



The Journal of Transport Literature

www.journal-of-transport-literature.org



Um modelo híbrido incorporando preferências declaradas e envoltória de dados aplicado ao transporte de cargas no Brasil

Thiago Graça Ramos^{1,+}; Alessandro Martins Alves¹; Marco Antônio Farah Caldas¹; João Carlos Soares de Mello¹; Eliane Ribeiro Pereira²

¹ Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Niterói, Brasil

Article Info

Keywords:

transporte de carga
análise envoltória de dados
logito ordinal
preferência declarada

Submitted 18 Feb 2014;
received in revised form 25 Jun 2015;
accepted 12 Jul 2015.

Licensed under
Creative Commons
CC-BY 3.0 BR.

Resumo

O presente trabalho visa identificar empresas que são eficientes em termos de transporte de carga no seu dia-a-dia e verificar os aspectos importantes na hora da tomada de decisão para a contratação do serviço de transporte de carga. Para fazer essa avaliação serão utilizadas diversas técnicas como a Análise Envoltória de Dados, a parte de preferência declarada e modelo logito ordinal. Por meio do uso da técnica do DEA, as eficiências serão classificadas em alta, média e baixa e esta classificação será a variável dependente do modelo logito ordinal e as variáveis independentes deste modelo serão as utilidades oriundas da preferência declarada e do modelo de maxdiff que avaliou algumas características que não estavam no modelo de preferência declarada.

+ Corresponding author. Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção. Rua Passo da Pátria 156, Campus da Praia Vermelha. 24210240 - Niterói, RJ - Brasil.
E-mail address: tgramos@globo.com.

Introdução

Esse estudo visa construir um modelo para identificar a forma ideal de transporte de carga no Brasil, para pequenas e médias empresas. Objetiva, ainda, identificar os fatores que influenciam a escolha das empresas por um modo de transporte, além de avaliar a possibilidade da migração do transporte de carga do sistema rodoviário para o ferroviário. Para tanto, foram aplicados questionários aos responsáveis pela contratação do serviço de transporte de carga das empresas do cadastro do SEBRAE.

O trabalho foi inspirado em Lima et al. (2011), cujo objetivo era identificar as companhias aéreas mais eficientes do ponto de vista do consumidor, a partir da seleção de 171 vôos em diversos horários, dividindo-os em tercias e realizando uma análise exploratória dos resultados. O presente estudo utilizou um modelo Logit Ordinal para explicar as empresas mais eficientes, bem como as principais características por elas indicadas para contratação do serviço de transporte de carga. Compreender os motivos da contratação do serviço fornece subsídios para a melhoria do setor de transporte.

A infraestrutura de transporte de um país é a principal força motriz para o seu desenvolvimento econômico, pois a distribuição é fundamental para garantir o escoamento da produção industrial. O tamanho territorial brasileiro torna ainda mais importante o setor de transporte, pela necessidade de se fazer a distribuição e o transporte da produção industrial entre os centros consumidores das regiões do país.

Segundo a CNT (2013), o principal meio de transporte de carga no Brasil é o rodoviário, que detém 60% de toda a carga transportada no país. Estudos na área de transporte (TEIXEIRA, 2007; SCHROEDER e CASTRO, 1996; WANKE e FLEURY, 2006) mostram que um estímulo a outros modos poderia gerar ganhos à economia nacional, indicando a necessidade de mudança da matriz de transporte no Brasil.

O estudo indica que as empresas mais eficientes são as que valorizam tanto a segurança da carga quanto a facilidade para atingir o consumidor. O que corrobora o fato de não optarem pelo uso da ferrovia. Tal fato precisa ser considerado pelo governo brasileiro ao definir o financiamento de projetos para melhorar o transporte de carga.

1. Análise envoltória de dados (DEA)

A Análise de Envoltória de Dados é um método não-paramétrico, surgido formalmente com o trabalho de Charnes et al. (1978), com o objetivo de medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão, as DMUs, na presença de múltiplos fatores de produção (inputs) e múltiplos produtos (outputs).

As DMUs caracterizam-se por desempenhar tarefas semelhantes, ou seja, utilizam os mesmos insumos e desempenham as mesmas tarefas para produzir um mesmo produto, diferindo nas quantidades de recursos (inputs) utilizados e de produtos (outputs) gerados; a comparação entre as DMU's gera o conceito de eficiência.

A técnica de construção de fronteiras de produção e indicadores de eficiência produtiva relativa teve origem no trabalho de Farrel (1957) e foi generalizada por Charnes et al. (1978), no sentido de trabalhar com múltiplos insumos e múltiplos produtos.

A adequação das informações conforme a necessidade dos modelos permite avaliar as eficiências de unidades produtivas em diversas áreas de interesse. Com isso, o tratamento dado a inputs e outputs deve ser homogêneo e utilizado na hora de se fazer as escolhas (Lins e Angulo-Meza, 2000).

2. Modelos Lineares Generalizados

Em modelos lineares generalizados existe um modelo onde suas variáveis dependentes apresentam valores dicotômicos, ou seja, valores com apenas duas categorias. A classe de modelos que resolve esses problemas são chamadas de regressão logística binária, já que tratam de casos cuja resposta é uma variável binária.

O tratamento logístico para esta variável binária encontra-se em (1):

$$Y = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^{p-1} \beta_j X_j}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^{p-1} \beta_j X_j}} \quad (1)$$

onde Y é a variável dependente do modelo; β o vetor de coeficientes do modelo; e X é o vetor de variáveis independentes.

3. Preferência Declarada

Segundo Louviere et al (2000), a utilização de dados de Preferência Declarada (PD) iniciou-se na década de 70, em pesquisas na área de marketing, evoluindo, sobretudo, na área de transporte, em especial em pesquisas sobre o comportamento em viagens.

A técnica de preferência declarada é de grande valia na observação das reações do consumidor no que se refere a produtos e opções que não existem em seu cotidiano. Para tanto deve-se criar cenários e o entrevistado faz sua escolha em cada um deles.

De acordo com Pearman et al. (1991), as principais vantagens da utilização dos dados de PD podem ser resumidas em permitir:

- a detecção das preferências dos indivíduos diante de cenários hipotéticos para o mercado em estudo, o que permite a inclusão de novas alternativas;
- a manipulação dos atributos e de seus valores pelo analista, de modo a evitar erros provenientes dos dados de PR, referentes aos fatores não observados e à correlação entre as variáveis;
- que variáveis qualitativas, tais como conforto e segurança sejam incorporadas ao experimento.

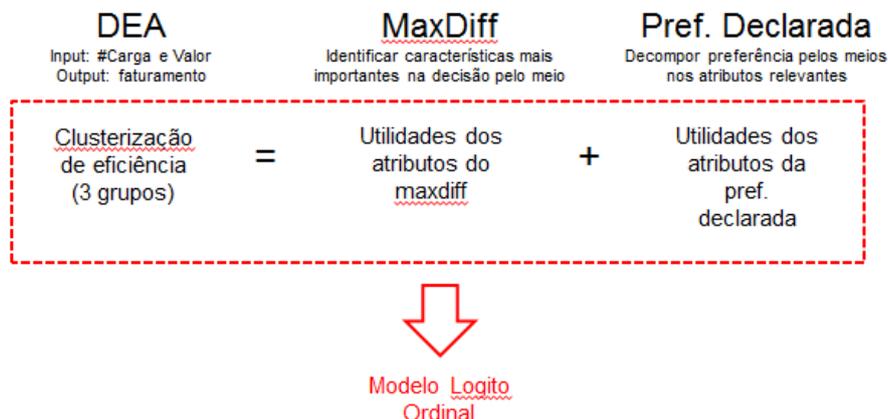
Segundo Caldas (1995), o método de escolha binária possui uma eficiência maior que as ordenações e a avaliação através dos ratings. Essa técnica tem a vantagem de conseguir captar muito bem a opinião do consumidor, principalmente quando são feitas mudanças sutis em quesitos como preço, embalagem, tamanho do produto, etc.

4. Modelagem

A metodologia do presente estudo propõe a combinação de quatro técnicas diferentes na construção de um modelo para identificar a forma ideal de transporte de carga no Brasil, para pequenas e médias empresas. Outros autores (Caldas, 1995; Alves et al., 2011) já haviam combinado algumas dessas técnicas, mas o presente trabalho foi o primeiro a combinar todas em um único modelo.

Como ilustrado na Figura (1), a metodologia proposta utilizou um modelo logit ordinal, cuja variável dependente era proveniente do modelo DEA e as variáveis independentes de outros dois modelos (MaxDiff e modelos de preferência declarada).

Figura (1) - Inter-relação das técnicas do estudo



Fonte: Elaboração Própria

No primeiro passo do trabalho foi aplicada a ferramenta DEA, utilizando o software SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão), Angulo Meza et al (2005). O modelo DEA proposto objetivou medir a eficiência das empresas de transporte investigadas, com base em seu faturamento. O modelo teve como input a quantidade de carga transportada, em toneladas (em rodovia, ferrovia e outros meios) e o gasto com o transporte de carga; e, como output, o faturamento da empresa. A formulação (2) apresenta o modelo DEA CCR desenvolvido:

$$\begin{aligned} \text{Min } b = & \sum_{o=1}^{68} v_1 \text{Rodovia}_o + v_2 \text{ferrovia}_o + v_3 \text{Outros}_o + v_4 \text{Gasto}_o \\ \text{sujeito a} & \\ & \sum_{o=1}^{68} u_o \text{Faturamento}_o = 1 \\ & \sum_{o=1}^{68} u_o \text{Faturamento}_o - \sum_{o=1}^{68} v_1 \text{Rodovia}_o + v_2 \text{ferrovia}_o + v_3 \text{Outros}_o + v_4 \text{Gasto}_o \leq 0 \\ & u_o, v_1, v_2, v_3 \text{ e } v_4 \geq 0 \quad \forall i, r \end{aligned} \tag{2}$$

Os resultados de (2) foram analisados qualitativamente para identificar os fatores que contribuíram para que a empresa fosse considerada eficiente. A segunda técnica utilizada foi o MaxDiff, a fim de identificar as principais características que influenciam a decisão para a contratação do modo de transporte. Para essa etapa foi utilizado o software SSI Web, para a estimação das utilidades de cada característica considerada para a tomada de decisão.

O estudo utilizou a técnica de PD para decompor a preferência dos entrevistados pelos modos de transporte, nos atributos mais relevantes. Utilizou-se um modelo logit ordinal, rodado com o software SPSS, para entender os fatores que tornam uma empresa eficiente na hora de fazer o transporte de carga. A variável dependente utilizada no modelo foi a eficiência das empresas, proveniente de (2). Tais eficiências foram agrupadas de maneira qualitativa em três níveis: alto, médio e baixo. Foram consideradas empresas de alta eficiência, as que apresentaram um índice maior que 0.66 no modelo DEA; empresas com eficiência inferior a 0.33 foram classificadas como empresas de baixa eficiência e, por fim, as que apresentaram eficiência no modelo DEA entre 0.33 e 0.66 foram classificadas como de média eficiência.

As variáveis independentes do modelo logit foram as utilidades das 7 características consideradas pelo entrevistado na tomada de decisão (informações provenientes do modelo MaxDiff) e os quatro atributos utilizados no modelo de preferência declarada (distância, tempo, modo e preço).

A formulação matemática do modelo está descrita nas equações (3) e (4):

$$\ln \left[\frac{P(\text{Alta Eficiencia})}{1 - P(\text{Alta Eficiencia})} \right] = \alpha_1 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \tag{3}$$

$$\ln \left[\frac{P(\text{Alta e Media Eficiencia})}{1 - P(\text{Alta e Media Eficiencia})} \right] = \alpha_2 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \tag{4}$$

Onde α_1 é a constante relativa ao modelo que valoriza o fato de a empresa ter uma eficiência acima de 0.66; α_2 é a constante relativa ao modelo que valoriza o fato de a empresa ter uma eficiência acima de 0.33 e $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ são os coeficientes das variáveis independentes do modelo.

5. Análise de Resultados

A análise foi efetuada a partir da regressão logística ordinal, que visa explicar as razões pelas quais as DMUs são eficientes, utilizando as variáveis que explicam a escolha aspiracional das empresas. Para que a regressão tivesse maior acurácia, optou-se por garantir maior rigidez na definição da variável dependente. Assim, o percentual de alta eficiência, 25%, foi menor do que o dos demais níveis, média eficiência, 34%, e baixa eficiência, 41%.

Como o modelo quer gerar discriminação, foram selecionadas as DMUs com eficiência acima de 0.66, pois seriam DMUs com uma eficiência maior, ordenadas de forma decrescente. Não foi realizada uma análise de cluster, por não ser recomendável efetuar uma clusterização de elementos, utilizando-se uma única variável. A Tabela (1) apresenta os dados do modelo logit ordinal completo, contendo todas as variáveis independentes. Os atributos distância (dist1 a dist5) e preço (tarifa) foram eliminados do modelo, por possuírem p-valor superiores a 0.10, agregando pouco ao modelo.

Além de distância e preço, foram eliminados do modelo alguns aspectos provenientes do maxdiff: emissão de poluentes, transporte com carga combinada, transporte de cargas especiais e menor manuseio da carga. Tal redução se deu com o objetivo de encontrar modelos mais parcimoniosos, que expliquem melhor o problema estudado, removendo-se aspectos como heterocedasticidade e multicolinearidade. Assim, o modelo considerou apenas variáveis significativas para explicar a eficiência das empresas, sendo composto pelos atributos: alta tonelage e segurança da carga, facilidade de atingir o consumidor, tempo e modo de transporte. O modelo teve um bom ajuste aos dados, com p-valor menor que 0.01, como ilustrado na Tabela (2).

Tabela (1) – Coeficientes para modelo completo

Fonte:Elaboração Propria

	Estimate	Std. Error	Wald	Df	Sig.
[log_ord = 1.00]	3.231	1.911	2.860	1	0.091
[log_ord = 2.00]	5.153	1.979	6.781	1	0.009
alta_ton	0.872	0.397	4.817	1	0.028
emissao_pol	0.691	0.626	1.220	1	0.269
Segurança	1.469	0.593	6.143	1	0.013
Combinado	-0.220	0.764	0.083	1	0.773
Especiais	0.738	0.472	2.442	1	0.118
Consumidor	1.705	0.595	8.199	1	0.004
Manuseop	0.000	.	.	0	.
dist1	0.875	0.573	2.333	1	0.127
dist2	0.309	0.772	0.160	1	0.689
dist3	0.621	0.714	0.757	1	0.384
dist4	1.352	1.027	1.734	1	0.188
dist5	0.000	.	.	0	.
Tarifa	1.959	1.586	1.527	1	0.217
tempo1	-3.229	1.192	7.342	1	0.007
Ferro	-0.687	0.394	3.040	1	0.081

Foram selecionadas as DMUs com eficiência acima de 0.66, ordenadas de forma decrescente. Não foi realizada uma análise de cluster, por não ser recomendável efetuar uma clusterização de elementos, utilizando-se uma única variável. O modelo considerou apenas variáveis significativas para explicar a eficiência das empresas, sendo composto pelos atributos: alta tonelagem e segurança da carga, facilidade de atingir o consumidor, tempo e modo de transporte.

O modelo teve um bom ajuste aos dados, com p-valor menor que 0.01, mostrando que as empresas mais eficientes valorizam muito o tempo e por este motivo preferem utilizar o modo rodoviário, apresentando coeficiente negativo para a variável ferroviária.

Outros dois aspectos bastante valorizados são a segurança da carga e a facilidade de atingir o consumidor, o que mostra que as empresas transportam produtos de alto valor agregado.

Conclusão

A motivação principal do trabalho foi identificar as principais características que fazem pequenas e médias empresas ser eficientes, em função da tomada de decisão na contratação do serviço de transporte de carga no Brasil.

Para atingir o objetivo proposto, o estudo utilizou conjuntamente, de forma inédita, quatro diferentes técnicas, mostrando que as empresas valorizam aspectos como o tempo para efetuar o transporte de sua carga, o que acaba por fazer com que o modo ferroviário não seja considerado. No Brasil, ainda não existe uma grande malha ferroviária que atenda de forma satisfatória os anseios das empresas. Os resultados do modelo indicam que empresas que transportam produtos de alto valor agregado são as mais eficientes. Isso faz com que tenham preocupação com a segurança da carga, já que o prejuízo será grande caso a mesma seja roubada.

O estudo indicou, ainda, a alta tonelagem da carga, quando possui um baixo valor agregado. Este tipo de característica é valorizada pelas companhias que transportam grãos, cargas secas e produtos não perecíveis.

Limitações

Para estudos futuros poderia ser ampliada a base de respondentes, segmentando-os por setores de atuação, o que permitiria atingir e caracterizar o transporte a partir de diferentes setores da economia. Poderiam, também, ser utilizados outros modelos, como o Probit, e confrontar os resultados com os obtidos neste estudo.

Referências

- ALVES, A.M.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; RAMOS, T.G.; SANT'ANNA, A.P. (2011). Logit models for the probability of winning football games. *Pesquisa Operacional*, v. 31 (3), p. 459-465.
- ANGULO MEZA, L., BIONDI NETO, L., SOARES DE MELLO, J.C.C.B., GOMES, E.G., (2005) ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, (3), p. 493-503.
- CALDAS, M.A.F.(1995).. Assessing the Efficiency of Revealed and Stated Preference Methods for Modelling Transport Demand. Cranfield, 180p.Tese (PhD) – Cranfield University.
- CHARNES, A., COOPER, W. W. e RHODES, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- CNT. Pesquisa da Confederação Nacional do Transporte 2013: relatório gerencial. Brasília, 2013.
- FARRELL, M. J.(1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society Series A*, v.120 (3), pp. 253-281.
- LIMA, V.S.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; ANGULO MEZA, L.(2011). Cost-Benefit Analysis in Selected Air Trips using a Non Parametric Method. *African Journal of Business Management*, v. 5 (21), p. 9678-9685.
- LOUVIERE, J. J.; HENSHER, D. A; SWAIT, J.D.(2000). *Stated Choice Methods – Analysis and Application*.1ª ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- SCHROEDER, E.M., CASTRO, J.C.(1996). Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas. *Revista do BNDES*, número 6.
- TEIXEIRA, K.(2007).Investigação de opções de transportes de carga geral em contêineres nas conexões com a região amazônica. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração em Planejamento e Operação de Sistema de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP.235p.
- WANKE, P., FLEURY, P.F.(2006).Transporte de Cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e as suas estruturas de custos. In: J.A. De Negri e L.C.Kubota (Ed.). *Estrutura e dinâmica do setor de serviços no Brasil*, Rio de Janeiro, IPEA.

Abstract

This paper aims to identify efficient businesses in daily cargo transportation and to evaluate the main aspects to picking and hiring a cargo transportation service. To make this evaluation, some techniques will be used, such as Data Envelopment Analysis, ordinal logit and revealed preference. By using the DEA technique, the efficiency will be ranked between high, medium and low, and this ranking will be the dependent variable of the ordinal logit model, and the independent variables of this model are derived from the utilities from the revealed preference model and the maxdiff model that evaluated some features that were not declared on the preference model..

Key words: cargo transportation, data envelopment analysis, ordinal logit, revealed preference.