38° ANPET
CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES
FLORIPA-SC
04 A 08 NOVEMBRO DE 2024

EQUAÇÕES ESTRUTURAIS DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E DO IMPACTO DA OPERAÇÃO DO TRANSPORTE ESCOLAR

Breno Fernandes Dos Santos
Nathan Erick Corrêa dos Santos Souza
Luiz Guilherme Mello Silva
Willer Luciano Carvalho
Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciência e Tecnologia

RESUMO
O transporte escolar no Brasil desempenha um papel crucial no deslocamento de crianças e jovens para o ambiente escolar, especialmente aqueles que residem em áreas rurais. Os órgãos governamentais responsáveis por esse deslocamento podem utilizar frotas próprias, terceirizadas ou mistas para auxiliar os estudantes no acesso à escola. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade da gestão, da operação e o impacto do uso dos veículos escolares. Para isso, foi elaborado um questionário distribuído a 12.007 diretores de escolas municipais e estaduais, cujos dados foram tratados por meio de análise de equações estruturais. Assim, obtendo resultados, como o fator "Avaliação do impacto da operação do transporte escolar", com uma carga fatorial de 0,946, no item "Impacto do Transporte Escolar na aprovação escolar dos alunos". Isso indica que esta carga, mais próximo de 1, o quão um item assiste o fator. Dessa forma, o fator impacta significativamente no item em questão.

ABSTRACT
School transportation in Brazil plays a crucial role in transporting children and young people to school, especially those living in rural areas. Government agencies responsible for transporting these vehicles can use their own fleets, outsourced fleets, or mixed fleets to help students access school. In this context, this study aims to analyze the quality of management, operation, and the impact of the use of school vehicles. To this end, a questionnaire was prepared and distributed to 12,007 principals of municipal and state schools, whose data were processed through structural equation analysis. Thus, results were obtained, such as the factor "Evaluation of the impact of school transportation operations", with a factor loading of 0.946, in the item "Impact of School Transportation on student approval". This indicates that this loading, the closer to 1, the more an item assists the factor. This way, the factor significantly impacts the item in question.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, com sua vasta extensão territorial e desigualdades socioeconômicas, enfrenta o desafio de garantir acesso universal à educação de qualidade. Para abordar essa questão, o Governo Federal criou programas de Transporte Escolar gratuitos em todo o país, visando reduzir a evasão escolar e proporcionar igualdade de oportunidades educacionais.

A grande dimensão territorial, aliadas às diferenças culturais, sociais e econômicas, acabam promovendo formas distintas de operação do serviço de transporte escolar pelo Brasil, da seguinte forma (Tabela 1):

Tabela 1: Características de operação

Características de operação	
Frota própria	O município é responsável por gerenciar os veículos próprios, contratar motoristas concursados ou terceirizados e cuidar da manutenção da frota utilizada no transporte escolar. sendo de sua responsabilidade todo o transporte de escolares.
Frota terceirizada	Os veículos utilizados no transporte escolar são terceirizados e a prefeitura é responsável por realizar uma licitação para contratar a empresa que prestará esse serviço. A empresa terceirizada deve cumprir os requisitos estabelecidos no edital de licitação e também é

https://proceedings.science/p/190921?lang=pt-br

	responsável pela manutenção dos veículos.
Frota mista	Essa situação envolve uma combinação dos dois serviços mencionados anteriormente. A prefeitura disponibiliza parte da frota de veículos, enquanto o restante é fornecido por empresas terceirizadas por meio de um processo licitatório.

Fonte: Elaborado pelos autores

Foram enviados questionários a diversos diretores de instituições de ensino municipal e estadual, bem como aos municípios que participam do Programa Caminhos da Escola. O objetivo era avaliar a qualidade dos serviços de transporte escolar, considerando fatores como a operação, a gestão e o impacto. Essa análise abrangeu frotas próprias, terceirizadas ou mistas, e as respostas obtidas foram analisadas por meio de equações estruturais.

2. METODOLOGIA

Neste contexto, foi aplicado um formulário web aos diretores municipais e estaduais, resultando em 12.007 respostas. Em seguida, realizou-se uma análise exploratória dos resultados, considerando a operação da frota de transporte escolar, que pode ser própria, terceirizada ou mista. Para cada bloco de perguntas, utilizou-se estatística descritiva. A média foi a principal medida estatística para calcular a avaliação global da qualidade e impacto de cada entrevistado. Além disso, a mediana foi usada para mensurar o valor central em cada grupo de pessoas entrevistadas, agrupando-as de acordo com o tipo de operação da frota. Por fim, foram destacados os itens mais bem avaliados e os piores avaliados dentro desses grupos.

2.1 Análise de Equações Estruturais

A técnica de Modelagem de Equações Estruturais (MEES) ou "*Structural Equation Modelling*" (SEM) pode lidar com um grande número de variáveis endógenas e exógenas, e variáveis latentes (não observadas) listadas combinações lineares das variáveis observadas. Há casos especiais de MEES, como regressões, equações simultâneas, análises de caminhos casuais, e variações de análise fatorial e análise de correlação canônica. Conforme Golob (2008), ao invés do método exploratório, o método é confirmatório, pois terá de construir um modelo em termos de um sistema de efeitos unidirecional de uma variável sobre a outra.

A técnica SEM representa modelos teóricos através de diagramas de caminhos, formados por variáveis latentes independentes (ξ) e variáveis latentes dependentes (η). Nesses diagramas, as variáveis ξ e η são mensuradas indiretamente por variáveis independentes manifestas (x) e dependentes manifestas (y). O diagrama de caminhos é uma representação gráfica de um sistema de equações em que as setas indicam a direção das relações causais entre as variáveis (Bollen, 1989).

As relações representadas num diagrama de caminhos correspondem às equações 1, 2 e 3 (Latif, 2000) que são chamadas respectivamente modelo estrutural, modelo de mensuração de X e modelo de mensuração de Y (Latif, 2000; Jöreskog; Sörbom, 2003). O modelo estrutural (equação 1) representa as relações entre as variáveis latentes independentes e dependentes, também conhecidas como construtos exógenos e construtos endógenos (Hair *et al*., 2005). Nos diagramas de caminhos, esse modelo corresponde à rede formada exclusivamente por elementos circulares.

Os modelos de mensuração (equações 2 e 3) representam as relações entre as variáveis latentes

e suas correspondentes "manifestações" X ou Y. O modelo de mensuração de X corresponde à rede interligando os elementos circulares ξ e os elementos retangulares X. O modelo de mensuração de Y corresponde à rede de elementos circulares η e retangulares Y.

$$\eta = \alpha + \eta \cdot B + \Gamma \cdot \xi + \zeta \quad (1)$$

Em que:
η = Vetor que representa as variáveis latentes endógenas e é de ordem mx1
B = Matriz de coeficientes de mxn que relaciona os n fatores exógenos com os m fatores endógenos
Γ = Matriz de coeficientes de mxm que relaciona os m fatores endógenos um com outro
ξ = Vetor de ordem nx1 e representa as n variáveis exógenas latentes
ζ = Vetor de resíduos de mx1 representa os erros na equação que relaciona η e B

$$x = \tau_x + \Lambda_x \cdot \xi + \delta \quad (2)$$

$$y = \tau_y + \Lambda_y \cdot \xi + \delta \quad (3)$$

O objetivo do modelo SEM é a estimação dos coeficientes das equações lineares 1, 2 e 3, nos quais: α, τx e τy representam os vetores dos interceptos; δ e ε os vetores de erros de mensuração; ζ o vetor de resíduos do modelo estrutural; Λx e Λy as matrizes de coeficientes de impactos das variáveis ξ em X e η em Y; e, Γ e B as matrizes dos coeficientes de efeitos diretos de ξ em η e das inter relações entre os construtos endógenos (η).

Para validação do ajuste dos modelos de equações estruturais serão considerados os seguintes índices de ajuste do modelo: qui-quadrado (X^2), o quadrado da raiz média de aproximação (RMSEA), índice de ajuste comparativo (CFI), o índice de ajuste Tucker-Lewis (TLI), e o índice ajustado da qualidade de ajuste (AGFI) (Jomnonkwao e Ratanavaraha, 2016).

2.2 Modelo de equações estruturais bases

O modelo de equações estruturais foi desenvolvido considerando os fatores extraídos na análise fatorial exploratória e a revisão da literatura. Dessa forma, é proposto 3 fatores latentes: Qualidade da Gestão (QGES), Qualidade da Operação Veículo (QOV) e Avaliação do Impacto na educação (AIE). O fator latente de Qualidade da Gestão envolve todos os itens da avaliação dos processos de gestão para o transporte escolar. A hipótese proposta foi H1: que este fator tem um efeito direto no fator latente de qualidade da operação do veículo e H2: um efeito indireto no fator latente de avaliação do impacto; QGES → QOV, QGES → AIE.

O fator latente de qualidade da operação do veículo corresponde aos itens da avaliação da qualidade do veículo e da operação. Neste caso, os indicadores de pontualidade das viagens e tratamento dado pelos motoristas aos alunos foram descartados do modelo porque apresentaram cargas fatoriais abaixo de 0,4. Foi proposta a hipótese H3: de que este fator tem uma relação direta com o fator de avaliação de impacto; QOV → AIE.

Os índices de ajuste global do modelo de equações estruturais apresentado, tem indicadores com seguintes valores: RMSA = 0,043, CFI = 0,919, TLI = 0,904, AGFI= 0,834. Esses valores comparados com os valores recomendados na literatura deveriam ser: RMSA≤ 0,080, CFI >0,900; TLI ≥ 0,900; AGFI >0,800. Todos os indicadores estatísticos do modelo analisado são consistentes com os critérios apresentados. Considerando a longa amostra utilizada e os indicadores consistentes, pode-se concluir que o modelo base apresenta um ajuste global

https://proceedings.science/p/190921?lang=pt-br

satisfatório.

3. RESULTADOS

3.1. Modelo SEM da avaliação da frota própria

No fator de "Avaliação da qualidade da gestão da operação", o item de "Processo de definição das rotas do transporte escolar", foi o que apresentou a maior carga fatorial $\lambda = 0,803$. O tópico "Planejamento do transporte escolar por parte dos gestores do município" tem uma carga fatorial de $\lambda = 0,802$. Consequentemente, os itens apresentados com as maiores cargas fatoriais encontram-se entre os itens com nota média de avaliação acima de 4.

No caso do fator "Avaliação da qualidade da operação do veículo", o item "Transporte escolar oferecido pelo município" apresentou a maior carga fatorial padronizada ($\lambda = 0,781$). O segundo item com maior carga fatorial foi "Manutenção dos veículos" ($\lambda = 0,768$). A "Manutenção dos veículos" teve um valor abaixo de 4 indicando que esse item teve uma avaliação regular, mas que precisar ter maior foco por parte dos gestores;

O fator "Avaliação do impacto da operação do transporte escolar" apresentou o item "Impacto do Transporte Escolar na aprovação escolar dos alunos" com a maior carga fatorial ($\lambda = 0,946$). O segundo item com maior carga fatorial foi "Impacto do Transporte Escolar na evasão dos alunos" ($\lambda = 0,911$).

3.2. Modelo SEM da avaliação da frota terceirizadas

No fator de "Avaliação da qualidade da gestão da operação", o item de "Planejamento do transporte escolar por parte dos gestores do município", foi o que apresentou a maior carga fatorial ($\lambda = 0,819$), seguido pelo item de "Processo de definição das rotas do transporte escolar" com uma carga fatorial de ($\lambda = 0,816$).

No caso do fator "Avaliação da qualidade da operação do veículo", o item "Manutenção dos veículos" apresentou a maior carga fatorial padronizada ($\lambda = 0,855$). O segundo item com maior carga fatorial foi "Limpeza dos veículos" ($\lambda = 0,850$);

O fator "Avaliação do impacto da operação do transporte escolar" também apresentou o item "Impacto do Transporte Escolar na aprovação escolar dos alunos" com a maior carga fatorial ($\lambda = 0,937$). O segundo item com maior carga fatorial foi "Impacto do Transporte Escolar na evasão dos alunos" ($\lambda = 0,891$). Esses resultados indicam que para os diretores entrevistados em municípios onde a operação da frota é terceirizada a maior percepção do impacto também se encontra nesses dois itens.

3.3. Modelo SEM da avaliação da frota Mista

No fator de "Avaliação da qualidade da gestão da operação", o item de "Planejamento do transporte escolar por parte dos gestores do município", foi o que apresentou a maior carga fatorial ($\lambda = 0,837$), seguido pelo item de "Transparência da gestão do transporte escolar" com uma carga fatorial de ($\lambda = 0,823$);

No caso do fator "Avaliação da qualidade da operação do veículo", o item "Limpeza dos veículos" apresentou a maior carga fatorial padronizada ($\lambda = 0,809$). O segundo item com maior carga fatorial foi "Manutenção dos veículos" ($\lambda = 0,792$);

O fator "Avaliação do impacto da operação do transporte escolar" apresentou o item "Impacto

https://proceedings.science/p/190921?lang=pt-br

do Transporte Escolar na aprovação escolar dos alunos" com a maior carga fatorial (λ = 0,927). O segundo item com maior carga fatorial foi "Impacto do Transporte Escolar na evasão dos alunos" (λ = 0,895). Esses resultados indicam que para os diretores entrevistados em municípios onde a operação da frota é mista a maior percepção do impacto encontra-se nesses dois itens.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, como a carga fatorial é uma estimativa do padrão de correlação de um item, com os demais itens da pesquisa. Assim, se um item que tiver uma carga fatorial que se aproxime de 1, maior correlação ele terá.

O fator "Avaliação da qualidade da operação do veículo", em frotas próprias, apresenta um item "Impacto do Transporte Escolar na aprovação escolar dos alunos", com uma carga de 0,946. Isso representa que, na visão dos diretores, a qualidade da operação do transporte escolar contribui significativamente para a aprovação dos alunos nas escolas.

O fator "Avaliação do impacto da operação do transporte escolar", com o item "Impacto do Transporte Escolar na evasão dos alunos", nas frotas terceirizadas, apresentou uma carga fatorial de 0,891. Esta carga demostra que, na visão dos diretores escolares, o impacto causado na operação do transporte escolar, auxilia na redução da evasão escolar.

Já em frotas mistas, o fator "Avaliação da qualidade da gestão da operação", no item de "Planejamento do transporte escolar por parte dos gestores do município", que apresenta uma carga fatorial de 0,837, expõe que, na visão dos diretores, a ação dos gestores municipais contribuir no planejamento dos veículos escolares impacta diretamente positivamente na qualidade da gestão.

Foram destacados os itens que possuem maior relevância ou carga fatorial significativa. Esses tópicos influenciam a percepção dos diretores entrevistados, fornecendo dados importantes para orientar as decisões dos gestores municipais e estaduais. Essas decisões são baseadas nas frotas de transporte escolar, sejam elas próprias, terceirizadas ou mistas. Essa abordagem tem um impacto positivo na conclusão dos dados geridos pela metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 10.709/03, de 31 de julho de 2003. Acrescenta incisos aos arts. 10 e 11 da Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.709impressao.htm. (acesso em 15/06/ 2024)

Bollen, K.A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: Wiley, v.1. DOI: 10.1002/9781118619179

Hair, J. Fr.; W. Black.; B. J. Babin e R. E. Anderson. (2005). *Multivariate data analysis: a global perspective* (6th Edition). London: Pearson Education Limited.

Jöreskog, Karl G. (2003) Factor analysis by MINRES. Disponível em: https://ssicentral.com/wp-content/uploads/2021/04/lis_minres.pdf. (acesso em 15/06/2023)

Jöreskog, K. G.; D. SÖRBOM. LISREL (1993) 8.54. Structural equation modeling with the Simplis command language, Scientific Software International; Lawrence Erlbaum Associates, Inc. p. 332-342.

Jomnonkwao, S e V. Ratanavaraha. (2016). "Measurement Modelling of the Perceived Service Quality of a Sightseeing Bus Service: An Application of Hierarchical Confirmatory Factor Analysis." Transport Policy. Doi:10.1016/j.tranpol.2015.04.001.

LATIF, S.A. *Modelagem de equações estruturais*. (2000). Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/45/45133/tde-20210729-122624/. (acesso em 15/05/2023).