

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Mariana Müller Barcelos

**ANÁLISES DE *BENCHMARKING* COM FOCO NA
SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE
COLETIVO: NORMALIZAÇÃO, ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS E CLUSTERIZAÇÃO**

Porto Alegre
2016

MARIANA MÜLLER BARCELOS

**ANÁLISES DE *BENCHMARKING* COM FOCO NA
SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE
COLETIVO: NORMALIZAÇÃO, ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS E CLUSTERIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de concentração de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Luis Antonio Lindau, *Ph.D*

Porto Alegre

2016

MARIANA MÜLLER BARCELOS

**ANÁLISES DE *BENCHMARKING* COM FOCO NA
SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE
COLETIVO: NORMALIZAÇÃO, ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS E CLUSTERIZAÇÃO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Luis Antonio Lindau, *Ph.D.*

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca examinadora:

Professora Carla Schwengber ten Caten, Dra. (PPGEP/UFRGS)

Maria Beatriz Berti da Costa, Dra. (PPGEP/UFRGS)

Brenda Medeiros Pereira, Dra. (WRI Brasil Cidades Sustentáveis)

Dedico este trabalho às pessoas que
me inspiram hoje e sempre: minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Celso e Márcia, pelo exemplo e amor incondicional durante todos esses anos. À Alice e ao Davi pelo apoio e compreensão de não poder estar tão presente quanto gostaria. E ao Henrique, por todo carinho, dedicação e incentivo, constantes nos últimos anos, especialmente durante a realização deste trabalho.

Agradeço meu orientador, professor Lindau, pelos ensinamentos e por ser um instigador do conhecimento.

A equipe do WRI pela oportunidade de aprender muito do que sei hoje.

Agradeço imensamente à Bea pelas longas conversas, assistência e motivação durante este trabalho.

À Cristina, por todo aprendizado que recebi desde meu estágio e, especialmente durante minha dissertação, agradeço por todo incentivo e apoio.

Á professora Carla pelos ensinamentos e assistência em diversos momentos deste trabalho.

Agradeço à Miriam pelo auxílio em etapas de dificuldades do trabalho.

Agradeço aos professores do Lastran, pela disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de trabalho e de mestrado pelo companheirismo e troca de conhecimentos constantes.

Por fim, agradeço a todos familiares, amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse aqui.

“A maravilhosa riqueza da experiência humana perderia parte de sua gratificante alegria se não houvesse limitações a superar. A chegada ao cume não seria tão maravilhosa se não houvesse vales escuros a percorrer.”

Helen Adams Keller

RESUMO

Atrair usuários para o transporte coletivo e manter os que já utilizam é essencial para fomentar cidades mais sustentáveis. Melhorar a qualidade do transporte urbano por ônibus e considerar a visão do usuário, portanto, torna-se relevante. O *benchmarking* é uma ferramenta reconhecida de gestão da qualidade que permite comparar sistemas, identificar referências de boas práticas e promover trocas de experiência. Neste contexto, aliar o processo de *benchmarking* com avaliações de satisfação dos usuários do transporte coletivo tem um grande potencial para promover uma gestão mais efetiva e focada nas necessidades e desejos dos usuários do transporte. A comparação da percepção dos usuários de diferentes sistemas, entretanto, possui diversos desafios devido à falta de padronização na coleta de dados, subjetividade e vieses socioculturais dos respondentes. Este trabalho apresenta três métodos que buscam superar estes desafios e permitir a realização de análises de *benchmarking* com dados de satisfação dos usuários de diferentes cidades. A primeira análise consiste na normalização das notas de satisfação para reduzir vieses sociais e culturais. A segunda aplica a análise envoltória de dados para identificar sistemas de transporte eficientes na visão dos seus usuários. Por fim, a terceira análise consiste na aplicação de análise de *clusters* para identificar relações entre perfis de usuários e as respectivas avaliações de satisfação em diferentes cidades. Os métodos mostram-se adequados para comparação de sistemas, permitindo identificação de metas, prioridades, *benchmarks* e entendimento de particularidades dos diferentes públicos. As análises apresentam distintos graus de complexidade de aplicação e de obtenção dos dados. Cada um dos métodos proporciona uma visão distinta a partir dos dados disponíveis, que permite que se definam *benchmarks* e auxilie na definição de diretrizes de melhorias.

Palavras-chave: Transporte coletivo por ônibus. *Benchmarking*. Qualidade com foco no cliente. Satisfação do usuário. Normalização. Análise envoltória de dados. DEA. *Clusters*.

ABSTRACT

Attracting users to public transport and maintaining the ones that already use it is essential to fostering more sustainable cities. Therefore, improving the quality of bus transit systems and considering the users' vision becomes relevant. Benchmarking is a recognized quality management tool that allows comparing systems, identifying references to good practices and promoting exchanges of experience. Aligning benchmarking process and users' satisfaction of public transport have great potential to become the management more focused and effective to the needs and desires of the users. However, comparing the perception of users of different systems results in several challenges due the lack of standardization of data collection, subjectivity and socio cultural biases. This study proposes the application of three methods aiming to overcome these challenges and to allow benchmarking analysis with users' satisfaction data of different cities. The first analysis consists in normalizing satisfaction scores to reduce social and cultural biases. The second one applies Data Envelopment Analysis (DEA) to identify efficient transport systems in users' view. The third one consists in using clusters analysis to identify relations between users' profiles and their respective satisfaction in different cities. The methods are adequate for comparing systems, allowing goals identification, priorities, benchmarks and understanding of different audiences' particularities. The analyses present different degrees of application complexity and data collection. Each method provides a distinct view from available data, which allows defining benchmarks and assist in improvements guidelines.

Keywords: Bus public transport. Benchmarking. Quality with client focus. User's satisfaction. Normalizing. Data Envelopment Analysis. DEA. Clusters.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1: *BENCHMARKING* COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

- Figura 1 – Ciclo da qualidade (European Standard, 2002)..... 19
- Figura 2 – Escala *Likert* e respectivas notas utilizadas nas questões de satisfação da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus..... 22
- Figura 3 – Notas de satisfação normalizadas por fator da qualidade e cidade (retângulos representam notas sem diferença significativa)..... 25
- Figura 4 – *Benchmarking* para cidade A em notas de 0 a 10. Linhas verticais à direita das barras representam notas sem diferença significativa..... 26

ARTIGO 2: APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA *BENCHMARKING* COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

- Figura 1 – (a) Eficiência relativa das DMUs; (b) *gap* das notas de satisfação para cada DMU..... 41
- Figura 2 – (a) Eficiência relativa das DMUs; (b) *gap* das notas de satisfação para cada DMU..... 43

ARTIGO 3: APLICAÇÃO DE CLUSTERIZAÇÃO PARA ANÁLISE DE *BENCHMARKING* COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO

- Figura 1 – Notas de satisfação normalizadas e características dos *clusters*..... 56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos artigos da dissertação.....	16
Quadro 2 - Comparação entre métodos.....	61

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: BENCHMARKING COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Tabela 1 – Características das amostras para as quatro aplicações da pesquisa de satisfação	23
Tabela 2 – Tabela ANOVA das notas absolutas de satisfação considerando as variáveis “Cidade” e “Fator da qualidade”.....	24
Tabela 3 – Notas de satisfação normalizadas pela média dos fatores da qualidade e por cidade.....	24

ARTIGO 2: APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA BENCHMARKING COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Tabela 1 – Caracterização dos sistemas de transporte definidos como DMUs das análises.....	39
Tabela 2 – Agrupamentos dos fatores da qualidade para primeira aplicação.....	40
Tabela 3 – Dados considerados na primeira aplicação.....	40
Tabela 4 – Resultados da aplicação 1 contendo eficiência relativa das DMUs e <i>gap</i> das notas de satisfação para atingir a eficiência.....	40
Tabela 5 – Contribuição das DMUs eficientes para DMUs ineficientes atingirem eficiência.....	42
Tabela 6 – Dados considerados na segunda aplicação.....	42
Tabela 7 – Resultados da aplicação 2 contendo eficiência relativa das DMUs e <i>gap</i> das notas de satisfação para atingir a eficiência.....	43
Tabela 8 – Dados considerados na segunda aplicação.....	44
Tabela 9 – Resultados da aplicação 3 contendo eficiência relativa das DMUs e <i>gap</i> das notas de satisfação para atingir a eficiência.....	44

ARTIGO 3: APLICAÇÃO DE CLUSTERIZAÇÃO PARA ANÁLISE DE BENCHMARKING COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO

Tabela 1 – Variáveis adotadas, provenientes da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus.....	51
Tabela 2 – Observações restantes para cada cidade.....	52
Tabela 3 – Avaliação do SI para formações considerando de 2 a 10 <i>clusters</i>	54
Tabela 4 – Variáveis com diferença significativa (DS) e sem diferença significativas (SDS) para as cidades e formações com 2, 3 e 4 <i>clusters</i>	55
Tabela 5 – Número de observações em cada <i>cluster</i>	55

LISTA DE SIGLAS

ABBG: *American Bus Benchmarking Group*

ANOVA: Análise de Variância

ANTP: Agência Nacional de Transportes Públicos

BEST: *Benchmarking European Service of Public Transport*

BHTRANS: Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte

CoMET: *Community of Metros*

CMM: Comparação Múltipla de Médias

CRS: *Constant Return to Scale* (retorno constante de escala)

DEA: *Data Envelopment Analysis* (análise envoltória de dados)

DMU: *Decision Making Unit* (unidade de tomada de decisão)

DS: diferença significativa

Fetranspor: Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro

IBBG: *International Bus Benchmarking Group*

ISBeRG: Suburban Rail Benchmarking Group

PPGEP: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

SDS: sem diferença significativa

SI: *Silhouette Index*

SPTrans: São Paulo Transporte S. A.

TCRP: *Transit Cooperative Research Program*

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

URBS: Urbanização de Curitiba

VRS: *Variable return to Scale* (retorno variável de escala)

WRI: *World Resource Institute*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 DELIMITAÇÃO	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 ARTIGO 1: <i>BENCHMARKING</i> COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS	17
3 ARTIGO 2 APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA <i>BENCHMARKING</i> COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS	30
4 ARTIGO 3: APLICAÇÃO DE CLUSTERIZAÇÃO PARA ANÁLISE DE <i>BENCHMARKING</i> COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS.....	64
ANEXO A.....	65

1 INTRODUÇÃO

Diariamente são transportados 34,4 milhões de passageiros nos sistemas de transporte coletivo por ônibus nas cidades brasileiras (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2016). Apesar do importante papel nos deslocamento da população das cidades, os sistemas de transporte urbano por ônibus apresentaram queda de demanda de 3 milhões de passageiros por dia entre 2014 e 2015 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2016). Entre os principais fatores que contribuem para essa queda, destaca-se a atual crise econômica, os congestionamentos, a falta de priorização do transporte coletivo por parte do poder público e, recentemente, a concorrência com formas de transporte responsivas a demanda. Diante deste cenário, desejando-se tornar o transporte coletivo mais competitivo frente às demais ofertas que se apresenta nas cidades, a busca pela qualificação dos sistemas de transporte torna-se relevante.

Os protestos de junho de 2013 traduziram o clamor da população brasileira pelo aumento da qualidade do transporte coletivo. É necessário que as ações dos gestores e operadores do transporte tenham foco no aumento da qualidade pela ótica dos usuários do transporte. Investir em ferramentas que sejam capazes de traduzir de maneira clara e objetiva as necessidades e percepções dos usuários passa a ser essencial para que as ações e decisões sejam mais eficientes e cumpram com o objetivo de melhorar os sistemas. As pesquisas de satisfação são as formas mais comumente utilizadas para medir a opinião dos usuários de ônibus, tornando relevante o estudo das análises que podem ser feitas e utilizadas nas tomadas de decisão.

Por outro lado, o *benchmarking* é uma ferramenta de qualidade amplamente disseminada por permitir a comparação entre diferentes organizações, identificação de boas práticas e trocas de experiência. O processo de *benchmarking* surgiu com foco no desempenho operacional e em geral é assim que vem sendo empregado, sendo poucos os estudos que tratam da ferramenta com foco na percepção do usuário. Na área de transportes, o uso da ferramenta também segue a tendência da visão de desempenho, tendo surgido muito recentemente algumas iniciativas de incluir a visão dos usuários no processo.

Aliar o processo de *benchmarking* com a percepção dos usuários pode contribuir para uma gestão do transporte coletivo mais efetiva, pois possibilita a adoção de boas práticas juntamente com a consideração da perspectiva dos usuários. No entanto, a realização de comparações diretas entre pesquisas de satisfação aplicadas em diferentes locais é um desafio devido às diferenças sociais e culturais entre as cidades e a dificuldade em se padronizar a ferramenta de coleta dos dados (TROMPET ET AL., 2013).

O presente trabalho propõe o emprego de três métodos de análise de *benchmarking* para a comparação entre cidades: a normalização, análise envoltória de dados e clusterização. Espera-se que os resultados deste trabalho contribuam para a realização de *benchmarking* com satisfação e, assim, forneça subsídios para a melhoria da qualidade do transporte coletivo direcionada aos usuários do transporte.

1.1 OBJETIVOS

O principal objetivo desse trabalho é avaliar métodos para realização de análises de *benchmarking* de sistemas de transporte coletivo por ônibus considerando a ótica da satisfação dos usuários para promover a melhoria da qualidade dos sistemas.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) propor uma normalização das notas de satisfação dos usuários de transporte coletivo que reduza o efeito dos vieses socioculturais, possibilite a comparação de sistemas de ônibus que operam em distintas cidades brasileiras e proporcione a identificação de potenciais *benchmarks*;
- b) fornecer uma visão geral sobre a aplicação da análise envoltória de dados (DEA) em análises de *benchmarking* de sistemas de transporte coletivo que permita identificar os sistemas mais eficientes pelo ponto de vista de seus usuários e que podem ser referência para os demais;
- c) investigar a relação entre perfil dos usuários do transporte coletivo e suas avaliações de satisfação aplicando análise de *clusters* aos respondentes de pesquisa de satisfação contribuindo com as análises de *benchmarking*.

1.2 JUSTIFICATIVA

Aliar o processo de *benchmarking* a avaliações de percepção dos usuários tem um grande potencial de contribuir para uma melhor gestão da qualidade dos sistemas de transporte coletivo. A ferramenta de *benchmarking* permite que sejam identificadas referências de boas

práticas e seja realizada a troca de experiência entre organizações. Já o uso da percepção dos usuários nas decisões de melhorias do transporte permite o melhor entendimento do que o público deseja e quais as ações são mais efetivas para melhorar a qualidade para o usuário. Diversos são os desafios relacionados à comparação da percepção dos usuários entre diferentes cidades devido à subjetividade das avaliações e à dificuldade de padronizar a ferramenta de coleta da opinião. O presente trabalho investiga métodos que possibilitem a realização da comparação entre medidas de satisfação dos usuários para diferentes sistemas, possibilitando que seja aplicado o processo de *benchmarking* com foco na satisfação.

1.3 DELIMITAÇÃO

A proposta se limita a investigação de três métodos de análise de dados aplicados à percepção de satisfação dos usuários de transporte coletivo: normalização, análise envoltória de dados e clusterização. Os dados empregados neste trabalho são referentes à Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus aplicada pelo WRI Cidades Sustentáveis (EMBARQ Brasil, 2014). Análises que empregaram dados operacionais de sistemas de transporte foram limitadas pela disponibilidade das informações por parte dos provedores dos serviços. Além disso, as análises realizadas são de natureza exploratória, não tendo o objetivo focado nos resultados em si, mas nas possibilidades que os métodos adotados oferecem para aplicação em análises de *benchmarking*.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada sob a forma de artigos e está organizada em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema e as diretrizes adotadas, incluindo os objetivos geral e específicos, justificativa do tema, delimitações e estrutura do trabalho. O segundo capítulo apresenta o primeiro artigo da dissertação, no qual se apresenta a normalização das avaliações de satisfação dos usuários do transporte coletivo, permitindo a comparação entre cidades. No terceiro capítulo é apresentado o segundo artigo da dissertação, que fornece uma visão geral dos potenciais de aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para análises de *benchmarking*. O terceiro artigo que compõe esta dissertação, apresentado no quarto capítulo, foca na análise de *clusters* para avaliação de *benchmarking*, permitindo uma visão geral das relações existente entre perfil dos usuários do transporte coletivo e suas

percepções perante os sistemas. Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões e considerações finais do trabalho desenvolvido. O Quadro 1 apresenta uma breve descrição dos estudos realizados em cada um dos artigos desta dissertação.

Quadro 1 – Descrição dos artigos da dissertação

	Objetivo	Principal método adotado	Tipo de pesquisa
Artigo 1	Propor uma normalização das notas de satisfação dos usuários de transporte coletivo que reduza o efeito dos vieses socioculturais, possibilite a comparação de sistemas de ônibus que operam em distintas cidades brasileiras e proporcione a identificação de potenciais <i>benchmarks</i>	Normalização e estatística básica	Aplicada, quantitativa e exploratória
Artigo 2	Fornecer uma visão geral sobre a aplicação da análise envoltória de dados (DEA) em análises de <i>benchmarking</i> de sistemas de transporte coletivo que permita identificar os sistemas mais eficientes pelo ponto de vista de seus usuários e que podem ser referência para os demais	Análise Envoltória de Dados (DEA)	Aplicada, quantitativa e exploratória
Artigo 3	Investigar a relação entre perfil dos usuários do transporte coletivo e suas avaliações de satisfação aplicando análise de <i>clusters</i> aos respondentes de pesquisa de satisfação contribuindo com as análises de <i>benchmarking</i>	Análise de Clusters e estatística básica	Aplicada, quantitativa e exploratória

(fonte: elaborado pela autora)

2 ARTIGO 1

BENCHMARKING COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Mariana Müller Barcelos^{1,2}
Luis Antonio Lindau^{1,2}
Maria Beatriz Berti da Costa²
Carla Schwengber ten Caten²
Cristina Albuquerque Moreira da Silva¹
Brenda Medeiros Pereira¹

1 WRI Brasil Cidades Sustentáveis

2 Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Investir na qualidade do transporte coletivo é fundamental para fidelizar e atrair usuários e fomentar cidades mais sustentáveis. O *benchmarking* é uma ferramenta adequada para identificar melhores práticas e promover troca de experiências focadas na melhoria dos sistemas de transportes. No entanto, o *benchmarking* com foco na satisfação dos clientes impõe desafios devido à falta de padronização na coleta de dados e aos vieses socioculturais inerentes a pesquisas de opinião. Este trabalho apresenta uma análise de *benchmarking* a partir de dados de satisfação coletados através de uma pesquisa padronizada. Propõe-se uma normalização das notas de satisfação que: (i) reduz o efeito dos vieses socioculturais, (ii) possibilita a comparação de sistemas de ônibus que operam em distintas cidades brasileiras, e (iii) proporciona a identificação de potenciais *benchmarks*. O método proposto revelou-se adequado na identificação de metas, prioridades e atributos de sistemas de transporte coletivo por ônibus que podem servir de referência.

ABSTRACT

Investing in quality of public transport is fundamental to keep and attract users and to foster more sustainable cities. Benchmarking is an adequate tool to identify best practices and promote exchange experiences that contributes to improve transport systems. Nevertheless, benchmarking focused on client satisfaction imposes challenges because of the lack of standards in collecting data and the socio-cultural biases inherent to opinion surveys. This work presents a benchmarking analysis based on satisfaction data collected through a standardized survey. We propose a normalization of satisfaction rates that: (i) reduces the effect of socio-cultural biases, (ii) enables the comparison of bus systems operating in different Brazilian cities, and (iii) allows the identification of potential benchmarks. The proposed method resulted adequate in identifying goals, priorities and attributes of bus transit systems that can serve as references.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do transporte público ganhou relevância em muitas cidades nos últimos anos. Um dos desafios é compreender como o serviço impacta os usuários e o que deve ser feito para melhorar a oferta. Assim, investir em ferramentas que sejam capazes de traduzir de maneira clara e objetiva as necessidades e percepções dos usuários passa a ser essencial para que as ações sejam mais efetivas.

O *benchmarking* é uma ferramenta de qualidade disseminada globalmente. Consiste em um processo de comparação e troca de experiências com o objetivo de identificar boas práticas e soluções para a melhoria da qualidade das organizações (Butta e Huq, 1999). Tipicamente, o *benchmarking* é usado para melhorar os processos e reduzir custos. Recentemente aspectos relacionados ao cliente também surgiram dentro dos grupos de *benchmarking*. Na área de transporte coletivo não é diferente, a percepção dos usuários é abordada pelo *International Bus Benchmarking Group* (IBBG) e *Benchmarking European Service of Public Transport* (BEST) (Trompet et al., 2013; EMTA, 2016), em que diferentes sistemas de transporte

aplicam pesquisas padronizadas de satisfação online.

O presente trabalho aborda o *benchmarking* com enfoque na satisfação dos usuários do serviço de transporte coletivo por ônibus no Brasil. Para mensurar a percepção dos usuários foi utilizada a Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus, desenvolvida pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis. Trata-se de uma pesquisa padronizada que vem sendo aplicada em cidades brasileiras para mensurar o nível de satisfação e percepção dos usuários em relação aos sistemas de transporte coletivo por ônibus (EMBARQ Brasil, 2014).

A comparação de pesquisas de satisfação aplicadas em diferentes locais é um desafio devido às diversas diferenças entre tipos de pesquisas, questionários, amostras e contextos culturais e sociais. Enquanto os primeiros itens podem ser solucionados com a aplicação de uma pesquisa padronizada, aspectos socioculturais são inerentes a pesquisas de opinião e precisam ser relativizados para tornar as diferentes aplicações comparáveis.

O presente trabalho propõe uma normalização das notas de satisfação dos usuários de transporte coletivo com a finalidade de reduzir os vieses culturais e sociais. Dessa forma, torna-se possível realizar a comparação entre cidades para identificar aquelas que tem potencial de ser referência de boas práticas e permitir que o processo de *benchmarking* seja realizado com dados de satisfação.

Inicialmente é apresentada uma revisão da literatura sobre a qualidade com foco no cliente e processos de *benchmarking*, seguida da descrição do método empregado. Após, são apresentadas as análises de *benchmarking* realizadas e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

2. A QUALIDADE COM FOCO NO CLIENTE

Historicamente, o transporte público urbano teve a qualidade associada a aspectos operacionais do sistema traduzindo predominantemente os interesses dos operadores e dos órgãos gerenciadores do sistema de transporte público. Foi a partir da década de 1990 que o conceito de qualidade passou a ser utilizado mais amplamente, agregando também as visões pela percepção dos usuários, incluindo os desejos e as necessidades da sociedade (Bertozzi e Lima Jr., 1998). Ainda assim, grande parte dos gestores de transporte ainda não iniciou este processo. Introduzir iniciativas de medição da percepção dos usuários nos processos de gestão acaba sendo um diferencial adotado por órgãos gerenciadores com mais recursos e também com usuários que possuem uma diversidade maior de opções de transporte (Kittelsohn & Associates ET al., 2003).

O ciclo da qualidade, proposto pela Norma Europeia EN 13816, permite entender quais são os componentes envolvidos na qualidade do transporte coletivo. Conforme ilustrado na Figura 1, no âmbito dos clientes do transporte e da comunidade, a medida de satisfação dos usuários é definida pela diferença entre a qualidade desejada e a percebida do serviço. Já nas agências e operadores do transporte, a medida de desempenho é determinada pela diferença entre a qualidade de serviço contratada e a ofertada (European Standard, 2002). As diferenças entre os quatro tipos de qualidade são denominadas *gaps* da qualidade. Almeja-se que esses *gaps* sejam os menores possíveis. Este ciclo pode ser utilizado como uma ferramenta de gerenciamento, tanto em nível da rede de transporte coletivo, abrangendo a área urbana, quanto de uma linha ou rota de um sistema (European Commission, 1998).

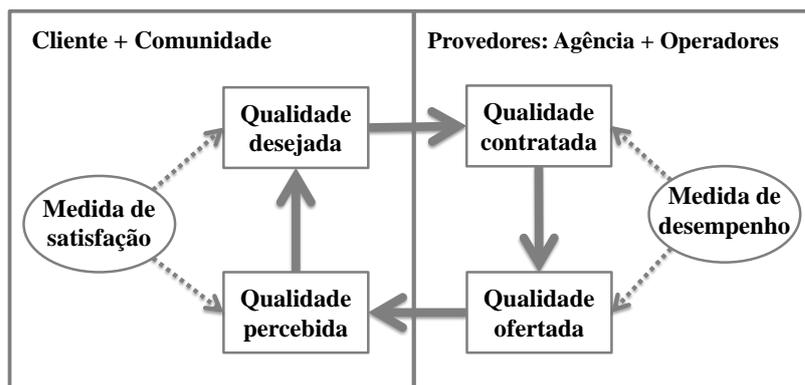


Figura 1: Ciclo da qualidade (European Standard, 2002)

A qualidade na área de transporte coletivo deve ser definida como a qualidade pelo ponto de vista do passageiro (Kittelsson & Associates, 2003), já que ela deve ser entendida como instrumento para atrair novos usuários ao transporte e manter os que já utilizam. Assim, o usuário deve ser visto como cliente do sistema de transporte, tendo direito a um serviço de qualidade e motivos para que continue usando o sistema de transporte público, considerado o mais sustentável para as cidades (Ferraz e Torres, 2004). O presente trabalho terá foco na “Medida de Satisfação”, *gap* entre “Qualidade desejada” e “Qualidade percebida” do Ciclo da Qualidade.

3. O PROCESSO DE *BENCHMARKING*

O *benchmarking* é uma ferramenta que tem como objetivo revelar as melhores práticas de uma organização reconhecida como competente em determinado aspecto e tê-la como referencial para promover melhorias no desempenho das demais (Butta e Huq, 1999). O *benchmarking* teve início em 1979, quando a *Xerox Corporation*, após sofrer uma grande redução do mercado que detinha, aplicou o processo pela primeira vez, disseminando a prática em nível global (Zairi, 1996).

O processo de *benchmarking* consiste em reconhecer as falhas da própria organização, reconhecer que alguém esteja fazendo um trabalho melhor, aprender como ele está sendo feito e, em seguida, implementá-lo (American Productivity & Quality Center, 1996). Assim, o *benchmarking* permite um foco externo e obriga olhar para o que seus concorrentes estão fazendo (Huq e Bhutta, 1999). Os grupos de *benchmarking*, geralmente se apoiam em uma política de sigilo e anonimato das informações disponibilizadas, o que garante a total abertura dos dados dentro do grupo e confidencialidade para o exterior (Randall et al., 2007).

Em transportes, diversos grupos de *benchmarking* nacionais e internacionais foram criados para melhorar a qualidade dos serviços, como *Community of metros – CoMET*, *International Bus Benchmarking Group – IBBG*, *Suburban Rail Benchmarking Group – ISBeRG*, *American Bus Benchmarking Group – ABBG*, *Benchmarking European Service of public Transport – BEST*, Grupo de *Benchmarking Fetranspor* (Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro). O foco desses grupos reside, em sua maior parte, no desempenho e custos operacionais dos sistemas de transporte (Randall et al., 2007; Ribeiro e Gonçalves 2015, Alouche e Barbosa, 1997), muito embora aspectos relacionados à satisfação dos clientes tenha surgido em alguns deles recentemente (Trompet et al., 2013; EMTA, 2016).

O *benchmarking* baseado na satisfação do usuário é um desafio devido às diferenças entre tipos de pesquisas, questionários, amostras, contextos sociais e políticos, etc. (Trompet et al., 2013).

Mesmo quando se padroniza a metodologia de aplicação das pesquisas, corre-se o risco de ter as respostas dos usuários com um viés cultural e social que pode, inclusive, invalidar comparações entre diferentes países ou cidades de um mesmo país (Morpace International e Cambridge Systematics, 1999; EQUIP Consortium, 2000).

Devido à importância da satisfação do cliente, em 2009, os membros do *International Bus Benchmarking Group* (IBBG) incluíram análises de satisfação utilizando uma metodologia de normalização de dados para permitir o *benchmarking* da satisfação do cliente. O objetivo seria não comparar diretamente a satisfação dos clientes entre as diferentes cidades, mas sim normalizar os resultados da satisfação para entender o quanto a qualidade dos sistemas está atendendo as expectativas dos clientes nas diferentes áreas do serviço prestado (Trompet et al., 2013).

4. MÉTODO ADOTADO

A realização de análises de *benchmarking* com foco na percepção dos usuários pressupõe a coleta de informações de forma padronizada. No Brasil, não há disseminação nacional de um mesmo procedimento envolvendo amostragem, questionário, forma de aplicação e análise. Para que seja possível comparar os resultados de diferentes cidades brasileiras utilizou-se dados coletados pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis através da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus.

O método proposto para o *benchmarking* apoia-se em uma extensa base de dados. Após avaliar a representatividade das amostras, o presente trabalho utiliza um método de normalização das notas de satisfação para superar os vieses socioculturais e possibilitar a comparação entre as cidades. Nesse capítulo apresenta-se a pesquisa utilizada e os procedimentos metodológicos adotados para realizar o *benchmarking*.

4.1. Pesquisa de satisfação

A Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus mede a percepção de usuários do transporte coletivo por ônibus e foi concebida e aplicada em cidades brasileiras pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis (EMBARQ Brasil, 2014). Foi desenvolvida com base em extensiva revisão da literatura internacional (como Relatórios do Transit Cooperative Research Program – TCRP, Norma Europeia 13826, entre outros) e de pesquisas aplicadas no Brasil e internacionalmente (como as aplicadas pelo Transantiago, TransMilenio, Consórcio Transportes Madrid, Urbanização de Curitiba – URBS, São Paulo Transporte S.A. – SPTrans, Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte – BHTRANS, Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, entre outros).

Embora padronizada, a pesquisa conta com flexibilidade para se adequar aos diversos contextos de cidades. A partir de uma determinação quantitativa da percepção dos usuários, é utilizada para apoiar a tomada de decisão, verificar o impacto de intervenções realizadas no sistema de transporte coletivo e apoiar o processo de gestão da qualidade (EMBARQ Brasil, 2014). Os dados utilizados neste trabalho foram extraídos da aplicação da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus em quatro cidades brasileiras.

4.1.1 Questionário

O questionário da pesquisa de Satisfação QualiÔnibus é composto por um módulo básico, e diversos módulos detalhados. O módulo básico é obrigatório a todas as cidades que desejam aplicar a pesquisa, já os detalhados são optativos e podem ser escolhidos pela cidade dependendo de suas necessidades e interesses em investigar algum aspecto específico do sistema de transporte (EMBARQ Brasil 2014).

O módulo básico é apresentado no Anexo A desta dissertação e consiste em: (i) perfil do cliente; (ii) perfil de uso; (iii) satisfação com o sistema, sendo uma pergunta da satisfação geral e dezesseis específicas para cada fator de qualidade; e (iv) concordância com oito afirmações de percepção geral do sistema de transporte. Os dezesseis fatores da qualidade presentes na pesquisa são (EMBARQ Brasil, 2014):

- acesso ao transporte: facilidade de chegar aos pontos de acesso e circular nas estações e terminais;
- disponibilidade: intervalo entre os ônibus, nos horários e locais em que necessito;
- rapidez;
- confiabilidade: chegada no horário previsto;
- facilidade de fazer integrações entre linhas de ônibus e outros modos de transporte, para chegar ao destino;
- conforto dos pontos de ônibus: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas;
- conforto das estações: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas;
- conforto dos terminais: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas;
- conforto dos ônibus: iluminação, limpeza, quantidade de pessoas, assentos;
- atendimento ao cliente: respeito, cordialidade e preparo dos motoristas, cobradores, funcionários e central de atendimento;
- informação ao cliente: sobre linhas, horários e outras informações;
- segurança pública contra roubos, furtos e agressões no caminho e dentro dos ônibus;
- segurança em relação a acidentes de trânsito;
- exposição a ruído e poluição gerados pelos ônibus;
- facilidade em pagar o ônibus e recarregar o cartão de transporte;
- gasto com transporte coletivo por ônibus.

4.1.2. Amostragem

A Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus indica o número mínimo de questionários aplicados através de amostragem aleatória simples (Oliveira e Grácio, 2005), utilizando nível de confiança de 95% e erro amostral máximo de 5%. No caso de sistemas que possuem mais de 20 mil passageiros diários, são necessárias aproximadamente 400 entrevistas válidas e distribuídas aleatoriamente em todo o sistema (Morpace International e Cambridge Systematics, 1999). As cidades utilizadas neste trabalho adotaram amostras maiores, o que reduz o erro amostral e permite fazer estratificações dos resultados.

Para garantir a distribuição aleatória das pesquisas no sistema, são calculadas cotas da amostra por linha de ônibus e por faixa-horária do dia (pico manhã, entre pico e pico tarde). A amostra é distribuída nas cotas de forma proporcional a demanda de cada linha, devendo-se garantir que as linhas selecionadas representem pelo menos 90% da demanda do sistema a ser pesquisado. Do mesmo modo, a distribuição por faixa-horária é realizada de forma proporcional a demanda do sistema em cada uma das faixas-horárias e o período total de pesquisa também deve contemplar 90% da demanda do sistema (Morpace International e Cambridge Systematics, 1999).

4.1.3. Notas de satisfação

As análises de *benchmarking* tomaram por base apenas as questões de satisfação dos dezesseis fatores da qualidade do módulo básico da pesquisa de satisfação. Como na coleta dos dados é utilizada uma escala *Likert* de 5 pontos (Likert, 1932) para facilitar as respostas, ela é posteriormente transformada em notas de 0 a 10. A escala *Likert* e a respectiva transformação para nota é apresentada na Figura 2.

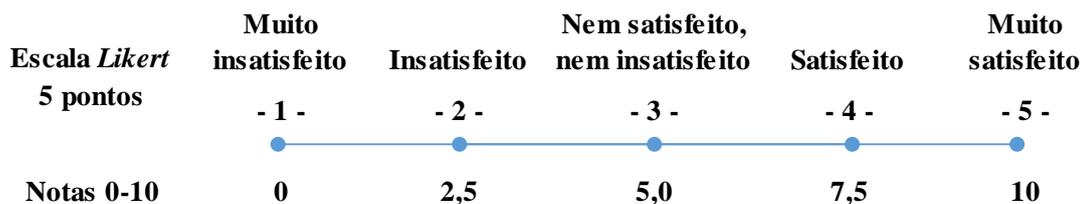


Figura 2: Escala *Likert* e respectivas notas utilizadas nas questões de satisfação da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus

4.2. Análises estatísticas

Inicialmente realizou-se o cálculo do coeficiente de variação das respostas nas diferentes cidades estudadas para representar a dispersão das notas dos respondentes para cada cidade. Por se tratar de uma pesquisa amostral, faz-se necessário a aplicação de análises estatísticas para validar os resultados obtidos. Neste trabalho, aplicou-se Análise de Variância para dois fatores (TWO WAY ANOVA) que permite estudar o efeito dos “Fatores da qualidade” e das “Cidades”. A análise tem como objetivo verificar se existem diferenças significativas das notas em pelos menos alguns dos fatores da qualidade estudados e também se existe diferença em pelo menos uma das quatro cidades. Caso a ANOVA comprove que existem diferenças significativas, é necessária a complementação da análise pela Comparação Múltipla de Média (CMM) para conferir quais dos fatores da qualidade e das cidades diferem significativamente entre si, ou seja, quais as diferenças entre notas que podem ser extrapoladas para toda a população da cidade.

4.3. Normalização da satisfação

Caso haja diferenças significativas entre as cidades, comprova-se estatisticamente que a avaliação média da percepção dos fatores é diferente para cada cidade caracterizando um viés entre cidades. Tal viés deve ser eliminado para que não influencie a análise de *benchmarking* dos diferentes fatores de qualidade. O *International Bus Benchmarking Group* (Trompet et al., 2013) propõe a normalização das notas de satisfação em função da média de notas das cidades. O processo de normalização consiste em diminuir da nota de satisfação absoluta (nota de 0 a 10), a média das notas de todos os fatores da qualidade da própria cidade, conforme apresentado na Equação 1:

$$Nn_{ij} = Na_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n Na_{ij}}{n} \quad (1)$$

em que: Nn_{ij} : nota normalizada do fator da qualidade i na cidade j ;

Na_{ij} : nota absoluta do fator da qualidade i na cidade j ;

n : número de fatores da qualidade avaliados na cidade j .

4.4. Análises de *benchmarking*

As análises de *benchmarking* devem possibilitar o reconhecimento de cidades que podem ser referência de boas práticas para as demais e auxiliar na definição de metas e prioridades de melhorias para as cidades. Os dados provenientes da pesquisa de satisfação e a normalização proposta pela Equação 1 nos permitem realizar essas análises para dados de satisfação. A normalização possibilita comparar as diferentes cidades e identificar as cidades referência, bem como definir metas a serem atingidas para os diferentes fatores da qualidade. Já a definição das prioridades pode ser realizada pelas notas absolutas, de 0 a 10, de satisfação. Ao fim do trabalho é apresentado um exemplo em que essas análises são aplicadas para ilustrar o processo de *benchmarking*.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

As análises de *benchmarking* basearam-se nos resultados da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus, realizada junto a quatro cidades brasileiras de grande e médio porte no ano de 2015. Nas cidades C e D, a pesquisa foi aplicada em todo o sistema de transporte coletivo por ônibus da cidade, já nas cidades A e B a aplicação se deu apenas em corredores específicos do sistema. Conforme a política de anonimato do *benchmarking* as cidades não são identificadas. A seguir são apresentadas análises de variabilidade amostral e de *benchmarking* aplicadas aos dados obtidos.

5.1. Caracterização da amostra

Para entender melhor a variabilidade do público com que se trabalha nas cidades, realizou-se a análise do coeficiente de variação da amostra. Verificou-se que a amostra em todas as cidades possui dispersão classificada como alta (maior do que 30%), o que era esperado por se tratar de pesquisas de opinião com um público tão abrangente como usuários do transporte coletivo. A Tabela 1 apresenta a amostra realizada em cada uma das cidades em que a pesquisa foi aplicada, respectivos erros amostrais, médias das notas de satisfação e coeficientes de variação.

Tabela 1: Características das amostras para as quatro aplicações da pesquisa de satisfação

Cidade	Amostra realizada	Erro amostral real	Média das notas de satisfação*	Coefficiente de variação da amostra**
Cidade A	2.000	2,20%	5,41	48,4%
Cidade B	2.599	1,93%	5,73	42,1%
Cidade C	2.012	2,19%	4,86	55,2%
Cidade D	527	4,27%	5,16	53,5%

* Média das notas de satisfação dos 16 fatores da qualidade da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus.

** Coeficiente de Variação calculado com base nas respostas de satisfação dos 16 fatores da qualidade.

Nota-se que os coeficientes de variação das amostras são semelhantes para as quatro cidades e se mantiveram em torno de 50%. Conhecendo-se a variabilidade real, pode-se recalculá-la a amostra (Ribeiro et al., 2001), resultando em uma amostra mínima necessária de 384 pesquisas (para amostra mínima, considera-se 1 agrupamento, caso em que não serão realizadas análises estratificadas). A amostra mínima recalculada valida a amostra proposta na metodologia da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus, que define aproximadamente 400 entrevistas para sistemas acima de vinte mil passageiros por dia (conforme citado em 4.1.2).

5.2. Análises de *benchmarking* através da satisfação dos usuários

Após aplicação da pesquisa nas quatro cidades, foi possível extrair uma nota média de satisfação para cada fator da qualidade avaliado. As notas são provenientes das respostas recebidas dos usuários de ônibus transformadas em notas de 0 a 10, através da correspondência apresentada na Figura 2. Para cada cidade são calculadas as notas de satisfação com os 16 fatores da qualidade e a média aritmética das notas desses fatores da qualidade.

5.2.1. Identificação de potenciais benchmarks

A literatura (Morpace International e Cambridge Systematics, 1999; Trompet et al., 2013; EQUIP Consortium, 2000) recomenda que a comparação das notas absolutas de pesquisas realizadas em diferentes locais deve levar em conta a chance de fatores externos, como questões culturais e sociais, influenciarem nas avaliações de satisfação, criando vieses. Tendo isso em mente, verifica-se se as médias das cidades e dos fatores da qualidade diferem por meio de uma

Análise de Variância (ANOVA) de dois fatores sem repetição. A tabela ANOVA completa é apresentada na Tabela 2.

A partir da Tabela 2 pode-se observar que a variável “Cidade” tem efeito significativo nos valores das notas de satisfação dos fatores de qualidade (Valor-P menor do que 5%), o que comprova que as notas absolutas das percepções dos usuários diferem estatisticamente nas diferentes cidades onde a pesquisa foi aplicada. A comprovação de que a variável “Fator da qualidade” apresenta influência significativa nas notas atribuídas (também teve Valor-P menor do que 5%) era esperada e não apresenta problemas para as análises, pois cada fator da qualidade será analisado separadamente.

Tabela 2: Tabela ANOVA das notas absolutas de satisfação considerando as variáveis “Cidade” e “Fator da qualidade”

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Fator da qualidade	46,90	15	3,13	9,54	1,725E-09	1,89
Cidade	6,50	3	2,17	6,61	0,0008504	2,81
Erro	14,75	45	0,33			
Total	68,15	63				

Com o objetivo de retirar o efeito da variável “Cidade” para reduzir os vieses sociais e culturais, o IBBG propõe uma metodologia de normalização baseada nas notas médias de satisfação de cada cidade (Trompet et al., 2013). A normalização foi realizada descontando-se, da nota de cada fator da qualidade, a média das notas de todos os fatores da qualidade de cada cidade (conforme Equação 1), obtendo-se as notas normalizadas apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Notas de satisfação normalizadas pela média dos fatores da qualidade e por cidade

Fatores da qualidade	Cidade A	Cidade B	Cidade C	Cidade D
Acesso ao transporte	1,36	0,54	1,24	1,19
Disponibilidade	0,79	-0,36	0,04	-0,49
Rapidez	1,43	0,76	0,19	0,26
Confiabilidade	0,95	0,34	0,34	0,31
Facilidade de fazer transferência	0,85	0,26	1,18	0,73
Conforto dos pontos de ônibus	-1,02	-0,99	-1,31	-1,79
Conforto das estações	-0,34	0,61	-0,54	*
Conforto dos terminais	-0,29	0,43	-0,27	-0,08
Conforto dos ônibus	-0,70	0,85	-0,47	-0,72
Atendimento ao cliente	0,14	0,60	1,56	1,23
Informação ao cliente	-0,09	0,37	1,16	1,36
Segurança pública	-2,55	-1,23	-2,15	-0,54
Segurança contra acidentes	-0,08	-0,09	-0,22	0,25
Exposição a ruído e poluição	-0,03	-0,36	-0,67	-0,85
Facilidade em fazer o pagamento	0,18	0,64	1,42	1,28
Gasto	-0,60	-2,38	-1,49	-2,13
Média dos fatores da qualidade	0,00	0,00	0,00	0,00

*Pergunta não aplicada na cidade D

Percebe-se que as médias dos fatores da qualidade, apresentados na última linha da Tabela 3, resultam em zero para todas as cidades, como era esperado, já que foram utilizadas como base para a normalização. Além disso, a normalização resulta em notas positivas e negativas, deixando claro quais são os fatores da qualidade avaliados pior, ou melhor, do que a média de cada cidade, ou seja, que contribuem negativa ou positivamente para a qualidade do sistema.

Na Tabela 3, observam-se valores muito próximos nas avaliações de alguns fatores de qualidade entre as diferentes cidades, o que, dependendo da variabilidade associada a estas notas não permite concluir com exatidão qual a cidade com as melhores práticas em cada aspecto. Para que se possa definir a cidade que representa o *benchmarking* em cada fator de qualidade, a partir das notas normalizadas, realizou-se uma Comparação Múltipla de Médias (CMM) para verificar quais notas têm diferença significativa entre si. Os resultados estão plotados no gráfico da Figura 3 que apresenta as notas de satisfação normalizadas para cada fator da qualidade e cidade, conforme legenda de cor. Os retângulos representam as notas sem diferença significativa, que caracterizam um empate técnico entre as cidades.

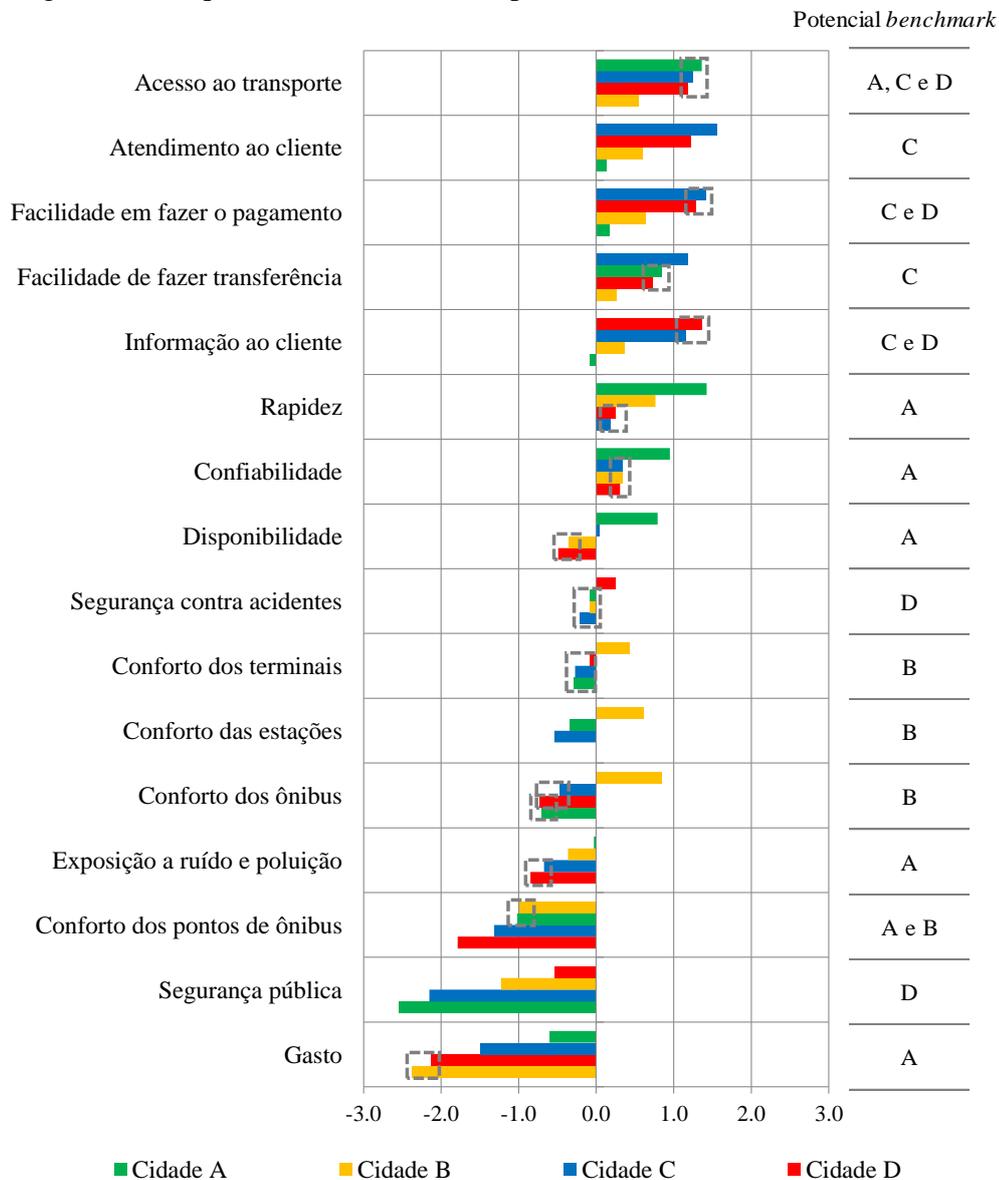


Figura 3: Notas de satisfação normalizadas por fator da qualidade e cidade (retângulos representam notas sem diferença significativa)

Analisando cada um dos fatores da qualidade em separado e fazendo a comparação entre as cidades, aquelas que possuem o fator de qualidade mais bem avaliados em relação a suas médias provavelmente podem compartilhar uma boa prática com as outras. As cidades que podem ser referência em qualidade para as demais do grupo são chamadas de potenciais *benchmarks* e são apresentadas na coluna ao lado do gráfico na Figura 3.

Os fatores da qualidade “Exposição a ruído e poluição”, “Conforto dos pontos de ônibus”, “Segurança pública” e “Gasto” têm todas as notas negativas, ou seja, nenhuma das cidades teve esses aspectos avaliados melhor do que sua própria média. De qualquer modo, as cidades que possuem as maiores notas nesses itens, mesmo que negativas, podem ser investigadas para verificar se têm alguma boa prática que as faz não receberem avaliações tão abaixo da média como as demais, podendo também ser *benchmarks*.

5.2.2. Aplicação das análises de benchmarking

Para ilustrar como as análises de *benchmarking* podem ser aplicadas ao processo como um todo, a Figura 4 apresenta as notas de satisfação absolutas para cada um dos fatores da qualidade resultantes da aplicação da pesquisa de satisfação na Cidade A. As linhas verticais contínuas correspondem a fatores da qualidade sem diferença significativa entre as notas. Já as estrelas representam as notas de referência para a Cidade A, isto é, as notas que devem ser almeçadas por A.

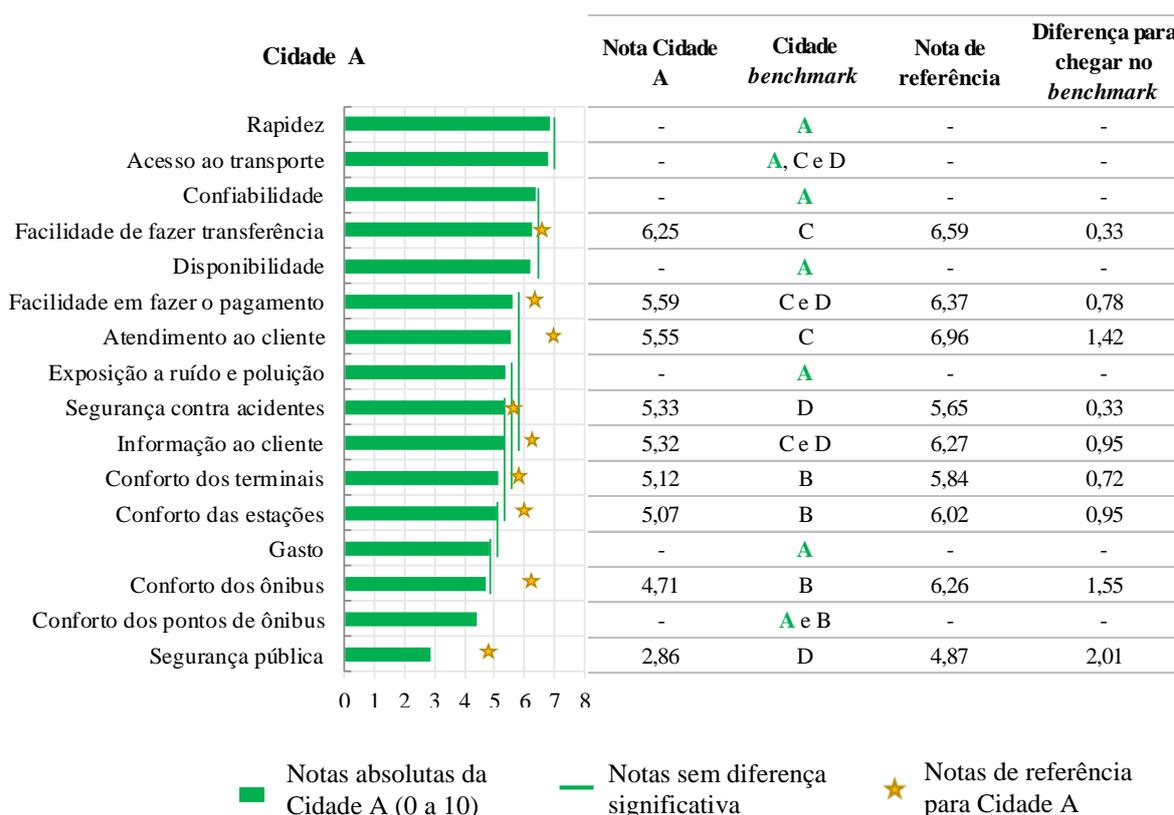


Figura 4: *Benchmarking* para cidade A em notas de 0 a 10. Linhas verticais à direita das barras representam notas sem diferença significativa

Inicialmente buscam-se no gráfico de *benchmarking* (Figura 3) os potenciais *benchmarks* para cada um dos fatores da qualidade (segunda coluna da Figura 3). As notas de referência para cada fator da qualidade são apresentadas na terceira coluna e representadas pelas estrelas no

gráfico da Figura 4. Elas foram calculadas através da soma da nota normalizada da cidade *benchmark* com a média dos fatores da qualidade da Cidade A. Este método torna a nota absoluta de A, em escala de 0 a 10, comparável com as notas dos potenciais *benchmarks*. Assim, podem-se identificar com maior clareza as metas para a cidade A em cada fator da qualidade. Para os fatores em que o potencial *benchmark* é a própria cidade A, não se definiu uma meta, pois as análises não mostram outra cidade dentro do grupo que poderia contribuir para qualidade de A.

Com base nessas análises, a priorização de melhorias para a Cidade A deve ser realizada em ordem crescente de notas de satisfação (Figura 4). Para os fatores da qualidade sem diferença significativa entre suas notas (representados a esquerda da mesma linha vertical) ocorre um empate técnico de priorização, sendo considerados de igual prioridade. Para a cidade A, o primeiro fator da qualidade candidato a ser priorizado é “Segurança pública”, onde a nota da cidade A é 2,86, devendo-se ter como nota de referência 4,87. “Conforto dos pontos de ônibus” seria o segundo fator a ser priorizado, mas a cidade A já é potencial *benchmark* nesse item. Os próximos fatores da qualidade que podem ser melhorados pelo processo de *benchmarking* são “Conforto dos ônibus” e “Gasto” que não possuem diferença significativa entre notas. Quando o empate técnico ocorre, a priorização pode ser realizada com base no fator da qualidade que possui a maior diferença de nota para chegar ao *benchmark*, ou seja, prioriza-se aquele aspecto que está mais distante de sua meta. No caso estudado, para “Conforto dos ônibus”, tem-se a cidade B como potencial *benchmark* e nota de referência de 6,26. Já o fator da qualidade “Gasto” tem a própria cidade A como potencial *benchmark*, portanto, não é estabelecida uma meta maior do que a nota de A. O processo de priorização dos aspectos que precisam de melhorias pode continuar para que se tenham todos os fatores da qualidade ordenados por priorização.

Após essas análises, as próximas etapas do processo de *benchmarking* são a identificação de boas práticas e troca de experiências entre as cidades, contemplando todas as etapas do processo de *benchmarking* (American Productivity & Quality Center, 1996). É importante perceber que as análises aqui descritas de identificação de potenciais *benchmarks* e identificação de aspectos prioritários a serem melhorados são ferramentas para nortear o restante do processo de *benchmarking*. O processo deve considerar uma avaliação do contexto de cada cidade e verificar a viabilidade em se aplicar determinadas práticas nos diferentes locais. Assim, devido à complexidade e aos diversos fatores que estão relacionados à melhoria da qualidade de sistemas de transportes, a comunicação e troca de experiências entre as cidades é imprescindível para entender o que pode ser replicado em diferentes locais, o que deve ser adaptado e o que se aplica apenas a um contexto específico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de aplicar análises que permitam a realização de *benchmarking* com a satisfação dos usuários do transporte coletivo, o presente trabalho verificou que, tanto o instrumento de coleta dos dados, como o método de normalização da satisfação pela média, atendeu às expectativas. A Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus permite manter um alto nível de padronização da metodologia, o que possibilita a comparação das diferentes aplicações. Já a técnica de normalização da satisfação permite reduzir os vieses culturais e sociais, inerentes a pesquisas de opinião. As análises de *benchmarking* apresentadas também facilitaram identificar os potenciais *benchmarks* e metas a serem atingidas pelas cidades para os diferentes fatores da qualidade.

Além disso, as análises de variância e de comparação múltipla de médias, realizadas neste trabalho, são fundamentais para validar os resultados obtidos, apesar de muitas vezes serem esquecidas em análises de satisfação. Ao trabalhar com percepção dos usuários, são utilizadas pesquisas amostrais e as conclusões devem sempre estar associadas a análises estatísticas que permitem extrapolar os resultados para a população estudada.

Importante notar que as análises de *benchmarking* não identificam de forma absoluta os pontos a serem melhorados e os *benchmarks* em cada área, mas identificam apenas as áreas e cidades que possuem potencial para tanto. É imprescindível agregar às análises o conhecimento empírico do sistema, proveniente da vivência e entendimento das diferentes localidades. Além disso, as análises de *benchmarking* compreendem apenas uma etapa do processo e não devem estar focadas simplesmente na comparação entre cidades, mas no aprendizado que as cidades podem ter umas com as outras para melhorar a qualidade de seus sistemas de transporte. Para atingir esse objetivo, um grupo de *benchmarking* deve ter seus membros ativos, promover encontros, facilitar o contato e a troca de experiência, além de ser um processo contínuo de melhoria. É o processo como um todo que faz do *benchmarking* uma boa ferramenta de melhoria da qualidade e o motivo pelo qual se disseminou globalmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alouche, P. L. e M. C. Barbosa (1997) Benchmarking: um importante projeto do metrô de São Paulo. *Revista dos transportes públicos*, ANTP, n. 77, p. 63-72.
- American Productivity & Quality Center - APQC (1996) *Emerging Best Practices in Knowledge Management*, American Productivity & Quality Center, Houston, TX.
- Bertozzi, P. P. e O. F. Lima Jr. (1998) A qualidade no serviço de transporte público sob as óticas do usuário, do operador e do órgão gestor. *Revista dos Transportes Públicos*, n. 081, p. 53-66.
- Bhutta K. S. e F. Huq (1999) Benchmarking – Best practices: as integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, v. 6, iss 3, p. 254-268.
- EMBARQ Brasil (2014) *QualiÔnibus pesquisa de Satisfação*. EMBARQ Brasil, Porto Alegre. Disponível em: <<http://embarqbrasil.org/node/47381>> Acesso em: 04 de jul 2016.
- EMTA (2016) BEST: *Benchmarking of customer satisfaction with public transport in Europe*. Disponível em: <http://www.emta.com/spip.php?article668&lang=en> Acesso em: 04 jul. 2016.
- EQUIP Consortium (2000). *The Benchmarking Handbook*. Transport Programme Project No. UR-98-RS.3076, Contract Report 4, Brussels, August 2000.
- European Commission (1998) *Quality approach in tendering urban public transport operations*. Transport Research Fourth Framework Programme Urban Transport – Report 76, 229 p., European Communities, Luxembourg.
- European Standard (2002) *EN 13816: transportation – logistics and services – public passenger transport – service quality definition, targeting and measurement*. Bruxelas.
- Ferraz, A. C. P. e I. G. E. Torres (2004) *Transporte Público Urbano*. 2. ed. ampl. e atual. São Carlos.
- Kittelton & Associates, Inc. (2003) *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Transit Cooperative Research Program: Report 100 (2nd ed.). Washington, DC, USA.
- Kittelton & Associates, Inc; Urbitan, Inc; C. S. LKC, Inc; I. Morpace e U. of T. Queensland (2003) *A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System – Report 88*. Washington, DC.
- Landry, P. (1993) *Benchmarking strategy*, Executive Excellence, June.
- Likert, R. (1932) *A tchnique for the measurement of attitudes*. New York: The Science Press.
- Morpace International, Inc. e Cambridge Systematics, Inc. (1999) *A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality – Report 47*. Washington, DC.
- Oliveira E. F. T. da e M. C. C. Grácio (2005) Análise a respeito do tamanho de amostras aleatórias simples: uma aplicação na área de Ciência da Informação. *Revista de Ciência da Informação*, v. 6, n. 3.
- Randall, E. R.; B. J. Condry, e M. Trompet (2007) International Bus System Benchmarking: Performance Measurement Development, Challenges, and Lessons Learned. In *Transportation Research Board 86th Annual Meeting*, TRB, 2007.
- Ribeiro, G. R. S. B. e R. C. Gonçalves (2015) Estruturação de metodologia de benchmarking para o setor de transporte rodoviário de passageiros. In *XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET*. Ouro Preto, nov 2015.
- Ribeiro, J. L. D.; M. E. Echeveste e A. M. F. Danilevicz (2001) *A utilização do QFD na otimização de produtos*,

- processos e serviços*. Porto Alegre: FEENG/UFRGS. Série Monográfica Qualidade.
- Souza, F. B. B. e F. D. Michel (2007) Avaliação segmentada do sistema de transporte público: uma análise qualitativa para tomada de decisão. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET*, Rio de Janeiro.
- Trompet, M.; R. Parasram e R.J. Anderson (2013) Benchmarking disaggregate customer satisfaction scores between bus operators in different cities and countries. In *Transportation Research Board 92st Annual Meeting*, TRB, 2013.
- Zairi, M. (1996) *Effective Benchmarking: learning from the best*. Chapman & Hall, London.

3 ARTIGO 2

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA *BENCHMARKING* COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Mariana Müller Barcelos^{1,2}
 Luis Antonio Lindau^{1,2}
 Maria Beatriz Berti da Costa²
 Cristina Albuquerque Moreira da Silva¹
 Carla Schwengber ten Caten²

1 WRI Brasil Cidades Sustentáveis

2 Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Diante da necessidade das cidades em melhorar a qualidade de seu transporte coletivo, o *benchmarking* surge como ferramenta de gestão para comparar sistemas, identificar referências de boas práticas e promover troca de experiência. A análise envoltória de dados (DEA) é um método que compara a eficiência relativa das organizações e identifica as referências, sendo apontada como adequada para análises de *benchmarking*. O presente trabalho propõe a aplicação de DEA em dados de satisfação dos usuários de transporte coletivo por ônibus, apresentando três aplicações que permitem uma visão geral do emprego da DEA. Para tanto, consideram-se 15 sistemas de transporte como DMUs e, entre as variáveis, a satisfação percebida pelos usuários e algumas características dos sistemas. Os resultados demonstram bom potencial no uso do método DEA para as análises de *benchmarking* propostas e indicam que algumas limitações deste trabalho poderiam ser superadas considerando aplicação dentro de um grupo de *benchmarking* consolidado.

ABSTRACT

Facing the need of cities in improving its transit system's quality, benchmarking emerges as a management tool to compare systems, identify good practices, and promote exchange of experience. Data Envelopment Analyses (DEA) is a method that compares organizations' relative efficiency, identifies references, and points as adequate for benchmarking analysis. This study proposes the application of DEA with bus users' satisfaction data. We carried out three different applications that provide an overall view of DEA. For this, we considered 15 bus transport systems as DMUs and, as variables, satisfaction perceived by users and some systems' available characteristics. The results show good potential in using DEA for the proposed benchmarking analysis. Besides that, it indicates that some limitations of this study can be overcome by considering application inside a consolidated benchmarking group.

1. INTRODUÇÃO

Ao transporte público coletivo tem sido atribuído papel importante para tornar a mobilidade das cidades mais sustentável. Apesar disso, segundo a Agência Nacional de Transportes Urbanos - NTU, o transporte coletivo brasileiro sofreu uma redução de 30% na demanda diária nas últimas duas décadas. Entre as justificativas para tal redução estão a atual crise econômica do país, os congestionamentos, a falta de priorização e a redução de investimentos ao transporte coletivo (NTU, 2016). Desejando-se atrair usuários para o transporte coletivo e manter os usuários que já o utilizam, torna-se relevante investir na qualidade para tornar o transporte coletivo competitivo frente às alternativas de transporte das cidades.

Uma importante ferramenta para a melhoria da qualidade é a análise de *benchmarking*, que consiste em um processo contínuo e sistemático de melhoria de produtos, serviços e processos a partir da observação das melhores práticas adotadas pelas organizações ou setores reconhecidos como referência (Spendolini, 1993). Esta ferramenta surgiu na indústria, mas também é muito empregada para serviços, incluindo o transporte coletivo. Para um melhor

uso desta ferramenta na análise do serviço de transporte coletivo, recomenda-se a criação de grupos de *benchmarking*. Como exemplo, pode-se citar grupos consolidados internacionalmente: CoMET (*Community of metros*), IBBG (*International Bus Benchmarking Group*), ISBeRG (*Suburban Rail Benchmarking Group*), ABBG (*American Bus Benchmarking Group*), BEST (*Benchmarking European Service of public Transport*) (Ryus et al., 2010).

Recentemente vários estudos de *benchmarking* têm empregado a análise envoltória de dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*) para identificar unidades eficientes e as fontes de ineficiência das unidades em estudo. DEA é um método de programação linear não paramétrico que permite estimar uma fronteira de produção eficiente, onde se encontram as melhores práticas, bem como avaliar a eficiência relativa entre diferentes unidades (Cooper et al., 2007). Embora alguns estudos já tenham aplicado o método DEA em transportes coletivos, estes têm se concentrado na produção de serviços, considerando a eficiência pelo ponto de vista dos provedores do transporte (Hilmola, 2011).

O presente trabalho tem o objetivo de fornecer uma visão geral sobre a aplicação de DEA em análises de *benchmarking* de sistemas de transporte coletivo por ônibus que buscam a melhoria da qualidade pela ótica do cliente. Espera-se que sua aplicação permita identificar quais são os sistemas mais eficientes sob a ótica dos usuários e que, portanto, podem servir de referência para os demais. Para isto, são utilizados resultados de uma pesquisa de satisfação padronizada aplicada aos usuários de diversos sistemas de transporte coletivo por ônibus, bem como dados operacionais e características dos mesmos.

O estudo está organizado em 6 capítulos. O capítulo 1 apresenta contextualização e justificativa para o trabalho proposto, seguido dos capítulos 2 e 3 com uma breve explicação do processo de *benchmarking* com foco no cliente e da ferramenta de análise envoltória de dados (DEA), respectivamente. O capítulo 4 detalha o método adotado no presente estudo e o 5 apresenta as aplicações realizadas com os resultados obtidos. Por fim, o capítulo 6 apresenta as considerações finais levando em conta a aplicabilidade do método proposto, limitações deste estudo e sugestão para pesquisas futuras.

2. BENCHMARKING DE SISTEMAS DE TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Existe uma ligação intrínseca entre o transporte coletivo urbano e a qualidade de vida de seus usuários, revelando a necessidade de se investir na qualidade dos serviços prestados (Fernandes e Bodmer, 1995). Considerando que o usuário do transporte é cliente final da prestação do serviço, fica claro que a qualidade pela ótica do usuário deve estar envolvida na gestão dessa qualidade (Merkert e Assaf, 2014).

2.1. Visão da qualidade em transporte

Recentemente, houve avanço considerável na conscientização e engajamento nos programas de qualidade por parte dos órgãos gestores e empresas de transporte, que buscam se adequar à tendência mundial de melhoria da qualidade dos produtos, do atendimento aos usuários e da busca da eficiência empresarial (Pereira et al., 1999).

A Norma Europeia EN13816 apresenta uma visão ampla da qualidade do transporte coletivo, definindo quatro diferentes perspectivas de qualidade de acordo com os agentes envolvidos na produção do serviço: qualidade contratada e ofertada (pela ótica dos provedores do transporte) e qualidades percebida e desejada (pela ótica dos clientes e comunidade). As

diferenças entre as qualidades dão origem aos quatro *gaps* da qualidade, os quais devem ser reduzidos tanto quanto possível (European Standard, 2002).

Parassuraman et al. (1985) também evidenciam que as avaliações de qualidade não devem ser feitas apenas sobre o desempenho do serviço, mas também devem envolver a avaliação dos clientes em relação ao processo de prestação do serviço. Os clientes que recebem o serviço possuem uma determinada expectativa que afeta sua avaliação e isso deve ser considerado na determinação da qualidade do serviço. Também Bertozzi & Lima Jr. (1998) apresentam a produção do serviço de transportes coletivo tendo a participação de basicamente três agentes: o usuário, o operador e o órgão gestor, cada qual com a sua visão de qualidade e do que seria um serviço eficiente.

2.2. Benchmarking como ferramenta de qualidade

Benchmarking é um processo sistemático de busca por melhores práticas externas a uma organização para reproduzi-las internamente. Além de envolver a comparação entre organizações através de análises de desempenho, o *benchmarking* envolve contato direto entre organizações, investigação das razões para os sucessos e identificação de práticas aplicáveis às demais (Ryus et al., 2010). Assim, através do *benchmarking* é possível identificar e quantificar diferenças no desempenho, auxiliar na identificação dos motivos pelos quais essas diferenças ocorrem e quais são as melhorias necessárias para atingir metas de qualidade determinadas pela organização (Gouveia et al., 2015).

Por tratar-se de uma ferramenta de melhoria através da comparação entre organizações com objetivos similares, o *benchmarking* necessita que as análises promovidas sejam capazes de estabelecer padrões de medição e, ao mesmo tempo, identificar os potenciais e as fragilidades de cada organização (Bhutta e Huq, 1999). A análise envoltória de dados tem sido aplicada em diversos estudos que comparam organizações pelo ponto de vista da eficiência. O método permite combinar variáveis resultantes ou envolvidas no processo na determinação da eficiência das unidades comparadas, sem necessitar de informações diretas sobre o processo e os custos de produção (Azambuja, 2002).

3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A análise envoltória de dados (DEA) foi introduzida pelos pesquisadores Charnes, Cooper e Rhodes (CCR) em 1978, tendo sido realizada uma gama de aplicações ao longo dos últimos 25 anos em organizações que incluem hospitais, bancos, equipes de manutenção, etc. (Cooper et al., 2011). Na área de transportes, DEA é amplamente empregada para comparar eficiência entre prestadores de serviços, como em operação de rodovias, serviços de transporte de passageiros e em outros serviços como portos, aeroportos e ferrovias (Medeiros, 2014).

3.1 Eficiência

O termo eficiência é empregado amplamente para unidades de produção e consiste na comparação entre valores observados e valores ótimos, considerando a relação entre insumo e produto (Lovell, 1993). A eficiência é frequentemente usada como índice para realização de *benchmarking*, pois permite identificar unidades mais eficientes que as demais e tomá-las como referência de boas práticas, bem como identificar unidades com baixas eficiências para identificar quais os fatores que a tornaram ineficiente e, portanto, podem ser melhorados (Gilsa, 2012).

3.2. Definição da análise envoltória de dados

A análise envoltória de dados (DEA) é uma abordagem não paramétrica baseada em programação linear, utilizada para medir a eficiência de um grupo de unidades de tomada de decisão (DMUs, do inglês *Decision Making Units*). As DMUs são organizações a serem avaliadas em termos de habilidades convertidas em entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), engajadas em uma mesma atividade (Charnes et al., 1985).

O método DEA fornece medidas de eficiência relativa para as DMUs avaliadas, já que define uma função, a partir de dados observados, delimitando uma fronteira de eficiência para as DMUs. A partir da fronteira de eficiência, com a qual todas as DMUs são comparadas, se estabelece a eficiência relativa de todas as DMUs em estudo (Gouveia, 2015). Além disso, não é necessário que as funções de produção sejam especificadas previamente (Seiford, 1995¹ apud Azambuja, 2002).

No caso mais simples, onde o processo de uma unidade possui um único insumo e um único produto, a eficiência pode ser definida como apresentado na Equação 1:

$$Eficiência = \frac{Produto (output)}{Insumo (input)} \quad (1)$$

Os processos típicos possuem múltiplos insumos e múltiplos produtos, que não são utilizados e produzidos na mesma proporção. A eficiência de um sistema com múltiplas entradas e saídas pode é definido na Equação 2 (Boussofiane et al., 1991):

$$Eficiência = \frac{Soma ponderada dos produtos (outputs)}{Soma ponderada dos insumos (inputs)} = \frac{\sum_{k=1}^s v_k \cdot y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j \cdot x_{ji}} \quad (2)$$

Onde:

- i é um dos sistemas considerados;
- s é o número de *outputs*;
- m é o número de *inputs*;
- v_k é o peso dado ao *output* k;
- y_{ki} é o valor do *output* k do sistema i;
- u_j é o peso dado ao *input* j; e
- x_{ji} é o valor do *input* j do sistema i.

Considerando n sistemas, m *inputs* e s *outputs*, a eficiência relativa ótima θ^* de um sistema i , de acordo com Charnes et al. (1985), pode então ser obtida como uma solução para o problema representado pelas Equações 3 e 4:

$$\theta^* = \max \frac{\sum_{k=1}^s v_k \cdot y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j \cdot x_{ji}} \quad (3)$$

$$\text{Tal que } \frac{\sum_{k=1}^s v_k \cdot y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j \cdot x_{ji}} \leq 1 \quad \forall i \text{ e } v_k \geq 0, u_j \geq 0, \forall k, j \quad (4)$$

Este modelo é calculado n vezes a fim de identificar a eficiência de cada sistema. Para cada DMU, os pesos resultantes são os que maximizam a eficiência da DMU e, ao mesmo tempo,

¹ Seiford, L. M. (1995) Data envelopment analysis: an evolution of the state-of-the-art (1978-1995). *The Efficiency Measurement Research Workshop*, Denmark, 44p.

atendem a condição de que os pesos selecionados não resultem, para nenhuma outra DMU, eficiência maior do que a unidade. As DMUs que alcançam a máxima relação produto/insumo formam o conjunto de DMUs de referência e recebem a nota de eficiência igual à unidade (ou 100%). A eficiência é então calculada comparando a relação observada em cada DMU com a eficiência máxima da(s) DMU(s) de referência (Epstein e Henderson, 1989).

As DMUs com nota de eficiência relativa próxima a 1,0 são consideradas DMUs eficientes, enquanto as que possuem nota próxima a zero são ineficientes (Toldt et al., 2009). As notas de eficiência são relativas às melhores unidades na amostra. A inclusão de unidades extras, portanto, pode reduzir o escore de eficiência. Além disso, as notas de eficiência de estudos diferentes não devem ser comparadas, pois elas somente refletem a dispersão de eficiências dentro de cada amostra e não dizem respeito sobre a eficiência de uma amostra relativa à outra amostra (Azambuja, 2002).

3.2.1. Modelos e orientações do método DEA

Os dois modelos de DEA mais difundidos são (Gilsa, 2012):

- (i) CRS (do inglês *Constant Returns to Scale*) ou CCR (por ter sido apresentado pelos autores Charnes, Cooper and e Rhodes em 1978): utilizado quando há relação de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, pois gera uma fronteira de eficiência linear;
- (ii) VRS (do inglês *Variable Return to Scale*) ou BCC (apresentado pelos autores Banker, Charnes e Cooper em 1984): utilizado quando não há relação de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, pois gera uma fronteira de eficiência convexa.

Os modelos podem ainda apresentar diferentes objetivos: maximizar as saídas sem variar as entradas (modelo orientado para *outputs*), minimizar as entradas sem variar as saídas (modelo orientado a *inputs*) (Gilsa, 2012), ou ainda, ser um modelo híbrido com ambos os objetivos anteriores: minimizar *inputs* e maximizar *outputs* (Bogetoft e Otto, 2011). A escolha dos modelos e orientação é realizada pelos pesquisadores de acordo com os tipos das DMUs e das variáveis, bem como a relação entre esses elementos. Além disso, essas escolhas estão intimamente ligadas aos objetivos do estudo e das organizações envolvidas.

3.2..2 Escolha das DMUs e variáveis

As DMU's são as unidades de análise adotadas na análise envoltória de dados e podem ser departamentos, divisões, unidades administrativas, ou quaisquer unidades cujas eficiências estão sendo avaliadas (Macedo et al., 2006). Para que seja possível realizar as comparações é necessário que as unidades tenham um nível de homogeneidade, possuindo os mesmo *inputs*, *outputs* e tenham atividades e objetivos similares (Gilsa, 2012)

As variáveis selecionadas para o modelo devem ter a capacidade de descrever o processo. No entanto, um número muito grande de variáveis implica a redução da capacidade de discriminar as DMU's (Macedo, 2004² apud Gilsa, 2012), pois quanto mais *inputs* e *outputs* forem analisados, mais organizações serão 100% eficientes. Por outro lado, se o número de DMUs é alto, pode-se incluir mais *inputs* e *outputs*. Neste caso, DEA pode indicar os alvos exatos que geram ineficiência com relação às DMUs eficientes.

² Macedo, M. A. S. (2004) A utilização da análise envoltória de dados (DEA) na consolidação de medidas de desempenho organizacional. Anais. XI Congresso Brasileiro de Custos. Porto Seguro / BA: Porto Seguro: ABC.

Ferreira e Gomes (2009)³ apud Gilsa (2012) e Bogetoft e Otto (2011) determinam que o número de DMU's deve ser três vezes maior que a soma das *inputs* e *outputs* consideradas no modelo. Caso isso não seja possível, deve-se realizar uma avaliação crítica dos resultados, para entender o motivo pelo qual uma DMU foi considerada eficiente, podendo-se excluir determinado *input/output* ou DMU do modelo e reanalisar os resultados.

3.3. Vantagens e desvantagens da análise envoltória de dados

Entre as vantagens em se utilizar a análise envoltória de dados em relação a outras técnicas, diversos autores citam que (Lins e Meza, 2000⁴ apud Gilsa, 2012; Coelli et al., 2005; Cooper et al., 2007; Zhu, 2003; Charnes et al. 1985):

- (i) não é necessário converter todos os insumos e produtos em unidades monetárias;
- (ii) são dispensáveis informações sobre o comportamento matemático do processo, tais como função de produção e afins;
- (iii) é uma técnica baseada em programação linear que contempla múltiplos *inputs* e *outputs*;
- (iv) é permitida a inclusão de variáveis que não representem recursos ou produtos no modelo, mas sim atributos do ambiente ou do processo de produção.

Já entre as desvantagens do método, autores apontam que (Azambuja, 2002; Medeiros, 2014):

- (i) os desvios da fronteira são assumidos como ineficiência, incluindo erros de medidas, sazonalidades, externalidades, etc.;
- (ii) não é possível testar se o índice de eficiência, para uma observação específica, é estatisticamente significativo, pois sua identificação não é resultado de um modelo estatístico, mas da resolução de um problema de programação linear;
- (iii) é sensível a *outliers* no conjunto de dados;
- (iv) quanto maior a quantidade de *inputs* e *outputs*, mais DMU's precisam ser consideradas;
- (v) poucos testes estatísticos podem ser aplicados em conjunto com este método, pois não são considerados erros aleatórios e ruídos nos dados coletados (Medeiros, 2014).

Para a avaliação de transporte coletivo por ônibus, onde é necessário trabalhar com múltiplos produtos e insumos, não se possui informação sobre os preços dos insumos e produtos e, quando é difícil estabelecer uma função de produção, Azambuja (2002) diz que a DEA constitui a melhor técnica para medir desempenho, com vista a contribuir para a gestão desse transporte público. As desvantagens devem ser levadas em consideração pelos pesquisadores para que o modelo adotado seja adaptado da melhor forma possível, minimizando as desvantagens e aproveitando-se as vantagens.

4. MÉTODO ADOTADO

As análises deste trabalho têm o objetivo de estudar a análise envoltória de dados para estabelecer o *benchmarking* de sistemas de transporte coletivo por ônibus. Assim, adota-se a DEA para avaliar a eficiência dos sistemas estudados em relação à satisfação de seus usuários.

³ Ferreira, C. M. C.; Gomes, A. P. Introdução a Análise Envoltória de Dados. Viçosa: Editora UFV, 2009.

⁴ Lins, M. P. E.; Ângulo Meza, L. A (2000) *Análise Envoltória de Dados e Perspectiva de Integração no Ambiente do Apoio a Decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

A seguir, se apresenta o método adotado para escolha das variáveis, tratamento das mesmas e modelos empregados.

4.1. Escolha das DMUs e variáveis

Para escolha das DMUs, *inputs* e *outputs*, a aplicação da DEA pressupõe a relação de eficiência entre as variáveis. Desse modo, *inputs* e *outputs* devem ser escolhidos de forma que *inputs* representem as entradas necessárias para o processo de geração de *outputs*. A quantidade de DMUs em relação ao número de variáveis também é um fator importante, pois determina o nível de discriminação que haverá entre unidades eficientes e ineficientes (Sarkis, 2007). Deve-se considerar a relação de que o número de DMUs seja pelo menos três vezes maior que a soma dos *inputs* e *outputs* do modelo, como sugerido por Ferreira e Gomes (2009)⁵ apud Gilsa, 2012 e Bogetoft e Otto, (2011).

Além disso, parte-se do princípio que aumentar a eficiência implica em minimizar *inputs* e maximizar *outputs*. Portanto, os *inputs* devem ter a característica “quanto menor melhor” e os *outputs* “quanto maior melhor”. Quando as variáveis escolhidas não possuem esta característica, deve se prever o tratamento adequado que as faça ter o sentido apropriado para aplicação na DEA (Sarkis, 2007).

4.2. Coleta dos dados

As aplicações de DEA propostas neste estudo têm foco na eficiência pelo ponto de vista do usuário, desta forma, os dados usados para as variáveis partem dos resultados de uma pesquisa de satisfação padronizada. Além de resultados provenientes da pesquisa de satisfação, em uma das aplicações realizadas também foram utilizadas algumas características dos sistemas de transporte.

4.2.1. Pesquisa de Satisfação

Os dados de satisfação empregados são resultados da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus, aplicada pelo WRI Cidades Sustentáveis. A metodologia de aplicação da pesquisa é padronizada, incluindo planejamento, aplicação e análises. Para garantir a representatividade das amostras, a metodologia considera nível de confiança mínimo de 95% e erro amostral máximo de 5% (EMBARQ Brasil, 2014).

A pesquisa, em seu módulo básico, contém questões de perfil de uso, perfil do cliente, satisfação e concordância. Para este trabalho foram utilizados os seguintes resultados:

- (i) questões de satisfação: satisfação geral e satisfação com os 16 fatores da qualidade presentes na pesquisa (questões utilizam escala *Likert* de 5 pontos, convertidas posteriormente em notas de 0 a 10);
- (ii) tempo de deslocamento em transporte por dia: questão presente no perfil de uso;
- (iii) renda familiar mensal: questão presente no perfil do cliente.

Maiores detalhes sobre a metodologia da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus são contemplados no capítulo 2 (item “4.1. Pesquisa de satisfação”). Os 16 fatores da qualidade da pesquisa, sobre os quais os respondentes atribuem sua satisfação são (EMBARQ Brasil, 2014):

- (i) acesso ao transporte: facilidade de chegar aos pontos de acesso e circular nas estações e terminais;

⁵ Ferreira, C. M. C.; Gomes, A. P. *Introdução a Análise Envoltória de Dados*. Viçosa: Editora UFV, 2009.

- (ii) disponibilidade: intervalo entre os ônibus, nos horários e locais necessários;
- (iii) rapidez;
- (iv) confiabilidade: chegada no horário previsto;
- (v) facilidade de fazer integrações entre linhas de ônibus e outros modos de transporte, para chegar ao destino;
- (vi) conforto dos pontos de ônibus: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas;
- (vii) conforto das estações: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas;
- (viii) conforto dos terminais: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas;
- (ix) conforto dos ônibus: iluminação, limpeza, quantidade de pessoas, assentos;
- (x) atendimento ao cliente: respeito, cordialidade e preparo dos motoristas, cobradores, funcionários e central de atendimento;
- (xi) informação ao cliente: sobre linhas, horários e outras informações;
- (xii) segurança pública contra roubos, furtos e agressões no caminho e dentro dos ônibus;
- (xiii) segurança em relação a acidentes de trânsito;
- (xiv) exposição a ruído e poluição gerados pelos ônibus;
- (xv) facilidade em pagar o ônibus e recarregar o cartão de transporte;
- (xvi) gasto com transporte coletivo por ônibus.

4.2.2. Características dos sistemas

As informações relacionadas às características dos sistemas foram obtidas em sites oficiais ou pelo contato direto com operadores e/ou agências de transporte. Os indicadores selecionados para coleta dos dados são os seguintes:

- (i) idade média da frota dos veículos;
- (ii) velocidade média operacional;
- (iii) produtividade dos sistemas (razão entre passageiros transportados e quilometragem rodada);
- (iv) valor da tarifa.

4.3. Tratamento das variáveis

Para aplicação da DEA, algumas variáveis receberam tratamento para se adequar à ferramenta e permitir que as análises fossem realizadas. A seguir as principais transformações nas variáveis são apresentadas.

4.3.1. Inputs de natureza “quanto maior melhor”

A DEA busca minimizar os *inputs* e maximizar os *outputs*, supondo que sejam “quanto menor melhor” e “quanto maior melhor”, respectivamente. No entanto, as variáveis escolhidas podem apresentar natureza contrária a essas, sendo necessária uma transformação da variável para aplicar a DEA. Sarkis (2007) sugere que, nesses casos, a variável pode ser reduzida de uma constante, invertendo sua natureza.

Neste trabalho são empregadas como *inputs* variáveis que representam a satisfação dos usuários. Para cumprir a natureza de “quanto menor melhor”, as notas de satisfação (com valores de zero a dez) devem ser transformadas em notas de “insatisfação”, como apresentado

na Equação 5. Quando as variáveis de satisfação são adotadas como *outputs*, nenhuma transformação é necessária, uma vez que sua natureza já é “quanto maior melhor”.

$$\text{Nota de insatisfação} = 10 - \text{Nota de satisfação} \quad (5)$$

4.3.2. Dados faltantes

Para aplicação da DEA, todos os *inputs* e *outputs* devem ser comuns às DMUs, ou seja, se existirem dados faltantes, a DMU ou a variável deve ser retirada da análise. Sarkis (2007) discute algumas alternativas ao preenchimento de dados faltantes para casos em que as DMUs e variáveis não podem ser retiradas, porém, como o próprio autor declara, são métodos subjetivos e devem ser evitados. Neste trabalho, foi adotada a retirada de DMUs ou variáveis de acordo com cada caso.

4.3.3. Redução do número de variáveis

Quanto maior for o número de DMUs em relação ao número de variáveis, maior será a discriminação dos resultados e com maior precisão poderá se definir as DMUs eficientes e não eficientes (Sarkis, 2007). Para as análises deste trabalho, o número de DMUs ficou restrito ao máximo de 15 sistemas. Desse modo, as variáveis inicialmente selecionadas foram agrupadas em índices, para gerar um menor número de variáveis na aplicação de DEA. A seleção das variáveis de cada índice foi realizada utilizando-se a análise de correlação em conjunto com o conhecimento de especialistas da área de transportes.

4.4. Modelo DEA adotado

As análises de DEA consideraram o modelo VRS, assumindo-se que a relação entre *inputs* e *outputs* não é linear, e modelo de orientação híbrida, orientado a minimizar *inputs* e maximizar *outputs* simultaneamente. Para as análises realizadas, utiliza-se o *software* livre SIAD 3.0 (Sistema Integrado de Apoio a Decisão), apresentado por Mello e Meza (2005). O SIAD permite obter a eficiência das DMUs, identificar as DMUs *benchmarks* e determinar os alvos para que as DMUs ineficientes tornem-se eficientes. Estes são os principais resultados apresentados no próximo capítulo, juntamente com interpretações e validações do método adotado para *benchmarking*.

5. APLICAÇÕES E ANÁLISES

As análises utilizam o método DEA aplicado à satisfação dos usuários do transporte coletivo por ônibus e são de caráter exploratório, objetivando identificar os potenciais usos do método em análises de *benchmarking*. Desse modo, a seguir são apresentadas três diferentes aplicações onde a definição de DMUs e de variáveis de entradas são tratadas de maneiras alternativas.

Devido ao anonimato requerido ao bom funcionamento do *benchmarking*, os sistemas de transporte para os quais foram realizadas as análises apresentadas não são identificados. Também não são apresentados os dados brutos da pesquisa de satisfação dos usuários e os dados operacionais dos respectivos sistemas, respeitando o sigilo das informações fornecidas pelos mesmos.

5.1. DMUs e variáveis adotadas

As análises aplicadas neste trabalho utilizam até 15 sistemas de transporte como DMUs, para os quais se tem dados da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus. Inicialmente, o foco das análises manteve-se apenas em sistemas brasileiros (aplicação 1) para, na sequência (aplicação 2), realizar-se a inserção de sistemas internacionais, enriquecendo as comparações

e evidenciando as mudanças de resultados decorrentes do acréscimo de DMUs. Posteriormente (aplicação 3) foram inseridas características dos sistemas de transporte nas análises com o objetivo de avaliar um método que possibilite aliar a satisfação dos usuários à indicadores dos sistemas. Esta aplicação ficou restrita aos sistemas em que puderam ser obtidas informações suficientes. Para auxiliar as análises que serão apresentadas, a Tabela 1 apresenta uma breve caracterização dos sistemas.

Tabela 1: Caracterização dos sistemas de transporte definidos como DMUs das análises

Sistema	Características
A	Corredor de sistema convencional de ônibus em cidade brasileira de grande porte
B	Corredor de sistema BRT em cidade brasileira de grande porte
C	Corredor de sistema BRT em cidade brasileira de grande porte
D	Eixo de transporte de sistema convencional em tráfego misto em cidade brasileira de grande porte
E	Corredor de sistema BRT em cidade brasileira de grande porte
F	Sistema BRT integrado a sistema convencional em cidade brasileira de grande porte
G	Sistema BRT integrado a sistema convencional em cidade brasileira de grande porte
H	Sistema convencional com corredores de ônibus em cidade brasileira de médio porte
I	Sistema convencional com corredores de ônibus em cidade brasileira de médio porte
J	Sistema convencional em cidade brasileira de pequeno porte
K	Sistema BRT em cidade internacional de grande porte
L	Conjunto de linhas que operam veículos elétricos em cidade internacional de grande porte
M	Corredor de sistema convencional de ônibus em cidade internacional de grande porte
N	Conjunto de corredores de sistemas convencionais de ônibus em cidade internacional de grande porte
O	Sistema de transporte convencional em cidade internacional de grande porte

Como *outputs*, as três análises consideram a satisfação geral com o transporte coletivo obtida da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus e, como *inputs*, as análises utilizaram tanto as avaliações de satisfação considerando os 16 fatores da qualidade, como indicadores relacionados às características dos sistemas de transportes.

5.2. Aplicação 1

A primeira aplicação consistiu em utilizar como DMUs os sistemas brasileiros, considerando como *output* a satisfação geral e como *input* a satisfação com os diferentes aspectos de qualidade do sistema. Como o número de sistemas brasileiros é 10 e os fatores da qualidade são 16, realizou-se, para esta análise, o agrupamento dos *inputs* descrito em 4.3.3, que resultou em quatro grupos de fatores da qualidade, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Agrupamentos dos fatores da qualidade para primeira aplicação

Grupo	Fatores da qualidade
Conforto	Conforto dos pontos de ônibus, Conforto das estações, Conforto dos terminais e Conforto dos ônibus
Saúde e segurança	Segurança pública, Segurança contra acidentes de trânsito e Ruído e poluição
Operação do transporte	Disponibilidade, Rapidez e Confiabilidade
Atendimento e facilidades	Acesso ao transporte, Facilidade de fazer integrações, Facilidade em realizar o pagamento, Informações, Atendimento e gasto

As variáveis resultantes dos quatro grupos formados foram obtidas calculando-se a média aritmética dos fatores da qualidade pertencentes a cada um deles. Após, conforme apresentado em 4.3.2, aplicou-se uma transformação nesses *inputs*, convertendo as notas de satisfação em notas de “insatisfação” para que as variáveis tivessem característica “quanto menor melhor”. A Tabela 3 apresenta os dados inseridos no modelo DEA para aplicação.

Tabela 3: Dados considerados na primeira aplicação

DMUs (10)	<i>Inputs</i> (4)	<i>Output</i> (1)
A, B, C, D, E, F, G, H, I, J (sistemas brasileiros)	Insatisfação com (nota de 0 a 10): - Conforto - Saúde e segurança - Operação do transporte - Atendimento e facilidades	Satisfação Geral (nota de 0 a 10)

Aplicou-se DEA modelo VRS híbrido, buscando minimizar *inputs* (notas de insatisfação) e maximizar *outputs* (*nota de satisfação geral*). A Tabela 4 apresenta a eficiência de cada DMU, bem como os *gaps* das notas de satisfação para atingir a eficiência, ou seja, a diferença entre a nota de satisfação atual e a respectiva meta. Os resultados da eficiência e os *gaps* das notas estão representados graficamente na figura 1.

Tabela 4: Resultados da aplicação 1 contendo eficiência relativa das DMUs e *gap* das notas de satisfação para atingir a eficiência

DMU	Eficiência	<i>Gaps</i> de nota de satisfação para atender a eficiência				
		Conforto	Saúde e segurança	Operação do transporte	Atendimento e facilidades	Satisfação Geral
A	0,788	+2,6	+2,0	+2,4	+1,1	+2,2
B	0,906	+0,4	+0,7	+0,5	+0,5	0,0
C	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	0,522	+4,9	+4,2	+3,8	+3,9	+3,9
E	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F	0,976	+1,4	+0,9	+1,3	+0,1	0,0
G	0,953	+1,9	+1,6	+1,0	+0,2	+0,5
H	0,976	+1,6	+0,4	+1,1	+0,1	+0,2
I	0,976	+1,8	+0,6	+0,9	+0,1	+0,4
J	0,891	+2,8	+1,8	+1,5	+0,5	+1,5

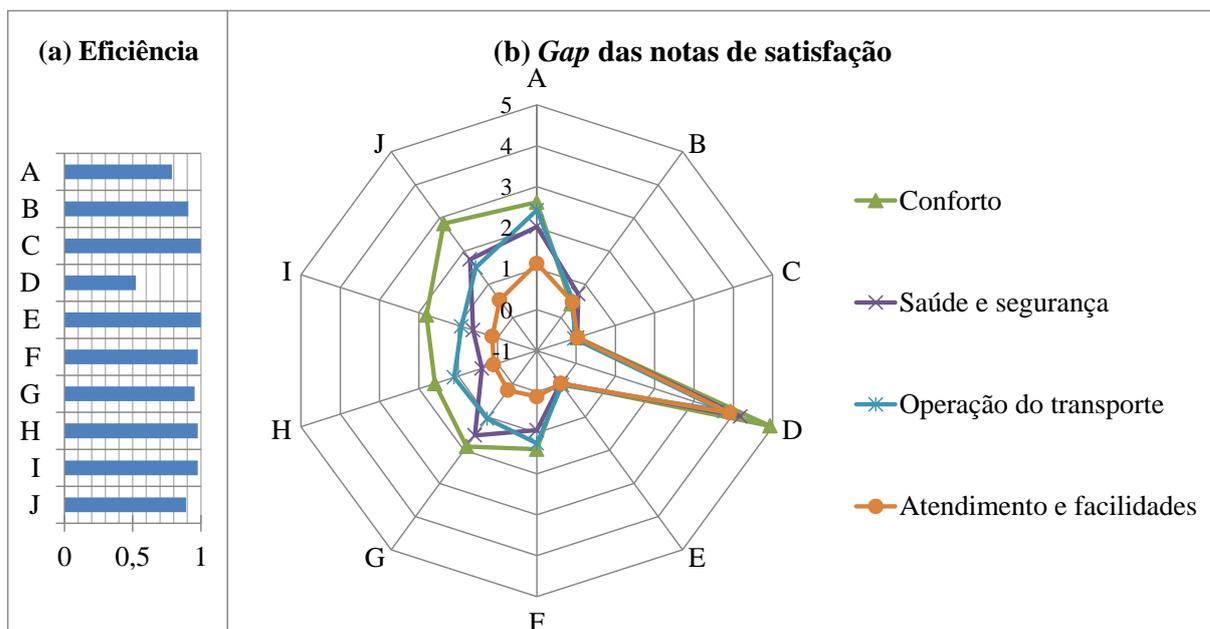


Figura 1: (a) Eficiência relativa das DMUs; (b) *gap* das notas de satisfação para cada DMU

Os sistemas C e E receberam nota 1,0 de eficiência, ou seja, são 100% eficientes em relação às demais DMUs. Este resultado corresponde ao que é observado na realidade, pois se tratam de sistemas de BRT brasileiros consolidados em grandes cidades. Para estes sistemas não são identificadas metas (o *gap* das notas é zero), pois eles serão referência para definir as metas dos demais.

O sistema D teve a menor nota de eficiência, como pode ser visto na Tabela 4 e, de maneira mais evidente, na Figura 1(a). Este resultado também condiz com o que é percebido na prática, uma vez que se trata de um serviço prestado em um eixo importante em tráfego misto de cidade de grande porte. Após, o sistema que apresentou maior ineficiência foi o sistema A, sendo um sistema em corredor de ônibus de serviço convencional. O gráfico da Figura 1(b) apresenta os *gaps* de notas de satisfação para cada sistema. Ficam evidentes os maiores *gaps* para o sistema D, por ser o mais ineficiente. De maneira geral, observam-se maiores *gaps* para a variável “Conforto”, demonstrando que este aspecto é o que precisa de maior atenção em maior parte dos sistemas.

Outro resultado obtido da DEA é o quanto cada DMU eficiente pode contribuir para tornar eficientes as demais DMUs. A frequência com que as unidades eficientes aparecem como referência para as unidades ineficientes é apresentada na Tabela 5 e pode ser interpretada como um indicador de maior chance de existência de boas práticas (Azambuja, 2002). Nota-se que apesar das DMUs C e E serem eficientes, apenas a DMU C é referência para as demais. Esta análise permite inferir que a DMU C é um *benchmark* importante para as demais e que a DMU E é apenas um auto avaliador.

Tabela 5: Contribuição das DMUs eficientes para DMUs ineficientes atingirem eficiência

DMU	Contribuição das DMUs eficientes	
	C	E
A	1	0
B	1	0
C	1	0
D	1	0
E	0	1
F	1	0
G	1	0
H	1	0
I	1	0
J	1	0
Total	9	1

5.3. Aplicação 2

Como os resultados da DEA dependem da quantidade de DMUs, realizou-se uma segunda análise empregando, além dos 10 sistemas brasileiros, 5 sistemas de transporte coletivo por ônibus de outros países em que também foi aplicada a Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus. As variáveis utilizadas nesta análise foram as mesmas empregadas na Aplicação 1, porém considerando 15 DMUs como pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6: Dados considerados na terceira aplicação

DMUs (15)	Inputs (4)	Output (1)
	Insatisfação com (nota de 0 a 10):	
A, B, C, D, E, F,	- Conforto	Satisfação Geral (nota de 0 a 10)
G, H, I, J, K, L,	- Saúde e segurança	
M, N, O	- Operação do transporte	
	- Atendimento e facilidades	

A Tabela 7 e a Figura 2 mostram os resultados obtidos da aplicação do modelo DEA VRS híbrido para os 15 sistemas. São apresentados a eficiência de cada DMU e os *gaps* das notas de satisfação para que as DMUs atinjam a eficiência.

Identificam-se como eficientes dois dos cinco sistemas incluídos na segunda análise, sendo os sistemas brasileiros ineficientes ao serem comparados aos de outros países. As variáveis desta análise são as mesmas da análise 1 e percebe-se, portanto, que, entre os sistemas brasileiros, os sistemas C e E se mantêm como os mais eficientes. Além disso, os sistemas brasileiros tiveram redução de eficiência relativa em relação a aplicação 1, confirmando a propriedade de que a inclusão de novas DMUs pode reduzir a eficiência das demais, mas nunca aumentá-las (Azambuja, 2002). Importante notar que a aplicação 2, que considerou 15 DMUs, apresentou maior distribuição das notas de eficiência em relação a aplicação 1, mostrando claramente, a sensibilidade da DEA tem em relação ao número de DMUs.

Tabela 7: Resultados da aplicação 2 contendo eficiência relativa das DMUs e *gaps* das notas de satisfação para atingir a eficiência

DMU	Eficiência	<i>Gaps</i> de nota de satisfação para atender a eficiência				
		Conforto	Saúde e segurança	Operação do transporte	Atendimento e facilidades	Satisfação Geral
A	0,562	+3,4	+3,6	+2,8	+2,3	+4,0
B	0,682	+1,4	+2,6	+1,4	+1,6	+2,1
C	0,769	+1,0	+1,9	+0,9	+1,1	+2,1
D	0,390	+5,9	+6,1	+4,7	+5,0	+6,0
E	0,857	+2,3	+2,8	+0,5	+1,3	+1,9
F	0,694	+2,1	+2,5	+1,6	+1,3	+1,8
G	0,686	+2,7	+3,2	+1,6	+1,3	+2,4
H	0,698	+2,4	+2,0	+1,5	+1,3	+2,1
I	0,702	+2,6	+2,3	+1,4	+1,3	+2,3
J	0,638	+3,6	+3,4	+2,0	+1,7	+3,4
K	0,906	+0,3	+0,8	+0,4	+0,5	+1,0
L	0,937	+0,2	+0,6	+0,3	+0,2	+0,5
M	1	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	0	0
O	0,748	+1,8	+2,3	+1,1	+1,0	+1,7

A Figura 2(b) permite identificar que os aspectos que se destacam pelos maiores *gaps* da nota de satisfação para que os sistemas atinjam a eficiência são “Saúde e segurança” e “Conforto”. A entrada da variável “Saúde e segurança” com maiores *gaps* nesta análise, pode ser justificada pelo melhor desempenho deste aspecto nas novas DMUs, que estabeleceram uma nova referência.

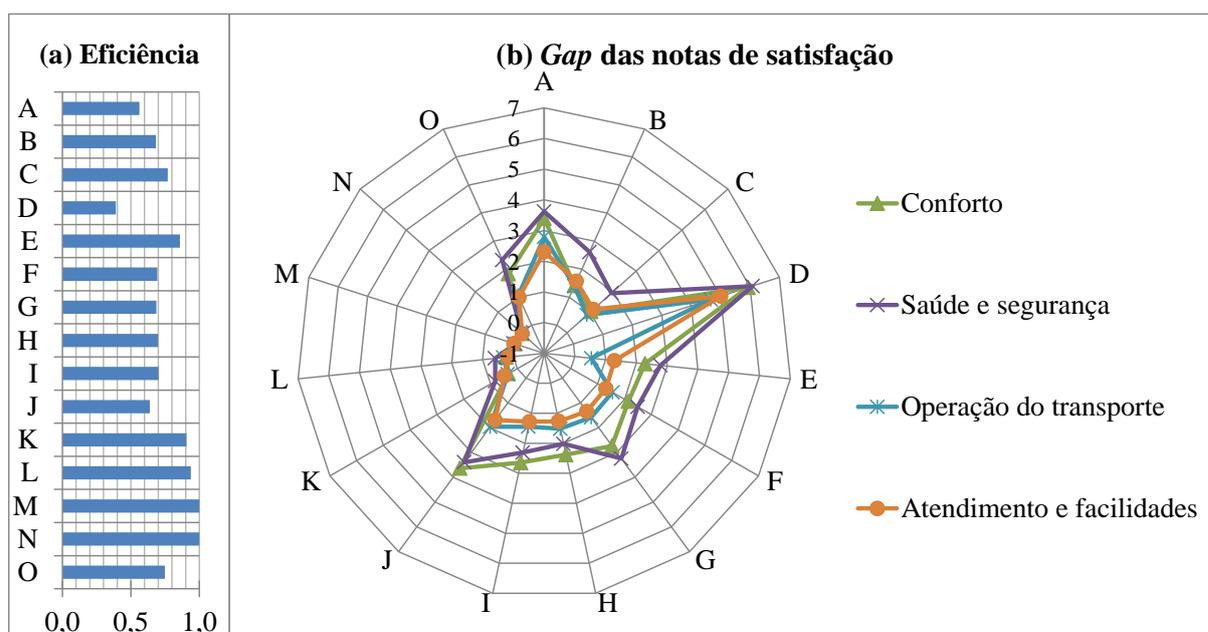


Figura 2: (a) Eficiência relativa das DMUs; (b) *gap* das notas de satisfação para cada DMU

5.4. Aplicação 3

Outra possibilidade de aplicação da DEA com foco na satisfação dos usuários é entender se a relação entre características dos sistemas e satisfação dos usuários é eficiente. Para tanto, realizou-se uma análise tendo-se como *inputs* indicadores que caracterizam o sistema e como *outputs* a satisfação geral. Devido à dificuldade em coletar esses dados, algumas DMUs foram excluídas da análise (DMUs A e D) e as variáveis escolhidas ficaram restritas às informações que puderam ser obtidas. As DMUs e variáveis selecionadas para essa aplicação, bem como a definição e a fonte de dados de cada uma delas é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8: Dados considerados na terceira aplicação

DMUs (8)	<i>Inputs</i> (3)			<i>Output</i> (1)
	Variável	Definição	Fonte	
B, C, E, F, G, H, I, J (sistemas brasileiros)	Tempo de deslocamento	Tempo gasto em transporte por dia considerando todos os modos	Pesquisa de Satisfação	Satisfação Geral
	Idade média da frota	Idade média da frota que opera no sistema	Operadores e agências	
	Representatividade da tarifa	Percentual da renda familiar para adquirir 50 tarifas de transporte.	Pesquisa de Satisfação (renda familiar) e sites oficiais (tarifa)	

A Tabela 9 mostra os resultados da aplicação da DEA, apresentando a eficiência de cada DMU, bem como o percentual que cada variável está distante da meta para tornar a DMU eficiente. Os *gaps* são apresentados em percentual devido à diferença na ordem de grandeza das variáveis (já que não são padronizadas como as notas de satisfação usadas nas aplicações 1 e 2).

Tabela 9: Resultados da aplicação 3 contendo eficiência relativa das DMUs e *gap* das notas de satisfação para atingir a eficiência

DMU	Eficiência	<i>Gaps</i> para atender a eficiência (%)			
		Tempo de deslocamento	Idade média da frota	Representatividade da tarifa	Satisfação Geral
B	0,979	-2,1%	-2,6%	-2,3%	0,0%
C	1	0%	0%	0%	0%
E	1	0%	0%	0%	0%
F	1	0%	0%	0%	0%
G	0,945	-5,5%	-23,6%	-5,5%	+6,2%
H	1	0%	0%	0%	0%
I	1	0%	0%	0%	0%
J	1	0%	0%	0%	0%

A análise resultou na maioria dos sistemas eficientes (seis de oito sistemas) e dois sistemas ineficientes, mas com índices de eficiência altos (maiores de 90%). Esta análise não nos permite identificar precisamente as ineficiências das DMUs e, inclusive, apresenta algumas

controvérsias, pois, alguns dos sistemas eficientes nesta análise contrariam o esperado a partir das características observadas em campo. Os resultados, pouco favoráveis às análises de *benchmarking*, provavelmente ocorreram devido a não representatividade das variáveis escolhidas em relação à satisfação geral, ou seja, os *inputs* e *outputs* selecionados não são suficientes para traduzir o processo de eficiência que se deseja analisar.

A dificuldade de coletar dados é um impedimento importante que podem tornar análises deste tipo inviáveis. Uma alternativa é aplicar essas análises dentro de grupos de *benchmarking* consolidados, e que tenham a participação ativa dos representantes de cada sistema. Assim, os indicadores operacionais e de qualidade podem ser padronizados e requeridos aos participantes do grupo e desta forma incluídos nas análises.

Apesar da dificuldade, métodos que permitem integrar indicadores operacionais e de qualidade com a satisfação dos usuários possuem um grande potencial na gestão de eficiência dos serviços para os usuários. Tal combinação pode identificar de maneira mais objetiva quais indicadores devem ser melhorados, considerando fortemente a percepção dos usuários, o que trará um aumento na satisfação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho fornece uma visão geral do potencial de aplicação da análise envoltória de dados para análises de *Benchmarking* com foco no cliente. Além de prover resultados de nível de eficiência, apontar os *benchmarks* e metas para as unidades se tornarem mais eficientes, o método permite integrar indicadores operacionais e de qualidade e satisfação.

As análises realizadas também indicam cuidados que devem ser tomados na aplicação do método. Podem ser citados: o número limitado de DMUs, a dificuldade de coletar dados dos sistemas e a escolha de variáveis que não traduzam o processo em *inputs* e *outputs*. O uso do método pode tornar-se ainda mais vantajoso se aplicado dentro de um grupo de *benchmarking*. A existência de participantes engajados permite uma melhor padronização das variáveis e maior facilidade na coleta de informações.

Apenas a segunda aplicação, das três realizadas, respeitou a relação entre o número de DMUs e de variáveis indicada na literatura (número de DMUs deve ser pelo menos três vezes a soma de *inputs* e *outputs*) e, portanto, foi a que teve melhores resultados da aplicação da DEA. Um maior número de DMUs em relação ao de variáveis possibilita maior diferenciação dos resultados, permitindo assim identificar os sistemas de referência e os pontos prioritários de ação. Um grupo maior de DMUs viabiliza, ainda, a inclusão de novas variáveis e a aplicação de clusterização das DMUs. A aplicação do método em grupos mais homogêneos evita que aspectos particulares das DMUs não representados pelas variáveis sejam traduzidos em ineficiências.

Diversos outros estudos podem ser realizados no mesmo contexto deste trabalho envolvendo DEA. Pode-se trabalhar com número maior de DMUs e variáveis, considerar outros agrupamentos de variáveis, bem como outras relações entre *inputs* e *outputs* entre outros. Além disso, a DEA permite que restrições sejam impostas às análises, de modo a torná-las mais representativas. Entre as possibilidades, pode-se citar a limitação de pesos das variáveis e uso de outros modelos e orientações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azambuja, A. M. V. (2002) *Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bertozzi, P. P. e O. F. Lima Jr. (1998) A qualidade no serviço de transporte público sob as óticas do usuário, do operador e do órgão gestor. *Revista dos Transportes Públicos*, n. 081, p. 53-66.
- Bhutta K. S. e F. Huq (1999) Benchmarking – Best practices: as integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, v. 6, iss 3, p. 254-268.
- Bogetoft, P. e L. Otto (2011) *Benchmarking with DEA, SFA and R*. New York, Springer publishing house.
- Boussofiane, A.; R. G. Dyson, e E. Thanassoulis (1991) Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, n. 52, p. 1-15.
- Charnes, A.; W. W. Cooper; B. Golany; L. Seiford e J. Stutz (1985) Foundations of data envelopment analysis for Pareto–Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics*, v. 30, iss 1-2, pages 91-107.
- Coelli, T. J.; D. S. P. Rao; C. J. O’Donnell e G. E. Battese (2005) *An introduction to efficiency and productivity analysis* (2nd ed.). New York: Springer Science and Business Media.
- Cooper, W. W.; M. S. Lawrence e K. Tone (2007) *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*. New York, U.S.A.: Springer.
- Cooper, W. W.; L. M. Seiford; J. Zhu. (2011) *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York: Springer publishing house.
- EMBARQ Brasil (2014) *QualiÔnibus pesquisa de Satisfação*. EMBARQ Brasil, Porto Alegre. Disponível em: <<http://embarqbrasil.org/node/47381>> Acesso em: 04 de jul. 2016.
- Epstein, M. K. e J. C. Henderson (1989) Data envelopment analysis for managerial control and diagnosis. *Decision Science*, Cambridge, v. 20, p. 90-119.
- European Standard (2002) *EN 13816: transportation – logistics and services – public passenger transport – service quality definition, targeting and measurement*. Bruxelas.
- Fernandes, F. S. e M. Bodmer (1995) Gestão empresarial da qualidade nos transportes: aproximação entre teoria e prática. *Revista dos Transportes Públicos (ANTP)*, São Paulo, ano 18, páginas 33-43.
- Gilsa, C. V. (2012) *Avaliação longitudinal da eficiência e fator total de produtividade em uma empresa petroquímica a partir da análise envoltória de dados (DEA) e do índice de Malmquist*, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade do Rio dos Sinos, São Leopoldo.
- Gouveia, M. C.; L. C. Dias; C. H. Antunes; J. Boucinha e C.F. Inácio (2015) Benchmarking of maintenance and outage repair in an electricity distribution company using the value-based DEA method. *Omega: The International Journal of Menegement Science*, v. 53, p. 104-114.
- Hilmola O. P. (2011), Benchmarking efficiency of public passenger transport in larger cities, *Benchmarking: An International Journal*, v., 18, iss, p. 23 – 41.
- Lovell, C. A. K. (1993) Production frontiers and productive efficiency. In: Fried, H. O.; Lovell, C. A. K.; Schmidt, S. S. (1993) *The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications*. Oxford University Press, p. 3 -67.
- Macedo, M. A. S.; F. F. Silva e R. M. Santos (2006) Análise do Mercado de Seguros no Brasil: uma visão do desempenho organizacional das seguradoras no ano de 2003. *Revista de Contabilidade & Finanças*, Edição Especial - Atuária.
- Medeiros, F. da S. M. (2014) *Eficiência em concessões de infraestrutura: benchmarking, price-cap e o fator “x”*, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Mello, J. C. C. B. S.; L. A. Meza; E. G. Gomes e L. Biodini Neto (2005) Curso de análise de envoltória de dados. *Anais do XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Gramado, RS
- Merkert R. e A. G. Assaf (2015) Using DEA models to establish a combined perceived quality and profitability indicator – Evidence from international airports. *Transport Research Board (TRB), 94th Annual Meeting*. Washington, D.C..
- NTU (2016) *Revista NTUurbano*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Ano IV, n. 23. Brasília.
- Parasuraman, A.; V. A. Zeithaml e L. L. Berry (1985) A conceptual model of service quality and its implications for future research. *J Market* 49. p.41–50.
- Pereira, W. A. de A.; D. C. G. Cruz e B. B. Bruni (1999) Aspectos dos transportes urbanos entre 1998 e 1999. *Revista dos Transportes Públicos (ANTP)*, São Paulo, ano 22, p. 19-27.
- Ryus, P.; K. Coffel; J. Parks e Kittlenson & Associates, Inc. (2010) *A methodology for performance measurement and peer comparison in the public transportation industry*. Transit Cooperative Research Program: Report 141, Washington, DC, USA.

- Sarkis, J. (2007) Preparing your data for DEA. In: *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. New York: Springer, p. 305-320.
- Spendolini, M. (1993) *The benchmarking book*. São Paulo: Makron Books.
- Todt, E.; A. Leão; L. Lindau; E. Bortolini e B. Pereira (2009) Market Trends and Comparative Study of Economic and Technological Parameters of APM Systems. Anais do *12th International Conference of Automated People Movers*. Atlanta, Georgia, United States, pages 245-256
- Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and DEA Excel Solver*. New York, U.S.A.: Springer.

4 ARTIGO 3

APLICAÇÃO DE CLUSTERIZAÇÃO PARA ANÁLISE DE *BENCHMARKING* COM FOCO NA SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO

Mariana Müller Barcelos^{1,2}
 Luis Antonio Lindau^{1,2}
 Maria Beatriz Berti da Costa²
 Carla Schwengber ten Caten²
 Cristina Albuquerque Moreira da Silva¹

1 WRI Brasil Cidades Sustentáveis

2 Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

O *benchmarking* é uma importante ferramenta da qualidade que, combinada a visão de qualidade com foco no cliente, tem potencial de identificar e disseminar boas práticas para melhorar a qualidade dos sistemas de transporte de forma mais efetiva para o usuário. Este estudo é uma pesquisa exploratória que tem o objetivo de definir relações entre satisfação dos usuários e seus respectivos perfis. Para tanto, propõe-se uma análise de *benchmarking* utilizando o método de clusterização não hierárquica *k-means* para agrupar os respondentes de pesquisas de satisfação aplicadas em quatro cidades brasileiras. Foi possível verificar resultados como: usuários de maior renda em geral são mais críticos com “Segurança pública”; respondentes mais jovens realizam maior diferenciação entre fatores da qualidade; usuários que possuem tempo de deslocamento maior são mais críticos com fatores da qualidade operacionais. Além disso, a análise de *benchmarking* realizada mostrou que o perfil dos usuários pode interferir nas decisões tomadas por uma organização. Concluiu-se que as análises de perfil dos usuários contribuem para o *benchmarking*, pois possibilitam o melhor entendimento do público para o qual as melhorias do transporte devem estar direcionadas.

ABSTRACT

Benchmarking is an important quality tool that, combined with a quality vision focused on client, has the potential to identify and disseminate good practices to improve bus transit systems quality in a more effective way for users. This study is an exploratory search that aims defining relations between users' satisfaction and their respective profiles. Thus, we propose a benchmarking analysis using non-hierarchical clustering k-means method, to group satisfaction survey respondents applied in four Brazilian cities. It was possible to verify results as: higher income users are generally more critical with Security; younger respondents perform greater differentiation among quality factors; users with longer travel time are more critical with operational quality factors. In additional, the benchmarking analysis carried out showed that the profile of the users can interfere in the decisions made by an organization. We concluded that users' profile analysis contribute to benchmarking, since it allows the best understanding of the public to which the improvements of the transport should be directed.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das cidades brasileiras nas últimas décadas, associado ao uso e à priorização de automóveis, resultou em diversas externalidades a quem vive nas cidades, como aumento dos congestionamentos, da poluição e dos acidentes de trânsito. Nesse contexto, o transporte coletivo por ônibus aparece com papel relevante nas cidades, pois o aumento de seu uso pela população urbana tem o potencial de reduzir as externalidades impostas pelos veículos privados, tornando-se um modo de deslocamento mais sustentável para as cidades (Ferraz e Torres, 2004).

Desejando-se atrair pessoas para o transporte coletivo por ônibus e manter quem já o utiliza, a melhoria da qualidade do transporte para o usuário tem sido foco de diversos estudos. Para entender a percepção dos usuários, as pesquisas de satisfação são uma importante ferramenta que permite quantificar a satisfação dos usuários com o sistema e dar insumo às tomadas de decisão que visam melhorias. Além disso, é importante que se conheça também o perfil das pessoas que utilizam o sistema. Tal entendimento permite que se identifiquem as

características das pessoas que se deseja atingir com as ações de melhorias a serem adotadas, trazendo resultados mais eficientes para a gestão e para a população.

O *benchmarking* é uma ferramenta de qualidade que permite comparar organizações, identificar as unidades mais eficientes e as melhores práticas, promovendo a troca de experiência para que essas práticas sejam disseminadas entre outras organizações (Spendolini, 1993). O *benchmarking* com foco na satisfação dos usuários permite aliar o potencial da ferramenta ao foco no cliente. No entanto, mesmo que se tenha uma pesquisa de satisfação padronizada, a comparação da satisfação dos usuários entre diferentes sistemas é um desafio devido à subjetividade da percepção dos usuários (Trompet et al., 2013).

O presente estudo busca entender a percepção dos usuários de transporte coletivo considerando as particularidades dos diferentes perfis de usuários. Para tanto, é proposta uma análise de *benchmarking* utilizando o método de clusterização, onde é possível agrupar os respondentes das cidades analisadas de acordo com padrões de avaliação de satisfação, possibilitando que se entenda se existe algum perfil específico que leva a determinadas percepções de qualidade sobre os sistemas.

Inicialmente é apresentada uma revisão da literatura sobre a qualidade com foco no usuário do transporte e o método de clusters, seguida da descrição do método empregado. Após, são apresentadas as análises realizadas e os resultados obtidos e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

2. QUALIDADE COM FOCO NO USUÁRIO

Por quase duas décadas, a qualidade do transporte coletivo esteve associada a níveis de serviço e a variáveis econômicas do sistema, traduzindo os desejos dos operadores do sistema de transporte público e dos órgãos gerenciadores. Foi apenas a partir da década de 1990 que o conceito de qualidade passou a ser utilizado mais amplamente. Desse modo, a qualidade agregou também as visões pela percepção dos usuários, incluindo os desejos e as necessidades da sociedade (Bertozi e Lima Jr., 1998).

Diversos autores definem a qualidade na área de transporte coletivo como a qualidade pelo ponto de vista do passageiro (Kittelson & Associates, 2003), já que ela deve ser entendida como instrumento para atrair novos usuários ao transporte e manter os que já utilizam. Entender as expectativas e opiniões dos usuários, portanto, é fundamental para identificar as ações mais eficazes na busca pela satisfação dos clientes, chegando-se a tomadas de decisões gerenciais mais certas e evitando que esforços sejam despendidos em ações que não são eficientes na melhoria da percepção do usuário (Raia Jr. e Moreira, 2001). Dessa forma, torna-se importante incluir a opinião dos usuários nas aferições da qualidade.

O *benchmarking* é uma ferramenta de qualidade que permite um processo sistemático de busca por melhores práticas externas a uma organização para reproduzi-las internamente, podendo ser aplicado a sistemas de transportes (Ryus et al., 2010). Aliar o *benchmarking* à qualidade com foco no cliente torna-se um desafio devido à subjetividade inerente a pesquisas de opinião. As análises de *benchmarking*, portanto, devem ser capazes de comparar os diferentes sistemas, cada qual com sua particularidade, estabelecendo um padrão de medição, mas que também permitam identificar quais são essas particularidades (Azambuja, 2002). Entender a percepção dos diferentes perfis de usuários é uma maneira de entender essas particularidades e nortear as melhorias realizadas no transporte coletivo de maneira mais

acertada, atingindo de fato o público desejado (Elmore-Yalch, 1998).

3. CLUSTERIZAÇÃO

A análise de *cluster* é uma técnica multivariada que permite combinar em grupos (*clusters*) observações que possuem alta homogeneidade interna (dentro dos grupos) e alta heterogeneidade externa (entre grupos) (Hair Jr. et al., 2010). O objetivo da clusterização é agrupar respondentes considerando um conjunto de características (variáveis) de maneira que os indivíduos pertencentes ao mesmo grupo sejam o mais semelhante possível entre si e o mais diferente possível dos indivíduos dos demais grupos. A técnica permite que a classificação em grupos (indivíduos, produtos, etc.) seja realizada a partir de variáveis respostas, sem que se necessite definir critérios que pré-classificam as variáveis que integram os diferentes grupos (Pandolfi et al., 2015).

A clusterização pode ser operacionalizada utilizando algoritmos hierárquicos e algoritmos não hierárquicos. Os métodos hierárquicos consistem em organizar as observações em sucessivos agrupamentos (métodos aglomerantes) ou em sucessivas divisões (método divisório) de elementos, podendo ser representado por um diagrama chamado dendograma (Everitt et al., 2011). Já os métodos não hierárquicos realizam a classificação de observações por particionamento de um conjunto de dados, resultando em grupos não sobrepostos sem relação hierárquica entre eles.

Entre os métodos não hierárquicos, o mais popular é o algoritmo *k-means* (Jain e Dubes, 1988), que relaciona cada observação ao *cluster* de centroide mais próximo, minimizando a soma da distância Euclidiana entre observação e centroide (Ortiz et al., 2012). O número de *clusters* a ser gerado é definido pelo usuário e o centroide de cada *cluster* pode ser também previamente definido ou atribuído randomicamente pelo algoritmo.

Uma maneira confiável de medir a qualidade dos *clusters* gerados é o cálculo do *Silhouette Index* (SI). O SI é um indicador que mede o grau de similaridade de uma observação alocada em determinado *cluster* em relação às demais alocadas no mesmo *cluster* e confronta com o grau de similaridade daquela observação em relação a outras, alocadas em outros *clusters* (Kaufman and Rousseeuw, 2005; Anzanello e Fogliatto, 2011). O SI é um índice que varia entre -1 e 1 e é calculado para cada observação: quanto mais próximo de +1 maior a distância da observação em análise para as observações dos demais *clusters*, significando um bom agrupamento.

O SI permite avaliar a relação dos dados de entrada com a formação de *clusters* obtidas. A qualidade global da formação de *clusters* pode ser calculada através da média dos valores de SI para as observações atribuídas a cada *cluster* (Taboada e Coit, 2008; Anzanello e Fogliatto, 2011; Silva, 2015). O cálculo do SI é independente da técnica de clusterização e pode ser utilizado para determinar o número de *clusters* mais apropriado (Rousseeuw (1987); Rousseeuw et al. (1989)⁶ apud Anzanello e Fogliatto, 2011).

4. MÉTODO

Para o desenvolvimento deste trabalho foram seguidas basicamente quatro etapas. A primeira consiste na seleção de variáveis a serem adotadas e construção dos bancos de dados das cidades consideradas, incluindo preenchimento ou exclusão de dados faltantes. Na segunda etapa, realiza-se a aplicação da clusterização para cada cidade e avaliação dos resultados através da aplicação do *Silhouette Index* para escolha das melhores formações de *clusters*. A

⁶ Rousseeuw, P., Trauwert, E., Kaufman, L., 1989. Some silhouette-based graphics for clustering interpretation. *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science* 29, 35–55.

terceira etapa consiste na análise descritiva dos *clusters* formados na etapa anterior, definição e validação do número ideal de *clusters*, por meio da análise de significância das variáveis, e escolha das variáveis que melhor definem os *clusters*. Na quarta etapa, realiza-se uma comparação entre os *clusters* para identificar padrões de satisfação que possam estar relacionados a perfis de usuários ou perfis de uso. A seguir, os passos empregados são descritos em maiores detalhes.

4.1. Banco de dados

Os dados empregados nas análises foram obtidos a partir da aplicação da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus, desenvolvida e aplicada pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis. A pesquisa possui um módulo básico, aplicado em todas as cidades e módulos detalhados que aprofundam alguns aspectos do transporte e podem ser escolhidos pelas cidades de acordo com suas necessidades (EMBARQ Brasil, 2014). Neste trabalho, utiliza-se apenas os resultados do módulo básico, composto por questões de perfil do cliente, perfil de uso, satisfação com 16 fatores da qualidade e satisfação Geral com o sistema e questões de concordância sobre a percepção geral do sistema.

Para o trabalho foi empregado um conjunto de 25 variáveis, sendo seis de perfil do cliente, quatro de perfil de uso e 14 de satisfação com os fatores da qualidade. A Tabela 1 apresenta as variáveis utilizadas. As análises foram realizadas considerando quatro cidades brasileiras com um total de 7.138 respondentes inicialmente (maiores detalhes a respeito da metodologia de amostragem da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus podem ser contemplados no capítulo 2 (item “5.1 Caracterização da amostra”), em que são analisados estatisticamente erros amostrais, médias das notas de satisfação e coeficientes de variação para as cidades).

Tabela 1: Variáveis adotadas, provenientes da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus

Perfil do cliente	Gênero
	Idade
	Escolaridade
	Ocupação principal
	Possui habilitação
Perfil de uso	Renda familiar mensal
	Frequência de uso em dias da semana
	Motivo de uso
	Número de ônibus para chegar ao destino
	Tempo de deslocamento diário, considerando todos os modos de transporte
Satisfação com fatores da qualidade	Acesso ao transporte: facilidade de chegar aos pontos de acesso e circular nas estações e terminais
	Disponibilidade: intervalo entre os ônibus, nos horários e locais necessários
	Rapidez
	Confiabilidade: chegada no horário previsto
	Facilidade de fazer integrações entre linhas de ônibus e outros modos de transporte, para chegar ao destino
	Conforto dos pontos de acesso: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas
	Conforto dos ônibus: iluminação, limpeza, quantidade de pessoas, assentos
	Atendimento ao cliente: respeito, cordialidade e preparo dos motoristas, cobradores, funcionários e central de atendimento
	Informação ao cliente: sobre linhas, horários e outras informações
	Segurança pública contra roubos, furtos e agressões no caminho e dentro dos ônibus
Segurança em relação a acidentes de trânsito	
Exposição a ruído e poluição gerados pelos ônibus	
Facilidade em pagar o ônibus e recarregar o cartão de transporte	
Gasto com transporte coletivo por ônibus	

4.1.2. Dados faltantes de perfil de uso e perfil de cliente

Embora o módulo básico da Pesquisa de Satisfação seja obrigatório a todos os respondentes, o banco de dados disponível contava com alguns dados faltantes entre as variáveis de perfil de uso e perfil do cliente que seriam utilizadas para caracterização dos *clusters*. Considerando que a utilização de algum método de preenchimento para esses dados poderia criar distorções dos perfis e que o número de observações com preenchimento completo seria suficiente para as análises, optou-se por retirar do banco de dados as observações que possuíam alguma lacuna para essas variáveis. A Tabela 2 apresenta o número de observações restantes para cada uma das cidades, que totalizam 5.880 observações.

4.1.3. Questões de satisfação com resposta “sem condição de opinar”

A pesquisa de satisfação dá aos entrevistados a opção de resposta “sem condições de opinar – SCO” para casos em que determinado fator da qualidade não é aplicável à realidade do respondente. Nesses casos, o banco de dados numérico fica vazio, o que impossibilita que análises como a clusterização sejam rodadas. Desse modo, para cada cidade, o preenchimento das lacunas foi feito considerando a nota média do fator da qualidade da nota faltante e a nota média de satisfação do entrevistado, conforme apresentado na equação 1:

$$Nota\ SCO_{i,j,k} = \frac{Nota\ média\ fator\ i\ na\ cidade\ k + Nota\ média\ respondente\ j}{2} \quad (1)$$

Onde: $Nota\ SCO_{i,j,k}$: nota calculada para a lacuna do fator da qualidade i e respondente j na cidade k ;

$Nota\ média\ fator\ i\ na\ cidade\ j$: média das notas do fator da qualidade i considerando todos os respondentes da cidade k ;

$Nota\ média\ respondente\ j$: média das notas do respondente j considerando todos os fatores da qualidade.

Tabela 2: Observações restantes para cada cidade

Cidade	Amostra total inicial	Amostra depois da retirada de dados faltantes
Cidade A	2.000	1713
Cidade B	2.599	2352
Cidade C	2.012	1476
Cidade D	527	339

4.1.4. Padronização e normalização das variáveis

Para cada uma das cidades, os respondentes foram agrupados em *clusters* considerando como variáveis de clusterização as notas de satisfação com os 14 fatores da qualidade atribuídos pelos respondentes. Para coleta dessas respostas, a Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus utiliza escala *Likert* de 5 pontos (1 corresponde a muito insatisfeito e 5 a muito satisfeito). Posteriormente, as respostas são transformadas em notas de 0 a 10 conforme apresentado no capítulo 1, (item “4.1. Pesquisa de satisfação”).

Buscando reduzir a subjetividade da satisfação individual, para as análises deste trabalho, realizou-se uma normalização por respondente: para cada nota de satisfação atribuída por determinado respondente, desconta-se a nota média de satisfação do mesmo respondente (considerando os 14 fatores da qualidade). Esta normalização cria notas de satisfação normalizadas positivas e negativas, ou seja, notas que estão abaixo e acima da avaliação

média do respondente, retirando diferenças entre respondentes mais e menos críticos com todas as avaliações que realiza.

As demais variáveis de perfil de uso e perfil do cliente não foram utilizadas na clusterização, mas precisaram ser transformadas em valores quantitativos para que pudesse ser verificada a existência de diferença significativa entre as variáveis. As questões com alternativas puramente qualitativas (como motivo de uso, gênero, ocupação, etc.) receberam notas de 0 a 10 igualmente espaçadas. Já as questões com alternativas quantitativas (como renda, número de ônibus utilizados, etc.) receberam notas de 0 a 10 espaçadas de forma proporcional aos pontos médios dos intervalos de cada alternativa de resposta.

4.2. Clusterização e avaliação do SI

As clusterizações foram aplicadas para verificar a existência de padrões de respostas de satisfação dos respondentes para cada cidade separadamente. Para as análises apresentadas adotou-se a clusterização não hierárquica *k-means* nas 14 variáveis de satisfação. Para determinar as melhores formações de *clusters*, variou-se o número de *clusters* de 2 a 10 e utilizou-se o valor de SI para medir a qualidade dos *clusters*. Como o centroide inicial de cada *cluster* é gerado randomicamente, podem haver diferenças nos *clusters* formados e no SI de cada *cluster*, desse modo, foram realizadas 500 repetições e as análises baseadas nos melhores resultados para cada uma das combinações.

4.3. Descrição dos *clusters* e significância das variáveis

Após identificação das melhores formações de *clusters* através do SI, os *clusters* de cada cidade foram caracterizados de acordo com as 25 variáveis selecionadas da pesquisa de satisfação (contemplando perfil do cliente, perfil de uso e satisfação com os 14 fatores da qualidade). A manipulação dos dados foi realizada com o *software* Excel, sendo calculados percentuais e médias das alternativas de cada variável.

Para que os *clusters* pudessem ser comparados de acordo com as variáveis de perfil de uso, perfil do cliente e satisfação, é necessário verificar a significância das variáveis em relação aos *clusters* formados. Para tanto, emprega-se a análise de variância de 2 fatores (*Two way ANOVA*) com nível de significância de 95%, utilizando-se o *software* Minitab. Para as melhores formações de *clusters*, de acordo com os valores de SI obtidos na etapa anterior, aplica-se a ANOVA separadamente para cada variável e é verificado se há diferença significativa entre os *clusters* (valor-P menor do que 5%). A análise das melhores formações, em conjunto com a significância das variáveis, torna possível validar se os *clusters* definidos matematicamente tornam possíveis as análises desejadas de caracterização por perfil.

4.4. Comparação entre *clusters* das diferentes cidades

A comparação entre *clusters* é realizada de maneira exploratória. Definidos os perfis dos *clusters* das quatro cidades analisadas, buscou-se identificar *clusters* que tivessem avaliações de satisfação semelhantes, para verificar se teriam também características de perfil semelhantes. Caso sejam identificados padrões podem ser verificadas tendências de respostas para determinados públicos. Estas conclusões tem o potencial de direcionar as melhorias realizadas pelos órgãos gestores de maneira mais efetiva.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

A clusterização e cálculo do valor de SI foram realizados para cada cidade e consideram as 14 variáveis de satisfação referente à avaliação dos diferentes fatores da qualidade provenientes

de pesquisa de satisfação. A Tabela 3 apresenta os valores de SI obtidos para cada uma das cidades e para números de *clusters* de 2 até 10. Sombreados, são destacados os três maiores valores de SI para cada uma das cidades.

Tabela 3: Avaliação do SI para formações considerando de 2 à 10 *clusters*

Número de <i>clusters</i>	SI (<i>k-means</i>)			
	Cidade A	Cidade B	Cidade C	Cidade D
2	0,3639	0,2169	0,1515	0,2838
3	0,1995	0,2065	0,1510	0,2748
4	0,1989	0,2037	0,1303	0,2083
5	0,1915	0,1900	0,1246	0,2044
6	0,1878	0,1791	0,1210	0,2034
7	0,1807	0,1800	0,1193	0,1960
8	0,1781	0,1715	0,1171	0,2025
9	0,1710	0,1611	0,1146	0,1862
10	0,1681	0,1574	0,1176	0,1818

As formações com 2 *clusters* apresentaram melhores SI para todas as cidades, seguidos de 3 e 4 *clusters*. A escolha da formação considerando apenas o melhor valor de SI, no entanto, pode gerar *clusters* onde não seja possível identificar diferença de perfis (variáveis que não foram empregadas na clusterização) para os grupos. Desse modo, selecionou-se como melhores formações 2, 3 e 4 *clusters* para cada cidade, para que seus respectivos perfis sejam analisados.

Para avaliar se os *clusters* poderiam ser diferenciados pelas avaliações de perfil de uso e perfil do cliente das respectivas observações, aplica-se a ANOVA de 2 fatores, verificando quais variáveis possuem diferença significativa para as diferentes formações e cidades. Os resultados dessas avaliações são apresentados na Tabela 4, onde SDS representa as variáveis que não apresentam diferença significativa e DS as variáveis com diferença significativa.

As formações com 2 *clusters* apresentam 8, 4, 4 e 2 variáveis com diferença significativa para as cidades A, B, C e D, respectivamente, conforme é apresentado na última coluna da Tabela 4. Como se deseja comparar as cidades entre si, apesar de serem as formações que apresentam melhores valores de SI, essa escolha limitaria as avaliações a 2 variáveis para a cidade D e a 4 variáveis para as cidades B e C. Já para 3 *clusters*, são 7, 5, 6 e 5 variáveis com diferença significativas, para as cidades A, B, C e D, respectivamente. Estas formações são mais interessantes pelo maior número de variáveis possíveis de serem analisadas. Para 4 *clusters*, tem-se 8, 7, 8 e 1 variáveis com diferença significativa, respectivamente.

Dada a análise de significância das variáveis, opta-se pelas formações de 3 *clusters* que apresentam para todas as cidades 4 variáveis com diferença significativa, quais sejam: idade, renda, número de ônibus para chegar ao destino e tempo de deslocamento em transporte por dia. A última linha da Tabela 4 apresenta o número de vezes que cada variável teve diferença significativa nas análises realizadas. Pode-se observar que as variáveis escolhidas são as que aparecem mais vezes com diferença significativa, reforçando que a escolha das 4 variáveis são as que tem maior potencial de influenciar nos perfis dos *clusters* selecionados. A Tabela 5 apresenta o número de observações presentes em cada *cluster* para as diferentes cidades.

Tabela 4: variáveis com diferença significativa (DS) e sem diferença significativas (SDS) para as cidades e formações com 2, 3 e 4 *clusters*

	Gênero	Idade	Escolaridade	Ocupação	Habilitação	Renda familiar	Frequência de uso	Motivo	Nº de ônibus	Tempo de deslocamentos	Total DS
Cidade A											
k=2	SDS	DS	DS	SDS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	8
k=3	SDS	DS	DS	SDS	DS	DS	DS	SDS	DS	DS	7
k=4	SDS	DS	DS	SDS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	8
Cidade B											
k=2	DS	SDS	SDS	SDS	DS	SDS	SDS	DS	DS	SDS	4
k=3	SDS	DS	SDS	DS	SDS	DS	SDS	SDS	DS	DS	5
k=4	SDS	DS	SDS	DS	DS	DS	DS	SDS	DS	DS	7
Cidade C											
k=2	SDS	SDS	DS	SDS	SDS	DS	SDS	SDS	DS	DS	4
k=3	SDS	DS	SDS	SDS	SDS	DS	DS	DS	DS	DS	6
k=4	SDS	SDS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	8
Cidade D											
k=2	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	DS	DS	2
k=3	SDS	DS	SDS	SDS	SDS	DS	DS	SDS	DS	DS	5
k=4	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	DS	SDS	1
Total DS	1	6	5	3	6	8	6	5	9	8	

DS: variável com diferença significativa

SDS: variável sem diferença significativa

Tabela 5: Número de observações em cada *cluster*

<i>Cluster</i>	Cidade A	Cidade B	Cidade C	Cidade D
<i>Cluster 1</i>	636	632	473	108
<i>Cluster 2</i>	260	1237	549	103
<i>Cluster 3</i>	817	483	454	128

Após a definição do número de *clusters* e das variáveis a serem analisadas, realiza-se a descrição dos *clusters* a partir das quatro variáveis de perfil selecionadas e das variáveis de satisfação. A Figura 1 apresenta um gráfico das notas de satisfação normalizadas (conforme item 4.1.4) para os diferentes *clusters* das quatro cidades. Cada gráfico representa uma cidade com seus três *clusters*. No eixo horizontal encontram-se os fatores da qualidade e, no eixo vertical, suas respectivas notas normalizadas. Ao lado dos gráficos, são apresentadas as médias das variáveis selecionadas para caracterizar os *clusters*: idade, renda, número de ônibus para chegar ao destino e tempo de deslocamento em transporte por dia. Além disso, calculou-se o desvio padrão das notas de satisfação em cada *cluster*, para verificar quais deles têm maior variabilidade nas notas de satisfação. O desvio padrão está representado na última coluna da tabela da Figura 1. Para facilitar as análises, os valores das variáveis são representados por cores (azul, amarelo, verde e cinza), em que em azul estão os menores valores entre os três *clusters* da cidade em análise, amarelo os valores intermediários, verde os maiores e, por fim, o cinza são valores em que não foi possível obter diferença significativa com os demais *clusters*.

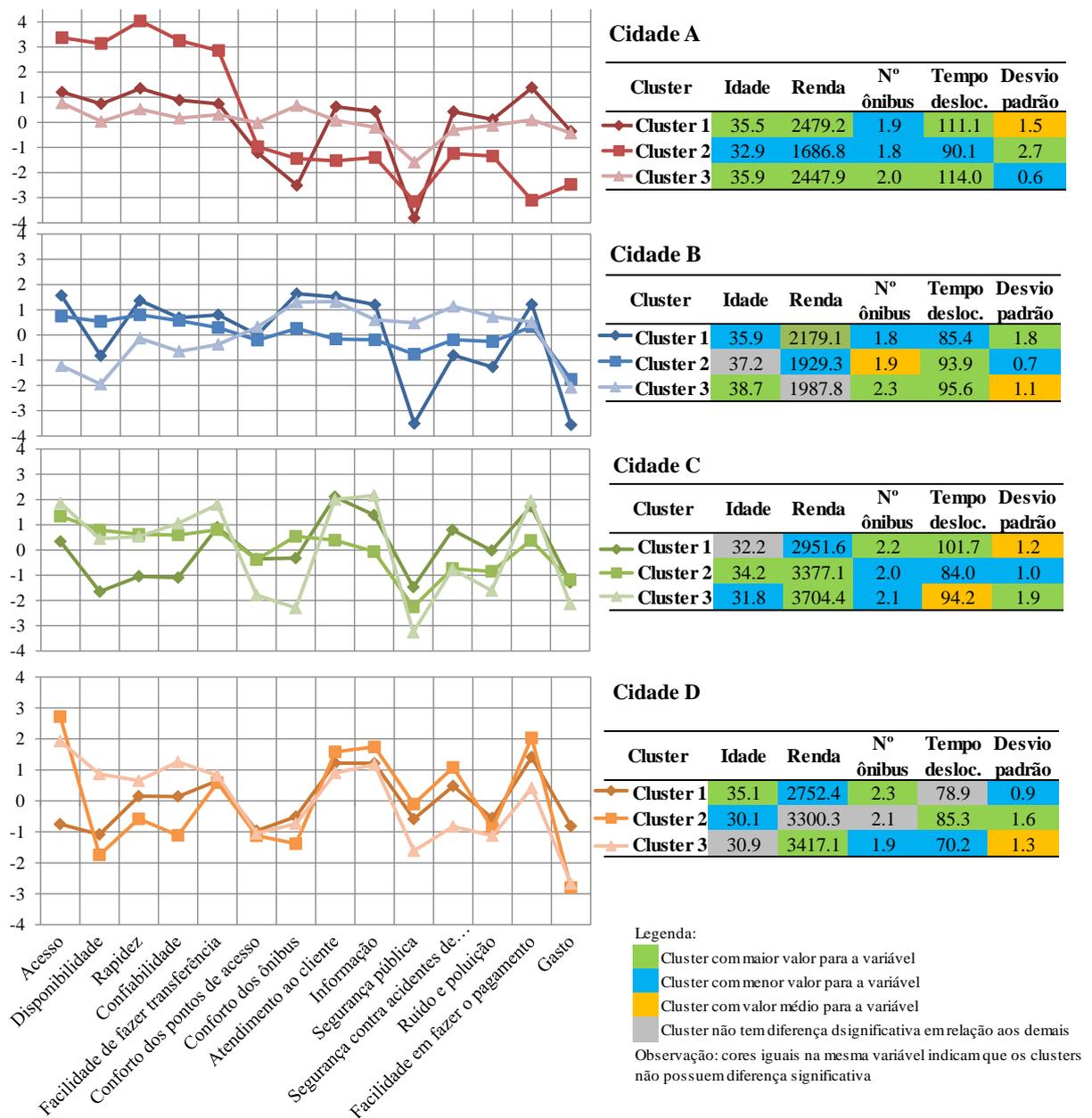


Figura 1: notas de satisfação normalizadas e características dos *clusters*

Os resultados apresentados na Figura 1 permitem que sejam realizadas diversas análises, podendo ser observados alguns padrões de respostas de acordo com o perfil dos respondentes, como desejado. Algumas das relações encontradas são explicáveis e de senso comum, já outras, necessitam de outros estudos além dos aqui apresentados para serem mais bem entendidas. O estudo apresentado é de natureza exploratória e busca mostrar o potencial que a ferramenta de clusterização tem, uma vez que quantifica e apresenta estatisticamente as relações entre perfil dos respondentes e avaliações atribuídas por eles.

Nas quatro cidades analisadas, os *clusters* que tiveram pior avaliação em “Segurança pública” são os que apresentaram maiores valores de renda familiar (*clusters* 1, 1, 3 e 3 para as cidades A, B, C e D, respectivamente), demonstrando que o sentimento de insegurança está relacionado com o poder aquisitivo da população. Além disso, é possível perceber um padrão

de respostas para esses *clusters*, que, em todas as cidades, atribuem melhores notas a “Atendimento”, “Informação” e “Facilidade em fazer o pagamento”. A relação destas avaliações com a renda mais alta pode ser investigada para o melhor entendimento dos motivos pelos quais isto ocorre.

As análises também permitiram concluir que os maiores desvios-padrões de notas de satisfação dos fatores da qualidade ocorrem para os *clusters* com respondentes mais jovens (*clusters* 2, 1, 3 e 2, para as cidades A, B, C e D, respectivamente), demonstrando que os mais jovens tendem a fazer uma maior diferenciação entre os fatores da qualidade e utilizar mais amplamente a escala *Likert* disponível para as respostas. O contrário ocorre com os menores desvios padrões, observados para os *clusters* de maior idade média (*Clusters* 3, 2 e 1 para as Cidades A, C e D, respectivamente), com exceção da cidade B em que não houve diferença significativa para a variável idade do *cluster* 2.

Outro ponto interessante é que os *clusters* mais críticos com as características operacionais dos sistemas (“Disponibilidade”, “Confiabilidade” e “Rapidez”) são os que têm um tempo de deslocamento maior e, em geral, utilizam maior número de ônibus para chegar ao destino (*clusters* 3, 3, 1 e 2, para as cidades A, B, C e D, respectivamente). As pessoas que mais utilizam o sistema, portanto, são as mais críticas com as questões operacionais dos sistemas, observação que pode auxiliar os gestores nas ações a serem tomadas perante estes aspectos.

É importante perceber que algumas relações esperadas pelo senso comum não puderam ser verificadas nas análises realizadas. Ao contrário do que era esperado, não se verificou relação entre insatisfação com “Gasto” e com *clusters* de menor poder aquisitivo. Do mesmo modo, em relação à satisfação com “Facilidade de fazer transferências”, também não puderam ser observadas diferenças para os *clusters* que utilizam maior número de ônibus. Para os fatores da qualidade relacionados a conforto também não foi possível estabelecer uma relação entre satisfação e perfil dos usuários nos *clusters*.

Um exemplo da aplicação de *clusters* utilizando as análises deste estudo pode ser feito observando-se a cidade A, que, desejando melhorar sua nota em “Conforto dos ônibus”, por exemplo, identifica que seu *cluster* 1 é o que possui avaliação mais crítica. Já a cidade B possui uma boa avaliação em “Conforto dos ônibus”, sendo os *clusters* 1 e 3 os que melhor avaliam este fator da qualidade. Comparando os perfis do *cluster* 1 da cidade A e os *clusters* 1 e 3 da cidade B, percebe-se que eles possuem as seguintes variáveis com valores similares: idade, renda e número de ônibus para chegar ao destino. Já o tempo de deslocamento nos *clusters* analisados é menor na cidade B do que na cidade A. De posse desse entendimento, dependendo da boa prática identificada na cidade B que a cidade A deseja adotar, o público de menor tempo em transporte pode não ser atingido. Embora na cidade B a ação seja efetiva, a diferente forma de utilização do transporte na cidade A pode não atingir o público desejado.

Para o *benchmarking*, os resultados que relacionam comportamento dos *clusters* com seus respectivos perfis por si só já apresentam insumo para o processo de comparação, pois compara diferentes cidades e as auxilia a entenderem melhor a relação de seus usuários com o serviço que lhes é ofertado, de maneira conjunta. Além disso, a análise realizada permite identificar os perfis de usuários que estão avaliando determinado fator da qualidade, responsável por aquela cidade ser *benchmark* naquele aspecto. A troca de experiência e o entendimento das ações adotadas pela cidade *benchmark* devem ser realizados em conjunto com o entendimento deste perfil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é um trabalho exploratório que buscou, no banco de dados disponível, encontrar relações que pudessem comprovar a existência de padrões de respostas à pesquisa de satisfação de acordo com os perfis de respondentes que compõem cada *cluster*. As diferentes relações encontradas neste trabalho confirmam que o método de clusterização é adequado para uso em análises de *benchmarking* com foco na satisfação dos usuários do transporte coletivo, uma vez que possibilita o entendimento das avaliações do sistema de acordo com a variação de perfil dos seus usuários.

Embora o agrupamento dos respondentes em clusters por si só não traga às análises de *benchmarking* uma conclusão direta em relação a quem são os sistemas de referência e quais são as boas práticas a serem seguidas, o método estudado permite o melhor entendimento dos usuários de transporte de cada sistema. Desse modo, em um ambiente com público heterogêneo como em sistemas de transporte coletivo, espera-se que o uso da clusterização contribua às análises de *benchmarking* de maneira a fornecer um melhor entendimento do comportamento e da opinião dos usuários que estão avaliando o sistema e como se caracteriza o público que se deseja atingir com as ações de melhoria do transporte.

Apesar de exploratórias, as análises realizadas permitiram verificar relações interessantes entre o perfil dos usuários do transporte coletivo e suas percepções dos sistemas. Verificou-se que os usuários de maior renda percebem de forma mais negativa a segurança pública e quem tem maior tempo de deslocamento é mais crítico em relação a aspectos operacionais dos sistemas, como “Rapidez”, “Confiabilidade” e “Disponibilidade”. Além disso, verificou-se que os mais jovens tendem a fazer uma maior diferenciação entre os fatores da qualidade, o que é interessante para avaliações de percepção dos usuários, e o contrário ocorre com pessoas de maior idade. Por outro lado, algumas relações de senso comum não puderam ser verificadas, como maior insatisfação com “Gasto” para as pessoas de renda menor renda ou diferença na avaliação de “Integração” para pessoas que precisam utilizar mais ônibus para chegar ao destino.

É importante notar que as análises de significância das variáveis e de diferença significativa entre os *clusters* são relevantes, pois a não utilização poderia levar a conclusões erradas, como admitir diferença entre *clusters* considerando variáveis não significativas. Reforça-se, portanto, a necessidade de validações estatísticas sempre que são realizadas análises amostrais como os casos de pesquisas de opinião.

Para trabalhos futuros, outras técnicas de clusterização, além da hierárquica e da *k-means*, podem ser testadas, bem como outros métodos de avaliação da qualidade das formações de *clusters*. As análises realizadas consideraram quatro cidades em que a Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus foi realizada, a aplicação deste método em outras cidades e a aplicação de outras ferramentas de medida de satisfação também podem ser testadas para contribuir às conclusões deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anzanello, M. e F. Fogliatto (2011) *Selecting the best clustering variables for grouping masscustomized products involving workers learning* Int. J. Production Economics 130, p. 268–276.
- Azambuja, A. M. V. (2002) *Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bertozzi, P. P. e O. F. Lima Jr. (1998) A qualidade no serviço de transporte público sob as óticas do usuário, do operador e do órgão gestor. *Revista dos Transportes Públicos*, n. 081, p. 53-66.

- Elmore-Yalch, R. (1998) *A Handbook: Using Market Segmentation to Increase Transit Ridership*. Transit Cooperative Research Program: Report 36, Washington, DC, USA.
- EMBARQ Brasil (2014) *QualiÔnibus pesquisa de Satisfação*. EMBARQ Brasil, Porto Alegre. Disponível em: <<http://embarqbrasil.org/node/47381>> Acesso em: 04 de jul. 2016.
- Everitt, B. S.; S. Landau; M. Leese e D. Stahl (2011) *Cluster Analysis* 5th Edition. Wiley Series in Probability and Statistics. King's College London, UK.
- Ferraz, A. C. P. e I. G. E. Torres (2004) *Transporte Público Urbano*. 2. ed. ampl. e atual. São Carlos.
- Hair Jr., J. F.; W.C. Black; B. J. Babin; R. E. Anderson (2010) *Multivariate Data Analysis*. 7 ed., Pearson Prentice Hall.
- Jain, A. K. e R. C. Dubes (1988) *Algorithms for Clustering Data*. New Jersey, Prentice Hall –Englewood Cliffs.
- Kaufman, L. e P. Rousseeuw (2005). *Finding Groups in Data: an Introduction to Cluster Analysis*. New Jersey, Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics.
- Kittelton & Associates, Inc. (2003) *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Transit Cooperative Research Program: Report 100, 2nd ed. Washington, DC, USA.
- Ortiz, R.S.; K.C. Mariotti, R.P. Limberger e P.Mayorga (2012) *Physical profile of counterfeit tablets Viagra and Cialis Braz. J. Pharm. Sci.* 48, p. 1-9.
- Pandolfi, C.; C. S. ten Caten e C. M. C. Rodrigues (2015) Instrumento de Avaliação de Cursos em uma Instituição de Ensino Superior da Serra Gaúcha. *Anais do Simpósio Avaliação da Educação Superior*. Porto Alegre.
- Raia Jr., A. A. e F. L. Moreira (2001) A Qualidade do Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus na Cidade de São Carlos Sob a Ótica dos Usuários. *Anais do Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, 13., 2001, Porto Alegre. *Anais eletrônicos...* São Paulo: ANTP, p. 1-10.
- Rousseeuw, P. (1987) Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics* v 20 (1), 53-65.
- Ryus, P.; K. Coffel; J. Parks e Kittlenson & Associates, Inc. (2010) *A methodology for performance measurement and peer comparison in the public transportation industry*. Transit Cooperative Research Program: Report 141, Washington, DC, USA.
- Silva, C. A. M da (2015) *Análise de corredores prioritários ao ônibus : panorama mundial, clusterização, seleção de variáveis relevantes e relação entre variáveis*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Spendolini, M. (1993) *The benchmarking book*. São Paulo: Makron Books.
- Taboada, H. e D. Coit (2008) *Multi-objective scheduling problems: determination of pruned Pareto sets*. II E Transactions, v. 40 (5), p. 552-564.
- Trompet, M., R. Parasram, e R. J. Anderson (2013) Benchmarking disaggregate customer satisfaction scores between bus operators in different cities and countries. *Anais do Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*, TRB, 2013

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de avaliar diferentes técnicas para análises de *benchmarking* de sistemas de transporte coletivo por ônibus pela ótica da satisfação dos usuários, o presente trabalho aplicou três análises: normalização da satisfação, análise envoltória de dados e clusterização. Os métodos empregados mostram-se adequados ao uso nas análises de *benchmarking*, pois permitem a comparação entre sistemas distintos e identificação de *benchmarks*.

Cada ferramenta de análise adotada apresenta particularidades de aplicação e de resultados, podendo haver maior adequação de alguma dependendo dos dados disponíveis e dos resultados desejados. O Quadro 2 apresenta resumidamente as principais características de cada método estudado.

O método de normalização da satisfação, apresentado no artigo 1 (capítulo 2), permite a análise de *benchmarking* a partir dos fatores da qualidade, sendo possível identificar, para cada um deles, cidades *benchmark* e metas para as demais cidades. A manipulação dos dados é simples, uma vez que utiliza diretamente notas médias de satisfação em cada fator da qualidade, não sendo necessários *softwares* especiais além da planilha eletrônica para aplicação do método em si. No entanto, aliar este método a análises estatísticas é essencial para verificar quais as unidades de análise, no caso cidades, de fato possuem diferença significativa para suas avaliações de satisfação.

A aplicação da análise envoltória de dados, apresentada no artigo 2 (capítulo 3), permitiu identificar, para unidades de análise, tratadas como sistemas, os *benchmarks* e as metas a serem atingidas para que os serviços alcancem a eficiência. A técnica é fortemente empregada para eficiência na produção industrial. A análise com foco em satisfação de serviços apresentou-se como um desafio, pois leva em consideração a visão de eficiência a partir da ótica dos usuários de transporte. A aplicação é simples pelo ponto de vista de manipulação dos dados, e muito sensível a dados extremos, como número de DMUs e a escolha das variáveis, que precisam representar corretamente o processo de eficiência. A aplicação da DEA, entretanto, possui como característica principal aliar indicadores de qualidade à satisfação do usuário, o que a torna uma ferramenta interessante para ser empregada em um grupo de *benchmarking* consolidado, com vários membros e com abertura interna de dados operacionais e indicadores de qualidade.

Quadro 2 – Comparação entre métodos

	Normalização da satisfação	Análise envoltória de dados (DEA)	Análise de <i>Clusters</i>
Resultado da análise	Identifica <i>benchmarks</i> por fatores da qualidade	Identifica sistemas <i>benchmarks</i>	Identifica perfis de uso e do cliente relacionados à satisfação com fatores da qualidade para diferentes sistemas
Dados necessários	Respostas da pesquisa de satisfação	Notas médias de satisfação ou notas médias de satisfação e dados operacionais	Respostas de satisfação e de perfil de uso e do cliente
Coleta dos dados	Pesquisa de satisfação	Pesquisa de satisfação e dados operacionais de operadores ou agências de transporte	Pesquisa de satisfação (inclui perfil de uso e do cliente)
Métodos empregados	Normalização e diferença múltipla de médias	Algoritmo de DEA	Algoritmo de clusterização, algoritmo de cálculo do SI, ANOVA, diferença múltipla de médias, normalização
Software utilizado	Excel e Minitab	SIAD e Excel	Matlab, Minitab e Excel
Vantagens	Simple aplicação e entendimento do método	Pode aliar análise de indicadores operacionais e de satisfação	Relaciona satisfação e perfil dos usuários
Desvantagens	Considera apenas notas de satisfação, sem incluir nas análises características dos sistemas e perfis de usuários	- É recomendado um número de DMUs três vezes maior que a soma de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do modelo - Necessita de variáveis que traduzam o processo de eficiência (<i>inputs</i> e <i>outputs</i>) - Não possibilita verificação por análises estatísticas	- Não apresenta diretamente os <i>benchmarks</i> - Interpretação dos resultados demanda maior análise por parte do pesquisador

(fonte: elaborado pela autora)

Já a análise de *clusters*, apresentada no artigo 3 (capítulo 4), possibilita a comparação entre cidades a partir de análises desagregadas por padrões de satisfação dos usuários com os fatores da qualidade e respectivos perfil de uso e perfil do usuário. Apesar de não identificar diretamente quais são os sistemas *benchmarks*, a análise de *clusters* fornece uma visão detalhada da relação entre satisfação e perfil dos usuários para a comparação entre diferentes cidades. O método auxilia, portanto, que as análises de *benchmarking* e a identificação de boas práticas sejam realizadas de maneira mais acertada de acordo com o público alvo.

Diante do exposto, não há um método que seja superior ao outro, uma vez que os resultados obtidos em cada um deles têm foco e grau de complexidade distinto. A escolha de um dos métodos, portanto, deve considerar os dados disponíveis, os *softwares* de análises e os resultados desejados.

Dado que se tenham resultados disponíveis de uma pesquisa de satisfação padronizada para diferentes cidades, esta dissertação conclui que é possível realizar uma análise de *benchmarking* a partir de pesquisa de satisfação dos usuários. O método mais simples é a normalização da satisfação, que permite a comparação entre sistemas através da redução de vieses socioculturais e utiliza algoritmos simples para identificar potenciais *benchmarks* em cada fator da qualidade.

Se, por outro lado, além de informação de satisfação, for possível a obtenção de dados operacionais, a DEA permite compreender o processo de eficiência entre indicadores e satisfação dos usuários, o que possibilita um melhor entendimento da satisfação a partir de indicadores da qualidade. Esta análise permite que os provedores do transporte foquem de maneira mais objetiva nos aspectos do transporte que devem ser melhorados. Por esse motivo, a análise de DEA, poderia também ser empregada para auxiliar na escolha de indicadores de qualidade a serem monitorados pela cidade.

Além disso, se na pesquisa de satisfação estiverem incluídas perguntas de perfil do usuário e perfil de uso, é possível, através do método de clusterização, caracterizar o público alvo que necessita prioritariamente de melhorias, o que possibilita planejar ações que atinjam de maneira mais eficiente o público desejado. A análise de *clusters* para caracterizar os usuários do transporte pode ser apresentada como análise complementar à normalização e à DEA. Na normalização, a clusterização permitiria um refinamento dos resultados e ambas poderiam ser aplicadas em conjunto, uma vez que trabalham com dados segregados por usuário. Já para a DEA, a clusterização pode ser empregada como uma análise extra que permite caracterizar as DMUs eficientes e não eficientes, também possibilitando um melhor direcionamento das ações aos públicos alvo.

É importante notar que a aplicação dos três métodos se tornou possível apenas porque utilizou uma ferramenta padronizada de coleta de dados, nesse caso a Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus. A aplicação da mesma pesquisa possibilitou a comparação das cidades em diferentes âmbitos, já que as perguntas realizadas aos usuários eram as mesmas. O uso de uma pesquisa com alta padronização de aplicação forneceu a confiabilidade de que as diferenças observadas entre cidades não foram devido ao método de aplicação.

Este trabalho restringiu-se ao uso de dados resultantes de aplicações da Pesquisa de Satisfação QualiÔnibus realizadas pelo WRI, o que limitou o número de sistemas e cidades analisadas

neste trabalho. Desse modo, não foi possível agrupar as cidades para que as análises fossem aplicadas apenas a sistemas semelhantes. À medida que se tenha um número maior de cidades, a segregação (uso de clusterização, por exemplo) de cidades é indicada.

Uma importante observação a ser feita para as análises de *benchmarking* é que identificam áreas que possuem potencial para serem melhorados e cidades com potencial para serem *benchmarks* por possivelmente utilizarem uma boa prática, não identificando de forma absoluta esses pontos. É essencial tratar as análises de *benchmarking* em conjunto ao conhecimento empírico do sistema, resultado da vivência e entendimento das diferentes localidades. Além disso, o *benchmarking*, como um processo que contempla a comparação entre organizações, identificação de boas práticas e troca de experiências, deve ser tratado de maneira global, sendo as análises de *benchmarking* apenas uma etapa de todo o processo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. Revista NTUurbano. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Ano IV, n. 23. Brasília, 2016.

TROMPET, M., PARASRAM, R, E ANDERSON, R.J. Benchmarking disaggregate customer satisfaction scores between bus operators in different cities and countries. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD ANNUAL MEETING, 92., 2013. **Anais...** Washington, 2013

EMBARQ BRASIL. **Qualiônibus Pesquisa de Satisfação**. Porto Alegre: EMBARQ Brasil, 2014. Disponível em: <<http://embarqbrasil.org/node/47381>> Acesso em: 04 jul. 2016.

ANEXO A – Questionário da Pesquisa de Satisfação – Módulo Básico⁷

⁷ EMBARQ BRASIL. **Qualiônibus Pesquisa de Satisfação**. Porto Alegre: EMBARQ Brasil, 2014. Disponível em: <<http://embarqbrasil.org/node/47381>> Acesso em: 04 jul 2016.



Bom dia/ Boa tarde, meu nome é (DIGA SEU NOME), estou realizando uma pesquisa de satisfação sobre o transporte coletivo por ônibus em XXXXXX. Gostaria de contar com a colaboração do(a) Sr.(a) respondendo a algumas questões que levarão poucos minutos. Garantimos que as respostas serão mantidas em absoluto sigilo. Queremos saber opinião do(a) Sr.(a).

MÓDULO BÁSICO

PERFIL DE USO

H1) Hora de início: ____:____

U1) Qual o número de dias em que o(a) Sr.(a) utiliza o transporte coletivo por ônibus em uma semana regular?

ENTREVISTADOR: fazer pergunta aberta e marcar de acordo com a resposta.

1. () 5 ou mais dias por semana
 2. () 3 ou 4 dias por semana
 3. () 1 ou 2 dias por semana
 4. () Raramente / menos de uma vez por semana

U2) Normalmente, para qual finalidade o(a) Sr.(a) utiliza o transporte coletivo por ônibus? O(a) Sr.(a) pode marcar duas alternativas, caso seja necessário.

ENTREVISTADOR: fazer pergunta aberta e marcar no máximo 3 alternativas.

1. () Trabalho
 2. () Estudo
 3. () Lazer
 4. () Compras
 5. () Outras. Qual? _____

U3) Normalmente, em que horários do dia o(a) Sr.(a) utiliza o transporte coletivo por ônibus?

ENTREVISTADOR: mostrar questionário e marcar no máximo 3 alternativas.

- | Manhã | Tarde | Noite |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. () Entre 5h e 7h | 5. () Entre 13h e 15h | 8. () Entre 19h e 21h |
| 2. () Entre 7h e 9h | 6. () Entre 15h e 17h | 9. () Entre 21h e 23h |
| 3. () Entre 9h e 11h | 7. () Entre 17h e 19h | 10. () Depois das 23h |
| 4. () Entre 11h e 13h | | |

U4) Na maioria dos seus deslocamentos, o(a) Sr.(a) utiliza linhas que circulam por corredores exclusivos ou faixas para ônibus?

1. () Sim
 2. () Não

U5) O(a) Sr.(a) normalmente precisa utilizar quantos ônibus para chegar ao seu destino, considerando apenas a ida? _____

U6) O(a) Sr.(a) utiliza cartão/bilhetagem eletrônica?

1. () Sim
 2. () Não

ENTREVISTADOR: Apenas caso o respondente tenha marcado Sim acima

U6.1) Qual dos seguintes cartões o(a) Sr.(a) utiliza?

1. () Usuário / Comum
 2. () Vale Transporte (VT)
 3. () Estudante / Escolar
 4. () Idoso / Master
 5. () Isento / Benefício / Gratuidade



SATISFAÇÃO GERAL

ENTREVISTADOR: entregar cartão 1 e explicar que as questões a seguir utilizam a escala do cartão em que 1 é “muito insatisfeito” e 5 é “muito satisfeito”, além de que o entrevistado pode responder “sem condições de opinar” e marcar coluna SCO.”

Considerando o transporte coletivo por ônibus em XXXXXX, como o(a) Sr.(a) avalia a sua satisfação com cada um dos seguintes aspectos.

Muito Insatisfeito - 1 -	Insatisfeito - 2 -	Nem Satisfeito, Nem Insatisfeito - 3 -	Satisfeito - 4 -	Muito Satisfeito - 5 -	
S1. Acesso ao transporte: facilidade de chegar aos pontos de acesso e circular nas estações e terminais	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S2. Disponibilidade: intervalo entre os ônibus, nos horários e locais em que necessito	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S3. Rapidez	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S4. Confiabilidade: chegada no horário previsto	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S5. Facilidade de fazer transferências, entre linhas de ônibus e outros modos de transporte, para chegar ao destino	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S6. Conforto dos pontos de ônibus: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S7. Conforto das estações: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S8. Conforto dos terminais de integração: iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S9. Conforto dos ônibus: iluminação, limpeza, quantidade de pessoas, assentos	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S10. Atendimento ao cliente: respeito, cordialidade e preparo dos motoristas, cobradores, funcionários e central de atendimento	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S11. Informação ao cliente: sobre linhas, horários e outras informações	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S12. Segurança pública contra roubos, furtos e agressões no caminho e dentro dos ônibus	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S13. Segurança em relação a acidentes de trânsito	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S14. Exposição a ruído e poluição gerada pelos ônibus	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S15. Facilidade em pagar o ônibus e recarregar o cartão de transporte	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S16. Gasto com transporte coletivo por ônibus	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
S17. Satisfação geral com o transporte coletivo por ônibus	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]

PERGUNTAS COMPLEMENTARES DE CONCORDÂNCIA

ENTREVISTADOR: entregar cartão 2 e explicar que as questões a seguir utilizam a escala do cartão em que 1 é “discordo totalmente” e 5 é “concordo totalmente”, além de que o entrevistado pode responder “sem condições de opinar” e marcar coluna SCO.”

Considerando o transporte coletivo por ônibus em XXXXXX, o quanto o(a) Sr.(a) concorda com cada uma das seguintes afirmações.

Discordo Totalmente - 1 -	Discordo - 2 -	Não Concordo Nem Discordo - 3 -	Concordo - 4 -	Concordo Totalmente - 5 -	
C1. Utilizar ônibus contribui para a minha qualidade de vida	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C2. Posso confiar no ônibus para meus deslocamentos	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C3. O ônibus enfrenta muito congestionamento	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C4. Frequentemente enfrento situações em que os ônibus estão excessivamente lotados	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C5. Os motoristas conduzem os ônibus de forma segura	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C6. Estaria disposto a pagar mais para ter um serviço de ônibus melhor	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C7. Tenho uma qualidade de serviço adequada para o valor que pago	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]
C8. Recomendaria o sistema de transporte coletivo por ônibus	[1]	[2]	[3]	[4]	[5] [SCO]



PERFIL DOS CLIENTES

P1) Sexo: 1. () Masculino 2. () Feminino

P2) Qual a sua idade? _____ () Não informado preencher "99"

P3) Qual a sua escolaridade?

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. () Analfabeto | 5. () Ensino Médio Completo |
| 2. () Ensino Fundamental Incompleto | 6. () Ensino Superior Incompleto |
| 3. () Ensino Fundamental Completo | 7. () Ensino Superior Completo |
| 4. () Ensino Médio Incompleto | 8. () Pós-Graduação/Mestrado/Doutorado |

P4) Como o(a) Sr.(a) definiria a sua principal ocupação?

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1. () Funcionário de empresa pública | 6. () Aposentado |
| 2. () Funcionário de empresa privada | 7. () Estudante |
| 3. () Empresário | 8. () Desempregado/Desocupado |
| 4. () Profissional autônomo | 99. () Não informado |
| 5. () Dona de casa | |

P5) O(a) Sr.(a) possui habilitação para dirigir automóvel ou motocicleta?

1. () Sim 2. () Não

P6) O(a) Sr.(a) possui automóveis/motocicletas/bicicletas em sua residência?

- | | | |
|-------------------|------------|------------|
| 6.1. Automóvel? | 1. () Sim | 2. () Não |
| 6.2. Motocicleta? | 1. () Sim | 2. () Não |
| 6.3. Bicicleta? | 1. () Sim | 2. () Não |

P7) Qual é, aproximadamente, a renda total bruta de sua família por mês, somando todas as fontes (como salários, horas extras, renda de aluguéis, etc)?

ENTREVISTADOR: entregar cartão 5 e solicitar que o respondente indique apenas o número que corresponde à sua categoria.

1. () Até R\$ 780,00
 2. () Entre R\$ 781,00 e R\$ 1.150,00
 3. () Entre R\$ 1.151,00 e R\$ 1.700,00
 4. () Entre R\$ 1.701,00 e R\$ 2.700,00
 5. () Entre R\$ 2.701,00 e R\$ 5.200,00
 6. () Entre R\$ 5.201,00 e R\$ 9.200,00
 7. () Mais de R\$ 9.200,00
 99. () Não informado

CONTROLE

Para validar a aplicação da pesquisa precisamos registrar o nome e telefone dos entrevistados, para que 10% das entrevistas sejam confirmadas. Vale ressaltar que as informações fornecidas são tratadas com sigilo absoluto.

CO1) Nome do entrevistado: _____

CO2) Telefone do entrevistado: _____

CO3) Em que cidade/bairro o(a) Sr.(a) reside? _____

CO4) Local/Linha: _____ CO5) Data: _____

CO6) Pesquisador: _____

H2) Horário de término: __: __

CARTÕES RESPOSTA

1



Muito Insatisfeito - 1 -	Insatisfeito - 2 -	Nem Satisfeito, Nem Insatisfeito - 3 -	Satisfeito - 4 -	Muito Satisfeito - 5 -
------------------------------------	------------------------------	--	----------------------------	----------------------------------


WRI BRASIL | CIDADES SUSTENTÁVEIS


2



Discordo Totalmente - 1 -	Discordo - 2 -	Não Concordo Nem Discordo - 3 -	Concordo - 4 -	Concordo Totalmente - 5 -
-------------------------------------	--------------------------	---	--------------------------	-------------------------------------


WRI BRASIL | CIDADES SUSTENTÁVEIS
