

## 7

# Mensuração da Eficiência Relativa Utilizando Modelos DEA

## 7.1

### Introdução

O propósito deste Capítulo é calcular os *scores* de eficiência através de modelos DEA. Antes, porém, é importante determinar as variáveis consideradas na análise, com a definição dos *inputs* e *outputs*. Nesse contexto, a Tabela 7.1 cumpre este papel:

Tabela 7.1 – Variáveis consideradas.

Tipo da Variável	Variável	Descrição
<i>Input</i>	OPEX	Custo operacional (R\$ 1.000);
<i>outputs</i>	MWh	quantidade de energia distribuída (MWh);
	NC	total de unidades consumidoras atendidas
	KM	extensão da rede de distribuição (Km)

Vale frisar que os *outputs* são os *cost drivers* dos custos operacionais. O montante de energia distribuída (MWh) é uma *proxy* do produto total, o número de unidades consumidoras (NC) é uma *proxy* da quantidade de serviço e a extensão da rede de distribuição (KM) reflete a dispersão dos consumidores na área de concessão, um fator determinante dos custos operacionais.

O próximo tópico publica e discute os resultados obtidos através dos modelos DEA.

## 7.2

### Resultados DEA e discussões

As medidas de eficiência obtidas pelos modelos DEA devem expressar o potencial de redução dos custos operacionais, i.e., trata-se de uma medida orientada ao insumo. Denotando as medidas de eficiência por  $\theta$ , o potencial de redução dos custos operacionais para a *j*-ésima distribuidora, ou seja, o custo

operacional reconhecido pelo regulador seria igual a  $OPEX_j(1 - \theta_j)$ . Assim, o modelo DEA é orientado ao *input*, sendo que o OPEX é o único atributo com característica de insumo conforme indicado na Tabela 7.1.

Com relação ao rendimento de escala do modelo DEA foram avaliadas duas opções: rendimentos constantes (RCE) e rendimentos variáveis (RVE). O modelo DEA/RCE foi aplicado separadamente em cada agrupamento de DMU's, pois desta forma pode-se garantir que as DMUs avaliadas sejam comparáveis, i.e., homogêneas. Já no modelo DEA/RVE, a restrição de convexidade, vide **(M3.4)**, garante que as DMU's ineficientes sejam comparadas somente com as DMU's com mesmas características ou nível de atividade [21]. Desta forma, o modelo DEA/RVE pode ser aplicado ao conjunto formado por todas as distribuidoras sem a necessidade de classificá-las previamente. No entanto, a aplicação do modelo RVE ao conjunto de todas as distribuidoras não evita que as DMU's ineficientes, em um determinado agrupamento, sejam comparadas com as distribuidoras dos demais agrupamentos.

Em função da hipótese de convexidade, a fronteira de eficiência estimada pelo modelo RVE é sempre caracterizada por rendimentos crescentes de escala nos menores níveis de atividade e por rendimentos decrescentes de escala nos maiores níveis de atividade. Ressalta-se que esta propriedade do modelo RVE independe dos dados contidos na amostra de DMU's. Em resumo, na fronteira gerada pelo modelo RVE os rendimentos não são crescentes ao longo de toda fronteira e a produtividade diminui à medida que o nível de atividade aumenta para além da escala ótima. Esta característica da fronteira RVE não atende aos objetivos da regulação econômica, em particular o estímulo aos ganhos de produtividade. Para fins de um esquema de regulação por incentivo, a alternativa ao modelo VRS consiste em estimar a fronteira pelo modelo NDRS (*Non-Decreasing Return to Scale*) uma variante do modelo VRS que não admite rendimentos decrescentes de escala [99].

Por fim, vale citar que as medidas de eficiência obtidas através do modelo DEA clássico (sem restrições aos pesos) foram calculados com o auxílio dos *software* DEAP ([www.uq.edu.au/economics/cepa/software.htm](http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.htm)); para o modelo *Adjusted Contingent Restrictions on Weight*, utilizou-se o LINGO 9

(www.lindo.com); para o modelo NDRS usou-se DEA Excel Solver [99]. Para simplificar, adotou-se as seguintes nomenclaturas:

- **R1** - Resultados do modelo DEA/RCE Sem Restrições;
- **R2** - Resultados do modelo DEA/RCE Com Restrições;
- **R3** - Resultados do modelo DEA/NDRS.

Os mesmos são mostrados na Tabela 7.2:

Tabela 7.2 – Índices de eficiência  $\theta_j^{DEA}$ .

Concessionária	R1	R2	R3
<b>CLUSTER 1</b>			
AES-SUL	1,0000	1,0000	1,0000
CEAL	0,6650	0,3450	0,6048
CEEE	0,2840	0,2000	0,2731
CELPA	0,3940	0,2080	0,3625
CELTINS	0,5090	0,5080	0,3792
CEPISA	0,7210	0,4800	0,6587
CERON	0,5450	0,5450	0,4328
COSERN	0,8980	0,5630	0,8336
ENERGIPE	0,7440	0,4510	0,7007
ESCELSA	0,6830	0,6830	0,6806
MANAUS	0,3820	0,3800	0,3826
PIRATININGA	0,9130	0,9130	0,9134
RGE	1,0000	1,0000	0,9974
SAELPA	0,9700	0,5060	0,8818
<b>CLUSTER 2</b>			
BANDEIRANTES	1,0000	0,9440	0,7987
CEB	0,3390	0,3130	0,2877
CELESC	0,5920	0,5700	0,4387
CELG	0,5180	0,5180	0,5072
CELPE	1,0000	0,9000	1,0000
CEMAR	0,6750	0,5270	0,6754
CEMAT	0,4930	0,4930	0,4581
CEMIG	0,8110	0,8110	0,6540
CERJ	0,7690	0,6790	0,7439
COELBA	0,7350	0,6400	0,7349
COELCE	0,7950	0,7170	0,7952
COPEL	1,0000	1,0000	1,0000
CPFL	1,0000	0,9370	0,8095
ELEKTRO	1,0000	1,0000	0,8344
ELETRIPAULO	0,7420	0,7080	0,6149
ENERSUL	1,0000	1,0000	1,0000
LIGHT	0,7690	0,6980	0,6310
<b>CLUSTER 3</b>			
BOA VISTA	0,2970	0,2740	0,1955
BRAGANTINA	0,7590	0,6960	0,4400
CAUIÁ	0,6260	0,6080	0,4527
CAT-LEO	0,8310	0,8310	0,6165
CEA	0,4500	0,4280	0,3200
CELB	0,9420	0,9100	0,7157
CENF	0,6630	0,6310	0,5162
CFLO	0,8030	0,7420	0,5429
CHESP	1,0000	1,0000	0,8968
COCEL	0,8510	0,7950	0,5433
CPEE	0,8440	0,7990	0,5473
CSPE	1,0000	0,9510	0,6451
DEMEI	0,8170	0,7680	0,6680
ELETRACRE	0,7410	0,6890	0,5783
ELETRCAR	0,7240	0,7000	0,5260
JAGUARI	1,0000	0,8290	0,6280
JOÃO CESA	0,8880	0,7500	1,0000
MOCOCA	0,7530	0,7140	0,5262
MUXFELDT	1,0000	0,9640	1,0000
NACIONAL	0,8350	0,7820	0,5998
NOVA PALMA	1,0000	1,0000	0,8885
PANAMBI	0,5690	0,5310	0,4298
POÇOS DE CALDAS	1,0000	0,9270	0,6843
SANTA CRUZ	0,7280	0,7050	0,4883
SANTA MARIA	0,8180	0,7900	0,5958
SULGIPE	1,0000	1,0000	0,8310
URUSSANGA	0,4600	0,3820	0,3821
V. PARANAPANEMA	0,5700	0,5540	0,4032
XANXERÉ	0,5340	0,5000	0,3523

Muitas vezes, é pertinente analisar uma série de dados através de medidas de posição central (média e/ou mediana). Não obstante, é também interessante investigar a variabilidade dos dados. A Tabela 7.3 fornece os resultados obtidos:

Tabela 7.3 – Estatísticas descritivas dos modelos DEA.

	R1	R2	R3
<b>Média</b>	0,7575	0,6914	0,6350
<b>Mediana</b>	0,7690	0,7025	0,6223
<b>Desvio-padrão</b>	0,2085	0,2224	0,2147

Interpretando os 3 modelos, **R1**, **R2** e **R3** na Tabela 7.3, com relação à média e mediana, verifica-se que não há valores discrepantes. Nesta mesma análise, pode ser corroborado que **R2** apresenta valores intermediários a **R1** e **R3**. Com relação ao desvio-padrão, conclui-se que **R2** discrimina melhor as eficiências das empresas (maior variabilidade).

Ocorre, porém, que com apenas os 3 valores mencionados, não é possível ter uma idéia da assimetria da distribuição dos dados. Para tal, foi realizado um *scatterplot matrix*, conforme mostrado na Figura 7.1:

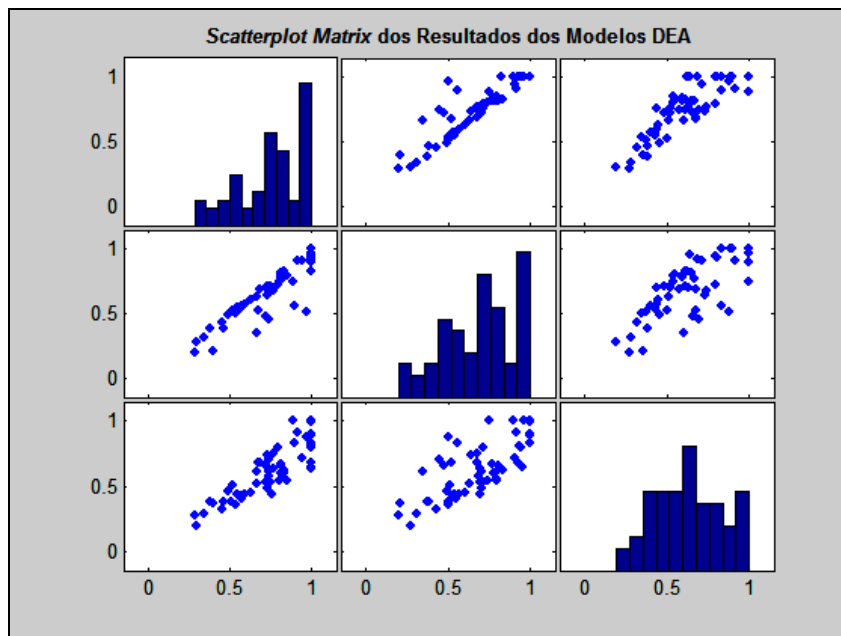


Figura 7.1: *Scatterplot Matrix* dos índices de eficiência (Modelos DEA).

Analisando a Figura 7.1, salta aos olhos a assimetria das distribuições relacionadas com os modelos **R1** e **R2**. Vale lembrar que estes modelos consideram as empresas em seus respectivos *clusters*. A Figura 7.1 também revela uma alta correlação entre os modelos **R1** e **R2**, moderada entre os modelos **R1** e **R3** e baixa para os modelos **R2** e **R3**.

Finalizando, será que estes índices de eficiência mensurados são diferentes para cada um dos modelos? Caso seja verdadeira esta hipótese, ela é significativa?

Para responder a essas indagações, foi efetuado um Teste de Kruskal-Wallis (também chamado teste H). Segundo Triola [92], este teste de hipótese, não-paramétrico, usa postos de dados amostrais de três ou mais populações independentes. É usado para testar a Hipótese nula de que as amostras independentes provêm de populações com a mesma mediana; a Hipótese alternativa é a afirmativa de que as populações têm medianas que não são todas iguais.

- *H0*: As amostras provêm de populações com a mesma mediana;
- *H1*: As amostras provêm de populações com medianas que não são todas iguais.

Ao aplicar o teste, conclui-se que a Hipótese nula (*H0*) não deve ser aceita, isto é, os modelos têm características diferentes e, portanto, os parâmetros estimados não são provenientes de uma mesma população.

O objetivo desta investigação é alertar ao especialista para o fato de que embora os 3 modelos sejam variantes de uma mesma metodologia, é legítimo que se faça uma reflexão mais elaborada antes de tomar qualquer decisão.