

# AVALIAÇÃO DE OPERADORES LOGÍSTICOS NA DISTRIBUIÇÃO DE JORNAIS COM APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE DESEMPENHO HÍBRIDO (DEA-MULTICRITÉRIO)

**Luiz Cesar Nanci**

Universidade Federal Fluminense - Niterói – RJ  
Programa de Mestrado em Engenharia de Produção  
cnanci@predialnet.com.br

**Luis Felipe Aragão de Castro Senra**

Universidade Federal Fluminense - Niterói – RJ  
Programa de Mestrado em Engenharia de Produção  
lfacs@nomade.fr

**João Carlos Correia Baptista Soares de Mello**

Universidade Federal Fluminense – Niterói – RJ  
Departamento de Engenharia de Produção  
[jcsmello@producao.uff.br](mailto:jcsmello@producao.uff.br)

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência de operadores logísticos na distribuição domiciliar de jornais utilizando a metodologia Análise Envoltória de Dados, que permite o uso de múltiplas variáveis de *inputs* e *outputs*. Aplicou-se restrições aos pesos com o objetivo de considerar todas as variáveis na composição da eficiência. Os operadores logísticos foram subdivididos em suas áreas de atuação, que foram classificadas em cinco grupos, com o uso de técnicas de agrupamento e uma nova avaliação DEA foi realizada para obter as eficiências nas áreas de entrega. Um índice final comparativo de desempenho entre os operadores logísticos foi construído com um modelo híbrido DEA-multicritério. O estudo indicou que algumas características geográficas e sócio-econômicas alteram os padrões de operação e influenciam diretamente a eficiência dos operadores logísticos, que, portanto, devem ser avaliadas em grupos homogêneos.

Palavras-chave: DEA, Índice de Desempenho, Eficiência de Operadores Logísticos.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the efficiency of third party logistics in the newspaper home delivery activity, through Data Envelopment Analysis, using multiple *inputs* and *outputs*. Weight restrictions were used to consider all *inputs* and *outputs* in the composition of the efficiency score. The 3PLs were divided into their delivery areas, which were classified in five groups using Cluster Analysis techniques and a new DEA evaluation was applied to obtain the efficiency score of the delivery areas. A final performance indicator, comparable among 3PLs, was built with a hybrid DEA-Multicriteria model. The results indicated that some geographic and economical aspects of the delivery areas can modify operation standards and have strong impacts on the efficiency of the 3PLs, then suggesting that they may be evaluated in homogeneous groups.

Key-words: Data Envelopment Analysis, Performance Indicator, third party logistics efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade de entrega domiciliar de jornais é um caso particular de distribuição física de produtos, com alto volume, baixa variedade e frequência diária de entregas. Além disso, a janela de tempo da operação é restrita a intervalos inferiores a cinco horas. Tamanha particularidade exige especialização, com o objetivo de aumentar a eficiência do serviço e alcançar um volume de distribuição cada vez maior, sem comprometer a qualidade exigida pelos clientes.

A tendência de terceirização dos serviços logísticos mostra-se presente na indústria brasileira de jornais há mais de dez anos, quando os altos custos envolvidos com a operação de entrega domiciliar não justificavam mais a manutenção do serviço na estrutura das empresas de comunicação. Dentre os fatores que contribuíram para o aumento no custo operacional, podemos citar as sucessivas crises e instabilidade econômicas da década de 90, que resultaram no crescimento da dívida contraída em dólar para investimento em unidades de produção, o alto custo associado aos benefícios da mão-de-obra empregada, e o aumento do nível de serviço exigido pelos clientes.

Neste cenário, surgem os Operadores Logísticos, empresas especializadas em prover serviços logísticos como armazenagem, transporte, consolidação de cargas, dentre outros, de forma especializada ou integrada.

Neste trabalho, utilizou-se Análise Envoltória de Dados, ou simplesmente, DEA (*Data Envelopment Analysis*), para avaliar a eficiência de operadores logísticos na atividade de distribuição domiciliar de jornais, através de um estudo de caso de uma grande empresa de comunicação do país. Uma análise DEA destes operadores permitiu conhecer melhor a atividade e identificar os *benchmarks*, ou seja, as empresas que possuem as melhores práticas na execução da atividade de entrega domiciliar. De posse deste estudo, ações de campo como, por exemplo, mapeamento de processos e elaboração de manuais operacionais, podem ser realizadas sem que haja desperdício de tempo e recursos humanos, cada vez mais escassos nas organizações.

Na década de 90, as aplicações da metodologia DEA foram amplamente exploradas no setor de Transportes e Logística, incluindo aplicações militares, serviços de ônibus escolares e avaliação de tráfego aéreo. Novaes (2001) aplicou a metodologia DEA para avaliar a eficiência de operadores logísticos que operam no país e estabelecer *benchmarks* entre unidades regionais de um serviço de distribuição de produtos. Outros casos do uso de DEA no setor de Transportes podem ser encontrados em Soares de Mello et al. (2003), Angulo Meza et al. (2002) e Adler e Golany (2001). A metodologia DEA está começando a ser aceita como um novo e poderoso método para organizar e analisar dados de maneira independente ou como complemento aos métodos estatísticos usuais.

O objetivo primário deste trabalho foi aplicar a metodologia DEA para avaliar a eficiência de operadores logísticos na entrega domiciliar de jornais, e através da análise, identificar *benchmarks* de eficiência para a operação. Como consequência do problema real abordado, foram usadas técnicas de análise de agrupamentos, com o objetivo de avaliar DMUs heterogêneas entre si, e fortemente influenciadas por fatores geográficos das áreas de entrega.

## 2. METODOLOGIA DEA

A Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma metodologia que usa programação linear para avaliação de eficiências comparativas de Unidades de Tomada de Decisão (*Decision Making Unit* – DMU). A eficiência relativa de uma DMU é definida como a razão da soma ponderada de produtos (*outputs*) pela soma ponderada de insumos necessários para gerá-los (*inputs*). Os pesos usados nas ponderações são obtidos através de um programa de programação fracionária que atribui a cada DMU os pesos que maximizam a sua

eficiência. Seu uso é de particular interesse quando se deseja determinar a eficiência de unidades produtivas onde não seja relevante ou não se deseja considerar somente o aspecto financeiro (Gomes *et al.*, 2001).

Há dois modelos DEA clássicos: CCR e BCC. O modelo CCR (também conhecido como CRS ou constant returns to scale), trabalha com retornos constantes de escala (Charnes *et al.*, 1978). Em sua formulação matemática considera-se que cada DMU  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, s$ ) é uma unidade de produção que utiliza  $n$  inputs  $x_{ik}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , para produzir  $m$  outputs  $y_{jk}$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ . Esse modelo maximiza o quociente entre a combinação linear dos outputs e a combinação linear dos inputs, com restrição de que para qualquer DMU esse quociente não seja maior que 1.

Com alguns artifícios matemáticos, este modelo é linearizado, transformando-se no problema de programação linear apresentado em (1), onde  $h_o$  é a eficiência da DMU  $o$  em análise;  $x_{io}$  e  $y_{io}$  são os *inputs* e *outputs*, da DMU  $o$ ;  $v_i$  e  $u_j$  são os pesos calculados pelo modelo para os *inputs* e *outputs*, respectivamente.

$$\begin{aligned} \max h_o &= \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^n v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} &\leq 0, \quad k = 1, \dots, s \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (1)$$

O modelo BCC (Banker *et al.*, 1984) também chamado de VRS (variable returns to scale), considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre inputs e outputs. O modelo BCC não será utilizado neste trabalho.

## 2.1. RESTRIÇÕES AOS PESOS EM DEA

Os modelos DEA clássicos permitem total liberdade em relação à seleção dos pesos que darão o máximo valor de eficiência a determinada DMU. Essa liberdade é importante na identificação das unidades ineficientes, ou seja, aquelas DMUs que apresentam um baixo desempenho, inclusive com seu próprio conjunto de multiplicadores. A flexibilidade (com base no PPL) na escolha dos pesos é uma das vantagens apontadas à modelagem por DEA.

No entanto, os pesos calculados podem ser inconsistentes com os conhecimentos que se tem em relação aos valores relativos de *inputs* e *outputs*. Assim, a incorporação de julgamentos de valor no cálculo das eficiências surge como uma evolução natural das aplicações de DEA a problemas reais, ou seja, há a necessidade da introdução de restrições extras além das de não-negatividade.

A incorporação de julgamentos de valor através de restrições aos pesos pode ser dividida em três grupos de métodos (Lins e Angulo-Meza, 2000): restrições diretas sobre os multiplicadores; ajuste dos níveis de *input-output* observados para a captura de julgamentos de valor; restrição a *inputs* e *outputs* virtuais. Gonçalves (2003) apresenta uma técnica alternativa, que simula restrições aos pesos através da inserção de DMUs artificiais.

Nas restrições diretas sobre os pesos, enfoque desenvolvido por Dyson e Thanassoulis (1988) e generalizado por Roll e Golany (1991), são impostos limites numéricos aos multiplicadores com o objetivo de não superestimar ou ignorar *inputs* e *outputs* na análise. Esse tipo de restrição pode levar à inviabilidade do PPL, já que estabelecer um limite superior ao peso

de um *input* implica em um limite inferior no *input* virtual do restante das variáveis. Lins e Moreira (2001) discutem em que condições as restrições aos pesos não tornam o PPL inviável.

O método de Regiões de Segurança – *Assurance Region Method* (AR) – desenvolvido por Thompson et al. (1990), recebe este nome pela adição de restrições aos modelos DEA clássicos que têm limites superior e inferior para cada multiplicador. Ou seja, limita a variação dos pesos a uma determinada região. As restrições da abordagem por AR são de dois tipos: Tipo I, ou método Cone Ratio, e Tipo II e podem ser encontradas com detalhes, respectivamente, em Charnes et al. (1990) e Thompson et al. (1990). No entanto, ambos os métodos são sensíveis às unidades utilizadas para os *inputs* e *outputs*, e exigem profundo conhecimento das variáveis e vasta coleta de opiniões de especialistas, o que torna sua aplicação um processo complicado e demorado.

### 2.1.1. Restrições aos *Inputs* e *Outputs* virtuais

Esse tipo de restrição aos pesos dos multiplicadores considera os níveis de *inputs* e *outputs* das DMUs, ao incluir somente os *inputs* e *outputs* que contribuem significativamente aos custos totais ou benefícios de uma unidade.

Wong e Beasley (1990) propuseram esse tipo de restrição, que ao invés de restringir os valores dos pesos, limita a proporção de *output* (*input*) virtual total da DMU *o* utilizado pelo *output* *j* (*input* *i*) no intervalo  $[\phi_j, \varphi_j]$  ( $[\rho_i, \omega_i]$ ), ou seja, a importância dada ao *output* *j* pela DMU *o*. O intervalo  $[\phi_j, \varphi_j]$  é determinado pelo decisor. A restrição ao *output* virtual *j* é

apresentada em (2), na qual  $\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}$  é o *output* virtual total da DMU *o*. Pode-se obter resultado semelhante para os *inputs*.

$$\phi_j \leq \frac{u_j y_{jo}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}} \leq \varphi_j \quad (2)$$

Este tipo de restrição evita o problema das unidades, pois expressa a importância relativa de uma determinada variável para o conjunto e é, portanto, adimensional.

Alguns autores, como Wong e Beasley (1990) sugerem duas formas de se aplicar este tipo de restrição:

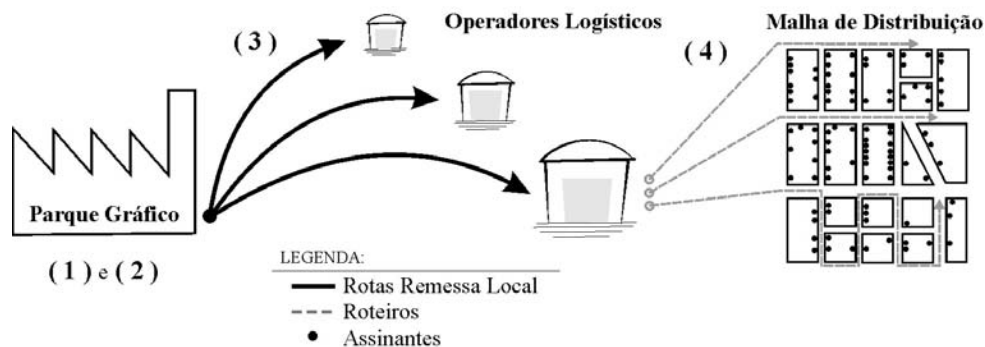
- Aplicação das restrições somente à DMU em análise, o que corresponde ao acréscimo de duas restrições ao modelo dos multiplicadores, para cada variável limitada;
- Aplicação das restrições a todas as DMUs, o que corresponde à adição de 2n restrições ao modelo dos multiplicadores, para cada variável limitada, sendo n o número de DMUs.

Os modelos com restrição a todas as DMUs, devido ao acréscimo de muitas restrições, são frequentemente inviáveis. Uma discussão mais abrangente sobre viabilidade de modelos DEA com restrições aos pesos pode ser encontrada em Lins e Moreira (2001).

Assim, a aplicação deste tipo de restrição somente à DMU em análise é mais promissora e será utilizada neste estudo. No entanto, este método apresenta um problema: determinadas DMUs, classificadas como ineficientes após a restrição aos pesos, fazem parte do conjunto de referência de outras DMUs ineficientes. Para corrigir este problema, Pereira (2002) apresentou um algoritmo que consiste, essencialmente, em retirar as DMUs quase-eficientes da amostra, quando elas fazem parte de algum conjunto de referência. Esse procedimento se justifica na medida em que as quase-eficientes ocupam partes da fronteira tornadas impróprias pelas restrições aos pesos. A sua retirada da amostra obriga que as DMUs ineficientes procurem regiões “permitidas” da fronteira para projeção.

### 3. LOGÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DOMICILIAR DE JORNAIS

A particularidade deste tipo de entrega está no volume, na frequência de entrega e na janela de tempo disponível para entrega. Diariamente são entregues cerca de 200 mil produtos, com uma janela de tempo de aproximadamente 4,5 horas, em média. De forma geral, o problema da distribuição de jornais envolve o fluxo dos jornais desde as rotativas (prensas), onde ocorre a impressão até sua entrega ao cliente final (assinante ou bancas). Diariamente, são entregues milhares de jornais em domicílio ou pontos de venda, em duas ou mais edições<sup>1</sup>. Podemos dividir a operação em quatro etapas distintas, ilustradas pela figura 1 e discutidas a seguir:



**Figura 1 - Esquema gráfico das Etapas da Distribuição Domiciliar de Jornais – Remessa Local**

A etapa um consiste na produção dos jornais e compreende o preparo das máquinas e a impressão. Tem início pouco antes de meia-noite, quando as rotativas são acionadas e os primeiros jornais começam a ser produzidos. A impressão pode ocorrer até 4:00 da manhã, dependendo do dia da semana, do volume a ser produzido, e do número de edições do dia. Um dos clássicos trade-offs na indústria de jornais se dá entre a edição e produção de jornais. Quanto mais notícias de última hora se deseja ter na mesma edição, menor será a janela de tempo para entrega, porém mais completo será o jornal desta edição, em termos de conteúdo.

A etapa dois envolve a expedição e o carregamentos dos veículos. Assim que deixam as rotativas, os jornais são levados para os caminhões, cuja ordem de saída é geralmente definida pelo tempo de deslocamento até o ponto de entrega mais distante.

A terceira etapa é o transporte dos jornais até os operadores logísticos responsáveis pela entrega domiciliar. Na região metropolitana do Rio de Janeiro, a maioria das rotas são fixas, curtas, e com apenas um destino, partindo em intervalos que variam de 5 a 15 minutos. No interior do estado do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, as rotas também são fixas, porém contemplam diversos operadores logísticos, em longos trajetos. Em geral, as edições de sábado e domingo consomem maior capacidade dos veículos. Ressalta-se que, nesta etapa, são transportados grandes volumes em caminhões Toco e Truck, em poucas rotas, de longa distância e duração, para poucos “clientes”, representados pelos operadores logísticos.

A quarta e última etapa do processo de distribuição domiciliar consiste na entrega final ao cliente, realizada pelos operadores logísticos. Nesta etapa, o jornal ainda passa por processos como a inserção manual de encartes comerciais e suplementos extras, montagem dos diversos cadernos que compõem o jornal e ainda a separação dos jornais em roteiros de entrega. É necessário conhecimento profundo sobre produtividade e planejamento detalhado da operação, para não comprometer a entrega ao cliente final. Na entrega domiciliar, são realizadas diversas

<sup>1</sup> Um jornal pode mais de uma edição no mesmo dia, em função de notícias de última hora, como por exemplo, resultados de jogos esportivos, pronunciamentos importantes, etc. Até mesmo a reportagem de capa pode ser alterada em questão de minutos.

rotas de curta duração, usando veículos leves como moto, bicicleta e até mesmo carrinhos de mão, atendendo a milhares de clientes em malha viária urbana. A particularidade desta etapa está no volume e na janela de tempo disponível para entrega. Diariamente são entregues cerca de 200 mil jornais, com uma janela de tempo de aproximadamente 4,5 horas.

### 3.1. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O escopo de avaliação deste trabalho está nos operadores logísticos que atuam na etapa final da distribuição domiciliar de jornais (etapa 4). Opera-se atualmente com cerca de 50 empresas terceirizadas, em âmbito nacional, sendo nove delas localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro, incluindo a capital. Estas empresas podem ser subdivididas pelo tipo de remessa que recebem (local e interior) e ao considerar o volume de entregas envolvido, optou-se por realizar este estudo apenas nas nove empresas atuantes na capital fluminense e em sua região metropolitana, que representam cerca de 80% do volume total de entregas. Além disso, a facilidade na obtenção de dados sobre estas empresas e suas áreas de atuação permite melhor visualização e interpretação dos resultados obtidos.

## 4. MODELAGEM

Para a escolha do modelo DEA a ser utilizado, observou-se a escala de operação dos operadores logísticos (DMUs) e o ambiente de negócios em que estão inseridos. Apesar das empresas operarem em regiões geográficas distintas entre si, o ambiente competitivo de negócios é muito semelhante, o que justifica o uso do modelo CCR. O modelo foi orientado a *input*, uma vez que se deseja a minimização dos recursos usados na operação, mantendo-se constante os produtos (*outputs*). Por ser terceirizado, o operador logístico não possui controle sobre alguns *outputs*.

Identificou-se o máximo de variáveis que pudessem traduzir a operação de distribuição domiciliar e obter um equilíbrio entre a representatividade do modelo e a discriminação das DMUs. As variáveis escolhidas foram as mesmas usadas por Nanci et al (2004), conforme a tabela 1:

Tabela 1 – Variáveis usadas no modelo

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<p><i>Entregadores</i></p> <p>Os entregadores representam cerca de 95% desta mão-de-obra, sendo assim o principal recurso humano da atividade. Quanto menor o número de entregadores, supõe-se maior eficiência do operador em gerenciar sua mão-de-obra, assim como otimizar a entrega.</p>	<p><i>Jornais entregues</i></p> <p>É uma variável não-controlável, definida pela venda de assinaturas aos clientes, atividade que não é exercida pelo operador logístico. Deve constar no modelo por ser a principal medida de saída (<i>output</i>) da atividade.</p>
<p><i>Reclamações diárias</i></p> <p>O número de reclamações é um <i>output</i> indesejável (Tavares, 1998), pois quanto menor for o seu valor, maior será a eficiência do operador logístico. Portanto, para o cálculo coerente das eficiências, esta variável deve constar no modelo como um <i>input</i>.</p>	<p><i>Pontos de Entrega</i></p> <p>É também uma variável não-controlável, pela mesma razão da variável “jornais entregues”. Espera-se que quanto maior for o número de pontos de entrega cobertos pelo operador, mais eficiente será sua entrega.</p>

Outras variáveis identificadas não foram utilizadas por apresentarem valores muito próximos para todas as DMUs, como no caso da variável “janela de tempo”, ou por apresentar colinearidade com outras variáveis do modelo, como no caso da variável “roteiros”, uma vez que estes não são otimizados. Para formar a base de dados do modelo, foram compilados dados diários de janeiro a abril de 2004, e calculadas as médias aritméticas das variáveis, desprezando eventos especiais como reveillon, carnaval e feriados, onde a rotina da distribuição de jornais sofre alterações significativas.

**4.1. APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS INICIAIS**

Para evitar a atribuição de pesos “zero” e permitir que todas as variáveis participassem na formação da eficiência final, foram aplicadas restrições ao input e output virtuais, somente à DMU em análise, para todas as variáveis do modelo. A participação de cada variável (*input* ou *output*) foi restrita a um valor  $L_i = 0,20$  (limite inferior), definido pelo decisor. Optou-se por não estabelecer um valor para o limite superior, preservando assim, parte da característica dos modelos DEA de atribuição de pesos ótimos para atingir a maior eficiência possível. Estudou-se a sensibilidade deste valor em  $\pm 0,05$  e foi obtida a mesma ordenação das DMUs, o que validou a escolha de  $L_i = 0,20$ . Ao incorporar estas restrições aos modelos CCR básicos, têm-se os seguintes PPLs, ambos orientados a *inputs*:

**Tabela 2 – Formulação do modelo CCR com Restrições ao Input e Output virtuais**

Modelo dos Multiplicadores	Modelo do Envelope	Onde:
$\min \mathbf{u} \mathbf{y}_o$ <i>sujeito a:</i> $\mathbf{v} \mathbf{x}_o = 1$ $\mathbf{u} \mathbf{Y} - \mathbf{v} \mathbf{X} \leq \mathbf{0}$ $(\mathbf{D}_{x_o} \mathbf{L})^T \mathbf{v} \leq \mathbf{0}$ $(\mathbf{D}_{y_o} \mathbf{K})^T \mathbf{u} \leq \mathbf{0}$ $\mathbf{u} \geq \mathbf{0}$ $\mathbf{v} \geq \mathbf{0}$	$\max h$ <i>sujeito a:</i> $h \mathbf{x}_o - \mathbf{X} \lambda + \mathbf{D}_{x_o} \mathbf{L} \pi \geq \mathbf{0}$ $-\mathbf{y}_o + \mathbf{Y} \lambda + \mathbf{D}_{y_o} \mathbf{K} \delta \geq \mathbf{0}$ $\lambda, \pi, \delta \geq \mathbf{0}$	$\mathbf{D}_{x_o} = \begin{pmatrix} x_{1o} & 0 \\ 0 & x_{2o} \end{pmatrix}$ $\mathbf{D}_{y_o} = \begin{pmatrix} y_{1o} & 0 \\ 0 & y_{2o} \end{pmatrix}$ $\mathbf{L} = \begin{pmatrix} L_1 - 1 & L_2 \\ L_1 & L_2 - 1 \end{pmatrix}$ $\mathbf{K} = \begin{pmatrix} K_1 - 1 & K_2 \\ K_1 & K_2 - 1 \end{pmatrix}$

Onde:  $\mathbf{D}_{x_o}$  é matriz diagonal com os valores dos *inputs* da DMU<sub>o</sub>;  $\mathbf{D}_{y_o}$  é matriz diagonal com os valores dos *outputs* da DMU<sub>o</sub>;  $\mathbf{L}$  é matriz quadrada com os valores dos limites inferiores dos *inputs*;  $\mathbf{K}$  é matriz quadrada com os valores dos limites inferiores dos *outputs*;  $L_1 = L_2 = K_1 = K_2 = 0,20$ , generalizados no texto como  $L_i$ ;  $\pi$  é um vetor das novas variáveis  $\pi_1$  e  $\pi_2$ , correspondentes às restrições aos pesos dos *inputs*;  $\delta$  é um vetor das novas variáveis  $\delta_1$  e  $\delta_2$ , correspondentes às restrições aos pesos dos *outputs*.

A DMU F foi a única eficiente, e serve de *benchmark* para todas as outras. A tabela 4 da seção 4.2 apresenta as DMUs ordenadas segundo suas eficiências.

**4.2. VARIÁVEIS EXPLICATIVAS DE EFICIÊNCIA**

Motivados pela hipótese de que as áreas geográficas de atuação dos operadores logísticos podem influenciar diretamente a eficiência DEA obtida, Nanci et al.(2004) identificaram duas variáveis compostas que podem explicar as eficiências obtidas, dado o mesmo conjunto de variáveis utilizado neste trabalho.

**Tabela 3 – Variáveis Compostas**

Índice de Verticalização	Densidade Linear de Entrega
$I_v = 1 - \left( \frac{P}{J} \right)$ <p>Onde:  <b>I<sub>v</sub></b> é índice de verticalização;  <b>P</b> é o número de pontos de entrega única; e <b>J</b> é número total de jornais entregues.</p>	$d_e = \frac{J}{d_T}$ <p>Onde:  <b>d<sub>e</sub></b> é a densidade linear de entrega;  <b>J</b> é o número total de jornais entregues; e <b>d<sub>T</sub></b> é distância total percorrida.</p>

O índice de verticalização ( $I_v$ ) assume valores entre zero e um, onde valores próximos de zero representam áreas com pouca concentração de assinantes no mesmo espaço residencial, ou seja, áreas com muitas casas e condomínios abertos (exemplo: Baixada Fluminense) e valores próximos de um representam o caso oposto (exemplo: Zona Sul). Deve-se alertar que para pequenos valores de  $P$  e  $J$ , o índice de verticalização obtido pela equação acima é pouco representativo. A densidade linear de entrega é uma medida de dispersão ( $d_e$ ), expressa em jornais por quilômetro. Quanto maior o valor de  $d_e$ , mais concentrada será a entrega de uma área; e no caso oposto, para baixos valores de  $d_e$ , a entrega será mais dispersa.

A tabela 4 apresenta a correlação estatística e o  $R^2$  entre as variáveis compostas  $I_v$  e  $d_e$ , e as eficiências DEA obtidas pelo modelo CCR com restrições ( $L_i = 0,20$ ). Os resultados indicam uma alta relação de explicação entre ambas as variáveis e a eficiência DEA.

**Tabela 4 – Correlação entre Eficiência CCR e Variáveis compostas**

Operadores Logísticos (DMUs)	Eficiência CCR com restrição aos pesos ( $L_i = 0,20$ )	Índice de Verticalização Médio	Densidade Linear de Entrega
DMU F	1,00	94%	386
DMU G	0,85	92%	177
DMU A	0,63	79%	46
DMU B	0,60	65%	69
DMU D	0,54	84%	38
DMU C	0,52	63%	32
DMU H	0,46	30%	4
DMU E	0,44	35%	13
DMU I	0,35	32%	10
<b>Correlação com eficiência =</b>		<b>0,84</b>	<b>0,93</b>
<b><math>R^2</math> =</b>		<b>0,70</b>	<b>0,86</b>

## 5. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE ENTREGA EM AGRUPAMENTOS

Comprovada a hipótese de que as características geográficas e sócio-econômicas das áreas de entrega dos operadores logísticos influenciam diretamente na eficiência de sua operação, buscou-se avaliá-los em suas áreas de atuação. Cada operador logístico foi subdividido em suas respectivas áreas de atuação, que passaram a ser consideradas como DMUs, totalizando 50 unidades. O mesmo conjunto de variáveis da modelagem anterior foi levantado para cada área. Esta subdivisão foi possível porque cada área de entrega possui coordenação própria, o que implica em autonomia no processo decisório, umas das premissas para a aplicação de DEA.

Ao executar o modelo DEA CCR com restrições ( $L_i = 0,20$ ), e correlacionar as eficiências obtidas com os valores das variáveis compostas de cada área, persistiu a correlação entre estas variáveis. Isso ocorre porque as DMUs avaliadas são heterogêneas, ou seja, possuem características geográficas e sócio-econômicas muito distintas. Para tornar as DMUs homogêneas, decidiu-se classificar as áreas de entrega em cinco agrupamentos distintos, usando como parâmetros de classificação as variáveis índice de verticalização ( $I_v$ ) e densidade linear de entrega ( $d_e$ ), simultaneamente.

Para agrupar as DMUs, foram utilizadas duas métricas para calcular a distância entre



dois pontos: a métrica Euclidiana e a métrica de Tchebychev (Prenter, 1975), calculadas em relação a alternativas de referência escolhidas pelo decisor, ou seja, cinco áreas distintas que apresentam características representativas de cada agrupamento. Esta abordagem é uma adaptação do método do vizinho mais próximo, porém passa a ser um método multicritério da problemática  $p\beta$  devido à inserção de subjetividade, ao permitir que o decisor defina as alternativas de referência. Outros métodos estatísticos de análise de agrupamentos podem ser encontrados em Bussab et al. (1990). Os dois métodos forneceram exatamente o mesmo resultado. A figura 2 traz a representação gráfica dos agrupamentos definidos no plano formado pelas variáveis  $I_v$  e  $d_e$ . Cada ponto representa uma área de entrega. Os cinco pontos em destaque (um em cada agrupamento) representam as alternativas de referência.

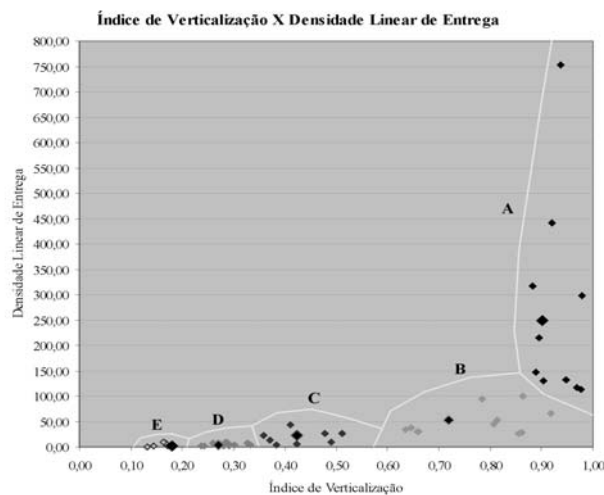


Figura 2 – Classificação em Agrupamentos

## 6. AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA NAS ÁREAS DE ENTREGA

Uma vez homogeneizadas, as áreas de entrega (DMUs) podem ser avaliadas com a metodologia DEA dentro de cada agrupamento, com o objetivo de classificá-las em eficientes e não-eficientes. Com isso, elimina-se o efeito das diferenças geográficas e sócio-econômicas de cada área de entrega, que influenciam diretamente a eficiência DEA.

Foram cinco avaliações distintas, uma para cada agrupamento. As DMUs eficientes em um agrupamento não podem ser consideradas eficientes no conjunto geral, já que em DEA a avaliação tem caráter relativo e sensível ao conjunto de DMUs. O modelo utilizado para a avaliação foi o CCR, com restrição aos pesos (restrição ao *input* e *output* virtuais, com  $L_i = 0,20$ ) - o mesmo modelo utilizado para avaliar os operadores logísticos. Para o agrupamento A, por exemplo, os resultados da avaliação foram:

Tabela 5 - Resultados da Avaliação no Agrupamento A - Eficiências CCR

Ordenação	Áreas	Operador Logístico	Eficiência CCR Li=0,20	Índice de Verticalização	Densidade Linear de Entrega
1	LEME	G	1,0000	98%	114,10
2	COPACABANA I	F	1,0000	95%	131,30
3	IPANEMA	F	1,0000	92%	440,99
4	LEBLON	F	0,9944	94%	753,36
5	COPACABANA II	F	0,8395	97%	117,33
6	LARANJEIRAS	G	0,8124	90%	215,14
7	NITEROI III	B	0,7291	90%	248,83
8	FLAMENGO	G	0,7286	98%	297,95
9	JARDIM BOTANICO	G	0,7285	90%	129,46
10	TIJUCA I	D	0,6629	88%	317,87
11	BOTAFOGO	G	0,6553	89%	147,83
Correlação com Eficiência CCR				0,5289	0,3096
				R <sup>2</sup>	0,2797

Como se pode observar, há um certo equilíbrio entre as DMUs deste agrupamento, o que é constatado não só pela proximidade das DMUs à fronteira, mas também pela elevada eficiência média obtida (0,8319). Três DMUs foram consideradas eficientes: LEME, COPACABANA I e IPANEMA. Estas três DMUs devem servir de benchmark para as outras DMUs (não-eficientes) do agrupamento A, e suas práticas devem ser estudadas para servir de base para a confecção de padrões operacionais, que deverão ser seguidos à risca pelas DMUs não-eficientes. Há ainda a DMU LEBLON, com eficiência 0,9944, que pode ser considerada “quase-eficiente” (esta DMU seria eficiente no modelo sem restrições).

Uma consideração importante neste agrupamento é que as áreas COPACABANA I, IPANEMA e LEBLON pertencem ao mesmo operador logístico. Torna-se relevante, então, analisar a estrutura administrativa deste operador, sua metodologia de seleção e contratação de mão-de-obra, as tecnologias empregadas no processo de distribuição e de apoio ao processo, índices de desempenho utilizados e outros aspectos que possam influenciar as variáveis consideradas na avaliação.

## 7. ÍNDICE DE DESEMPENHO DOS OPERADORES LOGÍSTICOS

Ao dividir cada operador em suas respectivas áreas e classificá-las em agrupamentos segundo as variáveis  $I_v$  e  $d_e$ , foi possível contornar o efeito de causalidade destas variáveis compostas nas eficiências dos operadores logísticos e avaliar cada agrupamento isoladamente. Porém, deseja-se obter um índice de desempenho único ( $I_{ef}$ ) para cada operador logístico, que reflita sua eficiência na operação, e seja comparável aos demais.

Com base nas eficiências de suas áreas de entrega, foi utilizada uma metodologia híbrida, especialmente desenvolvida para este fim. Semelhante à DEA, utilizou-se pesos variáveis atribuídos por programação linear, fazendo assim uma avaliação otimista, e aplicou-se restrições que refletem a subjetividade do decisor, o que caracteriza uma aplicação multicritério. O modelo assume as seguintes premissas:

- O índice de cada operador logístico será calculado de forma independente; na execução do modelo não haverá análise comparativa direta entre os operadores, e sim indireta, uma vez que esta análise já foi feita pelos modelos DEA aplicados às áreas de entrega;
- As eficiências de cada área pertencente ao operador logístico serão ponderadas por pesos, calculados por programação linear, formando assim uma “eficiência virtual”;
- O somatório dos pesos não poderá exceder o total de jornais entregues pelo operador logístico;
- As áreas com maior quantidade de jornais deverão ter peso maior;

- A importância de cada termo (eficiência x peso) da “eficiência virtual” deverá ser maior ou igual a 0,50 dividido pelo total de áreas do operador logístico, o que garante que todas as áreas participarão da formação da “eficiência virtual” e evita a atribuição de pesos “zero”. O restante da importância (0,50) será alocado através de programação linear;
- O somatório das “eficiências virtuais” (eficiências ponderadas por pesos) será dividido pelo total de jornais entregues pelo operador logístico, e o resultado desta divisão será o índice de desempenho final;
- O resultado final do índice não pode ser considerado como sendo a “eficiência” do operador logístico, mas simplesmente um índice comparativo de desempenho entre eles.

O modelo pode ser descrito pelo seguinte PPL:

$$\begin{aligned} \max \mathbf{I}_{ef} &= \frac{1}{\mathbf{J}} \sum_{i=1}^n p_i Ef_i \\ \text{sujeito a} & \\ \sum_{i=1}^n p_i &\leq \mathbf{J} \\ p_i - p_t &\geq 0 \quad \forall i, t, \text{ sendo } J_i > J_t; i, t \in n \\ p_i Ef_i &\geq \frac{0,50}{n} \quad \forall i \in n \end{aligned} \quad (3)$$

Onde:

$\mathbf{I}_{ef}$  é o índice de desempenho do operador logístico em análise;

$\mathbf{J}$  é o total de jornais entregues pelo operador logístico;

$p_i$  são os pesos de cada área;

$Ef_i$  são as eficiências de cada área;

$J_i$  e  $J_t$  representam a quantidade de jornais entregues, respectivamente, na área  $i$  e na área  $t$ ;

$n$  é o número total de áreas do operador logístico.

A tabela 6 traz um exemplo do cálculo de  $\mathbf{I}_{ef}$  para o operador logístico B:

**Tabela 6 – Resultados fornecidos pelo modelo proposto**

$n$	Área	Eficiência (1)	Peso (2)	Jornais Entregues	Eficiência Virtual (1) x (2)	Importância %	Importância Mínima
1	NITEROI I	1,0000	4.211	3.887	4.211	39%	7%
2	NITEROI III	0,7291	1.625	2.339	1.185	11%	7%
3	FONSECA	1,0000	1.625	1.968	1.625	15%	7%
4	NITEROI II	0,4688	1.625	1.362	762	7%	7%
5	SAO GONCALO	0,9102	1.110	1.150	1.010	9%	7%
6	SAO FRANCISCO	1,0000	1.110	880	1.110	10%	7%
7	ALCANTARA	0,6862	1.110	831	762	7%	7%
		Total	12.417	12.417	10.665	100%	50%
		$\mathbf{I}_{ef} =$	<b>0,8589</b>				

A tabela 7 traz os resultados obtidos para cada operador logístico, em ordem decrescente de  $\mathbf{I}_{ef}$ . Foi estabelecida uma classificação de desempenho segundo a posição na ordenação, dividindo os operadores em três níveis de desempenho: bom, médio e ruim. Para efeito de comparação, o total de jornais entregues e o índice de verticalização também foi incluído.

**Tabela 7 – Resultados da avaliação dos Operadores Logísticos**

Operador Logístico	Índice de Desempenho ( $I_{ef}$ )	Total de Jornais	Índice de Verticalização ( $I_v$ )	Classificação de desempenho
<b>F</b>	<b>0,9435</b>	<b>33.898</b>	<b>94%</b>	<b>BOM</b>
<b>A</b>	<b>0,8716</b>	<b>17.654</b>	<b>79%</b>	
<b>B</b>	<b>0,8589</b>	<b>12.417</b>	<b>65%</b>	
E	0,8549	16.304	35%	<b>MÉDIO</b>
D	0,8116	9.892	84%	
G	0,7850	32.258	92%	
I	0,7834	10.918	32%	<b>RUIM</b>
C	0,7469	10.922	63%	
H	0,7358	2.876	30%	

Ao observar a ordenação, podemos concluir que os operadores logísticos F, A e B apresentam realmente um bom desempenho, e destacam-se na atividade de entrega domiciliar. Realmente, ao observar os resultados das áreas, 50% do total de áreas consideradas eficientes (1,000) pertencem aos três operadores.

O operador logístico E situa-se em posição intermediária, com duas áreas eficientes e quatro áreas com eficiência acima de 0,8000, do total de dez áreas que possui. Também nesta classificação estão os operadores D e G.

Com desempenho ruim, o operador logístico I possui nove áreas e apenas uma eficiente, e o restante variando entre 0,4037 e 0,9013. O operador logístico H, com apenas duas áreas, também apresenta desempenho ruim. Na avaliação dos agrupamentos, suas áreas obtiveram escores de 0,9494 (2.153 jornais) e 0,4393 (723 jornais), ou seja, dois extremos. O operador logístico C, com sete áreas de entrega, possui apenas uma área considerada eficiente (no agrupamento B) e todas as outras com eficiência abaixo de 0,7500.

O método apresentado para este estudo mostra-se mais benevolente, por possuir uma parcela que incorpora a opinião do decisor e outra parcela livre de opiniões, divididas igualmente (50:50). Poderia ser usada a média ponderada, porém esta é considerada uma avaliação menos flexível, e ocasionalmente, pessimista ou otimista demais. A média aritmética não foi usada por ser uma avaliação primitiva demais, e não refletir a escala de entrega das áreas. Ainda assim, a escolha do método mais adequado cabe ao decisor, que deve se basear essencialmente no propósito da avaliação.

## 8. CONCLUSÃO

Concluiu-se que, no aspecto gerencial, não é recomendada a avaliação isolada de cada operador logístico, sem levar em conta as características geográficas e sócio-econômicas de suas áreas de atuação, uma vez que estas diferenças de características podem levar a processos diferentes de entrega, o que torna imprópria a elaboração de um manual operacional único para todos os operadores logísticos. Deve-se, portanto, segmentar os operadores logísticos em suas áreas de atuação, classificá-las em agrupamentos que reúnam características de entrega similares e então, elaborar manuais específicos para cada agrupamento, permitindo a especialização e aumentando a eficiência geral da atividade, tanto operacional como da qualidade.

Deve-se buscar a padronização de um índice de desempenho único para cada operador logístico, que reúna as eficiências de suas áreas, e possam ser utilizados a nível gerencial, como por exemplo, na definição de premiação por eficiência, que impacta diretamente o faturamento dos operadores logísticos.

Uma das principais vantagens da metodologia DEA é a possibilidade de se estabelecer benchmarks sem a necessidade de estudos exaustivos em campo acerca de todo o conjunto de DMUs que se deseja avaliar. O levantamento de melhores práticas e estabelecimento de padrões operacionais em determinado negócio pode ser extremamente caro e consumir recursos humanos e tempo de trabalho muitas vezes indisponível nas empresas, razão que as levam à contratação de consultorias especializadas.

Entretanto, o resultado deste trabalho sem o conhecimento prévio dos benchmarks e da eficiência relativa das DMUs pode ser desastroso, e levar a conclusões controversas ou até mesmo nenhuma conclusão acerca dos padrões a serem estabelecidos, seja pela total ausência de indicadores sobre as DMUs eficientes, seja pela falta de experiência dos terceiros na operação avaliada. Neste caso, a metodologia DEA pode ser usada no sentido de direcionar esforços, gerar informações relevantes sobre as DMUs, sua eficiência e benchmarks, e proporcionar uma intervenção eficaz, economizando recursos e gerando resultados coerentes com a realidade da operação.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADLER, N. e B. GOLANY (2001) Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. *European Journal of Operational Research*, v. 132, n. 2, p. 260-273.
- [2] ANGULO-MEZA, L., E.G. GOMES e J.C.C.B. SOARES DE MELLO (2002) Enfoque multiobjetivo para determinação de benchmarks de companhias aéreas brasileiras DEA-ineficientes. *Anais do XVI ANPET*, Natal, RN, Outubro, p. 27-34.
- [3] BANKER, R.D., A. CHARNES e W.W. COOPER (1984) Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v.30, n.9, p. 1078-1092.
- [4] BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. *Introdução à Análise de Agrupamentos*. 9º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, São Paulo. 1990. Associação Brasileira de Estatística. 105p.
- [5] CHARNES, A., W.W. COOPER e E. RHODES (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v.2, p. 429-444.
- [6] DYSON, R. G.; THANASSOULIS E. *Reducing weight flexibility in DEA*. Journal of the Operational Research Society, 39. 1988.
- [7] GOMES, E.G., J.C.C.B. SOARES DE MELLO, B.P. SREAPIÃO, M.P.E. LINS e L. BIONDI NETO (2001) Avaliação de Eficiência de Companhias Aéreas Brasileiras: Uma abordagem por Análise Envoltória de Dados. In: Setti, J.R.A. e O.F. Lima Junior (eds), *Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2001 – Anais do XV ANPET*, Campinas, SP, Novembro, v.2, p.125-133.
- [8] GONÇALVES, D. A. *Avaliação de eficiência de fundos de investimentos financeiros: Utilização de DMU artificial em modelos DEA com outputs negativos*. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2003.

- [9] LINS, M. P. E. L. ANGULO-MEZA (2000) *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão*, Editora da COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- [10] LINS, E. M. P.; MOREIRA, A. C. *Evitando a Inviabilidade em Modelos DEA com Restrições aos Pesos*. Relatório Técnico EP-03/01, Programa de Engenharia de Produção/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2001.
- [11] NANCI, L. C. I. G. *Avaliação de Eficiência na Logística de Distribuição: Estudo de Caso na Entrega Domiciliar de Jornais no Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, UFF - Engenharia de Produção, Niterói. 2005.
- [12] NANCI, L. C. I. G.; AZEVEDO, S. M.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. *Estudo da eficiência de empresas distribuidoras de jornais usando Análise Envoltória de Dados*. Revista Produto & produção, Porto Alegre, 2004. v. 7, n. 3.
- [13] NANCI, L. C. I. G. et al. *Avaliação da eficiência de operadores logísticos na distribuição domiciliar de jornais*. XVIII ANPET - Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2004, Florianópolis. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2004, v. II. p. 1189-1200.
- [14] NANCI, L. C. I. G. et al. *Uso de Análise de Envoltória de Dados para avaliar a distribuição domiciliar de jornais*. Revista Pesquisa Naval, Rio de Janeiro, 2004. v. 17, p. 113-118.
- [15] NOVAES, A.G. (2001) *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição* (1ª.edição). Editora Campus, Rio de Janeiro.
- [16] PEREIRA, R. O. *Avaliação de Instituições Microfinanceiras no Brasil – Uma aplicação de modelos DEA (Análise Envoltória de Dados)*. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2002.
- [17] PRENTER, P. M. *Splines and Variational Methods*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1975
- [18] ROLL, Y.; GOLANY, B. *Controlling factor weights in DEA*. IIE Transactions, 23 (1), pp.2-9. 1991.
- [19] SOARES DE MELLO, J.C.C.B., L. ANGULO-MEZA, E.G. GOMES, B.P. SERAPIÃO e M.P.E. LINS (2003) *Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras*. *Pesquisa Operacional*, v.23.
- [20] THOMPSON, R. G. et al. *The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to*. Kansas Farming. 1990. Journal of Econometrics, 46, pp. 93-108.
- [21] WONG. Y.; BEASLEY, J. *Restricting Weight Flexibility in DEA*. Journal of Operational Research Society, 41, 829-835. 1990.