

## QUANTIFICANDO O IMPACTO DOS FATORES DE QUALIDADE DO TRANSPORTE METROFERROVIÁRIO NA SATISFAÇÃO GERAL DOS USUÁRIOS

**Lucas Cavalcante Machado<sup>1</sup>**  
**Ana Margarita Larrañaga Uriarte<sup>1</sup>**  
**Alejandro Ruiz-Padillo<sup>2</sup>**  
**Helena Beatriz Bettella Cybis<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN, Universidade Federal de Rio Grande do Sul

<sup>2</sup>Laboratório de Mobilidade e Logística – LAMOT, Universidade Federal de Santa Maria

### RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo quantificar o impacto dos fatores de qualidade do transporte metroferroviário na satisfação geral dos usuários, utilizando Modelagem de Equações Estruturais sobre um banco de dados procedente de pesquisa de satisfação do sistema de trens metropolitanos de Porto Alegre/RS. Os resultados revelaram as relações entre os fatores latentes percebidos pelo usuário e a satisfação geral, destacando a maior influência direta das características dos veículos, sobretudo a limpeza e disponibilidade de ar condicionado. Igualmente foi constatada a influência, mas em menor medida, das características do serviço, especificamente a frequência e lotação dos trens, assim como das características das estações e, relacionadas com elas, do atendimento ao usuário, como os avisos sonoros aos usuários. Os resultados obtidos podem auxiliar os planejadores de transporte público metroferroviário a desenvolver estratégias eficazes com o objetivo de fornecer serviços de alta qualidade, visando a fidelização e a atração de novos passageiros.

### ABSTRACT

The main objective of this study was to quantify the impact of quality factors of metro-rail transport on the users' general satisfaction, using Structural Equation Modeling analysis on a database from a satisfaction survey of the train metropolitan system of Porto Alegre/RS, Brazil. The results revealed the relationships among the latent factors perceived by users and general satisfaction, highlighting the greatest direct influence from the vehicles characteristics, especially cleanliness and availability of air conditioning. The influence, but to a lesser extent, of the service characteristics was also verified, specifically the frequency and capacity of the trains, as well as the stations characteristics. Moreover, the influence of the user service, related to the other, was detected, such as sound warnings to users. The obtained results can help metro-rail public transport planners to develop effective strategies to offer high quality services in order to retain users and also attract new ones.

## 1. INTRODUÇÃO

A análise da qualidade do serviço de transporte tornou-se um fator fundamental para o aprimoramento dos sistemas de transporte público. Atualmente, gestores e pesquisadores na área do transporte público trabalham para identificar os principais fatores que influenciam a qualidade de serviço, visando o aumento da lucratividade e satisfação do cliente (Allen *et al.*, 2019; Castillo e Benitez, 2013; Dell'Olio *et al.*, 2011; Mandhani *et al.*, 2020, Tavares *et al.*, 2021). Os fatores mais significativos para os sistemas de transportes coletivos são identificados por meio da análise da qualidade, que é um meio importante para as autoridades de transporte, uma vez que essa avaliação pode ser feita com base nas preferências dos usuários (Islam *et al.*, 2016).

A busca contínua pela qualidade do serviço é um recurso primordial para planejadores e agências de transporte público a fim de atrair e manter mais usuários no sistema (De Oña e De Oña, 2015; Tavares *et al.*, 2021). Oferecer serviços de transporte de alta qualidade pode incentivar a transição do transporte privado para o público, promovendo a mobilidade mais sustentável. Portanto, a realização de estudos nesse sentido é de extrema importância, considerando a diminuição da demanda que vem ocorrendo nos últimos anos no Brasil (NTU,

2022) e outras cidades (Hall *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2019).

Nesse contexto, os modelos que analisam a satisfação do usuário são fundamentais para identificar os fatores associados à qualidade do serviço e fornecer orientações para melhorar o desempenho do mesmo. Diversos estudos utilizam uma variedade de técnicas para investigar os fatores da qualidade de serviço em transporte público. Algumas dessas técnicas incluem a Modelagem de Equações Estruturais (*Structural Equation Model* - SEM) (De Oña *et al.*, 2015), Redes Bayesianas (BN) (Díez-Mesa *et al.*, 2018), *Partial Least Square-Structural Equation Model* (PLS-SEM) (Ni *et al.*, 2020), *Necessary Condition Analysis* (NCA) (Sukhov e Olsson, 2022), *multiple indicators and multiple causes structural equation modeling* (SEM-MIMIC) (Allen *et al.*, 2019; De Oña e De Oña, 2022, Tavares *et al.*, 2021), *Random Forest* (Zheng *et al.*, 2022), *Rasch Analysis* (Kim *et al.*, 2018) e abordagem de rede neural (Islam *et al.* 2016). Grande parte dos estudos identificados utiliza o SEM para explorar a relação entre os fatores e a qualidade geral do serviço. Essa técnica é escolhida devido à sua capacidade de lidar com um grande número de variáveis, tanto endógenas quanto exógenas, por meio de uma combinação linear das variáveis observadas (Hair *et al.*, 2009; Kline, 2011).

Nesse contexto, o principal objetivo deste estudo é quantificar o impacto dos fatores de qualidade do transporte metroferroviário na satisfação geral dos usuários, utilizando análise de Modelagem de Equações Estruturais. Para isso, foram utilizados dados da pesquisa de satisfação do transporte metroferroviário de Porto Alegre, Brasil, coletados em 2022. Primeiro, analisa o impacto das características da qualidade do transporte na satisfação dos usuários no contexto do transporte metroferroviário, um tema menos explorado em comparação ao transporte coletivo por ônibus. Segundo, quantifica a relação entre as características da qualidade, permitindo identificar áreas específicas nas quais as políticas públicas podem se concentrar para aumentar a satisfação dos usuários. Terceiro, propõe ações que podem ser implementadas com base nos resultados da modelagem, proporcionando insights práticos para melhorias no sistema de transporte. Além disso, este estudo investiga essa relação em um contexto diferente dos estudos existentes na literatura, uma vez que há poucas pesquisas realizadas nesse sentido em cidades brasileiras.

## **2. MODELO DE EQUAÇÃO ESTRUTURAL**

### **2.1. Construção do modelo**

A qualidade geral de um serviço é influenciada por diversos fatores relacionados à percepção do usuário, que são agrupados em macrofatores de acordo com as características do serviço (Eboli *et al.*, 2018; De Oña *et al.*, 2013). Portanto, a qualidade geral do serviço é determinada pela qualidade desses diferentes aspectos que representam o serviço, como programação, conforto, confiabilidade, informação, pessoal e outros (Eboli e Mazzulla, 2015).

Neste trabalho, foi examinada a influência de quatro macrofatores de qualidade de serviço na satisfação geral do cliente, analisando essas relações de forma simultânea por meio de equações estruturais. O modelo conceitual foi elaborado com base em uma variável latente exógena, que é o conjunto de características do atendimento (indicadores), e três variáveis latentes endógenas, que são relativas às características dos veículos, às características do serviço e às características das estações.

A primeira variável latente *Características do serviço* (CSER) foi avaliada por meio de três indicadores que caracterizam a percepção dos usuários do trem em relação aos serviços. O primeiro indicador, é Lotação dos trens (CSER1), relacionado à percepção de aglomeração e disponibilidade de assentos nos vagões. Este item também foi utilizado em pesquisas por Esmailpour *et al.* (2022), Echaniz *et al.* (2018), De Oña *et al.* (2013) e Eboli e Mazzulla (2009) como medida de conforto. O segundo indicador, Intervalo entre os trens (CSER2), mensura a percepção dos usuários em relação ao tempo de espera entre um trem e outro. Este item está relacionado aos itens também utilizados por Sukhov *et al.* (2022) para medir a funcionalidade do serviço de transporte público. O terceiro indicador Tempo de espera na bilheteria (CSER3), não é frequentemente abordado na literatura, mas foi utilizado para avaliar a *Característica do serviço* neste estudo, entendendo que a espera na bilheteria influencia o tempo total de viagem.

A variável latente *Características do veículo* (CVEI) avalia a percepção dos usuários em relação às condições de viagem nos trens, no interior dos vagões. O primeiro indicador, Ar Condicionado (CVEI1), foi utilizado para avaliar o conforto térmico nos vagões durante a viagem. Esse indicador foi observado em estudos anteriores de Eboli e Mazzulla (2009) e Echaniz *et al.* (2018). O segundo e o terceiro indicadores são Limpeza dentro do trem (CVEI2) e Iluminação do trem (CVEI3). Esses são utilizados em outros trabalhos, como por exemplo o de Mandhani *et al.* (2020).

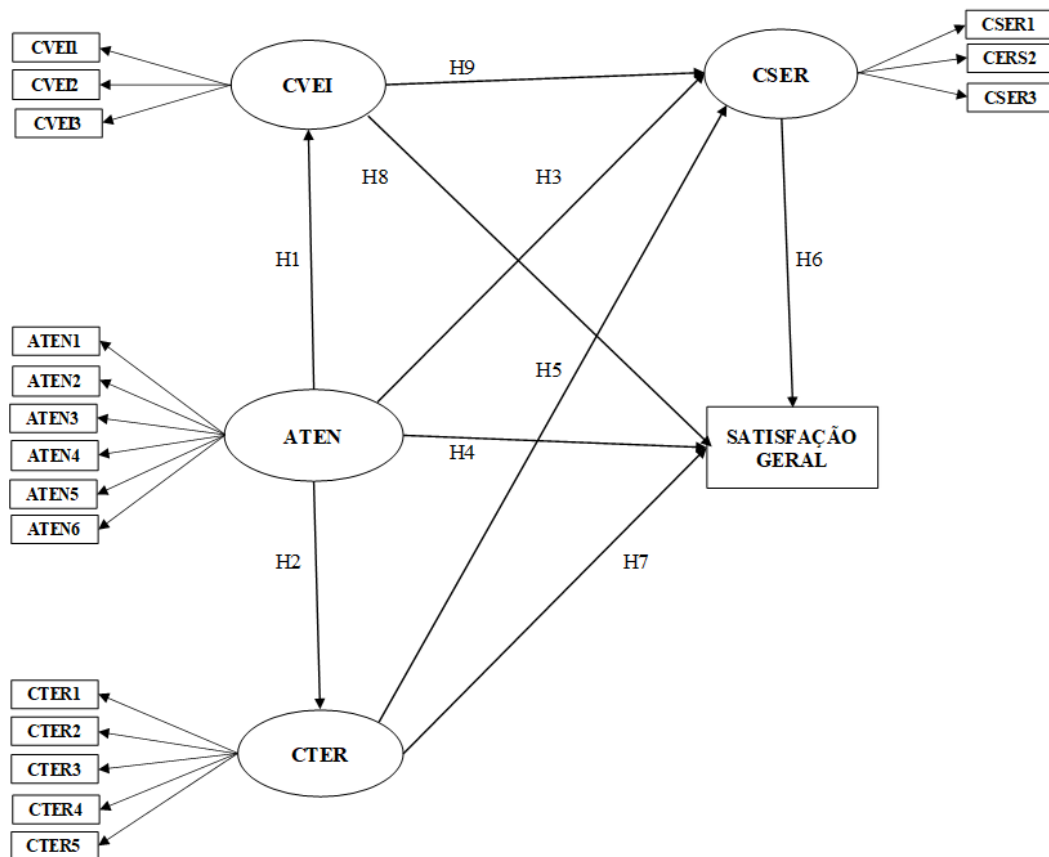
A variável latente *Característica das estações* (CTER) representa a percepção dos usuários em relação à disponibilidade e facilidade de acesso às instalações, conveniências, limpeza e iluminação nas estações de trem. Está composto por cinco indicadores: Infraestrutura (CTER1), Disponibilidade de elevador (CTER2), Disponibilidade de lojas nas estações (CTER3), Limpeza nas estações de trem (CTER4) e Iluminação das estações (CTER5). Os três primeiros são utilizados em outros trabalhos, como o de Mandhani *et al.* (2020).

A variável latente *Atendimento* (ATEN), busca avaliar a satisfação dos usuários em relação ao atendimento dos funcionários do trem e à facilidade de compra de bilhetes. O primeiro indicador, Satisfação com os avisos das estações e do trem (ATEN1), busca medir a satisfação dos usuários em relação à clareza, confiabilidade e disponibilidade das informações apresentadas em painéis, monitores e placas de sinalização nas estações e nos vagões.

O segundo e terceiro indicador foram definidos como Funcionários da bilheteria (ATEN2) e Funcionários da segurança (ATEN3). Eboli e Mazzulla (2009) empregaram itens semelhantes para avaliar a satisfação dos usuários de ônibus em relação ao atendimento dos funcionários. O quarto indicador desta variável latente é a Catraca (ATEN4), que mensura a percepção dos usuários em relação ao uso e funcionalidade da catraca. Esse item não é frequentemente abordado na literatura. Os outros indicadores analisados nessa variável latente são Segurança violência, assaltos (ATEN5) e Mendicância (ATEN6). O indicador relativo à segurança mensura a percepção dos usuários em relação a segurança nas estações e vagões do trem, como evidenciado nos estudos de Eboli e Mazzulla (2009) e Sukhov *et al.* (2022). Mendicância avalia a percepção dos usuários em relação às ações dos pedintes nas estações e vagões. Vale ressaltar que esse último item não foi muito explorado na literatura, provavelmente por ser uma característica mais significativa no contexto brasileiro. Dessa forma, optou-se por incluí-lo neste estudo, devido a sua relevância no contexto local.

## 2.2. Hipóteses de estudo

Foram testadas nove hipóteses utilizando o modelo estrutural conceitual apresentado na Figura 1. Essas hipóteses estão relacionadas à interação entre as variáveis latentes, como as *Atendimento* (ATEN), *Características do serviço* (CSER), *Características dos veículos* (CVEI) e *Características das estações* (CTER). Além disso, foram avaliadas as influências desses construtos na Satisfação geral dos clientes (SATISFAÇÃO GERAL) em relação ao serviço fornecido pelo trem.



**Figura 1:** Modelo estrutural

Uma percepção positiva da segurança dos usuários está relacionada a uma maior satisfação em relação aos aspectos de regularidade, pontualidade e frequência do metrô (Mandhani *et al.*, 2020). Além disso, os autores constataram que a segurança e a proteção estão diretamente ligadas à facilidade de acesso dos passageiros, incluindo a disponibilidade de escadas rolantes, elevadores e outras conveniências. Os resultados do estudo indicaram que o construto da segurança tem uma relação positiva e direta com a confiabilidade dos serviços, o conforto (limpeza e iluminação) e a satisfação geral dos usuários. Portanto, um aumento na percepção de segurança pode impactar positivamente a percepção da frequência do serviço, a confiabilidade, a limpeza e a iluminação. Com base nesse contexto, foram analisadas as seguintes hipóteses:

- H1: Atendimento influencia direta e positivamente as Características dos veículos;
- H2: Atendimento influencia direta e positivamente as Características das estações;

- H3: Atendimento influencia direta e positivamente as Características do serviço;
- H4: Atendimento influencia indiretamente a satisfação geral dos usuários.

No trabalho de Mandhani *et al.* (2020), foi identificado que as facilidades oferecidas aos passageiros, como a facilidade de acesso às estações de metrô, a disponibilidade de escadas rolantes e elevadores, e a conveniência nas estações, têm uma influência positiva e direta na disponibilidade do serviço, que é composto pela frequência do serviço, horário de funcionamento e tempo de espera na plataforma. Neste estudo, foi realizada uma análise da relação entre as características das estações e as características do serviço, por meio de uma hipótese, com o objetivo de investigar o impacto do primeiro sobre o segundo:

- H5: As características das estações influenciam direta e positivamente as características do serviço.

O nível de satisfação dos passageiros tende a ser maior quando há uma maior disponibilidade de serviço, pontualidade, frequência e regularidade do mesmo, como mencionado por Mandhani *et al.* (2020). Estudos anteriores afirmam que a disponibilidade de serviço é um parâmetro fundamental para mensurar a satisfação geral dos usuários com os serviços prestados. Além disso, De Oña *et al.* (2013) identificaram em sua pesquisa que a variável latente "serviço", representada principalmente por itens relacionados à velocidade, frequência e pontualidade, exerce uma influência significativa na qualidade geral do serviço de ônibus. Soltanpour *et al.* (2020), por sua vez, destacaram que o construto latente "Serviços principais", que engloba os itens de desempenho do serviço, possui uma influência maior na percepção geral da qualidade dos serviços. Com base nesses estudos, a hipótese investigada foi:

- H6: As Características do serviço influenciam direta e positivamente a satisfação geral dos usuários.

As facilidades relacionadas à infraestrutura nas e das estações, como escadas rolantes, elevadores, conveniências impactam a percepção de satisfação geral dos usuários do trem. No trabalho apresentado por Mandhani *et al.* (2020), esse construto de facilidades foi o que mais influenciava a satisfação geral dos usuários. Dessa forma, é importante investigar se o construto característica das estações influencia a satisfação geral de forma direta e indireta.

- H7: As Características das estações influenciam direta e indiretamente a satisfação geral dos usuários.

É igualmente relevante investigar se as características dos veículos, que avaliam a limpeza, iluminação e conforto térmico dos vagões, exercem uma influência na satisfação geral dos usuários e na satisfação com as características do serviço. Esses elementos são fundamentais para proporcionar o mínimo de conforto e segurança aos usuários. No estudo conduzido por De Oña *et al.* (2013), foi constatado que a variável "conforto", medida pelos itens relacionados à lotação, temperatura e acessibilidade do trem, exerce uma influência direta na satisfação geral dos usuários. Portanto, as hipóteses a serem investigadas foram as seguintes:

- H8: As Características dos veículos influenciam direta e indiretamente a satisfação geral dos usuários;
- H9: As Características dos veículos influenciam direta e positivamente as características dos serviços.



### 3. DADOS

#### 3.1. Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada em algumas cidades da região metropolitana de Porto Alegre, que é a capital do estado do Rio Grande do Sul, no Brasil. O sistema de trens de Porto Alegre é operado pela empresa pública Trens Urbanos de Porto Alegre (Trensurb) e abrange a região norte da região metropolitana de Porto Alegre, operando uma linha de trens urbanos com extensão de 43,8 quilômetros e servindo a 23 estações nas cidades de Porto Alegre, Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo e Novo Hamburgo (Trensurb, 2023).

#### 3.2. Amostra e questionário

A pesquisa de satisfação do trem de Porto Alegre foi conduzida pela Trensurb e aplicada em todas as estações atendidas pelo trem em novembro de 2022. O questionário foi composto por 6 módulos. O primeiro módulo consistiu na coleta de informações sobre o embarque ou desembarque do usuário, a estação em que a pesquisa foi realizada e o período do dia em que a pesquisa ocorreu. O segundo módulo visou obter informações sobre os hábitos de deslocamento dos usuários, como a frequência semanal de utilização, o motivo para escolher o trem como opção de transporte, o tipo de bilhete utilizado para pagamento, entre outros aspectos.

O terceiro módulo do questionário abrangeu diversos itens que compõem a qualidade do serviço do sistema de trens. O quarto módulo consistiu em perguntas relacionadas à percepção de qualidade que os usuários têm em relação aos canais de atendimento ao cliente. O quinto módulo abordou perguntas que capturam a satisfação dos clientes em relação ao sistema de integração do trem com outros modos de transporte. Nestes três módulos, os usuários avaliam as questões utilizando uma escala de 1 a 5, que varia de "insatisfeito" a "muito satisfeito". Por fim, o sexto e último módulo do questionário continha perguntas sobre o perfil dos respondentes.

#### 3.3. Análise dos dados

Este estudo utilizou a técnica de Modelagem de Equações Estruturais para identificar as relações estruturais entre as variáveis latentes e sua influência na satisfação geral do usuário. Por meio da SEM, as variáveis latentes foram tratadas como fatores não observados e inferidos através de indicadores mensuráveis. Essa abordagem permitiu uma análise mais abrangente e aprofundada das relações entre as variáveis e a satisfação dos usuários, fornecendo uma compreensão mais precisa dos fatores que influenciam a satisfação no transporte metroferroviário. Para isso, a técnica utiliza ferramentas estatísticas multivariadas baseadas na análise da covariância e as médias, usando um modelo de regressão estrutural e um modelo de medição. Assim, a SEM inicia com a especificação do modelo de mensuração mediante Análise Fatorial Confirmatória (CFA) para avaliar a capacidade do modelo para explicar a variação nos indicadores observados. Seguidamente, após o modelo de mensuração especificado adequadamente, são incluídas as relações estruturais (entre variáveis latentes) é testada a adequação do modelo, analisando a validade das suposições realizadas. A qualidade do modelo foi avaliada com base em critérios estabelecidos na literatura, como o índice de ajuste geral do modelo (*Comparative Fit Index* (CFI) > 0,9), *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR) < 0,08, *Tucker-Lewis Index* (TLI) > 0,9 e o erro quadrático médio (*Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA) < 0,08) (Hair *et al.*, 2009). As análises foram conduzidas com o auxílio do pacote "lavaan" (Rosseel, 2012), disponível no software estatístico R 4.3.1.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Estatísticas descritivas

Após o tratamento inicial dos dados, um total de 1546 entrevistados foi considerado para as análises deste trabalho, enquanto os demais foram excluídos devido à falta de informações em algumas das características avaliadas nesse estudo. A estatística descritiva da amostra utilizada é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1:** Resultados de estatísticas descritivas sobre o banco de dados.

Categoria	Frequência (%)	Categoria	Frequência (%)
Gênero		Idade	
Feminino	43,01	Até 18 anos	6,08
Masculino	56,99	De 19 a 30 anos	39,72
Escolaridade		De 31 a 40 anos	21,35
Ensino Superior incompleto	19,53	De 41 a 50 anos	16,43
Pós-Graduação	2,01	De 51 a 60 anos	10,67
Ensino Superior Completo	16,56	A parti de 60 anos	5,76
Ensino Médio Completo	41,40	Frequência de uso	
Ensino Médio Incompleto	7,12	De 2ª a 6ª feira	40,36
Ensino Fund. completo	6,79	Todos os dias (De 2ª a domingo)	11,90
Ensino Fund. Incompleto	6,53	Três dias na semana	9,18
Analfabeto	0,06	Às vezes/quase nunca/esporadicamente	8,34
Ocupação		De 2ª a sábado	15,85
Funcionário da iniciativa privada	48,90	Só nos finais de semana	1,62
Autônomo/Bico	13,84	Dois dias na semana	7,05
Desempregado/Dona-de-casa/Estudante	9,38	Um dia na semana	5,69
Funcionário público	8,54	Motivo de uso	
Comerciante/Comerciário	5,76	Rapidez/agilidade	61,77
Aposentado/Pensionista	4,66	Única opção	10,16
Estagiário(a)	2,39	Preço da passagem	9,51
Profissional Liberal/Empresário	1,94	Ir ao Trabalho	9,06
Trabalhador da Indústria	1,49	Proximidade da estação	4,08
Outros	3,10	Outros	5,43
Renda individual			
Até R\$ 2.424,00	66,69		
De R\$ 2.425,00 a R\$ 6.060,00	28,85		
De R\$ 6.061,00 a R\$ 12.120,00	3,49		
Acima de R\$ 12.121,00	0,97		

### 4.2. Análise fatorial confirmatória (CFA)

O modelo de Análise Fatorial Confirmatória (CFA) é composto por quatro variáveis latentes: *Características das estações*, *Características do serviço*, *Características dos veículos* e *Atendimento*. Cada uma dessas variáveis está relacionada aos itens observados e possui covariância com as outras variáveis latentes do modelo. No software R, foi selecionado o método de estimativa *Weighted Least Squares Mean and Variance adjusted* (WLSMV).

Os índices de ajuste do modelo foram índice CFI igual a 0,981 e o parâmetro TLI igual a 0,970. O SRMS apresentou o valor de 0,053, e o parâmetro RMSEA foi de 0,042. Esses índices indicam que o modelo demonstrou ajustes aceitáveis e uma boa adequação aos dados. As cargas

fatoriais (entre os indicadores e variáveis latentes) são maiores que 0,4, positivas, e estatisticamente significativas, o que indica que os indicadores estão de fato relacionados a suas respectivas variáveis latentes (Tabela 2).

**Tabela 2: Resultados da CFA.**

Itens	Estimativa	Cargas fatoriais (padronizadas)	Satisfação Média*
Característica do serviço			
<i>Lotação</i>	1.000	0.555	2,461
<i>Intervalo entre os trens</i>	1.053	0.606	3,169
<i>Tempo na bilheteria</i>	0.772	0.596	3,973
Característica dos veículos			
<i>Limpeza dos trens</i>	1.000	0.705	3,944
<i>Iluminação dos trens</i>	0.617	0.603	4,194
<i>Ar-condicionado dos trens</i>	1.156	0.623	3,504
Característica das estações			
<i>Infraestrutura</i>	1.000	0.630	2,752
<i>Elevadores</i>	0.860	0.614	3,221
<i>Lojas</i>	0.649	0.495	3,244
<i>Limpeza das estações</i>	0.840	0.680	3,832
<i>Iluminação das estações</i>	0.720	0.611	3,803
Atendimento			
<i>Satisfação com avisos</i>	1.000	0.572	3,480
<i>Funcionários da segurança</i>	0.885	0.623	3,878
<i>Funcionários da bilheteria</i>	0.755	0.589	4,006
<i>Segurança na estação</i>	0.881	0.525	3,619
<i>Mendicância</i>	0.744	0.412	2,591
<i>Catraca</i>	0.771	0.619	4,014
<b>Satisfação Geral</b>			<b>3,923</b>

\* Apesar de serem variáveis categóricas, foi incluída a média de satisfação ao invés das frequências para facilitar a visualização.

### 4.3. Modelo SEM

Para a análise do modelo de equações estruturais, foi construído um modelo com quatro variáveis latentes que capturam a qualidade de serviço do trem, utilizando 16 indicadores de qualidade, juntamente com um indicador de qualidade geral do serviço. objetivo do modelo estrutural foi examinar as relações entre as variáveis latentes e entre os indicadores e as variáveis latentes. O ajuste do modelo estrutural foi adequado, avaliado por meio de diversos critérios. O valor do RMSEA foi de 0,042 (inferior a 0,08), indicando um erro de aproximação razoável, o SRMR foi de 0,055 (inferior a 0,08), CFI de 0,978 e o TLI de 0,973, indicando um ajuste ótimo do modelo (Hair *et al.*, 2009).

Todas as relações do modelo foram consideradas significativas e apresentaram influência direta, com um nível de significância de 5%. No entanto, a relação entre o Atendimento e a Satisfação Geral foi removida do modelo por não apresentar uma relação significativa. Esses resultados indicam que as demais variáveis latentes têm um papel mais importante na determinação da satisfação geral dos usuários do serviço de trem. Observa-se que o Atendimento é um antecedente das características dos serviços, dos veículos e das estações. Além disso, esses três construtos latentes medeiam totalmente a relação entre o Atendimento e a Satisfação geral. Também é possível observar que as características das estações e dos veículos medeiam parcialmente a relação entre o Atendimento e as Características do serviço. Por fim, as Características do serviço medeiam parcialmente a relação entre as Características das



estações e a *Satisfação geral*, assim como entre as *Características dos veículos* e a *Satisfação geral*. A Tabela 3 apresenta os resultados da regressão que testou as hipóteses de pesquisa deste trabalho.

**Tabela 3: Resultados da SEM.**

Relações	Estimativa	Erro	P(> z )	Hipótese de pesquisa
<i>Satisfação Geral</i> ~				
<i>Característica dos veículos</i>	0.416	0.130	0.001	H8: Suportada
<i>Características das estações</i>	0.243	0.101	0.016	H7: Suportada
<i>Características do serviço</i>	0.356	0.094	0.000	H6: Suportada
<i>Característica do Serviço</i> ~				
<i>Atendimento</i>	2.637	0.671	0.000	H3: Suportada
<i>Característica dos veículos</i>	-1.298	0.632	0.040	H9: Suportada
<i>Características das estações</i>	-0.414	0.211	0.049	H5: Suportada
<i>Característica dos veículos</i> ~				
<i>Atendimento</i>	0.919	0.051	0.000	H1: Suportada
<i>Característica das estações</i> ~				
<i>Atendimento</i>	1.158	0.065	0.000	H2: Suportada

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo apresentaram aspectos bastante interessantes em relação à quantificação e hierarquização das características mais relevantes para a satisfação dos usuários, o que fornece base para a implementação de políticas direcionadas nesse sentido. Em primeiro lugar, os resultados indicaram que a satisfação geral é direta e principalmente influenciada pela satisfação com características do veículo. O modelo estrutural mostrou que *Características do Veículo* é a variável latente de maior impacto na *Satisfação Geral*. Essa relação é consistente com a literatura (por exemplo, o estudo de Oña *et al.*, 2013), uma vez que itens como temperatura interna do trem, iluminação e limpeza são essenciais para garantir o conforto da viagem e proporcionar uma boa experiência ao usuário. Entre as características do veículo, a limpeza dos trens e a disponibilidade de ar condicionado são os fatores de maior influência, especialmente considerando o possível impacto da pandemia, que ressaltou a importância desses aspectos. Algumas ações poderiam ser: investimentos maiores nos programas ou contratos de limpeza dos trens, estabelecer parcerias com empresas de limpeza especializadas, treinamento especializado para a equipe de limpeza, investimentos em manutenção preventiva e corretiva nos sistemas de ar condicionado nos trens e promover a conscientização e responsabilidade dos usuários para manterem a limpeza dos trens podem contribuir nesse sentido. Por exemplo, materiais informativos e incentivos para que os usuários descartem corretamente o lixo.

Segundo, *Características do serviço* também exerce uma influência direta e muito relevante na *Satisfação geral* dos usuários, apresentando um impacto levemente menor que *Características dos veículos*. Essa relação de influência também foi identificada em estudos anteriores, como os realizados por Mandhani *et al.* (2020), De Oña *et al.* (2013) e Soltanpour *et al.* (2020). É interessante observar que, entre as características do serviço, o intervalo entre trens e a lotação são os fatores de maior influência. Essas características estão inter-relacionadas, uma vez que intervalos maiores podem resultar em veículos mais lotados, reduzindo a satisfação geral dos usuários com o sistema. Políticas voltadas para o controle do intervalo entre os trens e à lotação, como a utilização de telemetria para monitorar em tempo real a ocupação dos veículos e adequar

o intervalo entre os trens baseados no fluxo de passageiros em tempo real podem contribuir nesse sentido. Ainda, é importante notar que o intervalo entre trens está intrinsecamente ligado aos aspectos de demanda, buscando um equilíbrio entre oferta e demanda. Embora o sistema de sinalização da empresa permita intervalos de 3 minutos, durante o horário de pico, os intervalos praticados são de pelo menos 5 minutos. Esse intervalo é considerado suficiente para atender à demanda atual do sistema, que diminuiu nos últimos anos. É importante ressaltar que o intervalo entre trens também influencia o consumo de energia e, conseqüentemente, os custos operacionais. Para promover uma melhoria na satisfação geral dos usuários, pode ser útil realizar campanhas informativas e disponibilizar informações em tempo real por meio de plataformas online. Essas iniciativas têm o potencial de conscientizar os usuários sobre as características do sistema e fornecer aos usuários a capacidade de tomar decisões mais informadas sobre o momento de suas viagens, ajudando a distribuir melhor a demanda ao longo do dia.

Terceiro, a satisfação geral também é diretamente influenciada pelas características das estações (*Características das estações*), com um impacto menor do que as características anteriores (40% menor aproximadamente). Essa influência parece ser clara, uma vez que as estações são o ponto de entrada e saída do sistema. Portanto, é essencial que esse componente do sistema ofereça os elementos necessários para garantir uma boa experiência ao usuário, como acessibilidade, limpeza, facilidade de acesso, capacidade e infraestrutura adequada, bem como iluminação e outros aspectos. A importância das estações está em linha com outros estudos, como o trabalho de Mandhani *et al.* (2020). Um resultado interessante deste estudo é a quantificação das características das estações que são mais valorizadas pelos usuários. Nesse sentido, a limpeza das estações e a presença de infraestrutura como escadas rolantes e elevadores são as características que os usuários atribuem maior importância. Em seguida, a iluminação nas estações também é considerada relevante. Embora em menor grau, a disponibilidade de lojas nas estações também é mencionada como um fator de influência na satisfação dos usuários.

Em quarto lugar, a variável latente *Atendimento* exerce uma influência direta em *Características do serviço*, *Características dos veículos* e *Características das estações*. Esse resultado também foi observado por Mandhani *et al.* (2020). Os resultados mostraram que o atendimento impacta principalmente nas características do serviço, seguido pelo impacto nas características nas estações. O atendimento foi especificado em termos de avisos sonoros, funcionários da segurança, bilheteria, estação e catraca, assim como em relação à mendicância. Dentre esses elementos, os avisos sonoros foi o elemento mais valorizado. A satisfação com o atendimento pode impactar a percepção do serviço como um todo, levando o usuário a considerá-lo mais confiável. Por exemplo, em casos de atrasos ou problemas com o trem, fornecer informações claras e adequadas através de avisos sonoros pode tornar a experiência do usuário mais tranquila, reduzindo a incerteza e a ansiedade durante a espera e alterando a percepção do tempo de espera. Essa relação entre tempo de espera e informação é apontado por estudos psicológicos aplicados em teoria das filas, conhecidos como “Os princípios de Maister” (Maister, 1985). A informação clara e específica permite que os usuários planejem suas viagens adequadamente e tenham uma percepção mais positiva do serviço.

Esses resultados destacam a importância de um atendimento de qualidade, com ênfase na

disponibilização de informações claras e adequadas aos usuários. Investir em treinamento da equipe para fornecer um atendimento eficiente e na melhoria dos sistemas de avisos sonoros pode contribuir significativamente para a satisfação dos usuários e melhorar sua percepção geral do serviço de transporte metroferroviário.

## 6. CONCLUSÃO

Esse trabalho quantificou o impacto dos fatores de qualidade do transporte metroferroviário na satisfação geral dos usuários utilizando a análise de Modelagem de Equações Estruturais. Os dados utilizados foram coletados na pesquisa de satisfação do transporte metroferroviário de Porto Alegre, Brasil, no ano de 2022. Os resultados do estudo revelaram que a satisfação geral dos usuários é diretamente influenciada pela satisfação com as características do veículo. Especificamente, a limpeza dos trens e a disponibilidade de ar condicionado foram os fatores de maior influência, o que se tornou ainda mais relevante devido ao possível impacto da pandemia, que destacou a importância desses aspectos.

As características do serviço também desempenham um papel importante na satisfação geral dos usuários, embora com um impacto ligeiramente menor em comparação às características do veículo. O intervalo entre trens e a lotação dos veículos foram identificados como os fatores de maior influência nesse aspecto. O uso de tecnologias como a telemetria para monitorar em tempo real a ocupação dos veículos pode contribuir significativamente para melhorar a satisfação dos usuários. Além disso, as características das estações também exercem influência direta na satisfação geral, embora em menor proporção se comparadas às características do veículo e do serviço. É importante ressaltar que o atendimento ao cliente está diretamente relacionado a essas características, principalmente às do serviço. Entre essas características, os avisos sonoros foram os mais valorizados pelos usuários.

Este trabalho propõe diferentes ações que podem ser implementadas com o objetivo de melhorar a satisfação dos usuários. Futuros estudos podem explorar a existência de heterogeneidade devido às características individuais dos usuários em cada variável latente considerada neste estudo, a fim de identificar os fatores que apresentam maior tendência de heterogeneidade entre os usuários.

### Agradecimentos

Lucas Cavalcante Machado agradece à CAPES pelo apoio através da bolsa de pesquisa de número 88887.712466/2022-00. Ana Margarita Larrañaga Uriarte agradece ao CNPq pelo apoio através da bolsa de produtividade em pesquisa número 307085/2021-0. Alejandro Ruiz-Padillo agradece ao CNPq pelo apoio através da bolsa de produtividade em pesquisa número 310258/2021-9.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J., Muñoz, J. C., e de Dios Ortúzar, J. (2019) Understanding public transport satisfaction: Using Maslow's hierarchy of (transit) needs. *Transport Policy*, v. 81, p. 75-94.
- Castillo, J. M., e Benitez, F. G. (2013) Determining a public transport satisfaction index from user surveys. *Transportmetrica A: Transport Science*, v. 9, n. 8, p. 713-741.
- De Oña, J., De Oña, R., Eboli, L., e Mazzulla, G. (2013) Perceived service quality in bus transit service: a structural equation approach. *Transport Policy*, v. 29, p. 219-226.
- De Oña, J., e De Oña, R. (2015) Quality of service in public transport based on customer satisfaction surveys: A review and assessment of methodological approaches. *Transportation Science*, v. 49, n. 3, p. 605-622.
- De Oña, J., e De Oña, R. (2022) Is it possible to attract private vehicle users towards public transport? Understanding the key role of service quality, satisfaction and involvement on behavioral intentions.

- Transportation*, v. 50, n. 3, p. 1073-1101.
- De Oña, R., Machado, J. L., e De Oña, J. (2015) Perceived service quality, customer satisfaction, and behavioral intentions: structural equation model for the Metro of Seville, Spain. *Transportation Research Record*, v. 2538, n. 1, p. 76-85.
- Dell'Olio, L., Ibeas, A., e Cecin, P. (2011) The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, v. 18, n. 1, p. 217-227.
- Díez-Mesa, F., de Oña, R., e de Oña, J. (2018) Bayesian networks and structural equation modelling to develop service quality models: Metro of Seville case study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 118, p. 1-13.
- Eboli, L., e Mazzulla, G. (2009) A new customer satisfaction index for evaluating transit service quality. *Journal of Public transportation*, v. 12, n. 3, p. 21-37.
- Eboli, L., e Mazzulla, G. (2015) Relationships between rail passengers' satisfaction and service quality: a framework for identifying key service factors. *Public Transport*, v. 7, p. 185-201.
- Eboli, L., Forciniti, C., e Mazzulla, G. (2018) Formative and reflective measurement models for analysing transit service quality. *Public Transport*, v. 10, p. 107-127.
- Echaniz, E., dell'Olio, L., e Ibeas, A. (2018) Modelling perceived quality for urban public transport systems using weighted variables and random parameters. *Transport Policy*, v. 67, p. 31-39.
- Esmailpour, J., Aghabayk, K., Aghajanzadeh, M., e De Gruyter, C. (2022) Has COVID-19 changed our loyalty towards public transport? Understanding the moderating role of the pandemic in the relationship between service quality, customer satisfaction and loyalty. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 162, p. 80-103.
- Hair, J. F.; W. C. Black; B. J. Babin; R. E. Anderson e R. L. Tatham (2009) *Análise multivariada de dados*. 6 ed. Bookman, Porto Alegre.
- Hall, J. D., Palsson, C., e Price, J. (2018) Is Uber a substitute or complement for public transit?. *Journal of urban economics*, v. 108, p. 36-50.
- Islam, M. R., Hadiuzzaman, M., Banik, R., Hasnat, M. M., Musabbir, S. R., e Hossain, S. (2016) Bus service quality prediction and attribute ranking: a neural network approach. *Public transport*, v. 8, p. 295-313.
- Kim, J., Schmöcker, J. D., Yu, J. W., e Choi, J. Y. (2018) Service quality evaluation for urban rail transfer facilities with Rasch analysis. *Travel Behaviour and Society*, v. 13, p. 26-35.
- Kline, R. B. (2011) *Principles and practice of structural equation modeling* (3. Baskı). New York, NY: Guilford, v. 14, p. 1497-1513.
- Lee, S. H., Lee, B. Y., e Kim, H. W. (2019) Decisional factors leading to the reuse of an on-demand ride service. *Information & Management*, v. 56, n. 4, p. 493-506.
- Maister, D. H. (1985) *The psychology of waiting lines*. In J. A. Czepiel, M. Solomon, & C. S. Surprenant (Eds.), *The Service encounter*, Lexington: Lexington Books.
- Mandhani, J., Nayak, J. K., e Parida, M. (2020) Interrelationships among service quality factors of Metro Rail Transit System: An integrated Bayesian networks and PLS-SEM approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 140, p. 320-336.
- Ni, A., Zhang, C., Hu, Y., Lu, W., e Li, H. (2020) Influence mechanism of the corporate image on passenger satisfaction with public transport in China. *Transport Policy*, v. 94, p. 54-65.
- NTU (2022) *Anuário NTU: 2021-2022*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Brasília, DF.
- Rosseel, Y. (2012) lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of statistical software*, v. 48, p. 1-36.
- Soltanpour, A., Mesbah, M., e Habibian, M. (2020) Customer satisfaction in urban rail: a study on transferability of structural equation models. *Public Transport*, v. 12, p. 123-146.
- Sukhov, A., Olsson, L. E., e Friman, M. (2022) Necessary and sufficient conditions for attractive public Transport: Combined use of PLS-SEM and NCA. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 158, p. 239-250.
- Tavares, V. B., Lucchesi, S. T., Larranaga, A. M., e Cybis, H. B. B. (2021) Influence of public transport quality attributes on user satisfaction of different age cohorts. *Case studies on transport policy*, v. 9, p. 1042-1050.
- TRENSURB. Trens Urbanos de Porto Alegre. Disponível em: [https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas\\_detalhe.php?codigo\\_sitemap=3](https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=3). Acesso em: [10/07/2023].
- Zheng, Y., Kong, H., Petzhold, G., Barcelos, M. M., Zegras, C. P., e Zhao, J. (2022) Gender differences in the user satisfaction and service quality improvement priority of public transit bus system in Porto Alegre and Fortaleza, Brazil. *Travel Behaviour and Society*, v. 28, p. 22-37.