



Formação segmentada

Gestão da Eficiência Empresarial

SEG2213

Ana Isabel Martins

Outubro 2013



Agenda

1. Principais noções de eficiência empresarial

2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

2.2 Modelos paramétricos

2.3 Modelos não paramétricos

3. Modelo de análise envoltória de dados (DEA)

3.1 Modelo geral

3.2 Principais variantes (economias de escala)

3.3 Extensões dos modelos

3.4 Orientações dos modelos

3.5 Variáveis input / output

3.6 Exemplos de aplicações práticas



1. Principais noções de eficiência empresarial

Sinergia:

designa todos os fenómenos que quando geridos ou explorados conjuntamente, conduzem a um acréscimo da sua eficiência e eficácia mais que proporcional à adição pura e simples das suas forças e meios considerados individualmente.

$$1 + 1 = 3$$



1. Principais noções de eficiência empresarial

Tipo de sinergias:

- Rendimentos
- Operacionais
- Investimento
- Gestão
- Crescimento
- Poder de mercado
- Domínio, coligação ou conluio
- Financeiras
- (...)



1. Principais noções de eficiência empresarial

Múltiplas sinergias em simultâneo

Sinergias pelos rendimentos ou pelos lucros

- Operação de Fusão e Aquisição (F&A)



- Aumento do poder de mercado



- Aumento da capacidade de influenciar preços, quantidades ou natureza dos produtos ou serviços



- Aumento do poder de negociação



- Aumento dos preços de venda e dos lucros



1. Principais noções de eficiência empresarial

Ganhos de eficiência ou economias:

todas as reduções do custo médio de produção registadas por uma unidade económica, que podem ser provocadas por múltiplas causas (aumento do volume de produção, progresso tecnológico, etc.).

Na produção: ➡ economias de escala

➡ economias de gama (*scope*)



1. Principais noções de eficiência empresarial

Economias de escala:

ocorrem quando a expansão da capacidade de produção de uma empresa ou indústria provoca um aumento na quantidade total produzida sem um aumento proporcional no custo de produção.



Diluição dos gastos fixos ou de estrutura



Redução do custo médio unitário



1. Principais noções de eficiência empresarial

Tipos de economias de escala:

- Internas
 - por crescimento da própria empresa
- Externas
 - . por crescimento do setor
 - . por inovações tecnológicas

➡ afetam diversas empresas do mesmo setor



1. Principais noções de eficiência empresarial

Economias de gama:

reduções obtidas nos gastos totais por via da produção de múltiplos produtos ou produtos complementares.

Excesso de capacidade de produção



Diversificação



Vantagens competitivas e estratégicas



1. Principais noções de eficiência empresarial

Uma empresa é considerada eficiente quando:

- Atinge a dimensão ótima no seu mercado (via economias de escala);
- Quando produz o conjunto ótimo de produtos e serviços face ao custo dos seus fatores produtivos (via economias de gama).

Os fatores “dimensão ótima” e “portfólio ótimo de produtos” dependem largamente da tecnologia, regulamentação e tendências dos consumidores.



1. Principais noções de eficiência empresarial

Para cada setor de atividade existe uma dimensão ótima da empresa, em que o custo médio atinge um ponto mínimo.

MAS: quando a dimensão ótima é ultrapassada



aumento dos custos médios



decréscimo da eficiência

PORQUÊ??



1. Principais noções de eficiência empresarial

Este fenómeno denomina-se por “deseconomia de escala” e segundo alguns analistas não tem lógica em termos técnicos porque:

especialização

princípio dos múltiplos

maior dimensão
dos
equipamentos

indivisibilidade

reduções
sucessivas do
custo médio à
medida que a
escala de
produção
aumenta



1. Principais noções de eficiência empresarial

ENTÃO PORQUE EXISTEM DESECONOMIAS DE ESCALA??





1. Principais noções de eficiência empresarial

Dificuldades a nível da gestão. Gerir grandes empresas é muito mais complexo!





1. Principais noções de eficiência empresarial

O conceito geral de **eficiência** está relacionado com a forma como os recursos são utilizados no processo produtivo.

➡ Eficiência técnica

➡ Eficiência de afetação ou alocativa

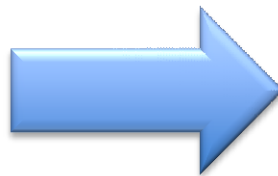
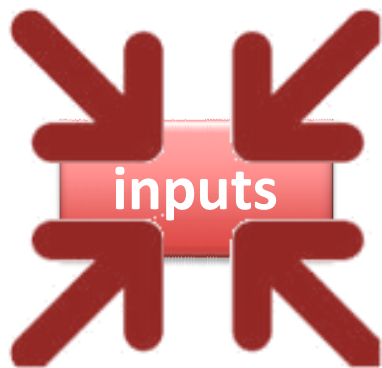


1. Principais noções de eficiência empresarial

➔ **Eficiência técnica**

Avaliação das combinações entre *inputs* e *outputs* comparativamente às melhores alternativas tecnológicas possíveis.

Eficiência do processo de produção:





1. Principais noções de eficiência empresarial

➔ **Eficiência de afetação ou alocativa**

Minimização dos gastos, ou seja a otimização das combinações de *inputs* que permita minimizar os custos de produção.





1. Principais noções de eficiência empresarial



quanto se produz em relação ao
quanto se poderia produzir

expressa em %

Recursos que deveriam ser consumidos
Recursos realmente consumidos



1. Principais noções de eficiência empresarial

Eficiência



Produtividade



Eficácia

Produtividade



QUANTIDADE

quanto se produz em relação aos
recursos utilizados

expressa em unidades

Resultados obtidos
Recursos consumidos



1. Principais noções de eficiência empresarial



Distância a que se ficou dos objetivos desejados

expressa em %

Resultados obtidos
Resultados desejados



1. Principais noções de eficiência empresarial



*A eficácia está ligada à quantidade produzida, a produtividade à razão entre produtos e recursos e a **eficiência tem relação com certas comparações de produtividade**. Eficiência é um conceito relativo. Compara o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos.*

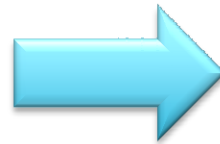
Mello et al. (2005)



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Diversos tipos de
EFICIÊNCIA



Diversos modelos
de AVALIAÇÃO DA
EFICIÊNCIA

- Comparar indicadores económico-financeiros;
- Comparar indicadores da empresa com os melhores resultados obtidos num conjunto de empresas (setor), considerando os recursos utilizados, os resultados obtidos e os preços.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

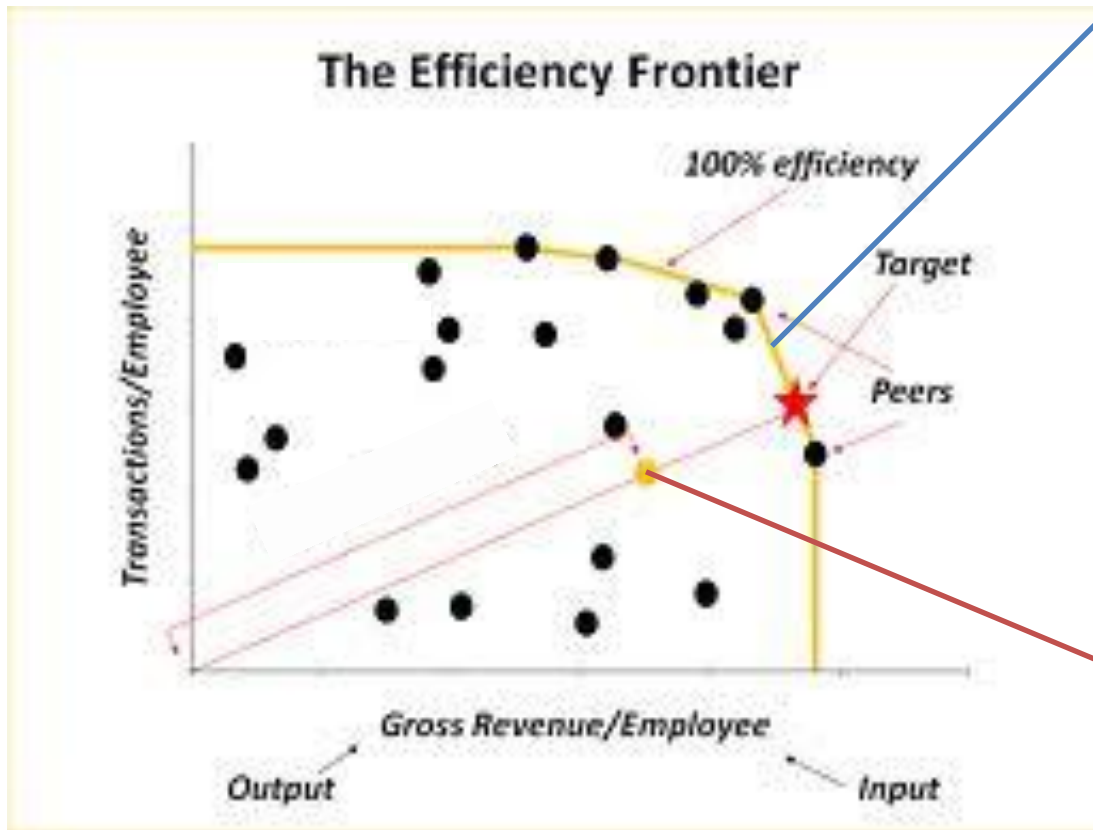
Fronteiras de eficiência

permitem a obtenção de um indicador global de eficiência, através da estimação de uma fronteira de eficiência e do cálculo dos desvios de cada empresa ou unidade em relação a essa fronteira.

2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Fronteiras de eficiência



Operar sobre a linha da fronteira significa operar com a combinação ótima dos recursos existentes.

A avaliação da distância entre a posição atual de cada empresa em relação à fronteira constitui o seu indicador de (in)eficiência.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Metodologias para a estimação da eficiência

	Paramétrico	Não-paramétrico 
Fronteira	Fronteiras Estocásticas	Análise Envoltória de Dados
Não-fronteira	Regressão	Indicadores de Desempenho

Estabelece uma eficiência de referência “média” e identifica as unidades que se apresentam acima ou abaixo dessa referência.

Utiliza um conjunto de indicadores ou rácios que avaliam determinados aspetos das empresas ou unidades avaliadas.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Independentemente do modelo aplicado, para analisar e avaliar a eficiência é necessário o estudo de uma **função produção**, ou seja, como combinar os recursos (*inputs*) de forma a produzir resultados (*outputs*).

$$Q = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

Q : quantidade de *output*

$x_1, x_2, x_3, \dots$: unidades de *input* (capital, mão-de-obra, matérias-primas, espaço, tecnologia,...)



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

O estudo da função produção pretende dar resposta às seguintes questões:

- qual o nível máximo possível de resultados (*outputs*) que pode ser produzido, tendo em conta os recursos (*inputs*) e a tecnologia utilizada?
- qual o nível mínimo de recursos (*inputs*) necessário para produzir determinada quantidade de resultados (*outputs*) dada a tecnologia disponível?

2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Considere-se a seguinte função tipo Cobb-Douglas:

Máximo possível
de obter

$$Q = ax_1^\alpha x_2^\beta$$

É possível utilizar diferentes combinações de x_1 e x_2 para produzir diferentes níveis de produção.

- Q : quantidade de *output*
- a : constante que representa o nível tecnológico
- α e β : parâmetros de escala
- x_1 : unidade de *input* (mão-de-obra)
- x_2 : unidade de *input* (capital)

$\alpha + \beta$ define o tipo de rendimentos à escala

- ✓ Eficientes: empresas que operem com combinações x_1 e x_2 sobre a linha de fronteira (utilizam combinação ótima);
- ✗ Ineficientes: as que operam com combinações x_1 e x_2 acima da linha de fronteira (utilizam demasiados recursos).



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Rendimentos à escala (α e β):

Com um aumento simultâneo dos dois *inputs*, a produção total poderá registar:

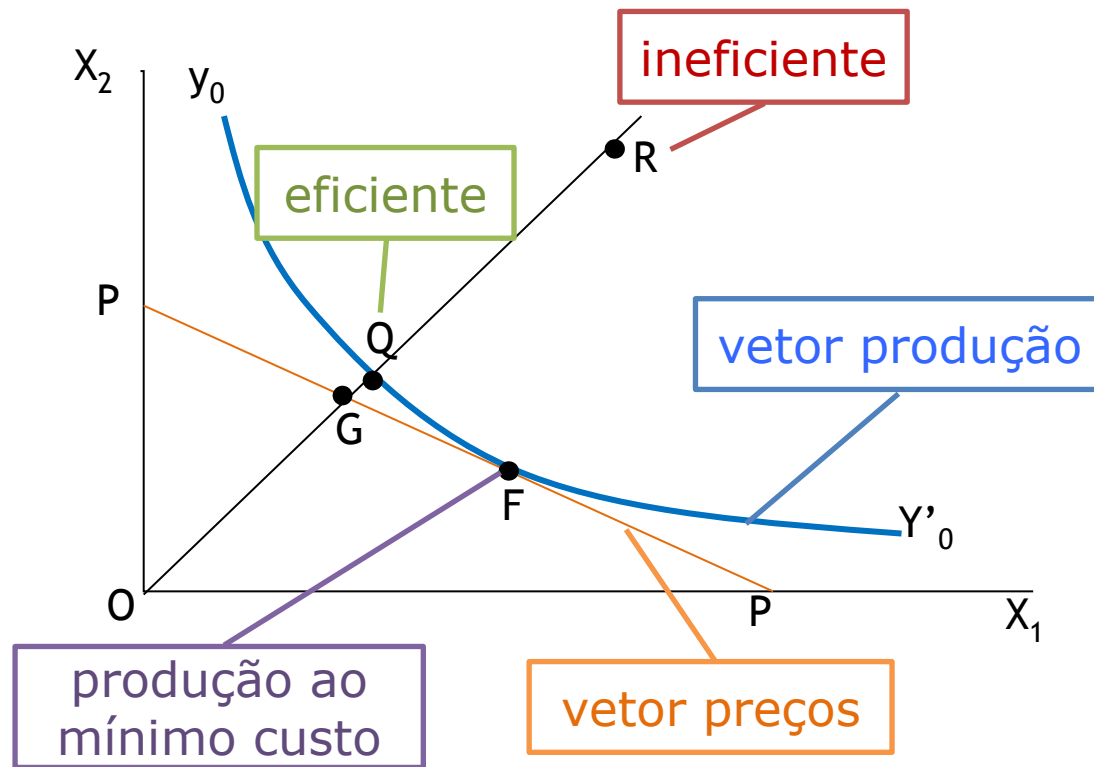
- Um aumento proporcional do nível da produção (retornos constantes à escala: $\alpha + \beta = 1$);
- Um menor aumento percentual da produção (retornos decrescentes à escala: $\alpha + \beta < 1$);
- Um maior aumento percentual da produção (retornos crescentes à escala: $\alpha + \beta > 1$).



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.1 Introdução

Representação gráfica da eficiência





2. Modelos de avaliação da eficiência

2.2 Modelos paramétricos

A abordagem paramétrica

tem como principal característica a imposição de uma forma funcional à tecnologia para explicar os níveis de eficiência das empresas.

- ➡ fronteiras determinísticas
- ➡ fronteiras estocásticas



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.2 Modelos paramétricos

Fronteiras determinísticas

supõe que toda ineficiência provém de fenómenos controlados pelas empresas, possuindo o termo de erro uma distribuição unilateral não simétrica.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.2 Modelos paramétricos

➔ **Fronteiras estocásticas**

supõe a existência de um erro de tipo composto, constituído por dois tipos de erros:

- um erro não simétrico semelhante às fronteiras determinísticas;
- um erro simétrico que captura os efeitos dos fenómenos não controlados pela empresa.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.2 Modelos paramétricos

Fronteiras paramétricas mais comuns:

- *Stochastic Frontier Approach* (SFA) que pode ser aplicada a dados *cross section* ou a dados em painel.
- *Distribution Free Approach* (DFA) que exige a disponibilidade de dados em painel.
- *Thick Frontier Approach* (TFA) que pode ser aplicada a dados *cross section* ou a dados em painel.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.3 Modelos não-paramétricos

A abordagem não-paramétrica

não estabelece uma função de produção inicial. Através de técnicas de programação linear, determina uma fronteira de eficiência a partir das empresas de “melhor prática”, sendo as empresas situadas abaixo da fronteira consideradas ineficientes.

assume que não há erros aleatórios na amostra, atribuindo todos os resíduos provenientes do processo de estimação à ineficiência.



2. Modelos de avaliação da eficiência

2.3 Modelos não-paramétricos

Fronteiras não-paramétricas mais comuns:

- *Data Envelopment Analysis* (DEA) que pode ser aplicada a dados *cross section* ou a dados em painel.
- *Free Disposal Hull* (FDH) que constitui um caso especial da metodologia DEA.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Data Envelopment Analysis (DEA)

constitui uma técnica de programação matemática linear, que converte múltiplos *inputs* e *outputs* em medidas de eficiência.

A conversão é efetuada comparando os recursos (*inputs*) utilizados e os resultados obtidos (*outputs*) em cada Decision Making Unit (DMU) relativamente a todas as outras DMU em estudo.



medida de **eficiência relativa**



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Decision Making Unit (DMU)

constituem unidades organizacionais com características semelhantes, de qualquer ramo de atividade (unidades fabris, um conjunto de escolas, bancos, hospitais, empresas, lojas, etc.).

Características semelhantes: unidades que apresentem similaridades em termos tecnológicos, atividades, produtos, serviços, objetivos sociais, etc...



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Na metodologia DEA a fronteira de eficiência é calculada com base nos dados reais das DMU em estudo e não exige uma função de produção predefinida idêntica para todas as empresas ou DMU (por isso é não-paramétrica).

Objetivo: identificar as DMU eficientes, para se avaliar os ajustamentos necessários nos *inputs* e/ou *outputs* das DMU ineficientes, de modo a que estas possam vir a atingir a eficiência.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

A metodologia DEA permite:

- calcular quantitativamente a eficiência relativa das DMU;
- identificar as fontes e quantidades de ineficiência relativa em cada DMU;
- maximizar a eficiência de cada DMU.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Tipo de resultados DEA para análise:

- Índice de eficiência (*score*);
- indicador lambda (λ) ou peso do par (*peer weight*);
- valores-objetivo (*targets*) a atingir pelas DMU ineficientes;
- Tipo de rendimentos à escala;
- Tipo de (in)eficiência (global, pura, escala,...);
- Folgas (*slacks*);
- ...



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Índices de eficiência DEA (*score*):

Eficiência máxima = 1 (equivale a 100%)

Índices inferiores a 1: representam a proporção dos recursos que são usados eficientemente.

Exemplo: uma DMU com um índice = 0,7:

- apresenta 70% de eficiência;
- desperdiça 30% dos recursos relativamente à DMU com melhores práticas da amostra sujeita às mesmas condições.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Índices de eficiência DEA (*score*):

$$E = \frac{\text{soma ponderada outputs}}{\text{soma ponderada inputs}}$$

Nota: ter um índice de eficiência de 1 não corresponde, necessariamente, a ser uma DMU eficiente em termos absolutos, mas apenas a ser mais eficiente que as outras DMU incluídas na amostra.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Índices de eficiência DEA (*score*):

- Uma DMU é considerada tecnicamente eficiente se não conseguir produzir mais qualquer um dos *outputs* ou reduzir qualquer um dos *inputs* sem reduzir outros *outputs* ou aumentar outros *inputs* (eficiência de Pareto).
- Duas DMU podem obter o mesmo índice de eficiência, mas apresentarem características muito diferenciadas, derivado de diferentes estratégias de gestão.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Lambda (λ) ou peso do par (*peer weight*):

- O valor de $\lambda_j > 0$ indica o peso ou contribuição da DMU_j (eficiente) para o cálculo dos valores objetivo a atingir pela DMU_{j0} (ineficiente) de forma a atingir a eficiência.
- A unidade que apresentar maior lambda ou peso no conjunto de unidades de referência, constitui a DMU mais comparável à DMU ineficiente;
- A DMU que for referenciada o maior número de vezes, como unidade eficiente para as outras, é considerada a DMU líder global.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Valores-objetivo (*targets*) a atingir pelas DMU ineficientes:

são calculados considerando que as DMU_{jo} (ineficientes) podem melhorar a sua *performance* de forma a atingir a eficiência, eliminando o excesso de consumo de *inputs* ou otimizando os seus níveis de *outputs*.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Vantagens da metodologia DEA:

- Não exige uma forma explícita de relacionamento entre *inputs* e *outputs* (sendo desnecessário o conhecimento detalhado do processo de produção);
- Permite a utilização de unidades de valor e grandezas distintas (unidades, euros, %, ...);
- Permite a utilização de amostras de pequena dimensão;
- Calcula os indicadores de eficiência com base em dados reais;



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Vantagens da metodologia DEA:

- Permite a definição das unidades eficientes como *benchmarks* para as unidades menos eficientes (ineficientes);
- Otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar uma fronteira linear composta pelo conjunto de unidades eficientes;
- Constitui um método multicritério de apoio à decisão, capaz de modelar a complexidade do mundo real.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Limitações da metodologia DEA:

- Grande sensibilidade dos resultados aos dados;
- Erros e imprecisões dos dados podem promover graves enviesamentos na determinação das fronteiras de eficiência e dos indicadores de eficiência;
- assume a ausência de erros aleatórios;
- as empresas de “melhor prática” são eficientes apenas em relação às outras empresas da amostra, mas poderão não ser efetivamente eficientes.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

EXEMPLO: uma empresa com 6 lojas.

Vamos iniciar a análise considerando apenas 1 variável *input* (nº empregados) e 1 variável *output* (nº transações efetuadas).

A eficiência de cada loja para transformar recursos (*inputs*) em resultados (*outputs*) seria simplesmente definida pelo seguinte rácio:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Lojas	Input nº empregados	Output nº transações	Rácio de Eficiência Output/Input
Faro	16	64.000	4.000
Albufeira	10	35.000	3.500
Lisboa	20	175.000	8.750
Porto	22	132.000	6.000
Coimbra	30	180.000	6.000
Vila Real	12	100.000	8.333

Nº de transações por empregado



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Lojas	Eficiência Relativa (Cálculo)	Rácio de Eficiência Relativa
Faro	4.000/8.750	0,457
Albufeira	3.500/8.750	0,400
Lisboa	8.750/8.750	1,000
Porto	6.000/8.750	0,686
Coimbra	6.000/8.750	0,686
Vila Real	8.333/8.750	0,952



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Lojas	Eficiência Relativa (Cálculo)	Rácio de Eficiência Relativa
Albufeira	$3.500/8.750$	0,400
Lisboa	$8.750/8.750$	1,000

de forma a igualar a *performance* de Lisboa, a loja de Albufeira terá como objetivo aumentar o número de transações de 35.000 para 87.500 de forma a obter o mesmo rácio de eficiência da loja de Lisboa (rácio *output/input* = $87.500/10 = 8.750$). Ou seja, a obter um rácio de eficiência relativa de 100%.



3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Vamos agora considerar a mesma variável *input* (nº empregados) e segmentar as vendas por dois tipos de clientes (2 variáveis *output*):

- *Input*: Número de empregados (STAFF)
- *Output* 1: Número de transações processadas a consumidores particulares (PART)
- *Output* 2: Número de transações processadas a empresas (EMP)



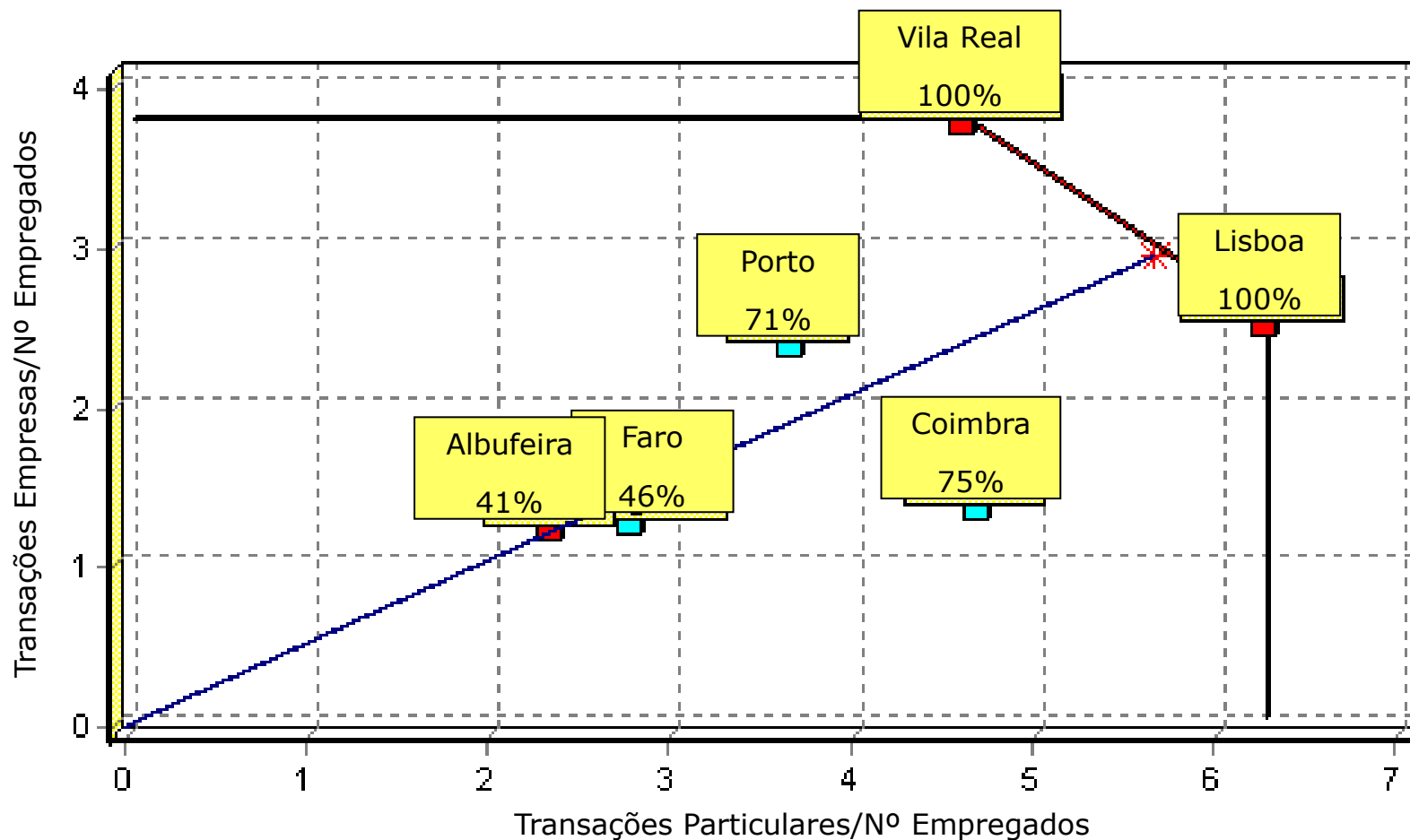
3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral

Lojas	Input STAFF	Output 1 PART	Output 2 EMP	Rácio 1 PART/STAFF	Rácio 2 EMP/STAFF
Faro	16	44.000	20.000	2.750	1.250
Albufeira	10	23.000	12.000	2.300	1.200
Lisboa	20	125.000	50.000	6.250	2.500
Porto	22	80.000	52.000	3.636	2.363
Coimbra	30	140.000	40.000	4.666	1.333
Vila Real	12	55.000	45.000	4.583	3.750

3. Análise Envoltória de Dados

3.1 Modelo geral





3. Análise Envoltória de Dados

3.2 Principais variantes: as economias de escala

Para além de avaliar a eficiência técnica, a metodologia DEA também permite avaliar as economias de escala presentes no processo produtivo:

- **Modelo CCR** (**C**harnes, **C**ooper e **R**hodes, 1978) que assume rendimentos constantes à escala, ou seja, o modelo assume que um aumento dos *outputs* é proporcional ao aumento dos *inputs* em qualquer escala de produção;



3. Análise Envoltória de Dados

3.2 Principais variantes: as economias de escala

- **Modelo tipo BCC** (**B**anker, **C**harnes e **C**ooper, 1984) que considera rendimentos variáveis à escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Este modelo assume que a eficiência de uma unidade aumenta ou diminui com o aumento da sua dimensão ou escala de produção.



3. Análise Envoltória de Dados

3.2 Principais variantes: as economias de escala

Qual o tipo de modelo a aplicar?

Correr os dois modelos (CCR e BCC) e se:

- a maioria das DMU apresentar $E_{CCR} \neq E_{BCC}$

➡ Utilizar modelo BCC

- a maioria das DMU apresentar $E_{CCR} = E_{BCC}$

➡ Utilizar modelo CCR



3. Análise Envoltória de Dados

3.2 Principais variantes: as economias de escala

Metodologia DEA avalia a eficiência técnica

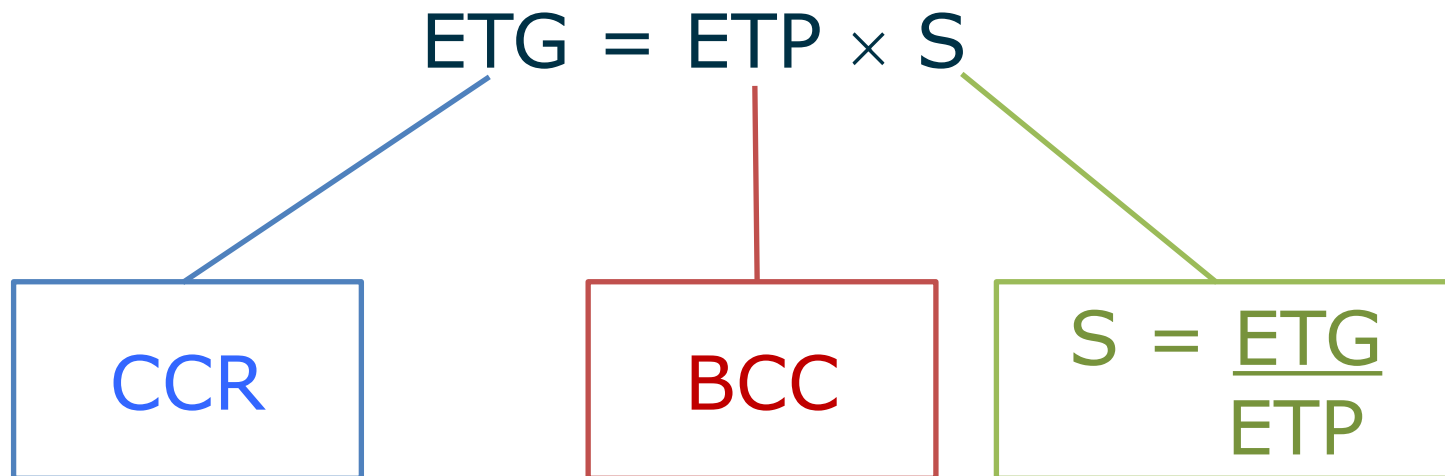
Eficiência Técnica Global (ETG): $ETG = ETP \times S$

- ETP: Eficiência Técnica Pura
reflete a (sub)utilização/desperdício de recursos
- S: Eficiência de Escala
reflete a possibilidade da DMU (não) ter optado pela escala ótima de produção, ou seja, a presença de rendimentos (não) constantes à escala.



3. Análise Envoltória de Dados

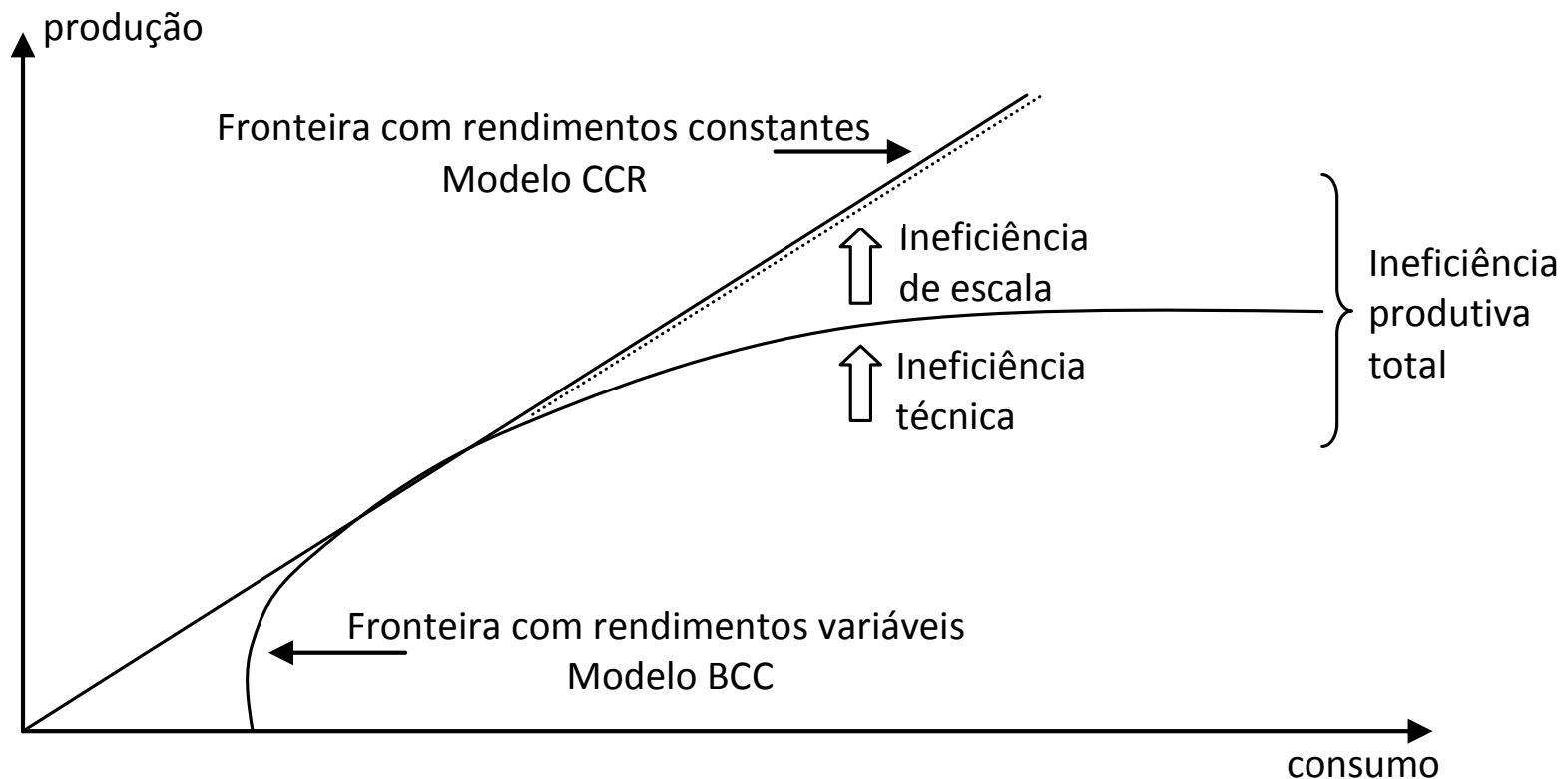
3.2 Principais variantes: as economias de escala





3. Análise Envoltória de Dados

3.2 Principais variantes: as economias de escala



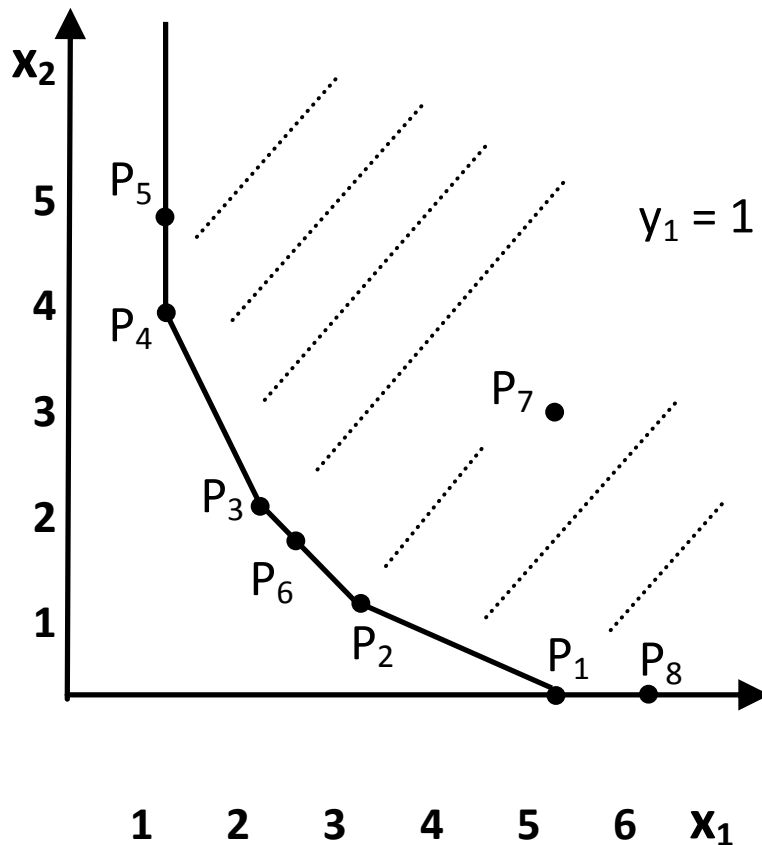


3. Análise Envoltória de Dados

3.2 Principais variantes: as economias de escala

Classificação das DMU:

- **ineficientes:**
 P_7
- **extremamente eficientes:**
 P_1, P_2, P_3 e P_4
- **eficientes:**
 P_6
- **fracas eficientes (com folgas):**
 P_5 e P_8



Modelo SBM



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Extensões dos modelos



Análises mais aprofundadas aos resultados





3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Necessidade de efetuar análises mais aprofundadas aos resultados dos modelos gerais porque:

- Manipulação dos pesos
- Falsas-eficientes do modelo BCC

Falsas-eficientes, eficientes à partida ou por defeito: DMU automaticamente consideradas eficientes pelo modelo BCC só porque registam o valor mais baixo da amostra num *input* e/ou o valor mais elevado num *output*.



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Extensões ou metodologias de análise complementar:

- níveis de super-eficiência
- fronteira invertida
- eficiência composta
- análises contexto-dependente
- modelo bietápico
- matriz de eficiências cruzadas
- (...)



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Super-eficiência

o nível de super-eficiência identifica o aumento de *inputs* e/ou a redução de *outputs* que a DMU eficiente pode suportar sem deixar de ser eficiente.

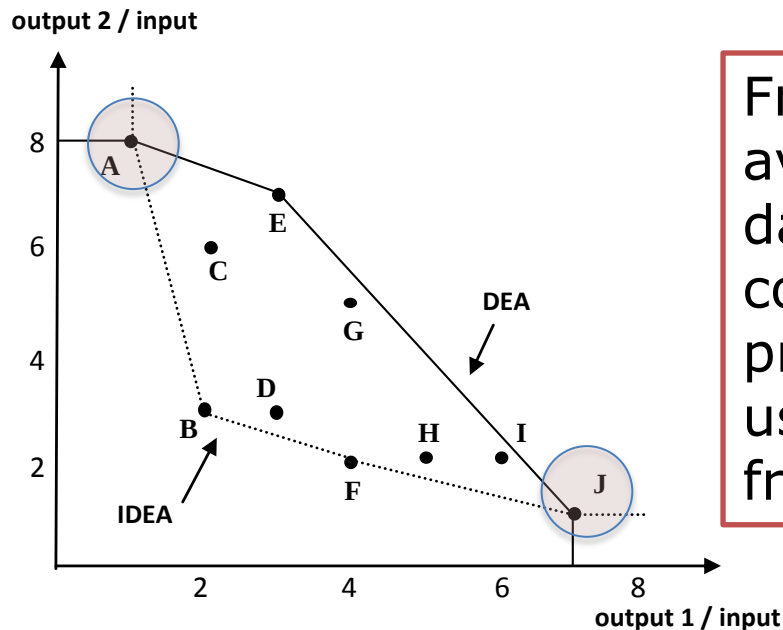
Dado que a DMU em estudo é retirada do conjunto das unidades de comparação, o nível de super-eficiência obtido pode ser superior a 100%, permitindo o desempate das DMU consideradas eficientes.

3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Fronteira invertida (Inverted DEA ou IDEA)

é baseada na inversão entre *inputs* e *outputs* e permite a identificação das DMU falsamente eficientes no modelo BCC.



Fronteiras IDEA representam uma avaliação pessimista das DMU, dado que a fronteira invertida é composta pelas DMU com as piores práticas de gestão, sendo usualmente denominada por fronteira ineficiente.



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Eficiência composta

Conjuga a fronteira padrão (DEA) com a invertida (IDEA).

Exige que uma DMU eficiente apresente um bom desempenho nas áreas em que é melhor (elevado nível de eficiência padrão) e que apresente um desempenho aceitável nas áreas em que é pior (baixo nível de eficiência invertida).



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Eficiência composta

$$\text{Eficiência composta} = \frac{\left[\text{eficiência padrão} + 1 - \text{eficiência invertida} \right]}{2}$$



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Análises contexto-dependente

permite avaliar o grau de atratividade ou de progresso de uma determinada DMU relativamente às DMU que lhe são mais similares, sendo as DMU avaliadas dentro de um determinado contexto.

O modelo contexto-dependente permite a definição de objetivos faseada.



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Análises contexto-dependente

As DMU eficientes da fronteira clássica (considerada de nível 1) são eliminadas da amostra e é estimada uma fronteira de nível 2 com as restantes DMU ineficientes.

Determinam-se sucessivas fronteiras de eficiência de nível 3, 4, (...) através da eliminação sucessiva das DMU eficientes que compõem as fronteiras dos diversos níveis.



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Atratividade

O indicador de eficiência obtido em cada nível (por exemplo: nível 1) relativamente a um nível posterior (por exemplo: nível 2) reflete a atratividade das DMU eficientes nesse nível (nível 1) relativamente às restantes DMU, ou seja, dentro de determinado contexto.



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Progresso

O indicador de eficiência obtido em cada nível, por exemplo: nível 2, relativamente a um nível anterior (nível 1) reflete o progresso necessário às DMU eficientes na fronteira de nível 2 a fim de alcançar a fronteira de eficiência de nível 1.



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Modelo bietápico

pressupõe que o processo produtivo é composto por subprocessos (ou etapas) e têm como particularidade utilizar os *outputs* do modelo da etapa 1 como *inputs* (exclusivos) do modelo da etapa 2.

As variáveis comuns aos dois modelos são denominadas, neste contexto, de medidas intermediárias (*intermediate measures*).



3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Modelo bietápico

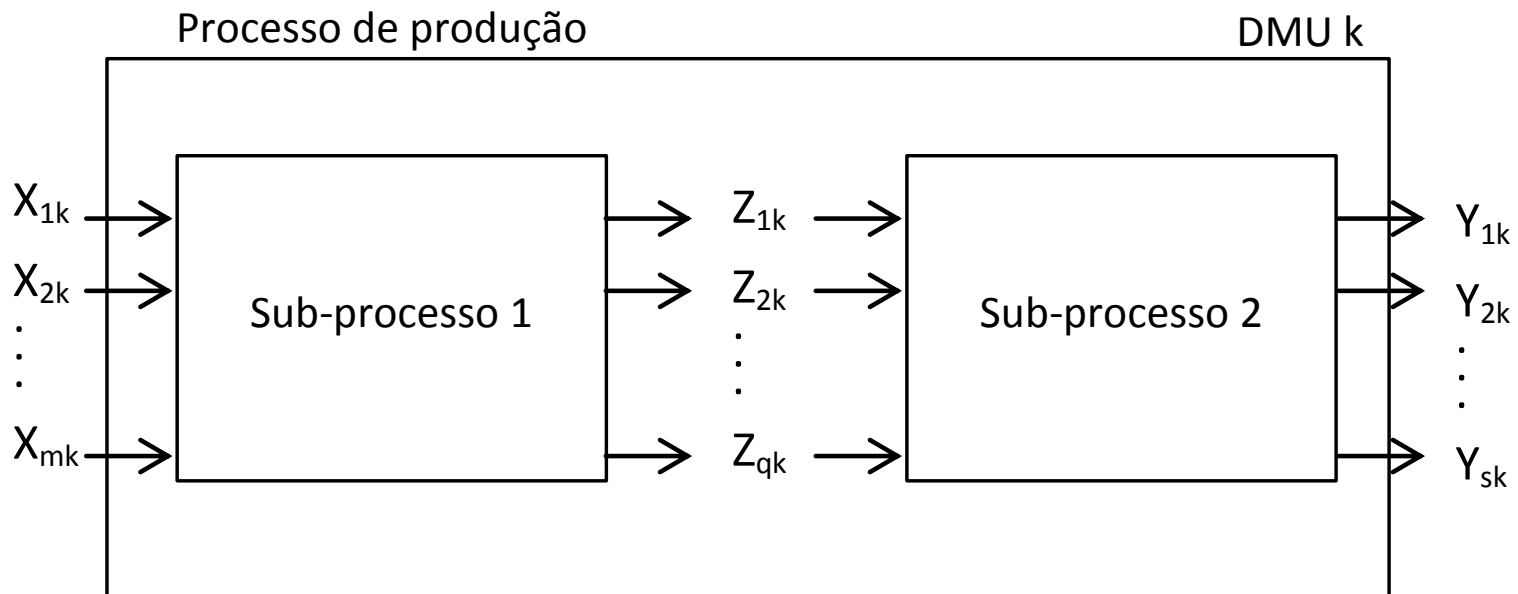
parte do pressuposto que a (in)eficiência de uma etapa influencia a (in)eficiência da outra devido à existência de medidas intermediárias comuns.

Visa a minimização da utilização dos recursos a fim de maximizar os resultados produzidos considerando a existência de uma solução ótima em que as duas etapas atingem a eficiência.

3. Análise Envoltória de Dados

3.3 Extensões dos modelos

Modelo bietápico



O índice de eficiência global constitui uma soma ponderada das eficiências das etapas individuais.



3. Análise Envoltória de Dados

3.4 Orientações dos modelos

Orientação a input (*input oriented*)

aplicado de forma a minimizar o nível de *inputs* para se alcançar um determinado nível de *outputs* objetivo.

Orientação a output (*output oriented*)

aplicado de forma a maximizar o nível de *outputs* face a um determinado nível fixo de *inputs*.



3. Análise Envoltória de Dados

3.4 Orientações dos modelos

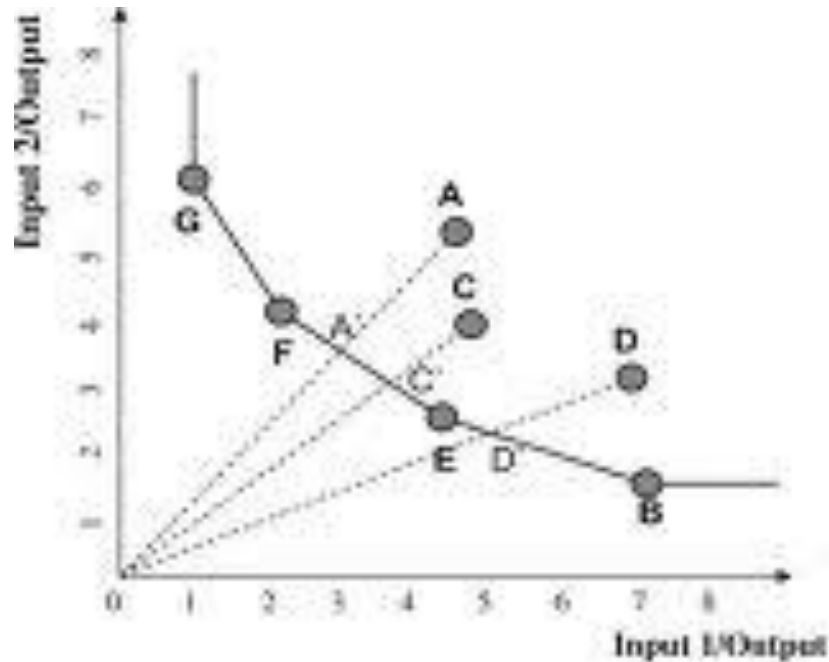
Modelo Aditivo

Permite a maximização do nível de eficiência através da otimização entre *inputs/outputs* obtendo simultaneamente a minimização do nível de *inputs* e a maximização do nível de *outputs*.

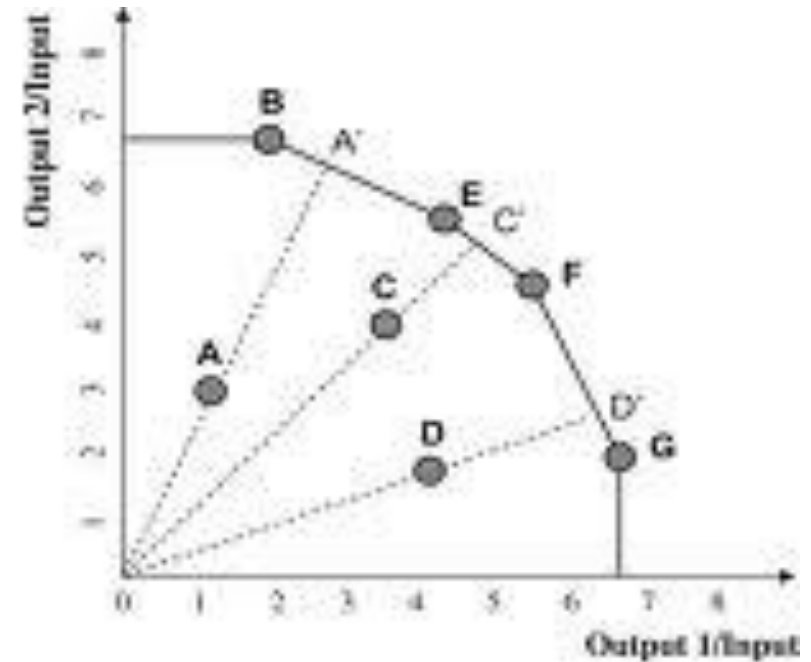
A seleção do tipo de orientação deve ser efetuada com base nos fatores (*inputs* ou *outputs*) sobre os quais a unidade detenha um maior controlo

3. Análise Envoltória de Dados

3.4 Orientações dos modelos



Orientação a Input
2 inputs e 1 output



Orientação a Output
1 input e 2 outputs



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (seleção)

As variáveis devem ser quantificáveis e podem ser expressas em diferentes unidades de medida (unidades físicas, monetárias, número, %, etc.).

As variáveis originalmente qualitativas devem assumir valores numéricos mediante uma determinada escala de conversão (tipo *dummy*).



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (seleção)

Processo de seleção 1:

A metodologia DEA presume a existência de uma relação entre os *inputs* e os *outputs*, sendo suficiente analisar uma tabela de correlações entre as variáveis que se pretendem incluir no modelo.



A correlação deve ser ELEVADA



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (seleção)

Processo de seleção 2:

- Selecionar o tipo de modelo, orientação e medida de eficiência mais adequada;
- Calcular a medida de eficiência pretendida com base num conjunto de variáveis *inputs* e *outputs*;
- Calcular a tabela de correlações entre a medida de eficiência obtida e as variáveis;
- Construir, passo a passo, o modelo de eficiência, evitando incluir no modelo variáveis que apresentem elevada correlação com outras já consideradas.



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (seleção)

Processo de seleção 3:

- Distinguir entre variáveis determinantes de eficiência e variáveis explicativas de ineficiência;
- Recorrer a análises de regressão para determinar se uma variável deve ser *input* ou *output*;
- Identificar as variáveis que deverão ser excluídas dado não acrescentarem eficiência significativa ao modelo.



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (seleção)

Processo de seleção 4:

Calcular a eficiência média de cada cenário



Calcular o número de DMU eficientes na fronteira de eficiência em cada cenário



Normalizar as escalas; calcular S_{EF} e S_{DIS} para cada cenário



Calcular S para cada cenário



Escolher o melhor cenário (com maior S)

$$S_{EF} = \frac{\text{eficiência média}}{10}$$

Qualidade do ajuste à fronteira

$$S_{DIS} = 10 \times \frac{n - N}{n - 1}$$

Poder de discriminação do modelo

$$S = S_{EF} + S_{DIS}$$



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (número)

No modelo envoltório o número de graus de liberdade aumenta com o número de DMU incluídos na amostra e diminui com o número de variáveis *input* e *output*.

Quanto maior o número de variáveis *input/output* em relação ao número de DMU, menor o poder discriminatório do modelo.

Logo:



nº variáveis



nº DMU



3. Análise Envoltória de Dados

3.5 Variáveis input / output (número)

Dimensão da amostra (nº DMU):

$$n^{\circ} \text{ DMU's} \geq n^{\circ} \text{ inputs} \times n^{\circ} \text{ outputs}$$

$$n^{\circ} \text{ DMU's} \geq 2(n^{\circ} \text{ inputs} \times n^{\circ} \text{ outputs})$$

$$n^{\circ} \text{ DMU's} \geq 2(n^{\circ} \text{ inputs} + n^{\circ} \text{ outputs})$$

$$n^{\circ} \text{ DMU's} \geq 3(n^{\circ} \text{ inputs} + n^{\circ} \text{ outputs})$$

$$n^{\circ} \text{ DMU's} \geq \max \quad n^{\circ} \text{ inputs} \times n^{\circ} \text{ outputs}, 3(n^{\circ} \text{ inputs} + n^{\circ} \text{ outputs})$$



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

SOFTWARE DEA

Suplementos do Excel:

- DEASolver (<http://www.saitech-inc.com/Products/Prod-DSP.asp>)
- DEA Frontier (<http://www.deafrontier.net/index.html>)

Específicos DEA:

- SIAD (gratuito em <http://www.uff.br/decisao/>)
- KonSi DEA Analysis (<http://www.dea-analysis.com/>)
 - versão gratuita até 75 DMU (<http://konsi-data-envelopment-analysis-75-units.soft112.com/download.html>)
- Banxia Frontier Analyst (<http://www.banxia.com/frontier/>)



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

DEASolver

Caso Prático 2 e 3.xlsx - Microsoft Excel

Base Inserir Esquema de Página Fórmulas Dados Rever Ver

Colar Área de Transferência Tipo de Letra Alinhamento Número

Calibri 11 A A

Formato Condicional Formatar como Tabela Estilos de Célula Inserir Eliminar Formatar Células

Ordenar e Filtrar Localizar e Selecionar Edição

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2	No. DMU	Score	Rank	Reference set (lambda)														
3	1	0,791	15	DMU3	0,742	DMU16	0,219	DMU20	0,040									
4	2	0,662	18	DMU3	0,711	DMU16	0,226	DMU20	0,063									
5	3	1,000	1	DMU3	1,000													
6	4	0,315	28	DMU3	0,993	DMU20	0,007											
7	5	0,087	37	DMU3	1,000													
8	6	0,639	20	DMU8	0,343	DMU20	0,578	DMU21	0,079									
9	7	0,411	25	DMU3	0,749	DMU16	0,237	DMU20	0,014									
10	8	1,000	1	DMU8	1,000													
11	9	0,435	23	DMU3	1,000													
12	10	0,287	30	DMU8	0,080	DMU16	0,276	DMU20	0,644									
13	11	0,432	24	DMU8	0,026	DMU16	0,671	DMU20	0,303									
14	12	0,803	14	DMU21	0,443	DMU28	0,557											
15	13	0,443	21	DMU3	0,443	DMU16	0,557											
16	14	0,944	9	DMU20	0,584	DMU28	0,416											
17	15	0,439	22	DMU16	0,441	DMU20	0,379	DMU24	0,180									
18	16	1,000	1	DMU16	1,000													
19	17	0,276	32	DMU3	0,905	DMU20	0,095											
20	18	0,278	31	DMU3	1,000													
21	19	0,923	10	DMU3	0,923	DMU16	0,077											
22	20	1,000	1	DMU20	1,000													
23	21	1,000	1	DMU21	1,000													
24	22	0,824	13	DMU8	0,432	DMU20	0,426	DMU21	0,142									
25	23	0,312	29	DMU3	0,762	DMU20	0,238											
26	24	1,000	1	DMU24	1,000													
27	25	0,640	19	DMU20	0,814	DMU28	0,186											

Pronto

UAGL - a... Microsoft ... Formação ... Manual da ... Caso Pratic... Caso Pratic...

11:08



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

DEAFrontier

Caso Prático 4.xlsx - Microsoft Excel

Base Inserir Esquema de Página Fórmulas Dados Revisar Ver

Colar Calibri 11 A A Moldar Texto Geral Formatação Condicional Formatar como Tabela Estilos de Célula Inserir Eliminar Formatar Células Ordenar Localizar e Filtrar Selecionar Edição

Área de Transferência Tipo de Letra Alinhamento Número

A1 Inputs

Inputs	Outputs
CP	VPS
NEMP	
NL	

DMU No.	Input-Oriented Level2(VRS) Attractiveness Context-dependent Score	Optimal Lambdas with Benchmarks				
16	infeasible					
28	infeasible					
20	8,17286	0,283 DMU15		0,717 DMU29		
24	2,80807	0,805 DMU15		0,006 DMU29	0,189 DMU30	
3	2,08026	0,211 DMU1		0,666 DMU19	0,123 DMU33	
8	1,40724	0,168 DMU1		0,832 DMU29		
21	1,26999	0,382 DMU12		0,597 DMU27	0,021 DMU35	

Progress L3 Attractiveness L3 Level2(VRS) Progress L2 Attractiveness L2 Level2(VRS) Attractiveness L1 Level1(VRS) Data

100%

11:03



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

SIAD

Sistema Integrado de Apoio à Decisão v3.0

Arquivo Editar DEA Multicritério Informações

Entrada de Dados

Matriz de Dados

B	CP	NEMP	NB	RC
ACTIVOBA	25,278.000	67.000000	2.000000	211,396.00
BAC	36,958.000	94.000000	17.000000	313,793.00
BAI	45,693.000	23.000000	2.000000	94,468.000
BANCOBIC	24,513.000	60.000000	6.000000	97,622.000
BANCOINV	55,933.000	96.000000	10.000000	99,099.000
BANIF	647,650.00	2,653.0000	356.00000	6,606,394.
BANIFINV	74,374.000	158.00000	2.000000	278,440.00
BANIFMAIS	173,541.00	381.00000	51.000000	20,495.000
BARCLAYS	74,838.000	2,276.0000	256.00000	3,605,162.
BB	21,274.000	50.000000	4.000000	79,601.000
BBVA	243,876.00	828.00000	95.000000	3,030,020.
BCP	7,220,801.	21,689.000	1,810.0000	46,307,233

Modelo
CCR (CRS)

Orientação
Input

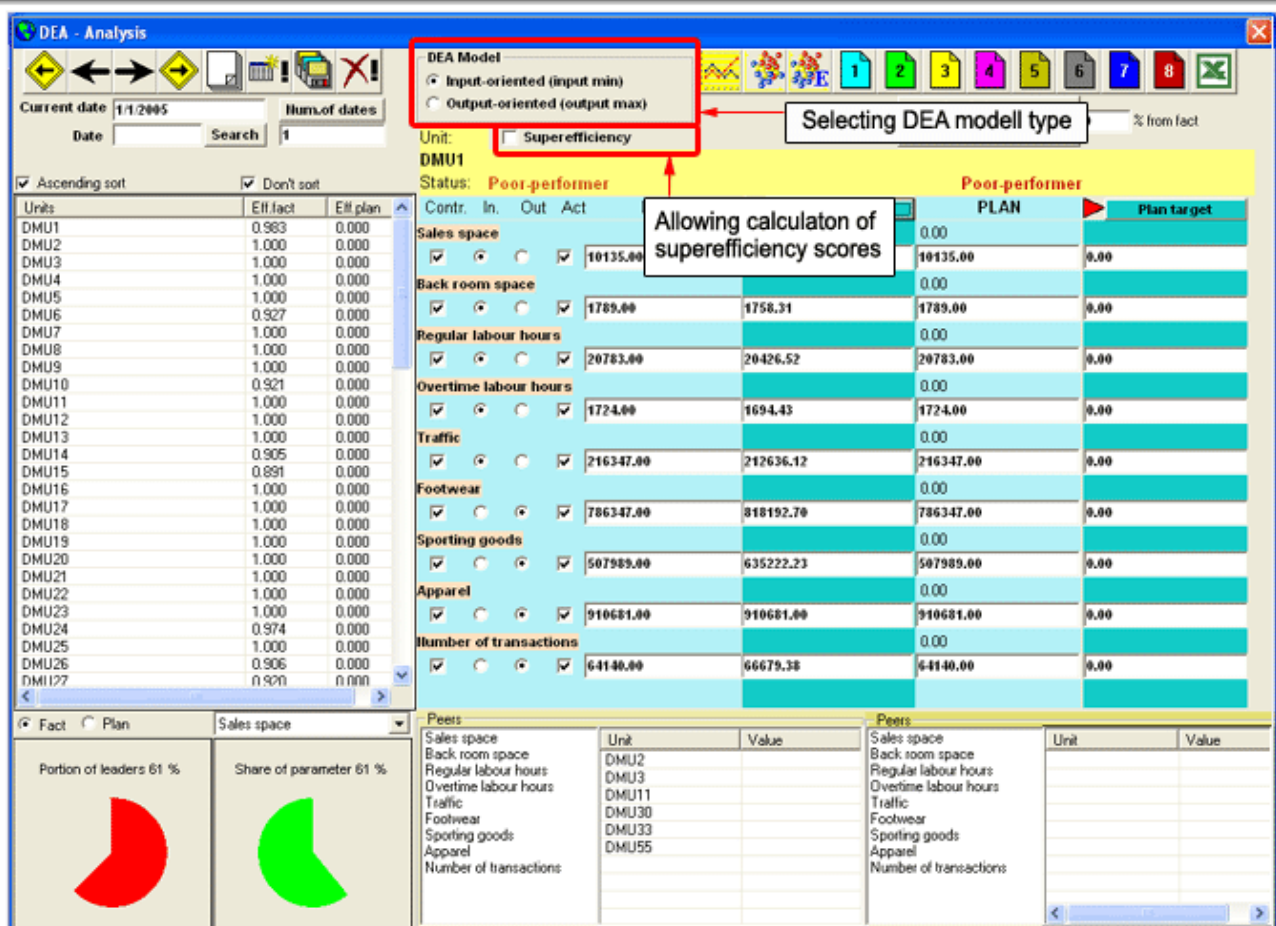
Avançado
Nenhum

Editor Salvar Cancelar Calcular Multicritério

3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

KonSi DEA Analysis



[Look description](#)



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Banxia Frontier Analyst

Efficiency Table											
Efficiency scores Summary graph Distribution											
Units	Comparison 1			Comparison 2			Comparison 3			Score summary	
Unit name	Score	Effic	Con	Score	Effic	Con	Score	Effic	Con	Max	Min
Company106	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.00	100.00
Company107	60.2%		●	60.2%		●	60.2%		●	60.18	60.00
Company108	17.8%		●	17.8%		●	17.8%		●	17.77	18.00
Company109	29.7%		●	29.7%		●	29.7%		●	29.72	30.00
Company11	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.00	100.00
Company110	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.00	100.00
Company111	14.3%		●	14.3%		●	14.3%		●	14.33	14.00
Company112	84.0%		●	84.0%		●	100.0%	✓	●	100.00	84.00
Company113	76.6%		●	76.6%		●	76.6%		●	76.66	77.00
Company114	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.00	100.00
Company115	27.4%		●	27.4%		●	27.4%		●	27.37	27.00
Company116	61.0%		●	61.0%		●				61.00	61.00
Company117	26.2%		●	26.2%		●	26.2%		●	26.17	26.00
Company118	76.2%		●	76.2%		●	76.2%		●	76.22	76.00
Company119	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.0%	✓	●	100.00	100.00
Company12	49.7%		●	49.7%		●	49.7%		●	49.71	50.00
Company120	62.3%		●	62.3%		●	62.5%		●	62.48	62.00
Company121	53.0%		●	53.0%		●	53.0%		●	53.00	53.00
Company122	76.8%		●	76.8%		●	76.8%		●	76.76	77.00
Company123	30.6%		●	30.6%		●	30.9%		●	30.99	31.00
Company124	46.0%		●	46.0%		●	46.0%		●	46.00	46.00
200 units	Min: 7.43			Min: 7.43			Min: 7.43				



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Caso Prático 1

Seleção de variáveis input/output

- . Ativo Fixo
- . Capital Próprio
- . Nº Empregados
- . Nº Lojas
- . Gastos com Pessoal
- . Gastos de Estrutura
- . Vendas



- . Nº Empregados
- Ou
- . Gastos de Estrutura



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Caso Prático 2

Modelos Gerais CCR e BCC

DEASolver

Setor: Retalho alimentar

. Capital Próprio (CP)
. Nº empregados (NEMP)
. Nº lojas (NL)



. Vendas e Prestação
de Serviços (VPS)



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Caso Prático 3

Modelo da Super-eficiência

DEASolver

Setor: Retalho alimentar

. Capital Próprio (CP)
. Nº empregados (NEMP)
. Nº lojas (NL)



. Vendas e Prestação
de Serviços (VPS)



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Caso Prático 4

Modelo Contexto-dependente

DEA Frontier

Setor: Retalho alimentar

. Capital Próprio (CP)
. Nº empregados (NEMP)
. Nº lojas (NL)



. Vendas e Prestação
de Serviços (VPS)



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Caso Prático 5

Modelo IDEIA (invertido) e Composto

SIAD

Setor: Tecnologias (TIC)

. Gastos Estrutura (GE)
. Investimento em I&D (ID)



. Venda Produtos (V)
. Prestação Serviços (PS)



3. Análise Envoltória de Dados

3.6 Exemplos de aplicações práticas

Caso Prático 6

Modelo Bietápico

DEA Frontier

Setor: Prestação de Serviços Turísticos

. Ativo Fixo (AF)
. Nº Empregados (NEMP)
. Postos Atendimento (NPA)



. Nª Clientes (CL)



. Vol Negócios (VN)
. VAB
. Valor Criado (VCA)



Obrigado