



24º Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional de
Saneamento e Meio Ambiente

Análise da eficiência técnica das Unidades de Negócio da Sabesp Um Estudo apoiado em DEA

Alba V. M. Amaral Rocha – PPGCC FEA-USP/ Sabesp

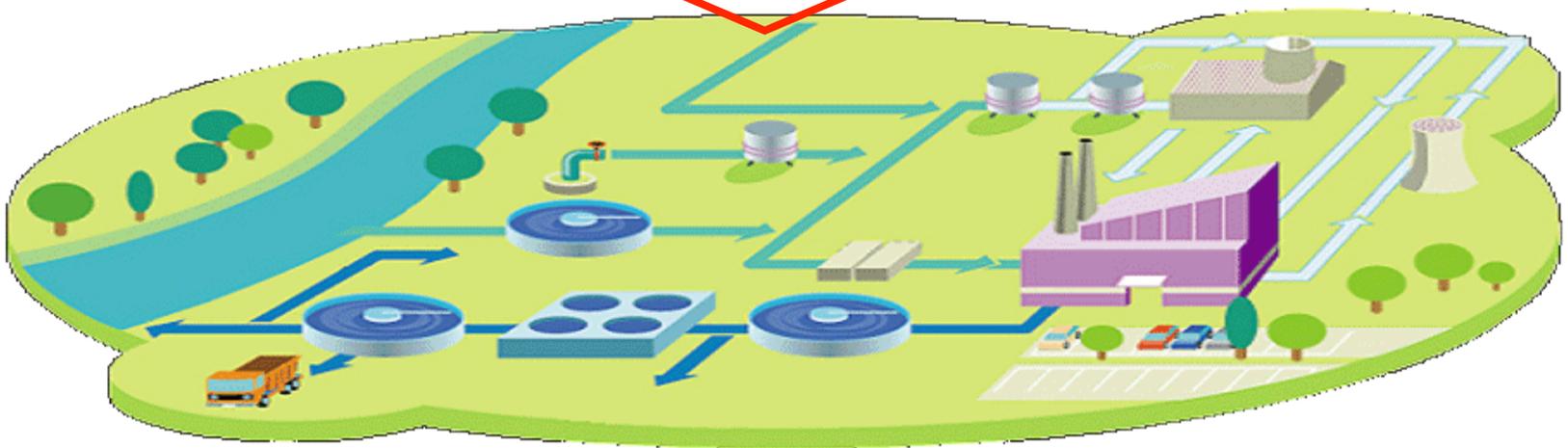
albarocha@sabesp.com.br

Marcelo Álvaro da S. Macedo – FACC/UFRJ

malvaro@facc.ufrj.br

Luiz João Corrar PPGCC FEA-USP

corrar@terra.com.br



CIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SP



OBJETIVOS DO ESTUDO

AVALIAR O DESEMPENHO DAS UNIDADES DE NEGÓCIO DA SABESP UTILIZANDO A FERRAMENTA **DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)**

Ambiente regulatório: agente regulador como mediador entre o direito de servir (prestador) e o de ser servido (consumidor).

Indicadores monocriteriais para medir **eficácia** (BSC);

X

Indicadores multicritério para medir **eficiência** (DEA);



PROJETO TIETÊ III



PROGRAMA
ONDA LIMPA



EFICAZ
EFICIÊNCIA OPERACIONAL
NA REDUÇÃO DE PERDAS



Introdução: Regulação em setores de infraestrutura

Monopólio Natural

Conceito segundo o qual para uma determinada dimensão da demanda só há espaço para uma única firma produzir em condições de eficiência.

Ativos Específicos

Não possuem mercado secundário e envolvem custos muito elevados.

Regulação

Pode ser vista como um **contrato em nível coletivo** implícito (prestador e AR), o qual rege os contratos individuais (prestador x cliente).

Problema:

Aumentar a proteção do direito de servir do prestador (diminuindo a atratividade do contrato para os consumidores); **X** aumentar a proteção do direito dos consumidores (aumentando os custos para o prestador).

Desafio da AR: determinar uma proteção adequada para ambos.



Introdução: Regulação em setores de infraestrutura



REGULAÇÃO

üEstabelece um modelo de governança que diminui a incerteza e aumenta as chances de entrada de capital privado.



Regulação e Assimetria da Informação

A definição da tarifa

üSe uma empresa tem ineficiências, qual a melhor configuração de gastos, depreciação e valoração dos ativos para determinar o nível de receitas a serem geradas pela tarifa?

üIdealmente as tarifas só deveriam reconhecer os custos eficientes da empresa;

Problema:

Como conhecer esses custos dada a assimetria de informação (AR x prestador)?

vNecessário um mecanismo.

Mecanismo (requerimentos):

üDeverá determinar custos eficientes potencialmente;

üDeverá proporcionar incentivo para que o prestador se esforce para melhorar sua eficiência.



Indicadores



Indicadores

- ü Sintetizam fenômenos tanto em termos quantitativos quanto qualitativos;
- ü Sua construção pressupõe referencial teórico;
- ü Permitem comparabilidade em vários níveis;
- v Muito utilizados para medir desempenho.

Problema

Como estabelecer um indicador multicritério que sintetize a medição tanto da **eficácia** das ações (indicadores operacionais que atuam como direcionadores estratégicos) quanto a **eficiência** das unidades com relação ao seu nível de recursos?



Modelo multicritério para avaliar desempenho

Avaliação de Desempenho

ü Processo que gera uma informação gerencial e serve para controlar processos e avaliar o custo dos produtos e a qualidade da gestão;

ü Um sistema de AD consiste num conjunto de métricas para quantificar a eficiência e a eficácia das ações da empresa;

ü O julgamento do sucesso depende dos critérios adotados.

ü Que indicadores usar?

Ferramentas ou sistemas de apoio:

ü A Sabesp utiliza o BSC como ferramenta de apoio ao planejamento estratégico; mas como tomar uma decisão com base no desempenho das unidades sob análise tendo-se vetores monocriteriais?

ü Métodos Multicritério de Apoio à Decisão podem ser úteis. Entre os mais utilizados, a DEA vem se destacando em vários setores.



Data Envelopment Analysis (DEA)

DEA

• Metodologia quantitativa empírica não paramétrica;

• Trabalho de Farrell (1957), que distingue a eficiência técnica da eficiência de preços.

• Utiliza conceitos de programação linear.

• Desenvolvida para avaliar comparativamente a eficiência de unidades produtivas considerando outros aspectos além do financeiro.

O Modelo CCR:

• Desenvolvido em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes, é também chamado CRS (*Constant Return Scale*);

• Cada unidade avaliada é uma DMU (*Decision Making Unit*)

• Cada DMU é uma unidade de produção que utiliza n *inputs* (x) para produzir m *outputs* (y) e “escolhe” os pesos para cada variável (entrada/saída) que lhe for mais benevolente.

• **Restrição:** os pesos tem que ser $>$ ou igual a 0 e aplicados às outras DMUs não podem gerar uma razão > 1 .



Data Envelopment Analysis (DEA)

Vantagens da metodologia

ü Tem base em observações individuais;

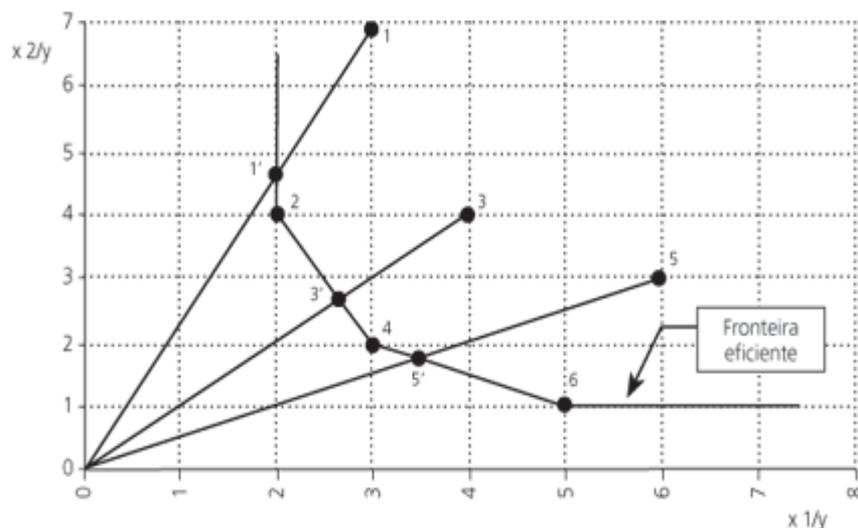
ü Utiliza simultaneamente vários insumos/produtos com diferentes unidades de medida;

ü Pode ser ajustada a variáveis exógenas;

ü É livre de valores e não requer especificação de pesos ou preços de insumos e produtos;

ü Não há necessidade de definir o formato da função (Cobb Douglas, CES, Translog, etc.)

Figura 1: Fronteira das DMUs eficientes



- ü É pareto eficiente;
- ü Pode incorporar julgamentos;
- ü Produz estimativas específicas das mudanças almejadas para as DMUs abaixo da fronteira.



Data Envelopment Analysis (DEA)

Desvantagens

üA análise é sensível a ruídos como erro de medição e *outliers*;

üQuanto maior o número de variáveis, maior também a chance de mais unidades atingirem a fronteira;

üComo é não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas;

üComo resolve um programa linear para cada unidade sob análise, problemas extensos podem levar muito tempo;

$$\max h_o = \sum_{j=1}^m u_j y_{jo}$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, \dots, s$$

ü Como está baseada nos dados observados e não no ótimo ou desejável, estima bem o desempenho relativo, mas converge muito vagarosamente para o desempenho absoluto.



PRESSUPOSTOS E METODOLOGIA

Pressupostos

ü**Comparabilidade:** as DMUs (unidades sob avaliação) têm que ser comparáveis em termos de tarefas e objetivos;

ü**Condições de mercado:** têm que ser as mesmas para todas as DMUs;

ü**Variáveis:** os insumos e produtos têm que ser os mesmos exceto quanto à magnitude.

Metodologia

ü**DMUs:** as 15 unidades de negócio da Sabesp;

ü**Variáveis:** 5, sendo 2 *inputs* (Despesas Operacionais de Pessoal e Serviços e Investimentos, ambos em milhões de R\$); e 3 *outputs* (aumento de ligações de A/E em %; aumento do volume faturado de A/E em m³ e aumento da arrecadação em milhões de R\$).

ü**Período:** acumulado em dez/2011 x acumulado em dez/2010.



DADOS

DMU	Input 1 Pessoal+Serviços 2011	Input 2 Investimentos 2011	Output 1 Aumento Lig. (A/ E) 2011/2010	Output 2 Aumento Vol. Faturado A/E 2011/2010	Output 3 Aumento Arrec. 2011/2010
M1	194.323	72.700	1,4%	10.366	99.604
M2	171.474	86.989	2,5%	10.777	52.014
M3	174.768	118.952	3,1%	12.471	76.951
M4	145.660	81.951	3,0%	13.695	49.244
M5	151.117	65.491	3,6%	13.538	74.331
R1	60.686	6.902	7,5%	9.597	18.059
R2	131.789	19.502	2,6%	11.706	31.361
R3	88.337	28.170	4,0%	733	5.749
R4	72.102	8.120	2,2%	4.108	13.280
R5	82.549	12.724	2,7%	16.993	13.707
R6	92.475	12.803	1,3%	2.201	12.941
R7	79.037	13.531	2,6%	4.681	10.758
L1	156.476	29.910	6,1%	3.778	64.498
R8	35.562	7.537	3,1%	486	3.012
L2	46.363	8.387	7,1%	1.951	7.687



RESULTADOS: EFICIÊNCIA DE
CADA DMU

DMU	Eff
M1	1,000000
M2	0,645365
M3	0,887556
M4	0,809706
M5	1,000000
R1	1,000000
R2	0,708378
R3	0,316701
R4	0,625062
R5	1,000000
R6	0,414683
R7	0,408276
L1	1,000000
R8	0,571419
L2	1,000000

Ranking

DMU	Posição	Eff
M1,M5,R1,R5, L1 e L2	1º	1,000000
M3	2º	0,887556
M4	3º	0,809706
R2	4º	0,708378
M2	5º	0,645365
R4	6º	0,625062
R8	7º	0,571419
R6	8º	0,414683
R7	9º	0,408276
R3	10º	0,316701



Valores-alvo e melhorias necessárias

DMU	Ideal Values / Targets					Changes Needed				
	Inputs		Outputs			Inputs		Outputs		
	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3
M1	R\$ 194.323	R\$ 72.700	1,36%	10.366	99.604	Efficient DMU				
M2	R\$ 110.663	R\$ 45.886	2,68%	10.777	52.014	-35,46%	-47,25%	5,93%	0,00%	0,00%
M3	R\$ 155.116	R\$ 65.354	3,14%	12.753	76.951	-11,24%	-45,06%	0,00%	0,00%	0,00%
M4	R\$ 117.941	R\$ 43.599	3,04%	13.695	49.244	-19,03%	-46,80%	0,33%	0,00%	0,00%
M5	R\$ 151.117	R\$ 65.491	3,57%	13.538	74.331	Efficient DMU				
R1	R\$ 60.686	R\$ 6.902	7,47%	9.597	18.059	Efficient DMU				
R2	R\$ 93.356	R\$ 13.815	6,57%	11.706	31.361	-29,16%	-29,16%	125,86%	0,00%	0,00%
R3	R\$ 27.796	R\$ 4.495	4,01%	1.422	5.749	-68,33%	-68,33%	0,00%	94,00%	0,00%
R4	R\$ 44.626	R\$ 5.076	3,27%	7.057	13.280	-37,49%	-37,49%	47,30%	71,79%	0,00%
R5	R\$ 82.549	R\$ 12.724	2,71%	16.993	13.707	Efficient DMU				
R6	R\$ 38.347	R\$ 5.309	1,30%	4.276	12.941	-58,53%	-58,53%	76,15%	94,28%	0,00%
R7	R\$ 32.268	R\$ 5.524	2,60%	4.681	10.758	-59,17%	-59,18%	29,62%	0,00%	0,00%
L1	R\$ 156.476	R\$ 28.910	6,09%	3.778	64.498	Efficient DMU				
R8	R\$ 20.321	R\$ 3.676	3,09%	855	3.369	-42,86%	-51,23%	0,00%	75,93%	11,85%
L2	R\$ 46.323	R\$ 8.387	7,05%	1.951	7.687	Efficient DMU				



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ü A DEA potencializa a utilização dos indicadores na medida em que agrega os conceitos de eficiência técnica e eficácia;
- ü A DEA pode ser muito útil no ambiente regulatório como ferramenta gerencial para subsidiar ou direcionar os esforço da gestão no sentido em que relaciona desempenho e custos.
- ü Os resultados são válidos apenas para a configuração apresentada (unidades, variáveis e período);
- ü Trata-se de estudo exploratório; a implementação da ferramenta demandaria um refinamento do modelo, com acréscimo de pelo menos mais um estágio para ajuste do *score* de eficiência obtido, acrescentando-se ao modelo variáveis que influenciam a eficiência e não são controladas pelo gestor.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. .Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. v. 30, n. 9, 1078-1092. 1984.
2. CHARNES, A.; COOPER, W.W. Programming with linear fractional functionals, *Naval Research Logistics Quarterly*, v. 9, p. 181-185, 1962.
3. CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. v. 2, n. 6, 429-444. 1978.
4. CHEN, T.; CHEN, L. DEA performance evaluation based on BSC indicators incorporated: The case of semiconductor industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*. v. 56, n. 4, p. 335-357, 2007.
5. CORRAR, L. J. *Indicadores de Desempenho de Empresas de Saneamento Básico*. 1981. Dissertação de Mestrado em Controladoria e Contabilidade, FEA-USP, São Paulo.
6. EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and *Balanced Scorecard* approach. *Omega*, v. 36, n. 5, p. 895-912, 2006.
7. ESPOSTO; K. F.; GEROLAMO, M. C.; RENTES, A. F. Sistema de Medição de Desempenho - Uma Proposta Conceitual. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. *Anais do XXII ENEGEP*. Curitiba: ABEPRO, 2002. 1 CD.



8. FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. v. 120, series A, n. 3, p.253-290, 1957.
9. FERRAZ, C. A.; MARTINS, R. A. Um Método Abrangente para o Diagnóstico da Medição de Desempenho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. *Anais do XXII ENEGEP*. Curitiba: ABEPRO, 2002. 1 CD.
10. FREZATTI, F.; ROCHA, W.; NASCIMENTO, A. R.; JUNQUEIRA, E. *Controle Gerencial*. São Paulo: Atlas, 2009.
11. GOLDBERG, Victor. P. Regulation and Administered Contracts. *The Bell Journal of Economics*, Vol. 7 N. 2, Autumm, 1976).
12. GOMES, L. F. A. M.; GONZALEZ-ARAYA, M. C.; CARIGNANO, C. *Tomada de decisões em cenários complexos*. Rio de Janeiro: Pioneira Thompson Learning. 2004.
13. GOMEZ-LOBO, A. Determinación de la eficiencia operativa em la regulación de monopolios naturales: El uso de información de consultores versus competencia por comparaciones. Documento de Trabajo N. 204, Departamento de Economía, Universidad de Chile, diciembre 2003.
14. JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. *Relevance Lost: The Raise and Fall of Management Accounting*. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
15. KASSAI, S., *Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis*. 2002. Tese de Doutorado PPGCC, FEA-USP, São Paulo.



16. LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. *Análise Envoltória de Dados e perspectiva de integração no ambiente de apoio à decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.
17. MACEDO, M. A. S.; BARBOSA, A. C. T. A. M.; CAVALCANTE, G. T. Desempenho de Agências Bancárias no Brasil: aplicando Análise Envoltória de Dados (DEA) a indicadores relacionados às perspectivas do BSC. *Revista Economia & Gestão (E&G)*. v. 19, n. 19, p. 19-29, 2009.
18. MACEDO, M. A. S.; CAVALCANTE, G. T. Performance de Agências Bancárias: aplicando DEA a múltiplas perspectivas do desempenho. *Revista Contemporânea de Contabilidade (RCC)*. v. 12, n. 1, p. 87-108, 2009.
19. MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G., ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistem Integrado de Apoio à Decisão): A Software Package for a Envelopment Analysis Model. *Pesquisa Operacional*, v.25, n. 3, p.493-503, 2005.
20. NIEDERAUER, C. A. P. *Avaliação dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia da Produção utilizando Data Envelopment Analysis*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
21. NIEDERAUER, C. A. P., *Ethos: Um Modelo para Medir Produtividade Relativa de Pesquisadores Baseado na Análise por Envoltória de Dados*. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.



22. RICKARDS, R. Setting benchmarks and evaluating *Balanced Scorecards* with Data Envelopment Analysis. *Benchmarking: An International Journal*. v. 10, n.3, p. 226-245, 2003.
23. ROCHA, A. M. C.; CARNEIRO, J.; SILVA, J. F.; HEMAIS, C. A. *Mensuração do desempenho organizacional: questões conceituais e metodológicas*. In: GUTIERREZ, M.; BERTRAND, H. (Orgs.). *Estudos em Negócios IV*. 1 ed. Rio de Janeiro: Mauad, 2005, v. 1, p. 58-79.
24. SANTOS, A.; CASA NOVA, S. P. C. Proposta de um Modelo Estruturado de Análise de Demonstrações Contábeis. *RAE-eletrônica*. v. 4, n. 1, art. 8, 2005. Disponível em: <<http://www.rae.com.br/eletronica>>. Acesso em: 13 jan. 2008.
25. SOARES DE MELLO, J. C. C. B., MEZA, L. A., GOMES, E.G., BIONDI NETO, L. Curso de Análise Envoltória de Dados. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37, 2005, Gramado. *Anais do XXXVII Simpósio de Pesquisa Operacional*. Rio Grande do Sul: SBPO, 2005.
26. VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
27. WANG, J.; COLLEGE, H. Corporate Performance Efficiency Investigated by Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard. *Journal of American Academy of Business*, v. 9, n. 2, p. 312-318, 2006.

O B R I G A D A !