



Carlos Eduardo Tavares de Castro

Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envoltória de Dados (DEA)

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio.

Orientador: Leonardo Junqueira Lustosa

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2003



Carlos Eduardo Tavares de Castro

Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envoltória de Dados (DEA)

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Leonardo Junqueira Lustosa

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Carlos Eduardo Frickmann Young

Instituto de Economia - UFRJ

Prof. Eugênio Kahn Epprecht

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Marcos Thadeu Abicalil

Coordenador do PMSS - IPEA

Prof. Ney Augusto Dumont

Coordenador Setorial do

Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 18 de fevereiro de 2003

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Carlos Eduardo Tavares de Castro

Graduou-se em Engenharia Civil pela UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora - em 1998. cursou pós-graduação, nível especialização, em Gestão Estratégica em Finanças na Faculdade Machado Sobrinho/PRISMA, concluindo em setembro de 1999. Trabalhou na área Comercial em empresa de armazenagem industrial, atuou nas áreas de Planejamento e de Informações Gerenciais em banco de varejo e atualmente presta assessoria na parte de Planejamento Financeiro e Organizacional em uma companhia de saneamento.

Ficha Catalográfica

Castro, Carlos Eduardo Tavares de

Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA) / Carlos Eduardo Tavares de Castro; orientador: Leonardo Junqueira Lustosa. - Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2003.

[13], 95 f. : il.; 30 cm

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Saneamento. 3. Empresas de água. 4. Avaliação de eficiência. 5. Análise da envoltória de dados. 6. DEA. 7. Programação Matemática. I. Lustosa, Leonardo Junqueira. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título

CDD: 658.5

Ó Deus, obrigado pela família que tenho...
Aos meus pais: minha eterna gratidão!

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Leonardo Junqueira Lustosa, pelo incentivo, paciência e orientação valiosa em todos os momentos.

A CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não teria sido realizado.

Aos membros da Banca Examinadora, Professor Carlos Eduardo Frickmann Young, Professor Eugênio Kahn Epprecht e Professor Marcos Thadeu Abicalil, pelo tempo dedicado a essa pesquisa e a disponibilidade em participar da defesa.

Aos amigos Alexandre, Marcelo e Marcos por terem ajudado a tornar os momentos mais difíceis em bons dias vividos na PUC-Rio.

Aos colegas da turma 2001/2002 do Mestrado em Engenharia de Produção que, a maneira de cada um, tiveram participação importante em todo esse tempo.

A Companhia de Saneamento Municipal – CESAMA – por ter aberto as portas para que esse trabalho fosse realizado.

Aos novos amigos da CESAMA, Francisco, Mário, Neide, Paulo e Vânia, minha gratidão por toda ajuda e paciência dispensada.

A Letícia, pelo incentivo, carinho e amor sinceros, sobretudo por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, bem como nos de maior alegria.

Aos meus tios, Lucineli e Argemiro, que mais uma vez me receberam de braços abertos, fazendo de sua casa a minha também.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Industrial, que com sua estrutura, capacidade e boa vontade nos auxiliaram integralmente por 24 meses.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

Castro, Carlos Eduardo Tavares de; Lustosa, Leonardo Junqueira. **Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envolvória de Dados (DEA)**. Rio de Janeiro, 2003. 108p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta dissertação teve como objetivo principal verificar a aplicabilidade da metodologia de análise de envoltória de dados - DEA (*Data Envelopment Analysis*) - ao setor de saneamento, avaliando a eficiência das 71 maiores empresas prestadoras de serviços de água e esgoto no Brasil, segundo o número de ligações ativas de água. Adicionalmente, foi gerada uma ordenação das empresas segundo suas eficiências relativas e procurou-se indicar o aumento mínimo necessário, em cada tipo de produto, que as empresas consideradas ineficientes teriam que realizar para se tornarem eficientes.

O trabalho apresenta um breve histórico do setor de saneamento no País, desde o início das primeiras empresas até o projeto atual de modernização. Descrevem-se também os conceitos e modelos básicos da DEA, necessários para entendimento do texto.

A DEA foi aplicada aos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Os resultados são interpretados buscando-se ressaltar o potencial da metodologia para obtenção de indicadores de desempenho úteis para órgãos formuladores de políticas públicas e agências de financiamento. Análises adicionais foram feitas buscando testar a validade dos modelos, detectar a presença de economias de escala e avaliar a robustez dos resultados.

Concluiu-se que a metodologia pode ser adequadamente empregada para análise do setor e auxiliar as políticas de concessão de financiamentos, oferecendo indicações iniciais para o estabelecimento de metas para melhorias.

Palavras-chave

Saneamento; empresas de água; avaliação de eficiência; análise da envoltória de dados; DEA; programação matemática.

Abstract

Castro, Carlos Eduardo Tavares de; Lustosa, Leonardo Junqueira (Advisor). **Assessing Managerial Efficiency of Brazilian Water and Sewage Companies via Data Envelopment Analysis**. Rio de Janeiro, 2003. 108p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This thesis seeks to test the applicability of the DEA (Data Envelopment Analysis) methodology for assessing the managerial efficiency of Brazilian water and sewage companies. This objective was pursued by evaluating the efficiency of the 71 largest companies of water services in Brazil, in terms of the number of properties served. Additionally, the companies were ranked according to their relative efficiency, and for each inefficient company it was estimated how much increase in each one of the outputs would be necessary for rendering it efficient.

The text presents a brief history of the sanitation sector in Brazil, and reviews the basic DEA concepts and models necessary for understanding the analyses.

The DEA was performed on the data collected by the Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brazilian National Sanitation Information System). The results were interpreted stressing the potential of DEA for generating performance indicators useful for public policies and funding agencies. Further analyses were made in order to test the validity of the model, detect likely economies of scale and to assess the robustness of the results.

The results suggest that DEA can be adequate for analyzing the target industry, and for contributing to public policy formation and funding decisions by offering relevant indicators for setting improvement goals.

Keywords

Sanitation; water companies; efficiency analysis; data envelopment analysis; DEA; Mathematical programming.

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Objetivos	14
1.2	Relevância	15
1.3	Delimitação	16
1.4	Organização do Trabalho	16
2	Antecedentes: o Sistema de Saneamento Brasileiro e a DEA	18
2.1	O Saneamento no Brasil	18
2.1.1	Panorama Setorial	18
2.1.2	O Papel do Governo	21
2.1.3	Principais Atores do Saneamento Nacional	22
2.1.4	Fontes de Financiamento	24
2.1.5	O Projeto para Modernização do Setor	26
2.2	A Análise Envoltória de Dados (DEA – <i>Data Envelopment Analysis</i>)	27
2.2.1	Introdução	27
2.2.2	O Conceito de DEA - <i>Data Envelopment Analysis</i>	29
2.2.3	Evolução e História	32
2.2.4	A Função de Produção	33
2.2.5	Eficiência Produtiva	34
2.2.6	Modelo DEA-CCR (Charnes, Cooper e Rhodes)	36
2.2.7	Modelo DEA-BCC (Banker, Charnes e Cooper)	41
2.2.8	Definição das Unidades Tomadoras de Decisão – DMU`s	44
2.2.9	Definição das Variáveis – <i>Inputs</i> e <i>Outputs</i>	46
2.2.10	Orientação dos Modelos DEA	48
3	Revisão Bibliográfica	49
3.1	Saneamento e Indicadores de Desempenho	49
3.2	A Técnica DEA Aplicada aos Serviços de Água e Esgoto	50

4	Metodologia	56
4.1	Apresentação	56
4.2	Universo e Amostra	58
4.3	Levantamento dos Dados	59
4.4	Aplicação do Método	60
4.5	Limitações do Método	61
5	Aplicação da DEA	62
5.1	Definição e Seleção das Unidades	62
5.2	Definição das Variáveis	63
5.3	Escolha dos Modelos e das Variáveis	63
5.4	A Aplicação do Modelo DEA ao Estudo de Caso	73
6	Conclusões	94
7	Pesquisas Futuras e Considerações Finais	97
8	Referências Bibliográficas	99
	Apêndice I – Relação das Empresas Analisadas	103
	Apêndice II – Descrição das Variáveis Utilizadas	104
	Apêndice III - Quadros de Correlações e Regressões	105
	Apêndice IV – <i>Ranking</i> de Eficiência para DEA-CCR	108

Lista de figuras

Figura 1 - Comparação de DEA com Análise de Regressão (Adaptado de Charnes et al., 1994)	30
Figura 2 - Projeção da DMU na fronteira eficiente (Adaptado de DEA Tutorial, 2002)	31
Figura 3 – Eficiência Input-Orientada	35
Figura 4 - Eficiência Output-Orientada	36
Figura 5 – Comparação entre CRS e VRS (Adaptado de Tutorial in DEA, 2002)	44

Lista de gráficos

Gráfico 1 - Resultado de Eficiência	77
Gráfico 2 - Frequência das Unidades de Referência	78
Gráfico 3 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Volume de Água Consumido	78
Gráfico 4 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Extensão da Rede de Água	80
Gráfico 5 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Qtde de Ligações Ativas de Água	81
Gráfico 6 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Qtde de Ligações Ativas de Esgoto	82
Gráfico 7 - Resultado de Eficiência sem a DMU C27	84
Gráfico 8 - Frequência das Unidades de Referência sem a DMU C27	85
Gráfico 9 - Alterações nos Índices de Eficiência sem a DMU C27	86
Gráfico 10 - Alterações nos Índices de Eficiência sem a DMU C1	87
Gráfico 11 - Resultado de Eficiência sem a Variável Ligações Ativas de Esgoto	89
Gráfico 12 - Resultado de Eficiência para Empresas Regionais	90
Gráfico 13 - Frequência das Unidades de Referência - Grupo Regional	91
Gráfico 14 - Resultado de Eficiência para Empresas Locais	92
Gráfico 15 - Frequência das Unidades de Referência - Grupo Local	93

Lista de quadros

Quadro 1 - Distribuição dos Prestadores de Serviço participantes do Diagnóstico 2000 segundo região geográfica (Adaptado de SEDU, 2001)	23
Quadro 2 - Distribuição dos Prestadores de Serviço participantes do Diagnóstico 2000 segundo a natureza jurídica (Adaptado de SEDU, 2001)	24
Quadro 3 - Distribuição dos Prestadores de Serviços participantes do Diagnóstico 2000, de acordo com a área de abrangência (Adaptado de SEDU, 2001)	60
Quadro 4 - Correlação do Modelo Thanassoulis (2000a)	70
Quadro 5 - <i>Ranking</i> de Eficiência – DEA-BCC Orientação para Output	76
Quadro 6 - <i>Ranking</i> de Eficiência – DEA-BCC Orientação para Output sem a DMU C27	84
Quadro 7 - <i>Ranking</i> de Eficiência – DEA-BCC Orientação para Output sem a Variável Ligações Ativas de Esgoto	89
Quadro 8 - Empresas Selecionadas	103
Quadro 9 - Variáveis Selecionadas	104
Quadro 10 - Correlações do Modelo Aida et al. (1998)	105
Quadro 11 - Regressão Múltipla do Modelo Aida et al. (1998) para Vol Água Consumido	106
Quadro 12 - Regressão Múltipla do Modelo Aida et al. (2001) para Vol Água Consumido com Constante Zero	106
Quadro 13 - Regressão Múltipla do Modelo Aida et al. (1998) para Receita Operacional Água	107
Quadro 14 - Regressão Múltipla do Modelo Aida et al. (2001) para Receita Operacional Água com Constante Zero	107
Quadro 15 - <i>Ranking</i> de Eficiência – DEA-CCR Orientação para <i>Output</i>	108

Lista de tabelas

Tabela 1 - Investimentos com Recursos do Planasa. OGU – Orçamento Geral da União. Pronurb – Programa de Saneamento para Núcleos Urbanos. (Adaptado Ministério do Planejamento e Orçamento (1995b))	20
Tabela 2 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX	70
Tabela 3 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX e Constante Zero	71
Tabela 4 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX e sem Extensão de Rede	71
Tabela 5 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX e sem Extensão de Rede - Constante Zero	71
Tabela 6 - Regressão Múltipla dos Dados Transformados para Ln	75
Tabela 7 - Frequência com que surgem as Unidades de Referência	77