09%
Rapidez do transporte público quando comparado com outros meios de transporte motorizados	0,27	4,29%	15,84%
Faixa etária da frota	0,33	5,28%	21,68%
Regularidade da frota	0,35	5,66%	27,94%

Fonte: Autora (2019).

Uma correlação entre os KPIs com os menores índices de desempenho foi constatada, de modo que a alta variação anual do valor da tarifa, a diferença de tempo de deslocamento do transporte público quando comparado com outros meios de transporte motorizados e a baixa regularidade na frota ocasionam a baixa popularidade do transporte público entre a população da instituição de ensino superior. Ademais, a faixa etária da frota e a regularidade da mesma ocasionam o baixo rendimento da frota em relação à média do consumo de combustíveis e lubrificantes.

Devido à essas relações, dois grupos de ações são estruturados, sendo o primeiro focado no aumento da popularidade do transporte público, satisfazendo os demais KPIs que o compõe, e o segundo grupo focado no aumento do rendimento da frota em relação dos seus custos variáveis, incluindo a satisfação nos demais indicadores relacionados.

Para o primeiro grupo, inicialmente, seria ideal que o índice de variação do valor da tarifa acompanhe o índice de inflação para a categoria. Contudo, conhecendo a realidade da operação e a inviabilidade financeira para tal, sugere-se um controle do percentual de aumento do valor da tarifa, tendo em vista que o maior público alvo para a linha são estudantes de uma universidade pública, sem tantos recursos para investir a esse fim. Com o valor da tarifa justo,

o peso do indicador que mede a diferença de tempo de deslocamento entre o transporte público quando comparado com outros meios de transporte não será tão relevante, de forma que o usuário está investindo menos recursos em sua viagem, elevando o seu nível de aceitação para com essas situações. Contudo, para amenizar esse fator, poderia ser estudada a viabilidade de aumentar o número de viagens realizadas na modalidade “direto”, na qual os ônibus saem da universidade diretamente para o centro, sem interrupções durante a viagem para a minoria de passageiros que deseja iniciar ou finalizar sua viagem no percurso da faixa.

Além desses fatores, caso a regularidade na frota fosse maior, atendendo ao KPI referente a temática que teve uma nota reduzida, o tempo de viagem acabaria se tornando menor, tendo em vista que a quantidade de interrupções por viagem seria menor ao dividir os passageiros em uma maior quantidade de ônibus. Tendo melhorado esses indicadores, a fim de aumentar a popularidade do transporte público entre a população universitária, pode-se investir em ações de divulgação, bem como incentivar o uso de aplicativos de celular relacionados ao transporte público urbano, que podem vir a auxiliar os usuários a receberem um serviço com maior precisão e qualidade, sem a perda de grandes períodos de tempo nas paradas de ônibus.

Já para o segundo grupo, inicialmente, sugere-se a elaboração dos cálculos de vida econômica da frota, de forma a substituir os ônibus mais antigos no momento em que os mesmos atinjam o seu limite de vida economicamente viável, satisfazendo o KPI referente a faixa etária da frota. Além disso, sugere-se a elaboração de um plano de manutenção preventiva da frota, de forma a manter os ônibus revisados, com os pneus devidamente calibrados, aumentando o rendimento da frota em relação ao consumo de combustíveis e lubrificantes, que pode ser auxiliado pelo aumento da regularidade da frota, a fim de dividir a população entre os ônibus disponíveis, reduzindo o peso do veículo e aumentando o rendimento das variáveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral desenvolver um sistema para mensurar o desempenho da gestão tática do transporte público urbano em linhas universitárias. Para tanto, foram realizados estudos referentes ao setor, com o objetivo de definir uma estrutura hierárquica composta por FCS e KPIs que, através de métricas, buscam identificar os principais vieses de desempenho econômico na gestão tática do sistema de transporte público de linhas universitárias, resultados em um índice global de desempenho.

A fim de testar o método proposto, foi realizada a sua aplicação para a linha “UFSM”, vinculada ao sistema de transporte público da cidade de Santa Maria, que obteve seu índice

global de desempenho igual a 5,59, retratando a prestação de um serviço mediano para a população da instituição de ensino.

Dessa forma, apesar dos benefícios sociais e ambientais advindos da locomoção por meio do transporte público urbano, o índice de desempenho da linha estudada justifica sua atual situação de declínio. Uma grande parcela da população passou a recorrer a outros meios de deslocamento que proporcionem um melhor custo-benefício, como exemplo dos aplicativos de transporte e grupos de carona, devido ao baixo nível de serviço prestado pelas linhas universitárias. Consequentemente, a queda registrada na demanda resulta na redução das receitas das empresas provedoras de transporte, que reduzem ainda mais a qualidade do serviço prestado a seus usuários, alimentando o ciclo vicioso mencionado anteriormente. A fim de romper essa corrente e gerar um ciclo de satisfação para as linhas universitárias, torna-se importante a implementação de melhorias nos pontos com baixo desempenho, com o objetivo de manter a conexão das universidades com os centros urbanos através de um meio de locomoção seguro pessoal e ambientalmente.

Tendo em vista o resultado descrito para a linha universitária da cidade de Santa Maria, torna-se interessante a replicação da modelagem para outros cenários que se enquadrem nas definições propostas, a fim de verificar se a situação observada para o contexto estudado é um algo isolado.

Como limitações da pesquisa, apresenta-se o fato de a mesma ter sido aplicada em apenas uma das diversas linhas possíveis que se enquadram no cenário proposto. Ademais, além do cenário tático, existe a possibilidade futura do estudo referente a aspectos estratégicos e operacionais, abrangendo toda a cadeia de gestão do serviço das linhas universitárias de transporte.

REFERÊNCIAS

- AGERGS. Agência Estadual de Regulamentação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul. **Nota técnica DT 17/2007**: insumos, peças e acessórios. Diretoria de tarifas e estudos econômicos e financeiros, 2007. Disponível em: <[http://www.agergs.rs.gov.br/upload/nt1707DT\(2\).pdf](http://www.agergs.rs.gov.br/upload/nt1707DT(2).pdf)>. Acesso em 09 out. 2019.
- CALLADO, A. L. C.; CALLADO, A. A. C.; ALMEIDA, M. A. A utilização de indicadores de desempenho não-financeiros em organizações agroindustriais: um estudo exploratório. **Organizações Rurais & Agroindustriais**: revista eletrônica, Lavras, v. 10, n. 1, p. 35-48, 2008. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/3644/a-utilizacao-de-indicadores-de-desempenho-nao-financeiros-em-organizacoes-agroindustriais--um-estudo-exploratorio>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- CAMPOS, L. C. S.; GOMES, L. F. A. M. Avaliação de risco no transporte urbano: uma aplicação ao metrô no Rio de Janeiro. **RAC**: revista eletrônica de administração contemporânea, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 103-124, jan./mar., 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v9n1/v9n1a06.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CASCAJO, R.; MONZON, A. Assessment of innovative measures implemented in european bus systems using key performance indicators. **Public Transport**: revista eletrônica, v. 6, n. 3, p. 257–282, 2014. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez47.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s12469-014-0085-0>>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- CAVALCANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T. Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando PROMETHEE II em situações de incerteza. **Pesq. Oper.:** revista brasileira de pesquisa operacional, Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, v. 25, n. 2, p. 279-296, mai./ago., 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382005000200007>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- CNT - NTU. **Pesquisa**: mobilidade da população urbana em 2017. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636397002002520031.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2019.
- COLETTI, J.; BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S. Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com uso de ferramentas de controle de qualidade. **Acta Amazonica**: revista eletrônica, Amazonas, v. 40, n. 1, p. 135-140, 2010.
- CORRÊA, H. L.; HOURNEAUX JUNIOR, F. Organizational performance measurement and evaluation systems: multiple case study in the brazilian chemical sector. **Revista Contabilidade & Finanças**: revista eletrônica, São Paulo, v. 19, n. 48, p. 50-64, set./dez. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237392544_ORGANIZATIONAL_PERFORMA

NCE_MEASUREMENT_AND_EVALUATION_SYSTEMS_MULTIPLE_CASE_STUDY_IN_THE_BRAZILIAN_CHEMICAL_SECTOR>. Acesso em: 05 jun. 2019.

FREITAS, A. L. P.; REIS, T. B. Avaliação do transporte público urbano realizado por ônibus: uma abordagem exploratória. **Produção Online**: revista científica eletrônica de engenharia de produção, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 13, n. 3, p. 814-842, 2013. Disponível em: <<https://producaonline.org.br/rpo/article/view/1010>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

FUJII, S.; VAN, H. T. Psychological determinants of the intention to use the bus in Ho Chi Minh city. **Journal of Public Transportation**: revista eletrônica, University of South Florida, v. 12, n. 1, p. 97-110, 2009. Disponível em: <<https://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1178&context=jpt>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

GOMES, E.; ALENCAR, M. C. Índice de produção ponderado de atividades de bibliotecas: uma abordagem multicriterial. **Ciência da Informação**: revista eletrônica, Brasília, v. 34, n. 1, p. 9-18, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652005000100002&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 17 jun. 2019.

GOOGLE MAPS. Rota da UFSM até o Centro. Santa Maria, RS, 2019. 1 mapa, color. Escala: 1mi:1km. Disponível em: <[GOOGLE MAPS. Rota do Centro até a UFSM. Santa Maria, RS, 2019. 1 mapa, color. Escala: 1mi:1km. Disponível em: <](https://www.google.com.br/maps/dir/-29.719059,-53.7142811/Parada+Vale+Machado+-+Rua+Vale+Machado+-+Centro,+Santa+Maria+-+RS/@-29.697603,-53.8005989,13z/data=!4m58!4m57!1m45!3m4!1m2!1d-53.7158952!2d-29.7141508!3s0x9503b5e09a8b639b:0x579671aa6ce0690b!3m4!1m2!1d-53.7162817!2d-29.7119497!3s0x9503b5e745e36549:0xbee0d3bb73d28dfd!3m4!1m2!1d-53.7165471!2d-29.7103874!3s0x9503b5e79816ce31:0xb8fb0af2019c9ab7!3m4!1m2!1d-53.751689!2d-29.6939985!3s0x9503ca64791364b5:0x3af776f4fa25c8c0!3m4!1m2!1d-53.7813234!2d-29.6938001!3s0x9503cb01f3d3544b:0x1ff97bf9b9b227b5!3m4!1m2!1d-53.7831192!2d-29.6932323!3s0x9503cb022c5377f9:0xd025fbc68ffc929f!3m4!1m2!1d-53.7880459!2d-29.692382!3s0x9503cb04f3a15e9d:0x965e4e13c7629248!3m4!1m2!1d-53.7975666!2d-29.6892467!3s0x9503cb13ed95251b:0x561608122c82fbb1!3m4!1m2!1d-53.804067!2d-29.6879239!3s0x9503cb6b032bf4cf:0xee2da0c7f3fc98e7!1m5!1m1!1s0x9503cb1ba3edf7d5:0xe846d29e3b3e13c8!2m2!1d-53.8069076!2d-29.6815305!2m3!6e0!7e2!8j1561219736!3e0>. Acesso em: 22 jun. 2019.</p>
</div>
<div data-bbox=)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça o Brasil:** população rural e urbana. PNAD, 2015. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 28 mai. 2019.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil.** Brasília, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2019.

MAK B.; BLANNING R.; HO S. Genetic algorithms in logic tree decision modeling. **European Journal of Operational Research:** revista eletrônica, [S.l.], v. 170, n. 2, p. 597-612, 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221704006514>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

MATOS, D. M.; MOURA, H. J. Proposta de um modelo para determinação do custo de capital baseado em análise hierárquica. **RAC:** revista eletrônica de administração contemporânea, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 119-139, out./dez., 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v7n4/v7n4a07.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

MIN, H. International supplier selection: a multi-attribute utility approach. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management:** revista eletrônica, [S.l.], v. 24, n. 5, p. 24-33, 1994. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/09600039410064008>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

NEUENFELDT JÚNIOR, A. L. et al. Modelling for performance measurement of bus rapid transit systems in Brazil. **International Journal of Logistics Systems and Management:** revista eletrônica, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 283-297, 2018. Disponível em: <<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJLSM.2018.092611>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

NTU. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **O transporte público por ônibus em números.** Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

NTU. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Ônibus na berlinda.** Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/NoticiaCompleta.aspx?idArea=10&idSegundoNivel=107&idNoticia=1027>> Acesso em: 25 mai. 2019.

OÑA, J.; OÑA, R.; LÓPEZ, G. Transit service quality analysis using cluster analysis and decision trees: a step forward to personalized marketing in public transportation. **Transportation:** revista eletrônica, [S.l.], v. 43, n. 5, p. 725-747, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11116-015-9615-0>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

PACE, E. S. U.; BASSO, L. F. C.; SILVA, M. A. Indicadores de desempenho como direcionadores de valor. **RAC:** revista eletrônica de administração contemporânea, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 37-65, jan./mar. 2003. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552003000100003>. Acesso em: 01 jun. 2019.

ROY, B. The outranking approach and the foundations of elective methods. **Theory and Decision**: revista eletrônica, [S.l.], v. 31 n. 1, p. 49-73, 1991. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00134132>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**: revista eletrônica, [S.l.], v. 48, n. 5, p. 9-26, 1990. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179090057I>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SAATY, Thomas L. **The Analytic Hierarchy Process**. N. York, USA: McGraw-Hill, 1980.

SANTA MARIA. Prefeitura Municipal de Santa Maria. **Transporte transparente**. Santa Maria, 2018. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/transporttransparente/>>. Acesso em: 04 set. 2019.

SILVEIRA, M. R.; COCCO, R. G. Transporte público, mobilidade e planejamento urbano: contradições essenciais. **Estudos Avançados**: revista eletrônica do instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 27, n. 79, p. 41-53, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142013000300004&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 02 mai. 2019.

SOUSA, E. P. M.; CARMO, B. B. T. Avaliação de fornecedores de chapa de aço em uma empresa de implementos rodoviários baseada na abordagem multicritério: um estudo de caso. **Produção Online**: revista científica eletrônica de engenharia de produção, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 25, n. 3, p. 611-625, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132015000300611&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 15 jun. 2019.

APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DAS FUNÇÕES DE VALOR

(continua)

Métrica (<i>m</i>)	Função	Tendência	Função de valor (<i>y_{um}</i>)
Número médio de viagens realizadas com o mesmo jogo de pneus e recapagem	Polinomial	Parábola de concavidade para baixo	$y = 8^{-16} * x^4 - 3^{-11} * x^3 + 3^{-7} * x^2 + 3^{-5} * x + 1,4631$
Rendimento da frota em relação a média do consumo de lubrificantes	Logarítmica	Linha crescente	$y = 2,8854 \ln(x) - 9,8138$
Rendimento da frota em relação a média do consumo de combustível	Logarítmica	Linha crescente	$y = 3,7439 \ln(x) + 1,808$
Quantidade média de anos que a frota está em operação	Polinomial	Linha decrescente	$y = 0,0215x^2 - 0,8582x + 10,598$
Percentual de pagantes da passagem integral em linha universitária (100% do valor da tarifa)	Logarítmica	Linha crescente	$y = 2,6245 \ln(x) + 9,9897$
Percentual de pagantes de meia passagem em linha universitária (50% do valor da tarifa)	Polinomial	Linha decrescente	$y = -99,716x^3 + 117,82x^2 - 50,174x + 10,104$
Percentual de isenções totais por gratuidade em linha universitária (0% do valor da tarifa)	Polinomial	Linha decrescente	$y = -228,07x^3 + 152,19x^2 - 52,046x + 10,108$
Percentual anual de aumento do valor da tarifa	Polinomial	Parábola de concavidade para baixo	$y = 654295x^4 - 131427x^3 + 5179,3x^2 + 160,96x + 0,9289$
Diferença entre o valor do km rodado do ônibus e o valor do km rodado do táxi	Linear	Reta crescente	$y = 2x + 0,8$
Diferença entre o valor do km rodado do ônibus e o valor do km rodado de aplicativos de transporte	Linear	Reta crescente	$y = 2x + 0,8$
Preço real médio pago pela totalidade de passageiros da linha considerando seus benefícios adquiridos	Linear	Reta crescente	$y = 2,5x$
Percentual do preço real da passagem da linha universitária destinado à custos variáveis da frota	Exponencial	Linha decrescente	$y = 9,521e^{(-3,998x)}$
Percentual de usuários do transporte público por ônibus em relação a outros modais públicos de transporte	Polinomial	Linha crescente	$y = -76,19x^3 + 171,43x^2 - 107,81x + 22,571$
Percentual da população da instituição de ensino superior que utiliza o transporte público	Polinomial	Linha crescente	$y = 23,089x^3 - 52,672x^2 + 44,657x - 5,078$
Quantidade média de passageiros por quilômetro rodado	Polinomial	Linha crescente	$y = -4,0501x^2 + 20,324x - 14,389$

Apêndice A - Definição das funções de valor

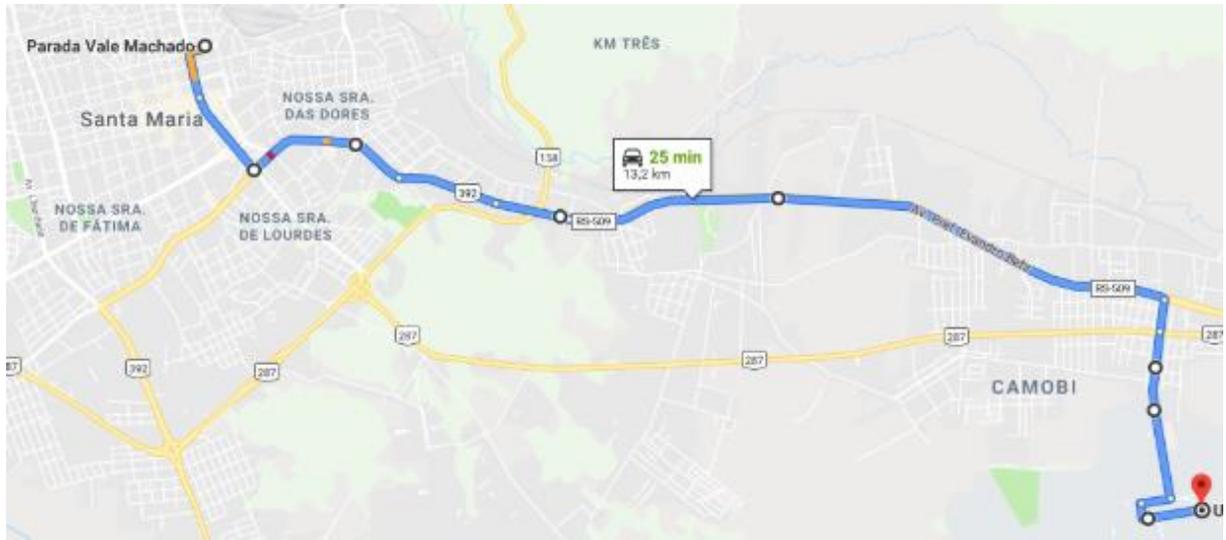
(conclusão)

Métrica (m)	Função	Tendência	Função de valor (y_{um})
Quantidade média de passageiros em relação a capacidade do veículo	Polinomial	Parábola de concavidade para baixo	$y = -0,0133x^2 + 1,1733x - 16,869$
Intervalo médio de tempo entre dois ônibus em dias úteis	Polinomial	Parábola de concavidade para baixo	$y = 0,0137x^4 - 0,3028x^3 + 1,8475x^2 - 1,9319x + 2,4322$
Intervalo médio de tempo entre dois ônibus em finais de semana e feriados	Polinomial	Parábola de concavidade para baixo	$y = 0,0004x^3 - 0,0482x^2 + 1,2933x - 0,9378$
Dispersão dos horários de ônibus para a instituição de ensino superior	Linear	Reta decrescente	$y = -39,84x + 10,016$
Distância média entre as paradas de ônibus	Polinomial	Linha decrescente	$y = 2^{-6} * x^2 - 0,0101x + 9,9253$
Diferença entre o tempo de viagem de ônibus e de automóvel privativo	Exponencial	Linha decrescente	$y = 10,127e^{-0,106x}$

Fonte: Autora (2019).

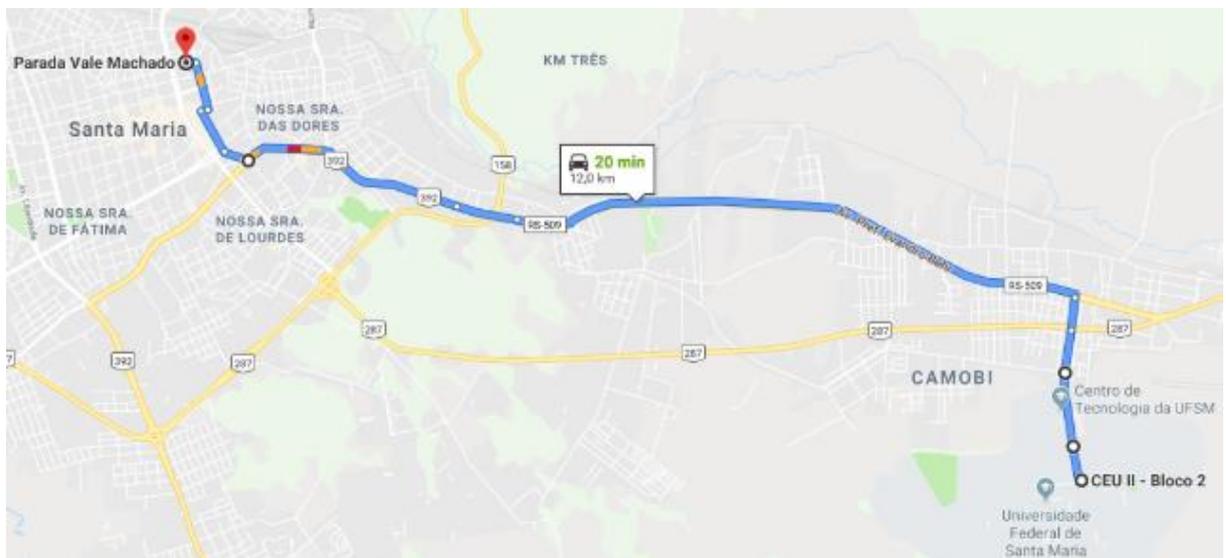
APÊNDICE B – TRAJETO DAS LINHAS DE ÔNIBUS “UFSM”

- Trajeto da linha no sentido Centro – UFSM



Fonte: Google Maps (2019).

- Trajeto da linha no sentido UFSM – Centro



Fonte: Google Maps (2019).

APÊNDICE C – INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS RELACIONADO A AVALIAÇÃO PARITÁRIA DOS FCS

Aspectos do transporte público urbano em linhas universitárias

*Obrigatório

Comparação dos aspectos primários

A fim de verificar a importância destes com o contexto da gestão dos transportes públicos urbanos em linhas universitárias, comparações entre três aspectos primários - "Manutenção" (A), "Tarifa" (B) e "Demanda" (C) - devem ser realizadas.

Para facilitar o processo de comparação, uma breve conceituação dos três aspectos é apresentada a seguir:

A) Manutenção: Representa a conservação do funcionamento dos principais componentes da frota de veículos destinada ao transporte público;

B) Tarifa: Corresponde ao valor cobrado ao usuário para a realização de uma viagem intramunicipal;

C) Demanda: Abrange o número de viagens realizadas pelos usuários que fazem uso do transporte público urbano para sua locomoção.

Compare a importância entre os aspectos "Manutenção" (A) e "Tarifa" (B): *

- "A" muito superior que "B"
- "A" superior que "B"
- "A" pouco superior que "B"
- Equivalentes
- "B" pouco superior que "A"
- "B" superior que "A"
- "B" muito superior que "A"

Compare a importância entre os aspectos "Manutenção" (A) e "Demanda" (C): *

- "A" muito superior que "C"
- "A" superior que "C"
- "A" pouco superior que "C"
- Equivalentes
- "C" pouco superior que "A"
- "C" superior que "A"
- "C" muito superior que "A"

Compare a importância entre os aspectos "Tarifa" (B) e "Demanda" (C): *

- "B" muito superior que "C"
- "B" superior que "C"
- "B" pouco superior que "C"
- Equivalentes
- "C" pouco superior que "B"
- "C" superior que "B"
- "C" muito superior que "B"

APÊNDICE D – INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS RELACIONADO A AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DOS KPIS

Relevância dos aspectos secundários

Na sequência, é necessário avaliar a importância de 21 aspectos relativos aos três fatores primários citados anteriormente, sendo três para o fator "Manutenção" (A), cinco ligados à "Tarifa" (B) e sete referentes a "Demanda" (C).

Conforme sua opinião, selecione o nível de relevância de cada um dos aspectos relacionados a "Manutenção" (A): *

	Sem relevância	Pouco relevante	Razoavelmente relevante	Relevante	Muito relevante
Capacidade dos pneus e recapagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rendimento da frota em relação a média do consumo de combustíveis e lubrificantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Idade da frota	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Conforme sua opinião, selecione o nível de relevância de cada um dos aspectos relacionados a "Tarifa" (B): *

	Sem relevância	Pouco relevante	Razoavelmente relevante	Relevante	Muito relevante
Percentual de pagamento da tarifa de acordo com os benefícios garantidos dos passageiros transportados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Variação anual do valor da tarifa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viabilidade para o usuário do uso de transporte público em relação a outros meios de transporte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viabilidade financeira de uma linha universitária para a empresa operadora de transporte urbano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viabilidade financeira de uma linha universitária de acordo com seus custos variáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Conforme sua opinião, selecione o nível de relevância de cada um dos aspectos relacionados a "Demanda" (C): *

	Sem relevância	Pouco relevante	Razoavelmente relevante	Relevante	Muito relevante
Adesão ao serviço pela população da instituição de ensino superior	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Popularidade do transporte público entre a população da instituição de ensino superior	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Produtividade da linha em relação ao número de passageiros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regularidade da frota	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frequência dos horários de ônibus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acesso às paradas de ônibus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rapidez do transporte público quando comparado com outros meios de transporte motorizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**APÊNDICE E – COMPOSIÇÃO DAS IMPORTÂNCIAS RELATIVAS PARA OS FCS
E KPIS**

FCS	Importância relativa (FCS)	KPI	Importância relativa (KPI)
Manutenção	19,61%	Capacidade dos pneus e recapagem	32,64%
		Rendimento da frota em relação à média do consumo de combustíveis e lubrificantes	33,05%
		Faixa etária da frota	34,31%
Tarifa	40,60%	Percentual de pagamento da tarifa de acordo com os benefícios garantidos dos passageiros transportados	20,63%
		Variação anual do valor da tarifa	20,37%
		Viabilidade para o usuário do uso de transporte público em relação a outros meios de transporte	23,02%
		Viabilidade financeira de uma linha universitária para a empresa operadora de transporte urbano	17,20%
		Viabilidade financeira de uma linha universitária de acordo com seus custos variáveis	18,78%
Demanda	39,79%	Adesão ao serviço pela população da instituição de ensino superior	15,38%
		Popularidade do transporte público entre a população da instituição de ensino superior	12,82%
		Produtividade da linha em relação ao número de passageiros	11,79%
		Regularidade da frota	15,21%
		Frequência dos horários de ônibus	15,73%
		Acesso às paradas de ônibus	14,87%
		Rapidez do transporte público quando comparado com outros meios de transporte motorizados	14,19%

Fonte: Autora (2019).

**APÊNDICE F – CONVERSÃO DOS VALORES REAIS PARA UMA ESCALA
PARAMETRIZADA**

Métrica	Valor em escala real	Valor em escala parametrizada
Número médio de viagens realizadas com o mesmo jogo de pneus e recapagem	9523	9,63
Rendimento da frota em relação a média do consumo de lubrificantes	24,15	2,00
Rendimento da frota em relação a média do consumo de combustível	2,63	5,43
Quantidade média de anos que a frota está em operação	8,5	4,86
Percentual de pagantes da passagem integral em linha universitária (100% do valor da tarifa)	29,21%	6,76
Percentual de pagantes de meia passagem em linha universitária (50% do valor da tarifa)	67,54%	2,00
Percentual de isenções totais por gratuidade em linha universitária (0% do valor da tarifa)	3,25%	8,57
Percentual anual de aumento do valor da tarifa	10%	2,82
Diferença entre o valor do km rodado do ônibus e o valor do km rodado do táxi	3,7	8,20
Diferença entre o valor do km rodado do ônibus e o valor do km rodado de aplicativos de transporte	2,05	4,90
Preço real médio pago pela totalidade de passageiros da linha considerando seus benefícios adquiridos	2,77	6,93
Percentual do preço real da passagem da linha universitária destinado à custos variáveis da frota	13%	5,66
Percentual de usuários do transporte público por ônibus em relação a outros modais públicos de transporte	-	-
Percentual da população da instituição de ensino superior que utiliza o transporte público	22%	2,44
Quantidade média de passageiros por quilômetro rodado	1,78	8,95
Quantidade média de passageiros em relação a capacidade do veículo	44,76	9,00
Intervalo médio de tempo entre dois ônibus em dias úteis	9,3	3,18
Intervalo médio de tempo entre dois ônibus em finais de semana e feriados	27	6,72
Dispersão dos horários de ônibus para a instituição de ensino superior	0,096	6,19
Distância média entre as paradas de ônibus	388,24	6,31
Diferença entre o tempo de viagem de ônibus e de automóvel privativo	8,8	3,98

Fonte: Autora (2019).