

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARCELO MONTEIRO DA PAIXÃO

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA A AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DOS
CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA MECÂNICA NO
BRASIL

NITERÓI – RJ
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARCELO MONTEIRO DA PAIXÃO

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA A AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DOS
CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA MECÂNICA NO
BRASIL

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Engenharia de Produção da
Universidade Federal Fluminense, como
requisito parcial para obtenção do Grau de
Mestre. Área de concentração: Sistemas,
Apoio à Decisão e Logística.

Orientador: Prof. Dr. ANNIBAL PARRACHO SANT'ANNA

Niterói – RJ
2006

MARCELO MONTEIRO DA PAIXÃO

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA A AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DOS
CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA MECÂNICA NO
BRASIL

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Engenharia de Produção da
Universidade Federal Fluminense como
requisito parcial para obtenção do Grau de
Mestre. Área de concentração: Sistemas,
Apoio à Decisão e Logística.

Aprovada em 30 de março de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Annibal Parracho Sant'Anna - Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Helder Gomes Costa
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Carlos Francisco Simões Gomes
IBMEC-RJ & UVA & CASNAV

Niterói – RJ
2006

*“Não existem ventos favoráveis,
para quem não sabe
para onde vai.”*

[Sêneca (54 a.C.-39 d.C.)]

Ao meu avô, Fernando (*in memoriam*),
que apesar de ausente fisicamente,
sempre continuará vivo e presente em
meu coração.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Andréa, por todo o apoio e pela compreensão nos momentos mais difíceis em que não pude lhe dar a atenção merecida.

Aos meus pais, Paulo e Lilian; e ao meu irmão, Paulo Junior, por todo o amor dispensado e por jamais deixarem de acreditar em mim.

À minha avó Izilda e à minha tia Izilda por todo carinho e amor dedicados ao longo de todos esses anos e a quem muito devo a minha formação pessoal e profissional.

Ao professor e orientador, Annibal, pela ajuda prestada e por compreender a dificuldade que é a realização de um curso de mestrado paralelamente a uma atividade profissional.

À minha amiga Solange Lucas, pelo apoio e auxílio na escolha deste curso, que hoje finalizo.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho e conclusão deste curso.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 O PROBLEMA DO AUMENTO DA OFERTA DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO <i>STRICTO SENSU</i>	16
1.2 A CAPES, SEUS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E METODOLOGIAS ALTERNATIVAS	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 A CAPES E A AVALIAÇÃO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO <i>STRICTO SENSU</i>	20
2.1 A CAPES	20
2.2 O RECONHECIMENTO DE UM CURSO	23
2.3 ALGUMAS ESTATÍSTICAS SOBRE A EVOLUÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO <i>STRICTO SENSU</i> NO BRASIL	24
2.4 O SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA CAPES	28
3 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	33
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	33
3.1.1 Eficiência Produtiva	33
3.1.2 Princípios da DEA	36
3.1.3 Características e Vantagens da DEA	39
3.2 TÉCNICAS DE MODELAGEM	40
3.2.1 Fronteira de Eficiência e Orientação do Modelo	40
3.2.2 Seleção das Unidades de Estudo	43
3.2.3 Seleção de Variáveis	44
3.2.4 Seleção do Modelo	44
3.3 MODELAGEM MATEMÁTICA	45
3.3.1 Modelo CCR	45
3.3.1.1 <i>Modelo CCR com orientação a Inputs</i>	47
3.3.1.2 <i>Modelo CCR com orientação a Outputs</i>	52
3.3.2 Modelo BCC	53
3.3.2.1 <i>Modelo BCC com orientação a Inputs</i>	54
3.3.2.2 <i>Modelo BCC com orientação a Outputs</i>	55
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A DEA	55
4 A AVALIAÇÃO PROBABILÍSTICA DE PRODUTIVIDADES	56
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	56
4.2 ALEATORIZAÇÃO DOS VOLUMES DE <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i>	58
4.3 TIPOS DE DISTRIBUIÇÕES UTILIZADAS	58
4.3.1 Cálculo através de Distribuição Uniforme	59
4.3.2 Cálculo através de Distribuição Normal	61
4.4 COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE CRITÉRIOS	61
4.4.1 Otimismo e Pessimismo	63
4.4.2 Progressivismo e Conservadorismo	63
4.4.3 Composição de Critérios	64

4.4.4	Formulação Algébrica	65
4.4.5	Alguns Modos de Composição de Critérios	68
5	APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO AO CASO DOS CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO	70
5.1	AQUISIÇÃO DE DADOS	70
5.2	SELEÇÃO DE VARIÁVEIS	83
5.3	ANÁLISES A SEREM REALIZADAS	90
5.4	METODOLOGIA DEA	92
5.4.1	Procedimentos Preliminares para a Construção do Modelo	92
5.4.2	Modelo Matemático	92
5.4.3	Resultados	95
5.5	CÁLCULO PROBABILÍSTICO DE PRODUTIVIDADES	96
5.5.1	Definição da Distribuição a ser Utilizada	96
5.5.2	Cálculos de Probabilidades de Maximizar e Minimizar Variáveis	96
5.5.3	Composição de Critérios	105
5.5.4	Resultados	106
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	119
6.1	ANÁLISE RELATIVA ÀS VARIÁVEIS CONSIDERADAS EM CADA CONJUNTO	120
6.1.1	Análise para o Ano de 2001	122
6.1.1.1	<i>Análise da influência do número de Outputs</i>	122
6.1.1.2	<i>Análise da influência do Input</i>	125
6.1.2	Análise para o Ano de 2002	126
6.1.2.1	<i>Análise da influência do número de Outputs</i>	126
6.1.2.2	<i>Análise da influência do Input</i>	127
6.1.3	Análise para o Ano de 2003	127
6.1.3.1	<i>Análise da influência do número de Outputs</i>	127
6.1.3.2	<i>Análise da influência do Input</i>	128
6.1.4	Análise para o Ano de 2004	129
6.1.4.1	<i>Análise da influência do número de Outputs</i>	129
6.1.4.2	<i>Análise da influência do Input</i>	130
6.2	ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS UNIVERSIDADES NO PERÍODO	131
6.2.1	Análise para um <i>Input</i> e dois <i>Outputs</i>	131
6.2.2	Análise para um <i>Input</i> e quatro <i>Outputs</i>	132
6.2.3	Análise para somente dois <i>Outputs</i>	133
6.2.4	Análise para somente quatro <i>Outputs</i>	134
6.3	ANÁLISE COMPARATIVA: DEA × AVALIAÇÃO PROBABILÍSTICA	134
7	CONCLUSÕES	136
7.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO	136
7.2	SUGESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS ESTUDOS	137
	REFERÊNCIAS	139
	OBRAS CONSULTADAS	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura da CAPES	21
Figura 2.2	Número de cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> reconhecidos pela CAPES (1996-2004)	24
Figura 2.3	Alunos matriculados em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> reconhecidos pela CAPES (1996-2003)	24
Figura 2.4	Alunos titulados em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> (1996-2003)	25
Figura 2.5	Alunos titulados em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> em Engenharia (1996-2003)	25
Figura 2.6	Alunos titulados em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> em Engenharia Mecânica (1996-2003)	26
Figura 2.7	Novas matrículas em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> (1996-2003)	26
Figura 2.8	Novas matrículas em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> em Engenharia (1996-2003)	27
Figura 2.9	Novas matrículas em cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> em Engenharia Mecânica (1996-2003)	27
Figura 3.1	Planos de Produção	36
Figura 3.2	Determinação gráfica da ineficiência	38
Figura 3.3	Exemplo gráfico de fronteira de eficiência	41
Figura 3.4	Exemplo de aproximação de um ponto de produção da fronteira de eficiência	42
Figura 3.5	Modelo CCR fracionário com orientação a <i>inputs</i> (clássico)	49
Figura 3.6	Modelo CCR fracionário com orientação a <i>inputs</i> com faixas de pesos pré-estabelecidos	50
Figura 3.7	Modelo CCR linearizado com orientação a <i>inputs</i>	51
Figura 3.8	Modelo CCR fracionário com orientação a <i>outputs</i>	52
Figura 3.9	Modelo CCR linearizado com orientação a <i>outputs</i>	53
Figura 3.10	Modelo BCC linearizado com orientação a <i>inputs</i>	54
Figura 3.11	Modelo BCC linearizado com orientação a <i>outputs</i>	55
Figura 5.1	Modelo DEA (CCR) orientado para <i>inputs</i> com 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i>	93
Figura 5.2	Modelo DEA (CCR) orientado para <i>inputs</i> com 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i>	94
Figura 5.3	Modelo para a UFRJ com 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i>	94
Figura 5.4	Modelo para a UFRJ com 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i>	95
Figura 5.5	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i> (2001)	108
Figura 5.6	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i> (2002)	108
Figura 5.7	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i> (2003)	109
Figura 5.8	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i> (2004)	109
Figura 5.9	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i> (2001)	111
Figura 5.10	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i> (2002)	111
Figura 5.11	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i> (2003)	112

Figura 5.12	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i> (2004)	112
Figura 5.13	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 <i>outputs</i> (2001)	114
Figura 5.14	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 <i>outputs</i> (2002)	114
Figura 5.15	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 <i>outputs</i> (2003)	115
Figura 5.16	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 <i>outputs</i> (2004)	115
Figura 5.17	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 <i>outputs</i> (2001)	117
Figura 5.18	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 <i>outputs</i> (2002)	117
Figura 5.19	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 <i>outputs</i> (2003)	118
Figura 5.20	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 <i>outputs</i> (2004)	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Proposta do Programa (Qualitativo)	30
Quadro 2.2	Corpo Docente (Peso 10%)	30
Quadro 2.3	Atividades de Pesquisa (Peso 10%)	30
Quadro 2.4	Atividades de Formação (Peso 10%)	30
Quadro 2.5	Corpo Discente (Peso 20%)	31
Quadro 2.6	Teses e Dissertações (Peso 20%)	31
Quadro 2.7	Produção Intelectual (30%)	31
Quadro 3.1	Significado das variáveis $u_{0,k}$ e $v_{0,k}$	54
Quadro 4.1	Progressivismo, conservadorismo, otimismo e pessimismo	64
Quadro 4.2	Formulação algébrica para composição de critérios	67
Quadro 5.1	Universidades com curso de pós-graduação <i>stricto sensu</i> em Engenharia Mecânica	72
Quadro 5.2	Universidades avaliadas pelas técnicas de análise consideradas	75
Quadro 5.3	Possibilidades de escolha de conjuntos de variáveis	85
Quadro 5.4	Características para cada opção de utilização do período considerado	91
Quadro 5.5	Formulação matemática para os 4 conjuntos de variáveis considerados para a avaliação dos cursos de pós-graduação <i>stricto sensu</i> em Engenharia Mecânica	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-1998)	76
Tabela 5.2	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-1999)	77
Tabela 5.3	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2000)	78
Tabela 5.4	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2001)	79
Tabela 5.5	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2002)	80
Tabela 5.6	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2003)	81
Tabela 5.7	Dados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2004)	82
Tabela 5.8	Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2001)	86
Tabela 5.9	Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2002)	87
Tabela 5.10	Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2003)	88
Tabela 5.11	Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação <i>stricto sensu</i> (CAPES-2004)	89
Tabela 5.12	Escores de eficiência da Análise Envoltória de dados para 1 <i>input</i> e 4 <i>Outputs</i>	95
Tabela 5.13	Probabilidade de minimizar as variáveis (2001)	97
Tabela 5.14	Probabilidade de maximizar as variáveis (2001)	98
Tabela 5.15	Probabilidade de minimizar as variáveis (2002)	99
Tabela 5.16	Probabilidade de maximizar as variáveis (2002)	100
Tabela 5.17	Probabilidade de minimizar as variáveis (2003)	101
Tabela 5.18	Probabilidade de maximizar as variáveis (2003)	102
Tabela 5.19	Probabilidade de minimizar as variáveis (2004)	103
Tabela 5.20	Probabilidade de maximizar as variáveis (2004)	104
Tabela 5.21	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 2 <i>outputs</i>	107
Tabela 5.22	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 <i>input</i> e 4 <i>outputs</i>	110
Tabela 5.23	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 <i>outputs</i>	113
Tabela 5.24	Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 <i>outputs</i>	116
Tabela 6.1	Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2001)	120
Tabela 6.2	Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2002)	121
Tabela 6.3	Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2003)	121
Tabela 6.4	Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2004)	122

LISTA DE SIGLAS

BCC	Banker, Charnes e Cooper
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CEFET-PR	Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (PR)
CRS	Constant-Return to Scale
CTC	Conselho Técnico-Científico
DEA	Data Envelopment Analysis
DEA-C	Data Envelopment Analysis "Constant"
DEA-V	Data Envelopment Analysis "Variable"
DMU	Decision Making Unit
IME	Instituto Militar de Engenharia (RJ)
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (SP)
NRD	Núcleo de Referência Docente
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (MG)
PUC-PR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PR)
PUC-RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (RJ)
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo (ES)
UFF	Universidade Federal Fluminense (RJ)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais (MG)
UFPA	Universidade Federal do Pará (PA)
UFPB-CG	Universidade Federal da Paraíba / Campina Grande (PB)
UFPB-JP	Universidade Federal da Paraíba / João Pessoa (PB)
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco (PE)
UFPR	Universidade Federal do Paraná (PR)
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS)
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ)
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte (RN)
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina (SC)
UFU	Universidade Federal de Uberlândia (MG)
UNB	Universidade de Brasília (DF)
UNESP-BAU	Universidade Estadual Paulista / Bauru (SP)
UNESP-GUAR	Universidade Estadual Paulista / Guaratinguetá (SP)
UNESP-IS	Universidade Estadual Paulista / Ilha Solteira (SP)
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas (SP)
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá (MG)
UNITAU	Universidade de Taubaté (SP)
UNIVAP	Universidade do Vale do Paraíba (SP)
USP	Universidade de São Paulo (SP)
USP-SC	Universidade de São Paulo / São Carlos (SP)
VRS	Variable-Return to Scale

RESUMO

Com o aumento crescente da competitividade, as empresas investem mais e mais em desenvolvimento tecnológico com o objetivo de expandir ou simplesmente manter a sua fatia de mercado. Ocorre que, para atingir níveis de excelência em tecnologia, antes de mais nada é necessário adquirir ou desenvolver capital intelectual dentro do seu negócio. Neste contexto, cresce a demanda pelos cursos de pós-graduação *stricto sensu*, nas mais diversas áreas do conhecimento, aumentando as possibilidades de o profissional assumir uma posição preferencial em relação aos demais concorrentes por uma chance de crescimento na sua área de atuação. Mais do que um diferencial na busca das melhores oportunidades, a maior capacitação profissional passa a ser requisito quase obrigatório nessa empreitada. Seguindo esta tendência, verifica-se um crescimento abrupto dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* oferecidos pelas universidades. O presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo acerca da produtividade dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica. Para a realização deste estudo, será utilizada em primeiro lugar a técnica da Avaliação Probabilística de Produtividades, complementada em seguida pela técnica da Análise Envoltória de Dados. Serão realizadas análises para verificar a influência dos diversos conjuntos de variáveis adotados e a evolução das universidades no período considerado. Para a consecução destes objetivos, é realizada a coleta de dados de domínio público, obtidos no portal da CAPES. Esses dados são tratados de acordo com os princípios inerentes às técnicas já citadas e irão gerar os escores de eficiência, os quais serão utilizados para as análises finais. Por fim, são destacados os principais resultados obtidos acerca da produtividade das universidades utilizando cada um dos conjuntos de variáveis mencionados no decorrer do texto. São destacados ainda os principais motivos das variações das produtividades calculadas para cada caso, que podem servir de subsídio para a implementação de políticas institucionais em cada uma das universidades estudadas, visando melhorar seu desempenho em relação às demais.

Palavras-chaves: Análise Envoltória de Dados. Avaliação Probabilística de Produtividades. Programas de pós-graduação *stricto sensu*. Engenharia Mecânica.

ABSTRACT

Facing an increasing competitiveness, companies are investing more and more in technological development aiming an expansion or a protection of this market share already conquered. Primarily, to achieve high technological stages, it is important to acquire or develop intellectual capital inside the business. In this context, the demand for *stricto sensu* post-graduation courses rises in several knowledge areas, increasing the possibilities that professionals assume preferential positions among others in a forward step for a successful carrier. A deeper professional qualification, more than a differential status during the seeking for better opportunities, is a pre-requisite. Following this tendency, there are substantial increases in the number of *stricto sensu* post-graduation courses offered by the universities. This Dissertation aims to study and analyse the efficiency during the development of products and resources allocated to the *stricto sensu* post-graduation courses referred to the Mechanical Engineering. This aim will be conquered, firstly, through the Productivity Probabilistic Analysis technique, complemented by the Data Envelopment Analysis technique. Analysis are made to verify the influence of several groups of assumed variables in the development of the universities during the considered period. The objective of this Dissertation is supported by public data surveys through CAPES's registers. These data are manipulated as required by the techniques mentioned above, reproducing efficiency scores that will support the final analysis of this Dissertation. Finally, the primary conquered results related to the productivity of the universities are highlighted based on the group of variables mentioned above. The primary causes of the calculated productivity variation among universities are also highlighted and may sustain the implementation of institutional politics in each one of the universities studied, aiming to improve its practices.

Key-words: Data Envelopment Analysis. Productivity Probabilistic Analysis. *Stricto sensu* post-graduation courses. Mechanical Engineering.

1 INTRODUÇÃO

Este primeiro capítulo tem por finalidade apresentar de modo sucinto o problema a ser estudado, considerando suas delimitações, sua importância no cenário atual e os objetivos a serem alcançados ao final deste trabalho.

Ao final desta introdução será apresentada a estrutura geral do trabalho, bem como uma breve descrição e os objetivos de cada capítulo do mesmo.

1.1 O PROBLEMA DO AUMENTO DA OFERTA DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

Com o aumento crescente da competitividade, as empresas investem mais e mais em desenvolvimento tecnológico com o objetivo de expandir ou simplesmente manter a sua fatia de mercado. Ocorre que para atingir níveis de excelência em tecnologia, antes de mais nada é necessário adquirir ou desenvolver capital intelectual dentro do seu negócio. Portanto, a maior capacitação profissional torna-se, cada vez mais, pré-requisito na busca das melhores oportunidades de desenvolvimento profissional.

Assim sendo, cresce a demanda por cursos de pós-graduação que aumentem as possibilidades de o profissional assumir uma posição preferencial em relação aos demais concorrentes em busca de uma chance de crescimento na sua área de atuação profissional. Esses cursos podem ser classificados de duas maneiras: *lato sensu* ou *stricto sensu*. Os primeiros são mais abrangentes, constituídos basicamente por cursos de especialização, MBAs e outros que atendam aos diversos tipos de demandas do mercado. Já os últimos são voltados para atender a necessidades mais específicas e são constituídos pelos mestrados (acadêmicos ou profissionalizantes) e doutorados.

O crescimento da demanda por novos conhecimentos pode ser comprovado através de alguns números. A quantidade de alunos matriculados em cursos de pós-graduação *stricto sensu* aumentou vertiginosamente nos últimos anos. Entre os anos de 1996 e 2004 o número de cursos de mestrados aumentou em mais de 80%, enquanto que o número de cursos de doutorados aumentou em mais de 90%. No mesmo período, o número de alunos matriculados em cursos de mestrados subiu mais de 70%, enquanto que nos doutorados, esse número subiu em mais de 90%. (CAPES, 2005).

Essas estatísticas comprovam a relevância do tema. O maior desafio da política educacional do ensino superior do país é manter a qualidade dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* face ao aumento repentino da quantidade de cursos e de vagas oferecidas pelas instituições de ensino superior.

1.2 A CAPES, SEUS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E METODOLOGIAS ALTERNATIVAS

A CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) foi criada em 1951, na época chamada de “Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”.

Atualmente, uma das atribuições mais importantes da CAPES é a regulamentação, fiscalização e controle dos cursos de pós-graduação no Brasil, especialmente os do tipo *stricto sensu*.

Para efetuar este controle dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* do Brasil, a CAPES realiza uma avaliação periódica que tem por objetivo classificar os cursos em níveis de excelência, mediante a proposição de uma nota. Devido a essa avaliação, cursos que não atendam aos requisitos mínimos estabelecidos podem ter canceladas suas autorizações de funcionamento.

Entretanto, a avaliação proposta pela CAPES apresenta um forte componente subjetivo. Essa subjetividade pode provocar fortes distorções na análise, devido à não uniformidade dos critérios estabelecidos. Uma maneira de reduzir essas distorções consiste na análise do problema, segundo um enfoque quantitativo.

Ressalta-se que os enfoques quantitativo e qualitativo apresentam vantagens e desvantagens entre si, de modo que o ideal é conjugar as principais características de ambos, de modo a promover sinergia entre esses dois tipos de abordagem.

Alguns exemplos de metodologias quantitativas já utilizadas para medir produtividades de cursos de pós-graduação *stricto sensu* são a Análise Envoltória de Dados e a Avaliação Probabilística de Produtividades. Essas técnicas serão utilizadas no presente trabalho como alternativas à metodologia adotada pela CAPES. Vale ressaltar que estas técnicas já foram utilizadas em estudos anteriores de produtividades de cursos de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção, por exemplo, em Lins et al (2004) e em Sant'Anna (2002b, 2003b, 2004, 2005).

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho consiste na avaliação da produtividade dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* de Engenharia Mecânica.

Os objetivos específicos são descritos a seguir:

1. A exposição do tema de modo que a facilitar a compreensão de todas as etapas do estudo, principalmente no que tange à revisão do estado da arte, às decisões tomadas durante a fase de modelagem e às conclusões obtidas a partir dos resultados.
2. O estudo da influência no resultado final obtido dos diferentes conjuntos de variáveis utilizadas na modelagem.
3. A comparação entre os resultados obtidos pelas metodologias de Análise Envoltória de Dados e Avaliação Probabilística de Produtividades.
4. A evolução da produtividade de cada um dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* no período considerado.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos, buscando apresentar todos os conceitos necessários para a sua compreensão e os resultados obtidos de forma sequencial, clara e objetiva. No transcorrer do mesmo são observadas basicamente seis etapas bem definidas: introdução, referencial teórico, metodologia aplicada, resultados obtidos, discussão dos resultados e conclusão.

A introdução, constituída por este primeiro capítulo faz uma exposição preliminar do assunto, incluindo contextualização, relevância, delimitações, objetivos e visão geral do trabalho.

O referencial teórico – constituído dos capítulos 2, 3 e 4 – fornece o embasamento necessário para o desenvolvimento do tema. O capítulo 2 discorre sobre a CAPES e a sua metodologia de avaliação. Já o capítulo 3 revisa a técnica da Análise Envoltória de Dados, seus princípios, características e os diversos tipos de modelos. O capítulo 4, por sua vez, aborda a técnica da Avaliação Probabilística de Produtividades, suas principais características, aleatorização de medidas de preferência e os diferentes tipos de composição de critérios.

O capítulo 5 descreve a metodologia aplicada e os resultados obtidos, expondo todas as hipóteses consideradas e decisões tomadas. O capítulo 6 contém a análise dos resultados.

Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões considerando a análise dos resultados e as sugestões para desenvolvimentos futuros.

2 A CAPES E A AVALIAÇÃO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

Este capítulo trata basicamente da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES): no que consiste; seus objetivos; qual o seu papel na sociedade brasileira e no ensino superior em nível de pós-graduação *stricto sensu*. Serão apresentados os critérios utilizados pela CAPES para a avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica, sendo abordados ainda os aspectos objetivos e subjetivos da avaliação, buscando propor metodologias alternativas ou complementares para uma melhor avaliação das instituições de ensino superior no Brasil.

2.1 A CAPES

A CAPES é uma fundação de direito público, sem fins lucrativos, criada através do decreto 29.741/51 com o nome de “Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”, tornando-se mais tarde “Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”.

Sob a perspectiva histórica, era o segundo ano do segundo governo de Getúlio Vargas. Foi um período marcado pelo intenso crescimento do parque industrial brasileiro e pela necessidade de desenvolvimento de mão-de-obra especializada no país, visando assegurar a sustentabilidade do processo de industrialização. A CAPES foi criada com o objetivo de assegurar a existência de pessoal especializado em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades dos empreendimentos públicos e privados que visam ao desenvolvimento do país (CAPES, 2005).

Desde então, a CAPES tornou-se fundamental no desenvolvimento intelectual da sociedade brasileira. Dentre suas atribuições, pode ser destacada a expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu* no país, objeto de estudo do presente trabalho.

No entanto, a CAPES não possui somente essa prerrogativa. Na verdade, existem quatro grandes linhas de ação, pelas quais a instituição tem o dever de atuar. São elas:

1. Avaliação da pós-graduação *stricto sensu*;
2. Acesso e divulgação da produção científica;
3. Investimentos na formação de recursos de alto nível no país e exterior;
4. Promoção da cooperação científica internacional.

A CAPES está estruturada conforme descrito na Figura 2.1:

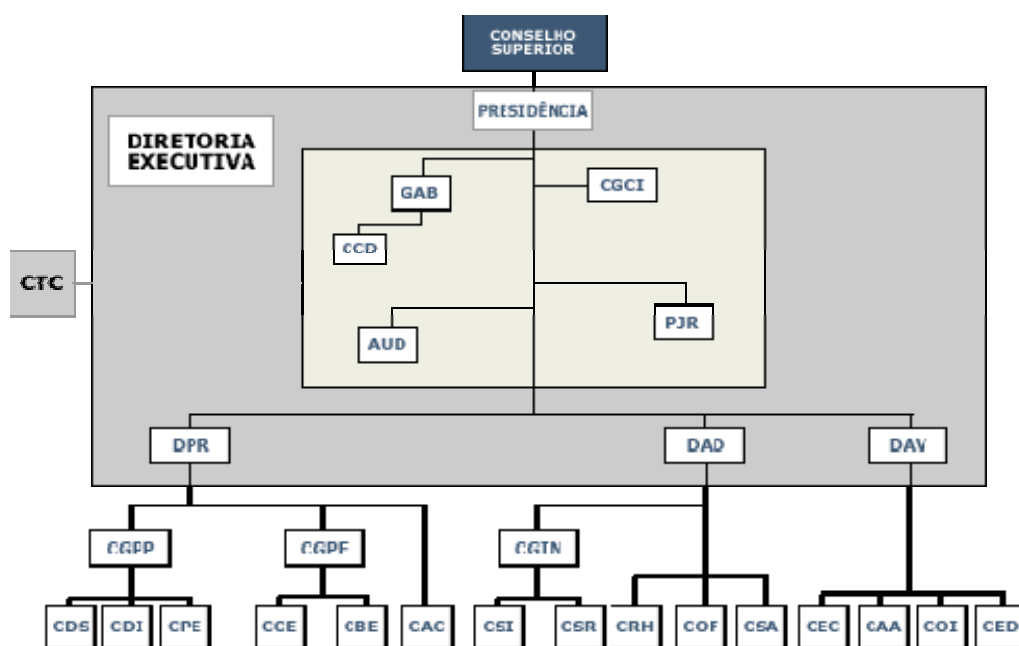


Figura 2.1 – Estrutura da CAPES.

Esta figura pode ser obtida diretamente do portal da CAPES. Sem aprofundamentos desnecessários, destacam-se basicamente dois elementos fundamentais neste organograma: o Conselho Superior e o Conselho Técnico-Científico (CTC).

Ao Conselho Superior compete (CAPES, 2005):

1. Estabelecer prioridades e linhas gerais orientadoras das atividades da entidade, a partir de proposta apresentada pelo Presidente da CAPES;
2. Apreciar a proposta do Plano Nacional de Pós-Graduação, para em seguida ser encaminhada ao Ministro;
3. Apreciar critérios, prioridades e procedimentos para a concessão de bolsas de estudos e auxílios;
4. Aprovar o relatório anual das atividades da CAPES e a respectiva execução orçamentária;
5. Definir o processo de indicação dos Coordenadores das Comissões de Consultores Científicos;
6. Apreciar propostas referentes a alterações do Estatuto e do Regimento Interno da CAPES.

Ao conselho Técnico-Científico compete (CAPES, 2005):

1. Assistir à Diretoria na elaboração das políticas e diretrizes específicas de atuação da CAPES;
2. Colaborar na elaboração da proposta do Plano Nacional de Pós-Graduação;
3. Opinar sobre a programação anual da CAPES;
4. Opinar sobre os critérios e procedimentos para a distribuição de bolsas e auxílio institucionais e individuais;
5. Opinar sobre acordos de cooperação entre a CAPES e instituições nacionais, estrangeiras ou internacionais;
6. Propor critérios e procedimentos para o acompanhamento e a avaliação de Pós-Graduação e dos programas executados pela CAPES;
7. Propor estudos e programas para o aprimoramento das atividades da CAPES;
8. Opinar sobre assuntos que lhe sejam submetidos pelo Presidente da CAPES;
9. Eleger seu representante no Conselho Superior.

Conforme mencionado, o objetivo do presente trabalho é mensurar a produtividade dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* de Engenharia Mecânica no Brasil, utilizando para isso uma ferramenta alternativa que pode servir de complemento à metodologia adotada pela CAPES. Logo, a linha de ação aqui enfatizada será a avaliação desses cursos. No entanto, vale ressaltar que o papel da CAPES na sociedade brasileira é muito mais abrangente, não sendo

restrito apenas a essa função de avaliação dos cursos de mestrado e doutorado das universidades brasileiras.

2.2 O RECONHECIMENTO DE UM CURSO

O reconhecimento de um curso de pós-graduação *stricto sensu* é consubstanciado após a recomendação da CAPES. Este processo de recomendação é concluído após a avaliação dos especialistas de áreas do conhecimento afins ao programa considerado.

O processo de avaliação inicia por solicitação da própria instituição que deseja ter o curso reconhecido. O reconhecimento e recomendação de um curso de mestrado (seja ele acadêmico ou profissional) ou de doutorado é pré-requisito para a validação do diploma por ele expedido e, conseqüentemente, do título por ela outorgado.

Desde 1998 o processo de avaliação regular da CAPES fundamenta-se na proposição de uma nota de 1 (um) a 7 (sete). Somente os cursos com nota igual ou superior a 3 (três) são recomendados pela CAPES, sendo os demais proibidos de expedir diploma nacionalmente válido. Uma exceção é admitida no caso dos alunos que efetivaram matrícula em um curso recomendado, mas que depois o deixou de ser. A CAPES permite que o aluno matriculado durante o período em que o curso obteve nota igual ou superior a 3 (três) o finalize, visando a preservação do seu direito adquirido à obtenção de um diploma nacionalmente válido.

Segundo a CAPES (2005), “(...) o sistema de avaliação tem sido continuamente aperfeiçoado, constituindo-se em instrumento para a ação direta da comunidade universitária na busca de um padrão de excelência acadêmica sempre maior dos mestrados e doutorados nacionais. Os resultados da avaliação servem de base para a formulação de políticas para a área de pós-graduação, bem como para o dimensionamento das ações de fomento - bolsas de estudo, auxílios, apoios -, estabelecendo, ainda, critérios para o reconhecimento pelo Ministério da Educação dos cursos de mestrado e doutorado novos e em funcionamento no Brasil (...)”.

2.3 ALGUMAS ESTATÍSTICAS SOBRE A EVOLUÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* NO BRASIL

Nesta seção serão mostrados alguns números representativos da evolução da oferta de cursos de pós-graduação *stricto sensu* no Brasil, todos retirados do portal da CAPES (2005).

Somente no período de dezembro de 1996 a abril de 2004, foram criados 872 novos cursos de mestrado e 492 de doutorado (Figura 2.2). O contingente de alunos matriculados aumentou em 30 mil no mestrado e 19 mil no doutorado nesse mesmo período, significando um aumento aproximado de 72% e 92%, respectivamente (Figura 2.3).

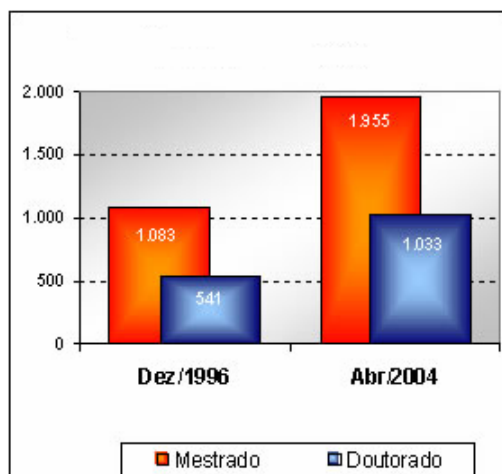


Figura 2.2 – Número de cursos de pós-graduação *strictu sensu* reconhecidos pela CAPES (1996-2004).

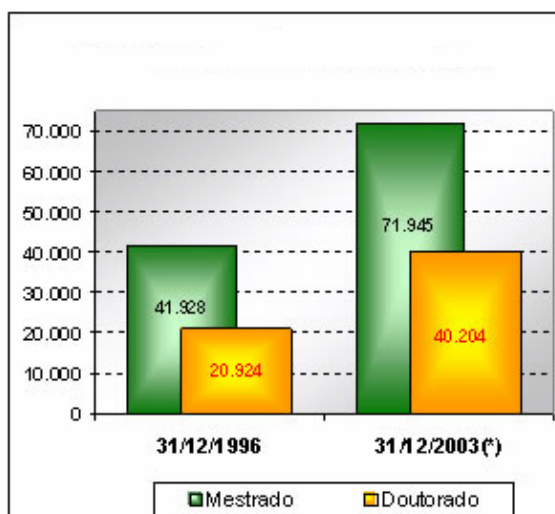


Figura 2.3 – Alunos matriculados em cursos de pós-graduação *strictu sensu* reconhecidos pela CAPES (1996-2003).

Os gráficos das figuras 2.4-2.9 representam a evolução do número de novas matrículas e de alunos titulados nos cursos de pós-graduação *stricto sensu* nos últimos anos. Nestes gráficos estão representados separadamente os números gerais; os números de todas as áreas de Engenharia agrupadas; e os números da área de Engenharia Mecânica (objeto deste estudo). Para todos os casos são considerados apenas os cursos reconhecidos pela CAPES.

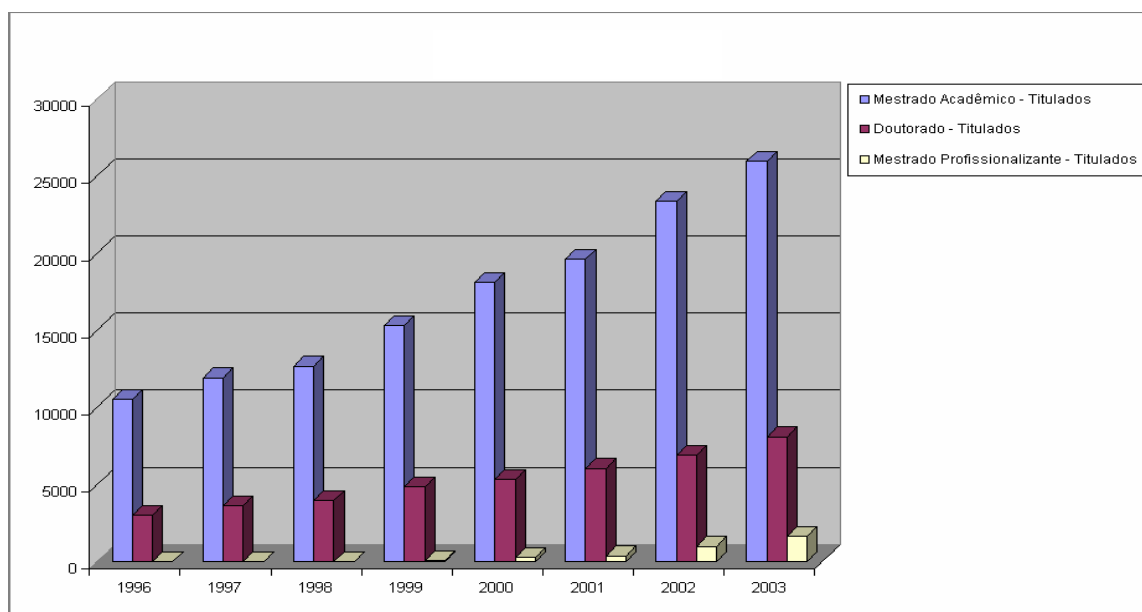


Figura 2.4 – Alunos titulados em cursos de pós-graduação *stricto sensu* (1996-2003).

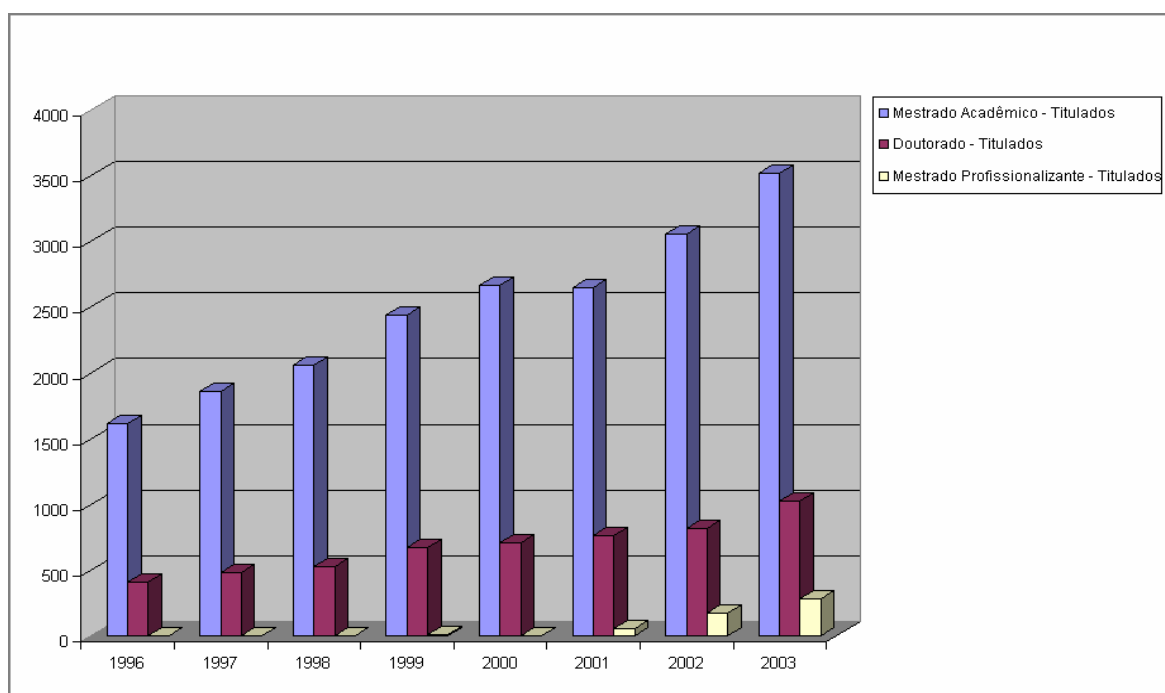


Figura 2.5 – Alunos titulados em cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia (1996-2003).

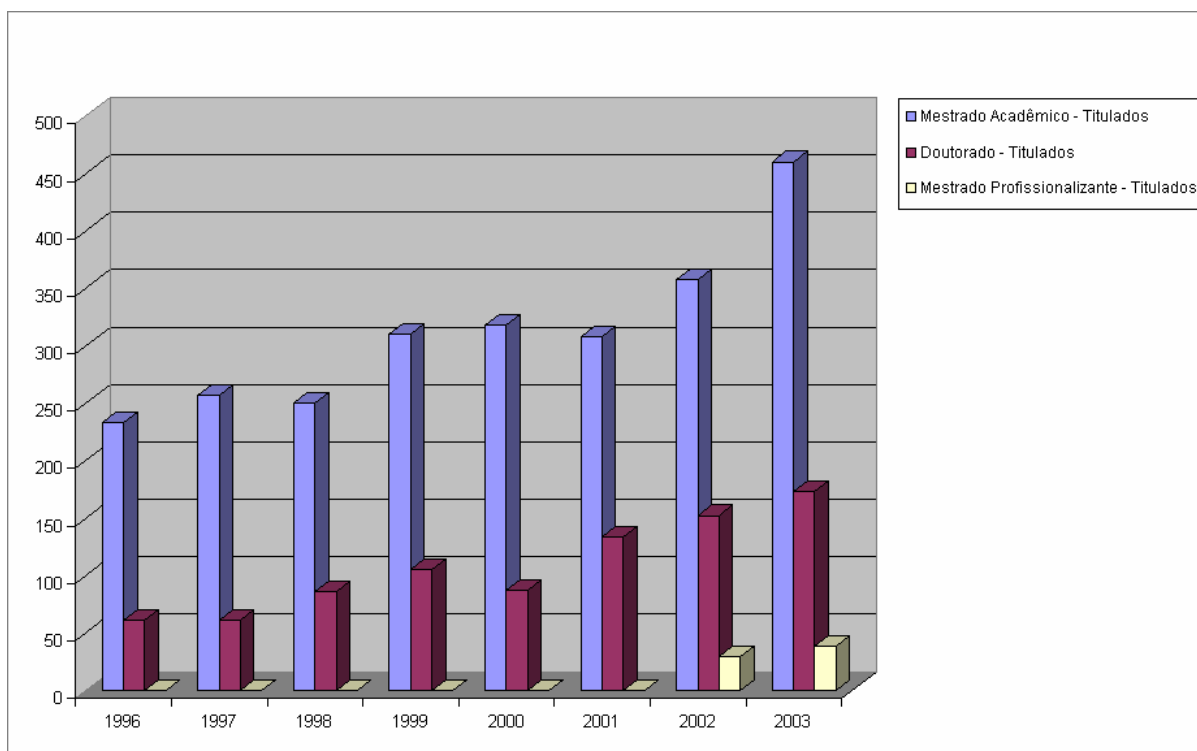


Figura 2.6 – Alunos titulados em cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica (1996-2003).

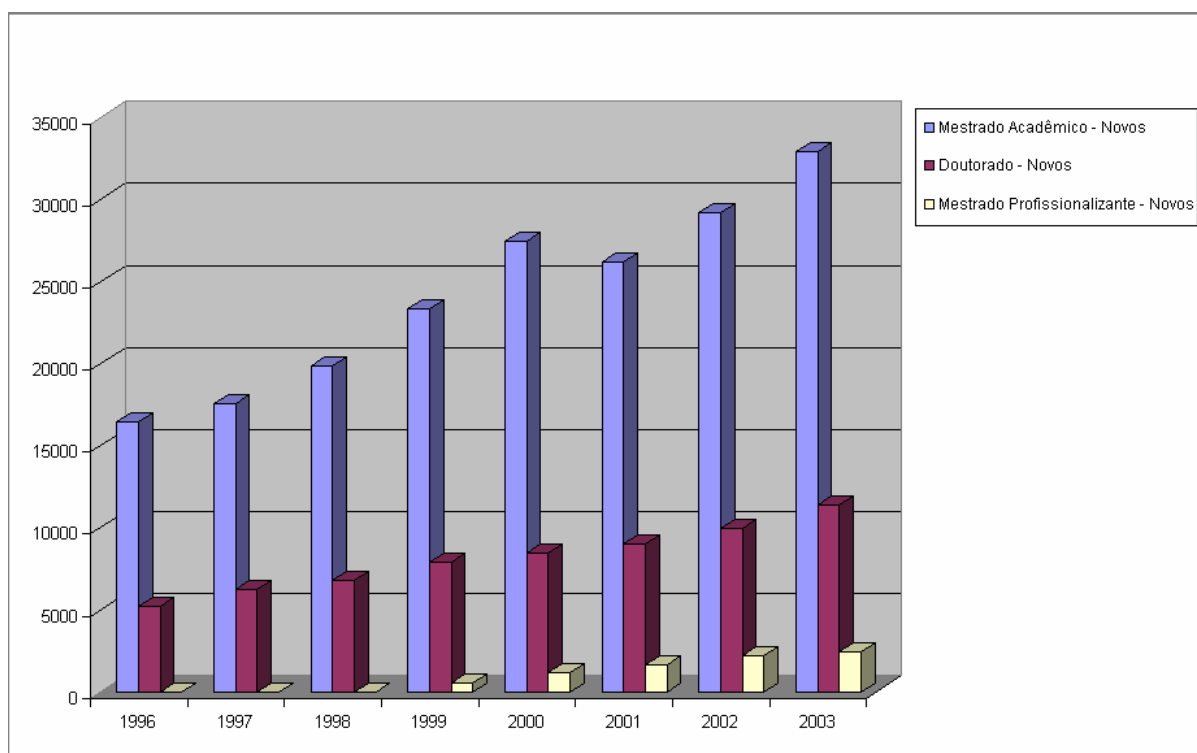


Figura 2.7 – Novas matrículas em cursos de pós-graduação *stricto sensu* (1996-2003).

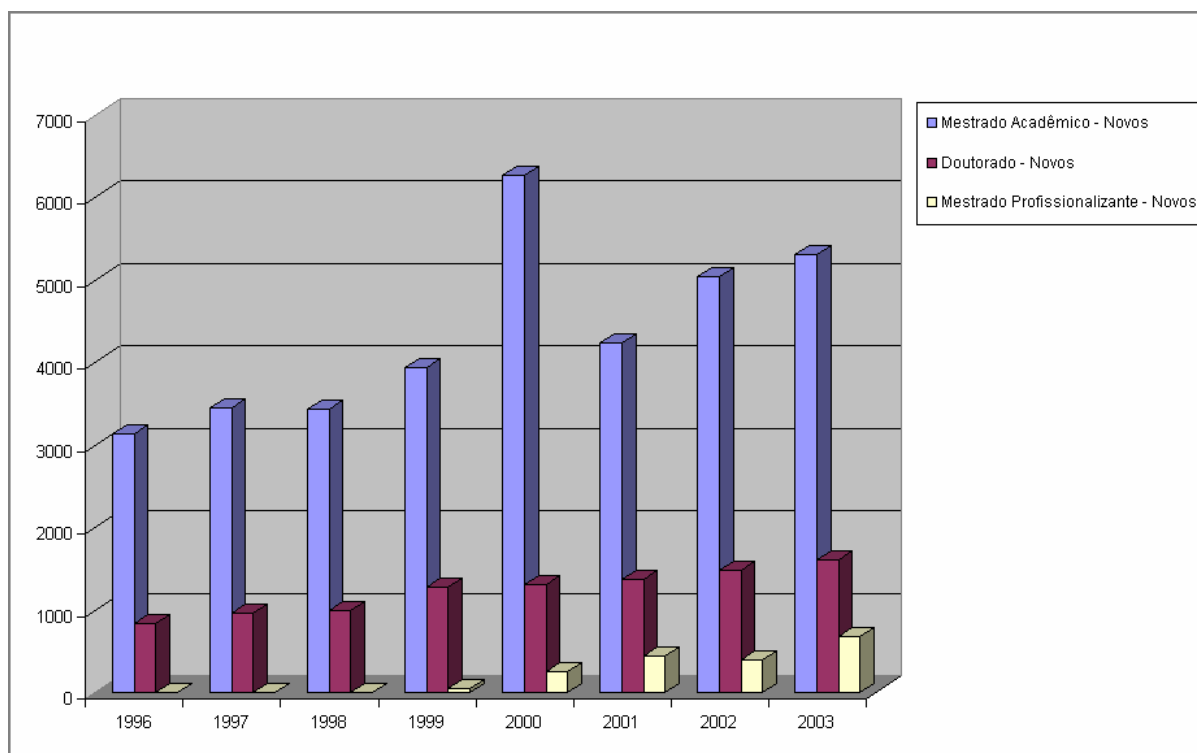


Figura 2.8 – Novas matrículas em cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia (1996-2003).

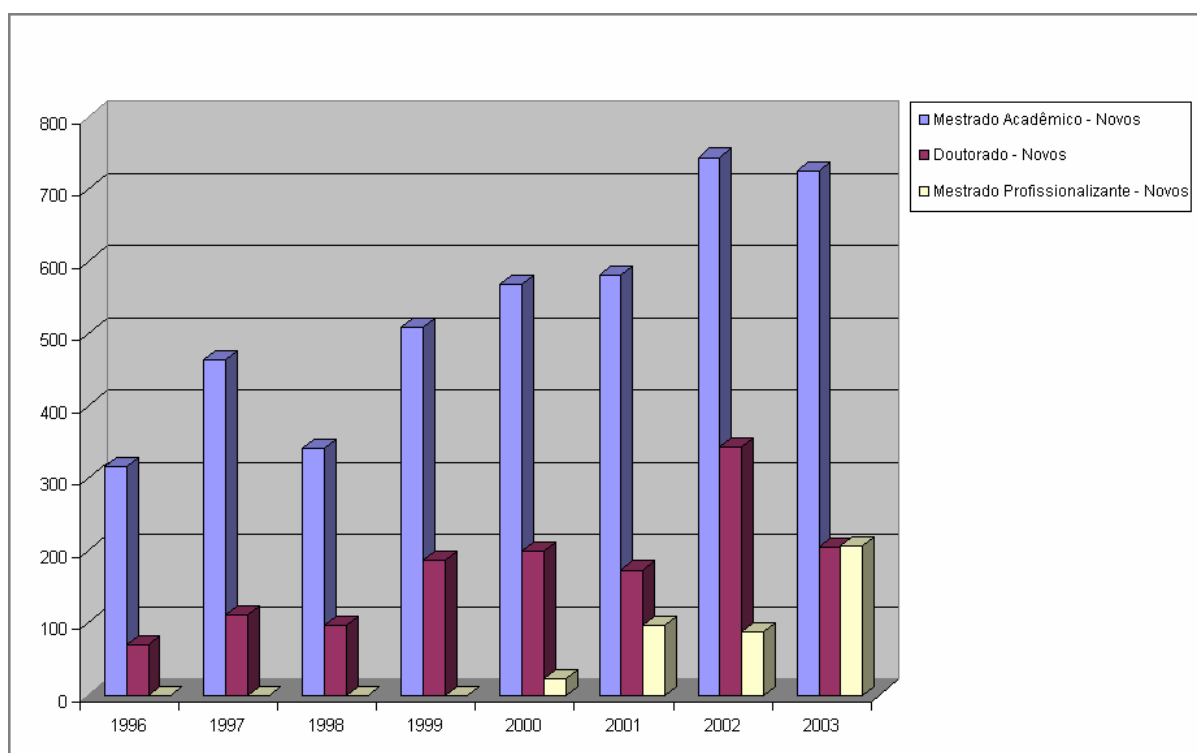


Figura 2.9 – Novas matrículas em cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica (1996-2003).

Pode-se observar que em todos os casos existe uma tendência de crescimento a uma taxa bastante expressiva. Vale ressaltar ainda que o Mestrado Profissionalizante apresenta resultados pouco significativos quando comparados aos resultados apresentados pelos Mestrados Acadêmicos e pelos Doutorados até o ano de 2003.

Esse crescimento pode ser explicado pela crescente concorrência no atual mercado de trabalho, onde a especialização cada vez mais se consolida como um fator diferencial na busca das melhores oportunidades, aumentando significativamente a demanda pelos cursos de especialização (*lato sensu*), mestrado e doutorado (*strictu sensu*). Em resposta a esse aumento da demanda, as universidades oferecem quantidades de vagas e de cursos de pós-graduação cada vez maiores.

Os números apresentados comprovam o crescimento da oferta de cursos de pós-graduação *stricto sensu* no Brasil nos últimos anos. Contudo, via de regra, um aumento indiscriminado da quantidade de bens ou serviços disponibilizados por uma determinada unidade produtiva acarreta um impacto negativo na qualidade. Para mitigar este problema, se faz necessária uma política de controle de qualidade adequada para manter este padrão nos níveis desejáveis.

No caso dos cursos de mestrado e doutorado não é diferente. Manter essa relação quantidade-qualidade em patamares de excelência é um dos principais desafios da política educacional no Brasil, tendo a CAPES um papel de suma importância neste processo.

2.4 O SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA CAPES

O sistema de avaliação dos cursos de pós-graduação foi criado em 1976 e desde então contribui significativamente para a qualidade do ensino superior no país.

A avaliação da CAPES apresenta papel fundamental no desenvolvimento científico e tecnológico do país ao:

1. Impulsionar a evolução de todo o Sistema Nacional de Pós-graduação, SNPG, e de cada programa em particular, antepondo-lhes metas e desafios que expressem os avanços da ciência e tecnologia na atualidade e o aumento da competência nacional nesse campo;
2. Contribuir para o aprimoramento de cada programa de pós-graduação, assegurando-lhe o parecer criterioso de uma comissão externa sobre os pontos

fracos e fortes de seu projeto e de seu desempenho e uma referência sobre o estágio de desenvolvimento em que se encontra;

3. Dotar o país de um eficiente banco de dados sobre a situação e evolução da pós-graduação;
4. Estabelecer o padrão de qualidade exigido desse nível de ensino e identificar os programas que atendem a tal padrão;
5. Fundamentar, nos termos da legislação em vigor, os pareceres do Conselho Nacional de Educação sobre autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento dos cursos de mestrado e doutorado brasileiros - exigência legal para que estes possam expedir diplomas com validade nacional reconhecida pelo Ministério da Educação;
6. Contribuir para o aumento da eficiência dos programas no atendimento das necessidades nacionais e regionais de formação de recursos humanos de alto nível;
7. Oferecer subsídios para a definição da política de desenvolvimento da pós-graduação e para a fundamentação de decisões sobre as ações de fomento dos órgãos governamentais na pesquisa e pós-graduação (CAPES, 2005).

Entretanto, o sistema de avaliação da CAPES é fortemente influenciado por fatores subjetivos, o que pode provocar fortes distorções na análise devido à não uniformidade de critérios. Torna-se difícil, portanto, a comparação das unidades entre si ou com os padrões desejáveis pré-estabelecidos.

Uma forma de mitigar este problema é efetuar a análise através de grupos de avaliadores, restringindo o componente subjetivo. Contudo, apesar da indiscutível melhoria obtida através desta técnica, a mesma ainda não pode ser considerada eficaz para os objetivos propostos. Análises objetivas, baseadas em critérios quantitativos constituem uma boa opção para o tratamento do problema em questão.

Este tipo de análise reduziria a influência da subjetividade, mas também apresenta limitações. Nem sempre a “frieza” dos números retrata adequadamente um problema de avaliação, pois a modelagem adequada do problema não costuma ser uma tarefa trivial. Geralmente o caráter subjetivo é necessário e deve ser levado em consideração. Avaliações objetivas (quantitativas) podem ser utilizadas como ferramentas de apoio, complementares à avaliação subjetiva. Desta forma, cada tipo de avaliação tem a sua importância no referido contexto.

Considerando especificamente a área ENGENHARIAS III, na qual estão inseridos os cursos de Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica, a CAPES apresenta a seguinte estrutura de ponderação para a avaliação da CAPES, apresentada nos Quadros 2.1-2.7.

Quadro 2.1 – Proposta do Programa (Qualitativo)

	Critérios	Pesos
1	Coerência e consistência da Proposta.	---
2	Adequação e abrangência das áreas de concentração.	---
3	Adequação e abrangência das linhas de pesquisa.	---
4	Participação de pesquisadores visitantes e outros docentes.	---

Quadro 2.2 – Corpo Docente (Peso 10%)

	Critérios	Pesos
1	Composição e atuação do corpo docente; vínculo institucional e dedicação.	30
2	Dimensão do NRD6 relativamente ao corpo docente. Atuação do NRD6 no Programa.	20
3	Abrangência, especialização do NRD6 relativamente às Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.	30
4	Intercâmbio ou renovação do corpo docente. Participação de outros docentes.	10
5	Qualificação do NRD6.	10

Quadro 2.3 – Atividades de Pesquisa (Peso 10%)

	Critérios	Pesos
1	Adequação e abrangência dos Projetos e Linhas de Pesquisa em relação às Áreas de concentração.	30
2	Vínculo entre Linhas e Projetos de Pesquisa.	30
3	Adequação da quantidade de Projetos de Pesquisa em andamento em relação à dimensão do NRD6.	20
4	Participação do corpo docente nos Projetos de Pesquisa.	20

Quadro 2.4 – Atividades de Formação (Peso 10%)

	Critérios	Pesos
1	Adequação e abrangência da Estrutura Curricular relativamente à Proposta do Programa e às suas Áreas de Concentração. Adequação e abrangência das disciplinas ministradas em relação às Linhas e Projetos de Pesquisa.	40
2	Distribuição da carga letiva e carga horária média. Participação de outros docentes.	20
3	Quantidade de orientadores do NRD6 relativamente à dimensão do NRD6.	20
4	Atividades letivas de graduação.	10
5	Orientação nos cursos de graduação.	10

Quadro 2.5 – Corpo Discente (Peso 20%)

	Critérios	Pesos
1	Dimensão do corpo discente em relação à dimensão do NRD6.	25
2	Número de desligamentos e abandonos em relação à dimensão do corpo discente.	15
3	Número de titulados em relação à dimensão do corpo discente.	40
4	Número de discentes-autores da pós-graduação em relação à dimensão do corpo discente	20

Quadro 2.6 – Teses e Dissertações (Peso 20%)

	Critérios	Pesos
1	Vínculo das teses e dissertações com Projetos de Pesquisa.	10
2	Tempo médio de titulação normalizado pelos limites estabelecidos pela CAPES considerando bolsistas e não-bolsistas.	30
3	Número de titulados em relação à dimensão do NRD6. Participação de outros docentes.	30
4	Número médio de orientandos em relação à dimensão do NRD6.	20
5	Adequação das dissertações e teses à proposta do programa.	10

Quadro 2.7 – Produção Intelectual (30%)

	Critérios	Pesos
1	Adequação dos tipos de produção à Proposta do Programa e vínculo com as Áreas de Concentração, Linhas e Projetos de Pesquisa ou Teses e Dissertações.	10
2	Qualidade dos veículos ou meios de divulgação.	30
3	Quantidade e regularidade em relação à dimensão do NRD6; distribuição da autoria entre os docentes.	30
4	Autoria ou co-autoria de outros participantes (não pertencentes ao núcleo básico).	10
5	Produção técnica.	20

Conforme pôde ser observado, a avaliação da CAPES busca conjugar critérios objetivos e subjetivos, com a utilização de um sistema de ponderação pré-estabelecido entre os diversos itens objetos de julgamento.

O objetivo maior da apresentação dos critérios constantes nos Quadros 2.1-2.7 é familiarizar o leitor com a metodologia de pesos fixos, utilizada na avaliação da CAPES. Nos capítulos 3 e 4 serão apresentadas duas metodologias diferentes, mas com o mesmo objetivo final de classificar os cursos estudados segundo a sua produtividade, ou seja, segundo a capacidade de cada um em combinar os fatores de produção (*inputs* e *outputs*) da melhor maneira.

Não serão abordados maiores detalhamentos acerca da sistemática da CAPES, uma vez que existem vários textos sobre do assunto que poderão servir de referência. Para maiores informações, recomenda-se realizar consultas no portal da fundação, em Sousa (2004) e em Neves (2005).

3 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A proposta deste capítulo é realizar uma revisão geral da metodologia da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*, ou simplesmente DEA), desde os primeiros estudos de eficiência de unidades produtivas até a descrição dos modelos mais utilizados. Serão citadas as principais características, vantagens e desvantagens da Análise Envoltória de Dados, incluindo ainda os conceitos de fronteira de eficiência, orientação do modelo e as principais etapas para a completa modelagem do problema.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.1.1 Eficiência Produtiva

As primeiras tentativas de quantificar medidas de eficiência de unidades de produção remontam do início da década de 50 do século passado.

(...) A análise da medida de eficiência na produção originou-se com o trabalho de PARETO-KOOPMANS e DEBREU (1951). PARETO-KOOPMANS definiu a eficiência técnica como um vetor *input-output* que é tecnicamente eficiente se, e só se:

1. Nenhum dos outputs pode ser aumentado sem que algum outro output seja reduzido ou algum input necessite ser aumentado.
2. Nenhum dos inputs possa ser reduzido sem que algum outro input seja aumentado ou algum *output* seja reduzido. (...). (LINS, 2000 apud REINALDO, 2002).

(...) FARREL (1957) estendeu o trabalho de KOOPMANS e DEBREU (1951) de forma a incluir um componente capaz de refletir a habilidade dos produtores em selecionar o vetor *input-output* eficiente considerando os respectivos preços. Esse componente foi denominado eficiência alocativa (...). (LINS, 2000 apud REINALDO, 2002).

A técnica da Análise Envoltória de Dados – ou DEA – tem sua origem no conceito de eficiência de Farrel (1957), o qual define a eficiência produtiva como a razão entre os *outputs* e *inputs* de produção.

$$Eficiência = \frac{outputs}{inputs}$$

Pode ser tomado como exemplo o caso em que uma determinada empresa *A* utiliza cerca de 1.000 kg de ferro por mês para produzir cerca de 80.000 parafusos. Já a empresa *B* produz 18.000 parafusos a partir de 200 kg de ferro no mesmo período.

Fazendo uso da equação anteriormente citada, calcula-se a eficiência das empresas *A* e *B* a seguir:

$$\text{Empresa A: } Eficiência = \frac{80000 \text{ parafusos}}{1000 \text{ kg ferro}} = 80 \text{ parafusos / kg de ferro}$$

$$\text{Empresa B: } Eficiência = \frac{18000 \text{ parafusos}}{200 \text{ kg ferro}} = 90 \text{ parafusos / kg de ferro}$$

Desta forma, pode-se concluir que e embora a empresa *A* tenha produção maior, é a empresa *B* a mais eficiente, pois esta última apresenta a melhor relação *outputs/inputs* na produção.

A evolução natural deste conceito pode ser verificada quando uma unidade produtiva produz diversos tipos de produtos a partir de vários tipos de insumos. Neste caso, normalmente os fatores de produção, sejam eles *inputs* ou *outputs*, apresentam contribuições diferentes para o sucesso da produção. O conceito de eficiência pode então ser descrito da seguinte forma:

$$Eficiência = \frac{\text{composição ponderada de outputs}}{\text{composição ponderada de inputs}}$$

Farrel (1957) cita duas diferentes abordagens para o conceito de eficiência produtiva através das composições ponderadas de *inputs* e *outputs*.

A primeira abordagem é a chamada “paramétrica”. Nessa abordagem, são atribuídos pesos fixos a cada variável estudada e posteriormente são calculadas as eficiências das unidades analisadas. Pode-se ainda dividir todos os escores de eficiência calculados pelo maior observado, a fim de se obter a eficiência relativa para todas as unidades analisadas. Os pesos são selecionados utilizando modelos matemáticos ou então utilizando simplesmente a experiência do planejador/decisor para compor a “função de produção”, que é a equação matemática que descreve a relação entre *inputs* e *outputs*.

Os métodos paramétricos mais utilizados são os modelos de máxima verossimilhança, mínimos quadrados ordinários corrigidos e mínimos quadrados ordinários deslocados (LOVELL, 1993 *apud* REINALDO, 2002). Para utilização desses métodos é necessária a obtenção antecipada da função de produção de forma explícita.

A abordagem “não-paramétrica” difere da anterior por não considerar os pesos fixos, pré-calculados ou pré-selecionados. Os pesos são calculados considerando o conjunto de produção. A técnica DEA é baseada nesse conceito, como será visto mais adiante.

Os métodos não-paramétricos baseiam-se na programação matemática e são concebidos para cumprir dois objetivos principais: construir fronteiras de produção e computar medidas de produtividade relacionando dados de observações com as fronteiras de produção (REINALDO, 2002).

“Planos de produção” são combinações viáveis de *inputs* e *outputs*, e podem ser representados por pontos inseridos no gráfico *outputs* \times *inputs*. A seguir pode ser observado na Figura 3.1 um gráfico com os planos de produção de um determinado conjunto de unidades produtivas a serem avaliadas. Neste exemplo, percebe-se que a reta de regressão (abordagem paramétrica) representa apenas um comportamento médio das unidades estudadas, mas não traduz um padrão para o conjunto.

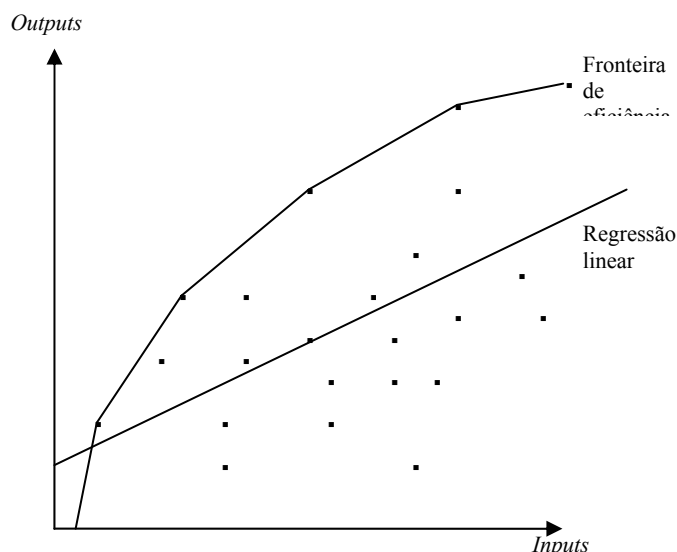


Figura 3.1 – Planos de Produção.

Já a fronteira de eficiência (abordagem não paramétrica) apresenta as unidades que se mostraram eficientes na conversão de *inputs* em *outputs* de produção, fornecendo dados muito mais significativos (que podem ser utilizados em uma futura análise de sensibilidade) do que um mero comportamento “médio”, que não indica nem tendência nem padrão que possa ser utilizado em análises mais aprofundadas (KASSAI, 2002).

Ainda segundo Farrel (1957), a eficiência econômica pode ser dividida em duas componentes principais: eficiência técnica e eficiência alocativa.

Resumidamente, a eficiência técnica define uma unidade eficiente como aquela que consegue obter o maior agregado de produtos a partir do menor agregado de insumos. A eficiência técnica pode ainda ser orientada a *inputs* ou a *outputs*, como será visto mais adiante.

Já a eficiência alocativa pode ser definida pelo estudo das possibilidades de utilização dos fatores de produção de modo a se encontrar a relação ótima *outputs/inputs* que minimize os custos de produção. Esta componente leva em consideração os preços dos insumos e dos produtos.

3.1.2 Princípios da DEA

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) generalizaram os estudos de Farrel (1957) e propuseram a técnica da Análise Envoltória de Dados (DEA) no artigo intitulado “*Measuring*

the Efficiency of Decision Making Units”. A publicação deste artigo foi o marco inicial para a evolução dos estudos da técnica DEA.

A DEA pode ser considerada “uma operacionalização da medida de eficiência técnica de Farrel (1957), através de programação matemática” (LOPES, 1998 *apud* REINALDO, 2002).

Na DEA, as unidades produtivas estudadas são chamadas “Unidades de Tomada de Decisão”. Contudo, no presente trabalho será utilizada a denominação clássica comum a praticamente todos os autores que versam sobre o tema. Logo, as unidades produtivas doravante serão denominadas DMUs, cuja origem vem da nomenclatura inglesa *Decision Making Unit*.

Reinaldo (2002), por sua vez, diz que a “DEA é um conjunto de modelos matemáticos que são usados como ferramentas, com o objetivo de analisar a eficiência técnica relativa de DMUs semelhantes”.

O primeiro modelo publicado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) consiste de um problema de programação matemática do tipo fracionária e retorno constante de escala (CRS, do inglês *Constant-Return to Scale*). Em outras palavras, qualquer variação nos *inputs* ocasionará uma variação proporcional nos *outputs*. Exemplificando, se a mesma empresa *A* do exemplo anterior aumentar a matéria-prima de 1.000 kg para 1.200 kg de ferro, é de se esperar que a produção aumente de 80.000 para 96.000 parafusos. Este modelo é conhecido como CCR, que é a combinação das iniciais dos seus autores, ou DEA-C (*constant*).

Para o caso em que a resposta é diferente da resposta proporcional esperada, diz-se que o modelo apresenta retornos variáveis de escala (ou VRS, do inglês *Variable-Return to Scale*). Este retorno pode ser crescente, para o caso em que o retorno é maior do que o esperado, ou decrescente, nos casos de retorno menor. Em 1984, foi proposto por Banker, Charnes e Cooper um modelo que considera esses retornos variáveis. Analogamente, este modelo é conhecido como BCC ou DEA-V (*variable*).

A hipótese do livre descarte considera que, para um dado nível de insumos consumidos, uma unidade pode produzir qualquer quantidade igual ou inferior à máxima. Desta forma, qualquer ponto da região abaixo da curva constitui um possível plano de produção.

Para uma DMU apresentar eficiência de escala é necessário que os resultados obtidos a partir dos modelos DEA-C e DEA-V sejam iguais. Se os resultados forem distintos, a ineficiência de escala poderá ser estabelecida através da diferença entre eles (CARMO e TÁVORA, 2003).

O gráfico da Figura 3.2 representa as curvas para os modelos DEA-C e DEA-V. Observa-se que a ineficiência técnica do ponto P em relação à DEA-C é dada pela distância $\overline{PP_C}$. Já a ineficiência técnica em relação à DEA-V é dada pela distância $\overline{PP_V}$. Logo, em rápida análise, pode-se afirmar que a ineficiência de escala será a distância $\overline{P_C P_V}$ e o escore de eficiência obtido no modelo DEA-C será sempre menor ou igual ao obtido no modelo DEA-V (CARMO e TÁVORA, 2003).

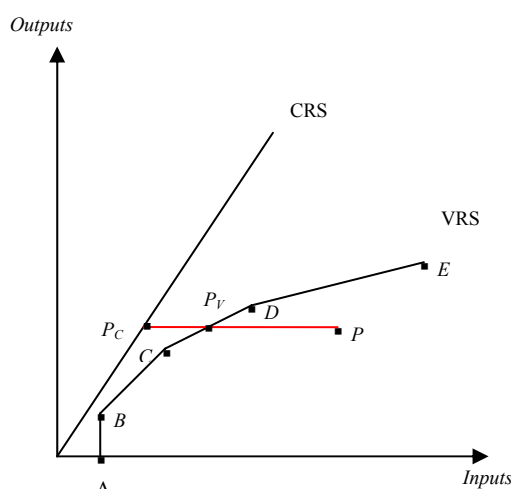


Figura 3.2 – Determinação gráfica da ineficiência.

De forma simplificada, a DEA consiste basicamente em selecionar as unidades que apresentam os melhores resultados na obtenção do máximo de produtos a partir do mínimo de insumos. Estas unidades servirão de *benchmark* para as demais.

Segundo Lins et al (2004): “(...) A adoção da metodologia DEA visa analisar cada unidade de decisão, condicionando a produção obtida aos recursos utilizados, de modo a obter um indicador de eficiência relativa dos cursos estudados (...)”. E complementa: “(...) esta característica permite identificar as unidades que, mesmo apresentando resultados modestos, destacam-se por fazer uso eficiente de seus recursos escassos (...)”.

A “eficiência” a ser alcançada, na verdade consiste em atingir a relação ótima entre *inputs* e *outputs*, de modo a obter-se o máximo indicador para cada unidade analisada.

Maçada e Becker (2001) afirmam que:

(...) A utilização do método DEA possibilita:

1. Determinar quantitativamente a eficiência relativa de cada DMU, sob a forma de taxas;

2. Identificar origens e quantidades de ineficiência relativa em cada uma das DMUs, em qualquer de suas dimensões *inputs* ou *outputs*;
3. Apoiar o planejamento de metas para as diversas dimensões que maximizem a eficiência de cada DMU. (...)

Ainda segundo Maçada e Becker (2001): “(...) A modelagem proporciona ao planejador ou decisor a criação de cenários e simulação de situações na busca da maior eficiência possível de sua DMU, comparando-a com os resultados encontrados nas demais (...)”.

A DEA mede a produtividade de cada unidade analisada em função da proximidade ou afastamento da fronteira de excelência. Esta fronteira é representada pela “curva de eficiência”, conforme será descrito mais adiante.

A DEA pode ser aplicada a quaisquer entidades, sejam estas públicas ou privadas; com ou sem fins lucrativos; e de qualquer ramo de atividade, bastando para isso que as unidades produtivas estudadas apresentem similaridades entre si, no sentido de utilizarem recursos semelhantes para obtenção de produtos ou resultados semelhantes. A principal diferença entre elas deve estar nas quantidades de *inputs* disponíveis e de *outputs* produzidos por cada uma das unidades estudadas. Sousa (2004) cita em sua dissertação as principais áreas onde foram desenvolvidas aplicações e também exemplos de áreas para aplicações futuras da metodologia DEA, considerando alguns *inputs* e *outputs* passíveis de serem utilizados.

3.1.3 Características e Vantagens da DEA

Reinaldo (2002) descreveu de modo sucinto e objetivo as características e vantagens da utilização da DEA para avaliar a eficiência de unidades produtivas. Esses trechos serão reproduzidos no presente trabalho.

(...) Dentre as vantagens da metodologia DEA, Charnes et alii (1994, p. 8) relacionou as seguintes:

1. Focaliza as observações individuais, antes que em médias populacionais;
2. Produz uma medida agregada para cada DMU em termos da utilização do fator insumo (variável independente) para produzir os produtos desejados (variável dependente);
3. Pode simultaneamente utilizar múltiplos insumos e múltiplos produtos;
4. Pode ajustar para variáveis exógenas;
5. Pode incorporar várias categorias (“dummy”);
6. É livre de valor e não requer conhecimento a priori dos preços (pesos) para os insumos e produtos;
7. Não impõe restrições a respeito da forma funcional da relação de produção;
8. Pode acomodar julgamento quando necessário;

9. Produz estimativas específicas para as mudanças desejadas em insumos e/ou produtos projetando, na fronteira eficiente, as DMUs que estão abaixo da fronteira;
10. É ótimo;
11. Focaliza na fronteira de melhor prática revelada antes que em propriedades de tendência central das fronteiras (...). (REINALDO, 2002).

Faz-se necessário, ainda, enumerar algumas características do método DEA (LINS e MEZA, 2000, p. 3):

1. Difere dos métodos baseados em avaliação puramente econômica, que necessitam converter todos os inputs e outputs em unidades monetárias;
2. Os índices de eficiência são baseados em dados reais (e não em fórmulas teóricas);
3. Generaliza o método de Farrel (FARREL, 1957), construindo um único output virtual e um único input virtual;
4. É uma alternativa e um complemento aos métodos da análise da tendência central e análise custo-benefício;
5. Considera a possibilidade de que os outlier não representem apenas desvios em relação ao comportamento “médio”, mas possíveis benchmarks a serem estudados pelas demais DMUs, definindo como alternativa cuja eficiência está sendo avaliada;
6. O conjunto de DMUs adotado em uma análise DEA deve ter em comum a mesma utilização de inputs e outputs, ser homogêneo e ter autonomia na tomada de decisões;
7. Otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar uma fronteira linear por partes (piece-wise linear), que compreende o conjunto de DMUs Pareto-Eficiente, ao contrário das abordagens paramétricas tradicionais;
8. Caracteriza cada DMU por um único score de eficiência relativa;
9. Realiza projeções de melhoria de eficiência baseada nas melhores práticas;
10. Provê informações complementares sobre rendimento de escala (crescente e decrescente) (...) (REINALDO, 2002).

3.2 TÉCNICAS DE MODELAGEM

Nesta seção serão apresentados os principais tópicos da metodologia DEA e os passos a serem seguidos para a correta modelagem do problema.

3.2.1 Fronteira de Eficiência e Orientação do Modelo

A DEA pressupõe que, para ser considerada eficiente, uma DMU deve extrair o máximo de *outputs* de um mínimo de *inputs*, comparativamente às outras DMUs analisadas. Para subsidiar essa comparação, a DEA gera a chamada “curva de eficiência”, cujos pontos

traduzem a relação ótima *inputs/outputs* que cada DMU deve ter para ser considerada eficiente.

Essa curva representa o limite máximo da relação *outputs/inputs* que cada DMU pode atingir e, portanto, indica o patamar de eficiência a ser alcançado para que se possa obter o maior agregado possível de produtos do menor agregado desejável de recursos. Segundo Lins et al (2004):

(...) Os modelos DEA fornecem os *benchmarks* para as unidades ineficientes, determinados pela projeção destas unidades na fronteira de eficiência. A forma como é feita esta projeção determina a orientação do modelo, tradicionalmente, orientação a *inputs* (quando se deseja minimizar os recursos) e orientação a *outputs* (quando se deseja maximizar os produtos sem diminuir os insumos) (...). (LINS, 2004).

As principais diferenças entre essas duas abordagens serão melhor explicadas agora.

Considere-se o caso em que está sendo estudado um determinado conjunto de empresas que transformam matéria-prima em produto acabado. Supõe-se ainda uma curva de eficiência já determinada e representada graficamente na Figura 3.3. Neste exemplo, pode ser observada uma DMU genérica, que se encontra fora da fronteira de eficiência, produzindo 90 unidades de produtos e consumindo 10 unidades de insumos.

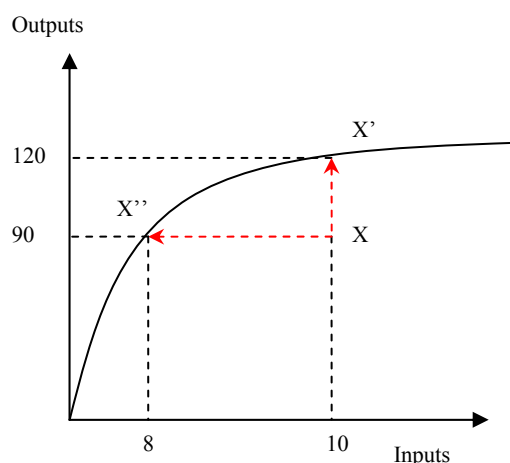


Figura 3.3 – Exemplo gráfico de fronteira de eficiência.

Conforme visto anteriormente, o objetivo principal da DEA é determinar a fronteira de eficiência, com o objetivo de analisar o afastamento das unidades ineficientes desta. Portanto, toda unidade considerada ineficiente deve vislumbrar alcançar a curva de eficiência para alcançar a melhor condição possível em termos de relação *outputs/inputs*.

Desta forma, podem ser consideradas duas maneiras diferentes de uma DMU ineficiente atingir o patamar de eficiência.

A primeira é pela projeção até a curva através de uma reta vertical, paralela ao eixo das ordenadas. No exemplo acima, a DMU em questão pode buscar a eficiência pela projeção vertical do ponto X para o ponto X' , produzindo agora 120 unidades de produtos mantendo fixas as mesmas 10 unidades de insumos. Esta abordagem é denominada “orientação a *outputs*”.

O segundo modo é pela projeção até a curva através de uma reta horizontal, paralela ao eixo das abscissas. Ainda segundo o mesmo exemplo, a DMU pode atingir a eficiência pela projeção horizontal do ponto X para o ponto X'' , produzindo as mesmas 90 unidades de produtos, mas utilizando agora 8 unidades de insumos. Esta abordagem é denominada “orientação a *inputs*”.

Obviamente, essa DMU também alcançará a eficiência atingindo qualquer outro ponto da curva, mesmo sendo este diferente dos pontos X' e X'' . Analisando o mesmo caso, agora considerando o gráfico da Figura 3.4, pode-se supor que exista uma outra DMU eficiente que opere no ponto Y , produzindo 110 unidades de produtos a partir de 9 unidades de insumos. A primeira DMU também será considerada eficiente se atingir, por exemplo, o mesmo ponto Y ou qualquer outro ponto pertencente à curva. Entretanto, a modelagem para esse caso seria extremamente complexa. Os modelos clássicos como o CCR ou o BCC não poderiam ser utilizados e, conseqüentemente, seria necessário o estudo de um novo modelo DEA para cada ponto da curva almejado.

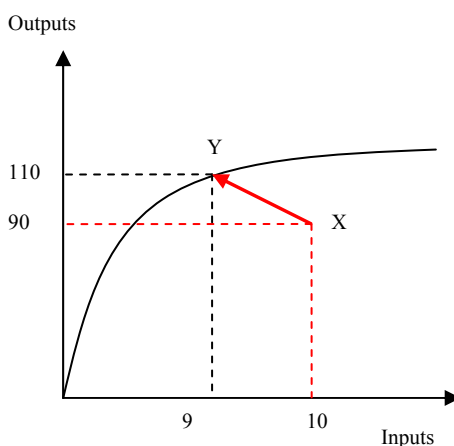


Figura 3.4 – Exemplo de aproximação de um ponto de produção da fronteira de eficiência.

A orientação a ser utilizada deve ser escolhida por ocasião da elaboração do modelo, como será visto posteriormente.

Normalmente, usa-se a orientação a *outputs* quando é a demanda do mercado que determina a quantidade a ser produzida pela DMU, desde que a mesma não apresente restrições quanto aos recursos disponíveis. Em outras palavras, a empresa precisa produzir a quantidade que for solicitada e para isso deve possuir pessoal, maquinário e *know-how* suficiente para atender a essa demanda. É o caso das grandes empresas que possuem capacidade de produção maior que a média necessária com o objetivo de atender demandas eventuais ou sazonais.

Já a orientação a *inputs* é utilizada quando os recursos são escassos e estes determinam a máxima quantidade de insumos que pode ser utilizada a fim de gerar o maior agregado possível de produtos. Normalmente é o caso de instituições públicas que trabalham com verbas pré-definidas pelos orçamentos advindos dos três tipos de esferas governamentais (municipal, estadual ou federal).

3.2.2 Seleção das Unidades de Estudo

O primeiro critério óbvio para a seleção das DMUs a serem utilizadas no modelo é que as mesmas pertençam ao mesmo ramo de atividade, objeto de estudo.

Além disso, unidades escolhidas devem desempenhar as mesmas tarefas, tendo os mesmos objetivos. Devem ainda utilizar os mesmos tipos de *inputs* para produzir os mesmos tipos de *outputs*. Em outras palavras, as variáveis consideradas devem ser as mesmas, diferindo entre si apenas nas quantidades empregadas ou obtidas.

Um outro cuidado a ser tomado é a determinação do tempo de avaliação das DMUs. O período considerado deve ser estudado previamente a fim de verificar a ocorrência de variações ocasionais e, em caso afirmativo, estas devem ser tratadas ou então os períodos ou a DMU devem ser simplesmente desconsiderados.

É necessário um período suficientemente grande para que se tenha uma amostra representativa. Entretanto, normalmente quanto maior o período estudado, maior a probabilidade de que essas variações ocasionais estejam ocultas no mesmo. Logo o período de tempo deve ser escolhido cuidadosamente, levando em consideração a ocorrência de variações ocasionais e a representatividade do modelo.

3.2.3 Seleção de Variáveis

É de suma importância a escolha das variáveis a serem abordadas na modelagem. A definição dos *inputs* e *outputs* depende do contexto e dos objetivos do problema de pesquisa. O mesmo deve ser estudado a fim de obter as variáveis verdadeiramente significativas, sejam elas *inputs* ou *outputs*.

É importante ressaltar que certos conjuntos de variáveis podem apresentar produtos indesejáveis, como, por exemplo, número de acidentes ocorridos, quantidade de poluentes emitidos, resíduos orgânicos, etc. Mesmo sendo estes produtos finais do processo, não devem ser assim considerados durante a modelagem, pois os *outputs* de uma maneira geral são maximizados e os *inputs* minimizados pela DEA; e no caso específico desses produtos, a DMU será tão mais eficiente quanto menor for sua quantidade. Desta forma, estes produtos indesejáveis se enquadram melhor na categoria dos *inputs*.

A quantidade de variáveis estudadas também é de suma importância para obtenção de um modelo adequado e tem estreita relação com a quantidade de unidades a serem analisadas. Uma pequena quantidade de variáveis pode proporcionar uma modelagem incompleta e não representativa das DMUs estudadas. A estatística sugere que quanto maior o número de variáveis, maior a representatividade da amostra, entretanto, isso não se mostra sempre verdadeiro no estudo da DEA.

A utilização de uma quantidade excessiva muitas vezes pode acarretar em uma avaliação extremamente benevolente com determinadas unidades, tendo como consequência imediata a obtenção de um número exagerado de DMUs eficientes.

Estudos empíricos sugerem que o número de DMUs seja de três a cinco vezes o número de variáveis. Portanto, a seleção do número de variáveis não deve ser feita após a seleção do número de DMUs e nem o contrário. A escolha deve ser feita em conjunto, a fim de se evitar os problemas supracitados e obter uma modelagem representativa.

3.2.4 Seleção do Modelo

Nessa etapa, é decidido se o modelo a ser adotado terá como base a abordagem CRS ou VRS (crescente ou decrescente).

Conforme visto anteriormente, a abordagem CRS é própria para ser usada em situações em que o problema apresenta retornos constantes de escala, ou seja, nos casos em

que uma variação nos *inputs* induz a uma variação proporcional nos *outputs*. O modelo a ser adotado nesses casos normalmente é o CCR

Já a abordagem VRS é usada quando o problema não apresenta retornos constantes de escala. Nestes casos, uma variação nos *inputs* induz a uma variação não proporcional nos *outputs* e o modelo adotado normalmente é o BCC, que por sua vez pode ser ainda crescente ou decrescente.

3.3 MODELAGEM MATEMÁTICA

Após feitas as considerações iniciais e citadas algumas regras básicas para elaboração do modelo, se faz necessário nesse momento inferir a chamada “curva de eficiência” ou “fronteira de eficiência”, que tem por objetivo subsidiar o estudo da produtividade de cada DMU separadamente.

Conforme citado anteriormente, existem duas maneiras de uma DMU ineficiente aproximar-se da curva com o intuito de se tornar eficiente, que são traduzidas pela orientação dada ao modelo.

As orientações a *outputs* e a *inputs* sugerem um problema de otimização por programação matemática, pois na verdade, a curva de eficiência nada mais é que a maximização do volume de produtos obtido de um dado volume de insumos (para o primeiro caso) ou a minimização do volume de insumos utilizado para obter um determinado volume de produtos (para o segundo caso).

3.3.1 Modelo CCR

Observando o exposto no item anterior, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram um modelo de programação para cada um desses dois casos, considerando o problema que apresenta retornos constantes de escala. Na essência, os modelos se assemelham, sendo que a principal distinção entre os mesmos se dá justamente devido ao fato de se considerar a aproximação da curva de eficiência pelo aumento do volume de *outputs* ou pela redução do volume de *inputs*. Considerando as duas possibilidades de orientações, obtêm-se dois modelos diferentes que são o “modelo CCR orientado a *outputs*” e o “modelo CCR orientado a *inputs*”.

A principal característica do modelo CCR é a junção de todos os produtos e insumos considerados na análise em um único produto “virtual” e em um único insumo “virtual”. A razão ótima entre esses fornece a medida de eficiência técnica, que será função dos pesos atribuídos a cada variável, que, por sua vez, serão calculados através de um modelo de programação matemática.

Conforme dito anteriormente, nos primeiros estudos acerca da produtividade, eram atribuídos pesos fixos a todas as variáveis, considerando a contribuição de cada uma delas no conjunto considerado.

Essa metodologia apresenta como principal inconveniente a rigidez característica dessa formulação, uma vez que o modelo deverá seguir os padrões (pesos) pré-estabelecidos pelo planejador/decisor através de métodos de estimação ou de sua própria experiência no ramo de atividade estudado.

Essa foi justamente a maior contribuição da DEA na análise de cursos de pós-graduação *stricto sensu* em engenharia de produção. Segundo Lins et al (2004):

(...) uma das maiores inovações introduzidas pela Análise Envoltória de Dados foi superar a rigidez de um índice de eficiência no qual todas as unidades produtivas sob avaliação deveriam submeter-se a um esquema de pesos atribuídos às variáveis (*input* ou *output*) fixo e arbitrado por um decisor (...). (LINS, 2004).

Ainda segundo o mesmo autor, “(...) o método DEA permite flexibilizar a atribuição de pesos, evitando excessiva arbitrariedade e permitindo representar melhor as incertezas envolvidas no processo decisório (...)”.

De fato, a técnica DEA permite que o próprio modelo decida a contribuição de cada variável para o cálculo do indicador, de modo a otimizar as relações entre insumos e produtos, calculando para cada DMU sua própria composição de pesos.

Entretanto, essa liberdade dada ao modelo também pode trazer alguns inconvenientes na análise.

Devido ao fato de o modelo citado não apresentar juízo de valor em relação aos pesos atribuídos às variáveis, pode ocorrer que os pesos calculados sejam considerados inaceitáveis pelo planejador/decisor. Entretanto, isso pode ser atenuado pela inclusão de restrições que mantenham o peso em uma faixa considerada razoável, permitindo que o modelo atribua pesos que estejam entre a excessiva rigidez e a excessiva flexibilidade.

A seguir, será demonstrada a modelagem matemática para os modelos CCR com orientação a *inputs* e na seção seguinte a modelagem com orientação a *outputs*.

Percebendo que nem sempre as variações de *inputs* e *outputs* são proporcionais, Banker, Charnes e Cooper (1984) propuseram um novo tipo de modelagem, que é uma variação do CCR e assume que uma alteração na quantidade de *inputs* pode provocar uma alteração não proporcional nas quantidades de *outputs*. Este modelo foi denominado modelo BCC, que tal como o primeiro, pode apresentar orientações a *outputs* e a *inputs*.

A seguir, serão mostradas as modelagens CCR e BCC, considerando as orientações a *outputs* e a *inputs* em cada uma delas.

3.3.1.1 Modelo CCR com orientação a Inputs

O modelo CCR parte do princípio que cada alteração na quantidade de *inputs* induziria uma variação proporcional na quantidade de *outputs*. Este é o princípio dos retornos constantes de escala (CRS).

Como já foi dito anteriormente, este modelo considera a aproximação da DMU analisada da curva de eficiência através da redução do nível de *inputs*, mantendo constante o nível de *outputs*.

É importante ressaltar que a modelagem é feita através do somatório de grandezas nem sempre semelhantes. Por exemplo, pode ser necessário somar número de alunos com número de dissertações ou número de artigos publicados. Na DEA não existe diferença entre as grandezas estudadas. Todos os dados são tratados simplesmente como *inputs* ou *outputs*, e são considerados adimensionais para fins de modelagem matemática.

O primeiro modelo CCR proposto foi um modelo de programação fracionária. A função objetivo será dada pela maximização do indicador de produtividade P_k , que nada mais é que a maximização da razão da soma das saídas virtuais pela soma das entradas virtuais. A função objetivo é, portanto:

$$\text{MAX } P_k = \frac{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k}}{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k}}$$

Onde:

- k é a DMU estudada;
- P_k é o indicador de produtividade da DMU k ;

- i é a variável indexadora dos *inputs*;
- r é a variável indexadora dos *outputs*;
- m é o nº de variáveis consideradas no problema como *inputs*;
- s é o nº de variáveis consideradas no problema como *outputs*;
- $X_{i,k}$ é o nº de insumos do tipo i utilizados pela DMU k ;
- $Y_{r,k}$ é o nº de produtos do tipo r gerados pela DMU k ;
- $u_{r,k}$ e $v_{i,k}$ são as variáveis de decisão, que constituem os pesos atribuídos às variáveis $Y_{r,k}$ e $X_{i,k}$.

O Problema consiste em determinar os valores de $u_{r,k}$ e $v_{i,k}$ de modo a maximizar a razão entre a saída virtual (soma ponderada das saídas) e a entrada virtual (soma ponderada das entradas). Desta forma, o modelo calculará a contribuição (peso) de cada variável (*output* ou *input*) de modo que a maximizar o P_k , objetivando a determinação da curva de eficiência.

As restrições para a função objetivo são:

$$\frac{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j}}{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n$$

Onde:

- j é a variável indexadora das DMUs.
- n é o nº de DMUs estudadas.
- $X_{i,j}$ é o nº de insumos do tipo i utilizados pela DMU j ;
- $Y_{r,j}$ é o nº de produtos do tipo r gerados pela DMU j ;

Se tomadas em conjunto com a função objetivo, estas restrições forçarão o indicador P_k a assumir, no máximo, o valor unitário. Desta forma, esse indicador será igual a um se e somente se a DMU em questão se destacar das demais por fazer uso da melhor relação *inputs/outputs*, podendo desta forma, ser considerada eficiente. Estas serão as DMUs que irão compor a fronteira de eficiência.

É importante considerar que a estrutura matemática dos modelos DEA permite a atribuição do valor zero às variáveis de decisão (no nosso caso, aos pesos). Quando isso acontece, a variável que obteve peso zero não será considerada na análise final.

Por outro lado, o modelo também pode atribuir valores exagerados para determinadas variáveis, que podem também não corresponder à realidade do conjunto analisado.

Como já citado anteriormente, esses inconvenientes podem ser evitados através de restrições adicionais que limitem os pesos a uma faixa coerente pré-estabelecida pelo decisor/planejador, se este assim o desejar. Caso contrário, as variáveis devem atender apenas à restrição de não-negatividade.

Portanto, o decisor/planejador pode estabelecer uma faixa pré-definida onde os pesos de cada variável devem estar. Conforme descrito anteriormente, esta ação impede que os pesos assumam valores muito baixos ou muito altos, fazendo com que o modelo se torne um híbrido entre a rigidez proposta pelos modelos tradicionais de pesos fixos e a excessiva liberdade dos modelos DEA para livre escolha dos pesos.

$$\begin{aligned} u_{r,k} &\geq a_{r,k} & v_{i,k} &\geq a_{i,k} \\ u_{r,k} &\leq b_{r,k} & v_{i,k} &\leq b_{i,k} \end{aligned} \quad \forall r, i, k$$

Onde:

- $a_{r,k}$ é o valor mínimo que a variável $u_{r,k}$ pode assumir.
- $a_{i,k}$ é o valor mínimo que a variável $v_{i,k}$ pode assumir.
- $b_{r,k}$ é o valor máximo que a variável $u_{r,k}$ pode assumir.
- $b_{i,k}$ é o valor máximo que a variável $v_{i,k}$ pode assumir.

Portanto, resumidamente, obtêm-se o seguinte modelo:

$$\begin{aligned} \text{MAX } P_k &= \frac{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k}}{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k}} \\ \frac{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j}}{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j}} &\leq 1 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n \\ u_{r,k}, v_{i,k} &\geq 0 \quad \forall r, i, k \end{aligned}$$

Figura 3.5 – Modelo CCR fracionário com orientação a *inputs* (clássico).

Ou, considerando as faixas de pesos pré-estabelecidas:

$$\begin{aligned}
\text{MAX } P_k &= \frac{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k}}{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k}} \\
\frac{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j}}{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j}} &\leq 1 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n \\
u_{r,k} &\geq a_{r,k} \quad v_{i,k} \geq a_{i,k} \\
u_{r,k} &\leq b_{r,k} \quad v_{i,k} \leq b_{i,k} \quad \forall r, i, k
\end{aligned}$$

Figura 3.6 – Modelo CCR fracionário com orientação a *inputs* com faixas de pesos pré-estabelecidos.

Para determinar a curva de eficiência, este modelo deve ser aplicado a cada DMU do conjunto estudado. Após resolver o problema para cada unidade produtiva, obtêm-se então os valores da maximização da razão saída/entrada virtual. Conforme já abordado, as DMUs consideradas eficientes são todas em que essa razão seja igual a um.

Desta forma, após determinadas as DMUs eficientes, pode ser plotada uma curva de eficiência referente ao conjunto analisado. Com base nesta curva, podem-se verificar graficamente as DMUs que estão fora da fronteira de eficiência e ainda pode-se facilmente calcular a quantidade de *outputs* que devem ser produzidos ou a quantidade de *inputs* que devem ser economizados para que a unidade em questão alcance o patamar da eficiência em comparação com as demais.

Alternativamente, pode ser feita uma análise de sensibilidade baseada no modelo de programação utilizado a fim de verificar as possibilidades de cada DMU atingir o patamar de eficiência.

Vale ressaltar ainda que a análise é feita para um conjunto de unidades produtivas pré-estabelecidas. No caso de inclusão ou exclusão de qualquer DMU na análise, é obrigatório o reinício de todo o processo de modelagem matemática desde o início.

Apesar de extremamente útil, esta modelagem apresenta o inconveniente de basear-se em um problema de programação fracionária, o qual necessita de algoritmos complexos para a sua resolução.

Visando eliminar esse problema, Charnes e Cooper desenvolveram um algoritmo para reduzir o problema de programação fracionária a um problema de programação linear, cuja resolução é mais simples e pode ser feita através de algoritmos amplamente consagrados e conhecidos no estado da arte, como por exemplo, o SIMPLEX.

Por não fazer parte do escopo do presente trabalho, não serão explicados detalhes acerca desse ou de qualquer outro algoritmo para resolução de problemas de programação matemática do tipo linear ou fracionária. Para tal, o leitor deve buscar apoio em literatura técnica especializada. Do mesmo modo, também não é escopo do presente trabalho o detalhamento acerca da conversão do modelo de programação fracionária para o modelo de programação linear correspondente. Será citado apenas o resultado final da conversão, que gera o seguinte modelo:

$$\begin{array}{ll}
 \text{MAX} & P_k = \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k} \\
 \text{SA} & \\
 & \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j} - \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j} \leq 0 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k} = 1 \\
 & u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 \quad \text{ou} \quad u_{r,k} \geq a_{r,k} \quad v_{i,k} \geq a_{i,k} \\
 & \quad \quad \quad u_{r,k} \leq b_{r,k} \quad v_{i,k} \leq b_{i,k} \\
 & \forall r, i, k
 \end{array}$$

Figura 3.7 – Modelo CCR linearizado com orientação a *inputs*.

Devido ao problema ser orientado a *inputs*, a função objetivo representará a maximização dos produtos (produto virtual).

O primeiro conjunto de restrições pode ser considerado como o resultado da DMU, pois representa a diferença entre o produto “virtual” e o insumo “virtual”. Essa diferença está limitada a zero, o que significa que as DMUs eficientes obterão o resultado zero para estas restrições.

O segundo grupo de restrições (que na verdade se trata de uma única restrição) em conjunto com o primeiro grupo de restrições limita o indicador de produtividade P_k ao valor unitário. Logo, nessa nova modelagem, o indicador P_k das DMUs eficientes também será igual a um.

Devido à sua maior simplicidade no tratamento e facilidade de resolução, o segundo modelo será o utilizado para determinar a curva de eficiência do presente trabalho.

3.3.1.2 Modelo CCR com orientação a Outputs

Este modelo difere do anterior por duas características principais:

1. A DMU analisada se aproxima da curva de eficiência pelo incremento do nível de *outputs*, mantendo constante o nível de *inputs*. Em outras palavras, o objetivo é minimizar a razão da soma das entradas virtuais pela soma das saídas virtuais;
2. Ao contrário do caso anterior, a função objetivo e as restrições são dadas pela razão entre volume de inputs e volume de *outputs*, e devem ser maiores ou iguais a 1.

No mais, as características são idênticas. Logo, a modelagem matemática para este caso será apresentada sem maiores detalhes. Com base no modelo anterior, obtêm-se por analogia:

$$\begin{array}{l}
 \text{MIN } P_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k}}{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k}} \\
 \text{SA} \\
 \frac{\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j}}{\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j}} \geq 1 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n \\
 u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 \quad \text{ou} \quad u_{r,k} \geq a_{r,k} \quad v_{i,k} \geq a_{i,k} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad u_{r,k} \leq b_{r,k} \quad v_{i,k} \leq b_{i,k} \\
 \forall r, i, k
 \end{array}$$

Figura 3.8 – Modelo CCR fracionário com orientação a *outputs*.

Após a transformação para problema de programação linear, obtêm-se:

$$\begin{array}{ll}
\text{MIN } P_k = \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k} \\
\text{SA} \\
\sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k} = 1 \\
\sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j} - \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j} \geq 0 & j = 1, \dots, k, \dots, n \\
\\
u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 & \text{ou} & u_{r,k} \geq a_{r,k} & v_{i,k} \geq a_{i,k} \\
& & u_{r,k} \leq b_{r,k} & v_{i,k} \leq b_{i,k} \\
\\
\forall r, i, k
\end{array}$$

Figura 3.9 – Modelo CCR linearizado com orientação a *outputs*.

3.3.2 Modelo BCC

Conforme já exaustivamente abordado no presente trabalho, o modelo BCC foi apresentado em 1984 por Banker, Charnes e Cooper e é utilizado quando o problema pressupõe retornos variáveis de escala (VRS).

O modelo BCC tem a capacidade de considerar as escalas de produção em que as DMUs estão situadas antes de classificá-las como eficientes ou não. Em outras palavras, uma DMU para ser considerada eficiente não precisa ser eficiente em relação às demais em termos absolutos. Ela será comparada apenas com as DMUs que operem com escala de produção semelhante.

Por exemplo, no caso de grandes companhias aéreas, ao utilizar o modelo BCC, evita-se o disparate de comparar pequenas empresas de táxi aéreo com grandes empresas que operam com vôos de escala internacional. Utilizando o modelo CCR nestes casos, corre-se o risco de obter resultados não representativos, pois os mesmos tenderiam a ser benevolentes com as grandes empresas que operam em larga escala, em detrimento de pequenas empresas com pequena escala de produção.

O modelo será apresentado a seguir, considerando a orientação a *inputs* e a *outputs*.

3.3.2.1 Modelo BCC com orientação a Inputs

O modelo matemático neste caso é o descrito na Figura 3.10.

$$\begin{array}{l}
 \text{MAX } P_k = \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k} - u_{0,k} \\
 \text{SA} \\
 \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j} - \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j} \leq 0 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n \\
 \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k} = 1 \\
 u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 \quad \text{ou} \quad u_{r,k} \geq a_{r,k} \quad v_{i,k} \geq a_{i,k} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad u_{r,k} \leq b_{r,k} \quad v_{i,k} \leq b_{i,k} \\
 u_{0,k} \text{ livre} \\
 \forall r, i, k
 \end{array}$$

Figura 3.10 – Modelo BCC linearizado com orientação a *inputs*.

Como pode ser observado, este modelo tem o funcionamento bastante similar ao CCR e ambos também são matematicamente muito semelhantes. A principal diferença entre os dois modelos é a inclusão de uma nova variável de decisão $u_{0,k}$ (no caso de orientação a *outputs*, a variável será $v_{0,k}$), que é uma variável livre, ou seja, poderá assumir quaisquer valores reais, sejam eles nulos, positivos ou negativos.

Quando a referida variável apresentar valor nulo, significa que o problema na verdade tem retornos constantes de escala. Caso o mesmo seja positivo, o problema apresenta retornos decrescentes de escala e caso seja negativo, pode-se concluir que é um problema de retornos crescentes de escala (ver Quadro 3.1 a seguir).

Quadro 3.1 – Significado das variáveis $u_{0,k}$ e $v_{0,k}$.

	$u_{0,k} = 0$	$u_{0,k} > 0$	$u_{0,k} < 0$	$v_{0,k} = 0$	$v_{0,k} > 0$	$v_{0,k} < 0$
Orientação a <i>inputs</i>	CRS	VRS decrescente	VRS crescente			
Orientação a <i>outputs</i>				CRS	VRS decrescente	VRS crescente

O modelo BCC foi apresentado inicialmente tendo como base o modelo CCR já linearizado. Desta forma, não será apresentada nenhuma modelagem de programação fracionária para este modelo.

3.3.2.2 Modelo BCC com orientação a Outputs

O modelo matemático neste caso é o descrito na Figura 3.11.

$$\begin{array}{ll}
 \text{MIN} & P_k = \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,k} - v_{0,k} \\
 \text{SA} & \\
 & \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,k} = 1 \\
 & \sum_{i=1}^{i=m} v_{i,k} X_{i,j} - \sum_{r=1}^{r=s} u_{r,k} Y_{r,j} \geq 0 \quad j = 1, \dots, k, \dots, n \\
 & u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 \quad \text{ou} \quad u_{r,k} \geq a_{r,k} \quad v_{i,k} \geq a_{i,k} \\
 & \quad \quad \quad u_{r,k} \leq b_{r,k} \quad v_{i,k} \leq b_{i,k} \\
 & u_{ok} \text{ livre} \\
 & \forall r, i, k
 \end{array}$$

Figura 3.11 – Modelo BCC linearizado com orientação a *outputs*.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A DEA

Existem ainda outros modelos matemáticos similares ao CCR e ao BCC baseados no princípio da Análise Envoltória de Dados. Entretanto, a descrição desses modelos não é escopo do presente trabalho e não serão tratados no mesmo.

Esse capítulo tratou o assunto DEA de forma abrangente, porém sem a menor intenção de esgotar o mesmo. Existe uma ampla literatura versando a respeito do assunto, dos quais vários artigos encontram-se destacados nas referências bibliográficas do presente trabalho. Caso seja de interesse do leitor, recomenda-se ainda buscar na literatura especializada outros trabalhos sobre o tema.

4 A AVALIAÇÃO PROBABILÍSTICA DE PRODUTIVIDADES

O objetivo deste capítulo é descrever a metodologia da Avaliação Probabilística de Produtividades proposta por Sant'Anna (2002a) e empregada inicialmente para avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia de Produção no Brasil. Será realizada uma breve comparação com a metodologia DEA, onde serão destacadas suas principais vantagens em relação a esta metodologia. Serão detalhadas ainda neste capítulo a modelagem para aleatorização de variáveis e a técnica de composição probabilística de critérios, de modo a completar o estudo proposto.

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A utilização da metodologia DEA, conforme descrito anteriormente, trouxe avanços no tocante à avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia no Brasil. Pela primeira vez foi considerado não só o resultado absoluto das unidades de produção (universidades) estudadas, mas também o aproveitamento dos recursos disponíveis de cada uma delas, gerando uma fronteira de eficiência que serviria de paradigmas para as unidades não eficientes.

No entanto, a DEA apresenta três características que dificultam sua aplicação prática. São elas:

1. A inclusão de uma ou mais unidades que operem em escala diferente pode fazer com que essas ocupem a posição de paradigma para as demais, de tal forma que não se possa esperar que essas últimas consigam operar de modo semelhante.

2. O modelo pode decidir pela atribuição de peso nulo a determinada variável, que, segundo a percepção do decisor, não deveria ser desprezada.
3. O modelo, como princípio, não leva em consideração a existência de erros aleatórios nas medidas de *inputs* e *outputs*.

As dificuldades oriundas das duas primeiras características podem ser atenuadas (mas não eliminadas) utilizando o modelo BCC ou restringindo a faixa de pesos.

No que tange à terceira característica, a Avaliação Probabilística de Produtividade surge como uma alternativa para considerar a existência de erros aleatórios. As combinações das probabilidades de maximizar ou minimizar *inputs* ou *outputs* reduzem a influência dos erros aleatórios de cada medida no produto final das probabilidades.

A avaliação de produtividade baseada em probabilidades de atingir as fronteiras de melhor e de pior desempenho traz uma nova visão ao problema da avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em engenharia, como se segue.

Segundo Sant'Anna (2004):

(...) No caso da avaliação da produtividade, permite contrastar resultados obtidos e recursos empregados de formas mais informativas que o simples cálculo de quocientes insumo/produto. A idéia básica é medir a qualidade em termos de proximidade às fronteiras, seja de melhor seja de pior desempenho (...).

Sant'Anna (2002a) propôs uma nova metodologia considerando as probabilidades de maximizar ou minimizar os *inputs* e *outputs* ao invés de considerar apenas as distâncias entre o plano de produção de determinada unidade produtiva e a fronteira de eficiência. São consideradas não apenas uma, mas duas fronteiras a serem estudadas.

A avaliação de cursos tem por objetivo final a classificação dos cursos e a produtividade tem sido considerada um importante elemento nessa avaliação. Sant'Anna (2004) observa que a classificação baseada na produtividade orientará naturalmente a demanda para os cursos mais eficientes, ou seja, que possuem toda a sua capacidade plenamente empregada. Por outro lado, a análise por resultados absolutos teria a vantagem de orientar a demanda para os cursos de maior produção, estimulando o aproveitamento de uma eventual capacidade ociosa.

Na avaliação probabilística de produtividade podem ser utilizados pesos pré-estabelecidos, que podem ser indicativos, por exemplo, da qualidade das dissertações.

Entretanto, estabelecer essa quantificação não é uma tarefa trivial, devido à subjetividade intrínseca a essa análise.

4.2 ALEATORIZAÇÃO DOS VOLUMES DE *INPUTS* E *OUTPUTS*

A principal diferença entre a avaliação probabilística e a DEA reside no fato de que os dados tratados inicialmente de forma determinística são convertidos para probabilidades de pertencer à fronteira, seja de melhor, seja de pior desempenho.

Em outras palavras, os dados apresentados pela CAPES sofrerão um tratamento estatístico para que os dados determinísticos originais sejam transformados em dados probabilísticos, utilizando um modelo que tenha por base algum tipo de distribuição conhecida. Assim, serão levados em consideração os erros de medida aleatórios inerentes ao problema.

A transformação do problema determinístico em probabilístico faz com que o processo seja mais resistente a erros aleatórios. Segundo Sant'Anna (2002a):

(...) Enquanto a fronteira de excelência tende a ser formada por desempenhos raros, a comparação em variáveis em que a unidade não apresente desempenho extremo e a comparação com um conjunto de observações com valores mais frequentes torna o procedimento de avaliação mais resistente a erros aleatórios (...).

Assim, as quantidades de *input* e *outputs* passam a ser parâmetros de posição de distribuições de probabilidades independentes.

4.3 TIPOS DE DISTRIBUIÇÕES UTILIZADAS

Resta agora decidir qual distribuição será utilizada na modelagem do problema. Sant'Anna (2002a) sugere que:

(...) para modelar a dispersão, a hipótese básica que aqui se assume é que, se duas unidades de produção quaisquer pertencem ao conjunto analisado, existe uma probabilidade não nula de inversão entre as suas posições relativamente ao volume observado de cada recurso ou produto e esta probabilidade deve ser pequena quando se consideram as unidades com o maior e o menor valor. Estabelecer quão pequena deve ser esta probabilidade e como cresce com a proximidade entre as medidas observadas completa a modelagem estatística (...).

Sant’Anna (2002a) afirma que:

(...) enfatizamos, aqui, em vez da completa parametrização das distribuições, que exigiria que dispuséssemos de repetições suficientes para poder estimar com precisão os parâmetros, a combinação de medidas aproximadas para probabilidades calculadas relativamente a cada recurso e a cada produto, de tal sorte que qualquer erro nas aproximações tenha sua influência no resultado final diluída (...).

4.3.1 Cálculo através de Distribuição Uniforme

Segundo Sant’Anna (2002a): “(...) o uso das probabilidades assim estabelecidas para calcular, apenas, probabilidades de ocupar posições limites na comparação com outras unidades diminui a importância da correta especificação da forma da distribuição (...)”.

Acrescenta ainda: “(...) enquanto a livre variação dos pesos na DEA torna seus resultados invariantes apenas em relação a mudanças proporcionais de escala, o cálculo da probabilidade de ocupar posição na fronteira é menos influenciado pelos valores das observações que pela ordem das posições das unidades (...)”.

O primeiro passo para a aleatorização das variáveis é estabelecer a ordenação das opções tomando por base os valores dos dados coletados. Ensina Sant’Anna (2002c) que não existe a necessidade de rigidez nesse processo de ordenação, admitindo-se empates e possibilidade de “pular” posições (postos) para indicar diferença significativa entre duas opções subsequentes. A partir desse ponto, a posição passa a ser tratada como uma estimativa de tendência central, para uma dada distribuição de probabilidades.

O objetivo maior é determinar as probabilidades de minimizar e maximizar cada uma das variáveis. Para isso, modela-se a distribuição de probabilidades de trocas de posições da universidade, tomando por base o valor de cada uma das variáveis consideradas. Esta modelagem sugere a utilização de distribuições com caudas leves, em virtude do aumento da distância entre os postos próximos à fronteira de excelência. Vale ressaltar ainda que a distribuição deve possibilitar ao máximo a troca de postos entre opções próximas.

Esta probabilidade de troca de posições pode ser modelada mais adequadamente através da distribuição uniforme e, portanto, esta se mostra mais apropriada para utilização na Avaliação Probabilística de Produtividades, tratada no presente capítulo.

Para a modelagem da dispersão, considera-se a probabilidade de inversão de posições entre duas opções próximas. Intuitivamente, pode-se dizer que a probabilidade de inversão de posições é tanto maior quanto mais próximas forem as quantidades relacionadas às duas

unidades de produção cuja possibilidade de troca de posições está sendo considerada. Assim sendo, a modelagem da distribuição estará completa ao se estabelecer a probabilidade de troca de posição entre o maior e o menor valor encontrado e como essa probabilidade cresce à medida que as unidades ficam mais próximas umas das outras.

No modelo uniforme a distribuição de probabilidades se dá em torno do seu valor esperado. Para completar a modelagem é necessário estimar um parâmetro de dispersão. Para tal, considera-se o menor valor que possibilita a troca de postos entre quaisquer das opções consideradas. Este valor será a diferença entre as opções que ocupam o primeiro e o último posto na ordem de preferência inicialmente considerada. Se as preferências são dadas em termos de postos, este valor será igual ao número de opções subtraídas da unidade.

Sant'Anna (2002a) sugere ainda a utilização da amplitude observada entre as medidas registrada para estimar a amplitude da distribuição de cada medida, que pode ser acrescida de uma pequena parcela dada, por exemplo, pelo quociente entre o menor valor observado e o número de unidades observadas. Tomar como base a amplitude amostral em vez do desvio padrão amostral se justifica quando as medidas de posição central também são desconhecidas, já que o cálculo da amplitude não é afetado por vieses que ocorrem mais facilmente nas observações centrais do que nos extremos. Com isso, mesmo quando grandes erros produzem valores extremos muito afastados, seu efeito é maior sobre o desvio-padrão amostral do que sobre a amplitude amostral.

Segundo Sant'Anna (2002c), a transformação aqui aplicada consiste em colocar no lugar da medida R_{ij} da opção j -ésima pelo critério i -ésimo a probabilidade de que este critério atribua a essa opção a máxima preferência, sob a hipótese de que, para todo i e todo j , a medida correspondente à j -ésima opção pelo i -ésimo critério seja uniformemente distribuída em torno do respectivo registro R_{ij} . E estas distribuições uniformes são supostas independentes, todas aquelas relativas a postos segundo um mesmo critério tendo a mesma amplitude. A amplitude aqui empregada, igual, para o critério i -ésimo, a $17/16$ do máximo das diferenças $R_{ik} - R_{il}$, para k e l variando ao longo de todas as opções avaliadas. Este acréscimo de $1/16$ na amplitude visa evitar a probabilidade nula de inversão das opções extremas.

Alerta Sant'Anna (2002a) que:

(...) o uso das probabilidades assim estabelecidas para calcular, apenas, probabilidades de ocupar posições limites na comparação com outras unidades diminui a importância da correta especificação da forma da distribuição. Em SANT'ANNA e SANT'ANNA (2001) se desenvolve uma sustentação empírica de que o produto de probabilidades envolvido resulta em resistência à influência da forma de medir as variáveis maior que aquela fornecida à DEA pela invariância

com as unidades de medida. De fato, verifica-se que, enquanto a livre variação dos pesos na DEA torna seus resultados invariantes apenas em relação a mudanças proporcionais de escala, o cálculo da probabilidade de ocupar posição na fronteira é menos influenciado pelos valores das observações que pela ordem das posições das unidades (...).

4.3.2 Cálculo através de Distribuição Normal

Outro tipo de distribuição muito comum que poderia ser aplicada ao caso presente é a distribuição normal. Para isso, pode ser assumida a hipótese clássica de modelagem da distribuição através da curva de Gauss. É uma distribuição probabilística cuja metodologia para estimação dos parâmetros é bastante difundida.

Como anteriormente destacado, para estimar os parâmetros de dispersão podemos aproveitar a amostra formada por todos os valores observados de cada variável nas unidades de produção objeto de estudo. A estimação do desvio-padrão da distribuição normal a partir da amplitude observada emprega a razão $d2$ tabelada em, por exemplo, Montgomery (2001).

Os detalhamentos acerca da aplicação da distribuição normal na Avaliação Probabilística de Produtividades não serão aqui tratados, uma vez que este tipo de distribuição não será utilizado no presente trabalho. Para maiores esclarecimentos sobre o assunto, o leitor poderá consultar os trabalhos desenvolvidos por Sant'Anna (2003b, 2004), nos quais o autor utiliza esta distribuição como parte integrante da metodologia de Avaliação Probabilística de Produtividades para os cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia de Produção.

4.4 COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE CRITÉRIOS

Conforme visto no capítulo 3, a DEA fornece a eficiência de uma unidade produtiva medida através da distância do ponto que representa o plano de produção da mesma em relação à fronteira de eficiência. Se por um lado essa metodologia apresenta a vantagem de fazer com que uma unidade produtiva busque atingir o máximo de eficiência, objetivando a relação ótima *inputs/outputs* quer seja pela redução do nível de insumos utilizados ou pelo aumento do nível de produção; por outro, traz alguns inconvenientes no caso específico do estudo da eficiência dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em engenharia, objeto do presente trabalho.

Ocorre que os cursos de Mestrado e Doutorado em engenharia são oferecidos em sua maior parte por universidades públicas – sejam elas federais ou estaduais – que, por sua vez,

são dotadas de recursos orçamentários específicos e limitados, advindos da esfera de governo a qual a instituição pertence.

Neste contexto, a universidade pública necessita justificar os investimentos realizados pelo poder público e é objeto de fiscalização por órgãos reguladores, que no caso das universidades é a CAPES. Por isto, por muitas vezes é mais interessante para o analista a comparação com as unidades que apresentam a menor produtividade, em lugar da comparação com unidades situadas na fronteira de eficiência (SANT'ANNA 2002a).

Ainda segundo o autor:

(...) mais importante nesta abordagem que a correta atribuição de probabilidades é a forma como estas probabilidades são combinadas para gerar as medidas de eficiência. Neste sentido, ainda que a indisponibilidade de dados nos impeça de modelar corretamente as distribuições, podemos chegar a medidas de eficiência mais confiáveis que as extraídas dos dados tratados como determinísticos (...).

Isso pode ser explicado pelo fato de que nos casos em que uma determinada variável tiver desempenho extremo (tanto positiva quanto negativamente), a sua contribuição para o total será atenuada devido à consideração de outras variáveis em conjunto, que irão compor o critério pré-definido.

Matematicamente, a composição probabilística de critérios consiste em um produto de probabilidades, conforme poderá ser visto a seguir. As variáveis com desempenho extremo certamente terão ainda grande influência sobre o resultado final da avaliação, porém esta influência é significativamente reduzida em comparação com os resultados obtidos através da DEA. O produto de probabilidades entre variáveis extremas e não-extremas torna o processo mais resistente a erros aleatórios. Haverá uma concentração das variáveis mais críticas perto da fronteira de eficiência mínima, tornando mais consistente a análise que considera o afastamento dessa fronteira em lugar da que considera a aproximação da fronteira de excelência.

Logo a seguir, serão descritos os conceitos de otimismo/pessimismo e progressivismo/conservadorismo, fundamentais para o correto entendimento da composição probabilística de critérios.

4.4.1 Otimismo e Pessimismo

A análise probabilística pode ser baseada em um ponto de vista otimista ou pessimista, de acordo com o número de variáveis (*inputs* ou *outputs*) que se julga serem necessárias para considerar a aproximação ou o afastamento da fronteira de referência, seja esta a de melhor ou de pior desempenho.

A utilização de cada um desses pontos de vista é critério exclusivo do planejador. Se este decidir que a aproximação ou afastamento de apenas uma das variáveis do conjunto considerado (de *inputs* ou de *outputs*) é suficiente para considerar a aproximação ou o afastamento da fronteira de referência, pode-se dizer que a composição probabilística utilizada está sob a ótica otimista.

Se, por outro lado, o planejador decidir que para considerar a aproximação ou o afastamento da unidade em análise da fronteira de referência é necessário que todos os *inputs* (ou *outputs*) atuem em conjunto no mesmo sentido, pode-se dizer que a composição probabilística utilizada está sob a ótica pessimista.

4.4.2 Progressivismo e Conservadorismo

O ponto de vista da modelagem pode ser considerado progressista ou conservador, de acordo com o tipo de fronteira de referência utilizado pelo planejador. O ponto de vista será considerado progressista se tomar por base a aproximação ou o afastamento das variáveis da fronteira de excelência e conservador quando tomar por base a aproximação ou o afastamento da fronteira de piores desempenhos.

Levando em consideração que as variáveis são de dois tipos – *inputs* e *outputs* – a análise será considerada progressista quando:

1. A variável considerada é um *output* e deseja-se maximizar a mesma.
2. A variável considerada é um *input* e deseja-se minimizar a mesma.

Analogamente, a análise será considerada conservadora quando:

1. A variável considerada é um *output* e deseja-se minimizar a mesma.
2. A variável considerada é um *input* e deseja-se maximizar a mesma.

4.4.3 Composição de Critérios

Toda a discussão sobre otimismo/pessimismo e progressivismo/conservadorismo pode ser resumida como se segue no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Progressivismo, conservadorismo, otimismo e pessimismo.

Otimista e progressista	Pessimista e progressista	Otimista e conservadora	Pessimista e conservadora
Probabilidade de atingir a fronteira de excelência considerando pelo menos uma variável	Probabilidade de atingir a fronteira de excelência considerando todas as variáveis	Probabilidade de afastar da fronteira de pior desempenho considerando pelo menos uma variável	Probabilidade de afastar da fronteira de pior desempenho considerando pelo menos uma variável
Maximizar pelo menos um <i>output</i>	Maximizar todos os <i>outputs</i>	Não minimizar pelo menos um <i>output</i>	Não minimizar nenhum <i>output</i>
Minimizar pelo menos um <i>input</i>	Minimizar todos os <i>inputs</i>	Não maximizar pelo menos um <i>input</i>	Não maximizar nenhum <i>input</i>

Para exemplificar, considera-se que uma determinada empresa produz mesas, cadeiras, bancadas e armários (*outputs*) a partir de madeira, pregos, parafusos e dobradiças (*inputs*).

No primeiro caso, supõe-se que o planejador decidiu pelo ponto de vista otimista e progressista, tanto para os *inputs* quanto para os *outputs*. Logo, análise estará focada em atingir a fronteira de excelência para estes dois grupos de variáveis.

Assim, no caso dos *outputs*, este objetivo será considerado atingido se pelo menos um dos itens “nº de mesas”, “nº de cadeiras”, “nº de bancadas” e “nº de armários” alcançar o patamar máximo. Já para os *inputs*, o objetivo será alcançado se pelo menos um dos itens “qtde de madeira”, “nº de pregos”, “nº de parafusos” e “nº de dobradiças” chegar ao patamar mínimo.

Considere-se o segundo caso em que os *inputs* estarão sob a ótica otimista e conservadora e os *outputs* estarão sob a ótica pessimista e conservadora. O objetivo agora é afastar tanto os *inputs* quanto os *outputs* da fronteira de piores desempenhos. Logo, deseja-se que pelo menos um dos *inputs* “qtde de madeira”, “nº de pregos”, “nº de parafusos” e “nº de dobradiças” não alcance o patamar máximo. Por outro lado, também se deseja que nenhum dos *outputs* “nº de mesas”, “nº de cadeiras”, “nº de bancadas” e “nº de armários” alcance o patamar mínimo.

Como pôde ser visto, a composição probabilística de critérios consiste em combinar as várias possibilidades de aproximação ou afastamento das fronteiras de melhor e de pior desempenho, considerando tanto os *inputs* quanto os *outputs* utilizados na modelagem do problema.

4.4.4 Formulação Algébrica

Tal como nos estudos básicos de probabilidade, são usados os conectivos “e”/“ou” para definir a formulação matemática de cada critério.

Uma vez que podem ser considerados pontos de vista otimista ou pessimista e progressista ou conservador para cada um dos dois grupos de variáveis inputs ou outputs, podem ser definidos $2^3 = 16$ composições probabilísticas distintas, cada uma delas indicando uma medida de produtividade diferente.

Para formular matematicamente estes critérios são necessárias algumas considerações iniciais.

Seja uma unidade de produção genérica representada pelo índice “ i ”, cujos *inputs* e *outputs* são representados pelos índices “ j ” e “ k ” respectivamente; seja “ M ” e “ m ” as probabilidades de maximizar e de minimizar respectivamente esses *inputs* e *outputs* e seja “ n ” e “ p ” o número de *inputs* e *outputs* diferentes. Podem ser deduzidas as seguintes probabilidades:

- $M_{i,j}$ é a probabilidade de maximizar o *input* j da DMU i ;
- $M_{i,k}$ é a probabilidade de maximizar o *output* k da DMU i ;
- $m_{i,j}$ é a probabilidade de minimizar o *input* j da DMU i ;
- $m_{i,k}$ é a probabilidade de minimizar o *output* k da DMU i .
- $\prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j}$ é a probabilidade de maximizar todos os *inputs* da DMU i .
- $\prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j}$ é a probabilidade de minimizar todos os *inputs* da DMU i .
- $\prod_{k=1}^{k=p} M_{i,k}$ é a probabilidade de maximizar todos os *outputs* da DMU i .
- $\prod_{k=1}^{k=p} m_{i,k}$ é a probabilidade de minimizar todos os *outputs* da DMU i .
- $(1 - \prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j})$ é a probabilidade de não maximizar pelo menos um *input* da DMU i .

- $(1 - \prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j})$ é a probabilidade de não minimizar pelo menos um *input* da DMU i .
- $(1 - \prod_{k=1}^{k=p} M_{i,k})$ é a probabilidade de não maximizar pelo menos um *output* da DMU i .
- $(1 - \prod_{k=1}^{k=p} m_{i,k})$ é a probabilidade de não minimizar pelo menos um *output* da DMU i .
- $\prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})$ é a probabilidade de não maximizar nenhum *input* da DMU i .
- $\prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})$ é a probabilidade de não minimizar nenhum *input* da DMU i .
- $\prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})$ é a probabilidade de não maximizar nenhum *output* da DMU i .
- $\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})$ é a probabilidade de não minimizar nenhum *output* da DMU i .
- $[1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})]$ é a probabilidade de não maximizar pelo menos um *input* da DMU i .
- $[1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})]$ é a probabilidade de não minimizar pelo menos um *input* da DMU i .
- $[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})]$ é a probabilidade de não maximizar pelo menos um *output* da DMU i .
- $[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})]$ é a probabilidade de não minimizar pelo menos um *output* da DMU i .

O Quadro 4.2 foi extraído de quadro semelhante publicado por Sant'Anna (2003b) e traz o resumo das possibilidades de composição de critérios.

Quadro 4.2 – Formulação algébrica para composição de critérios.

Ponto de vista escolhido pelo decisor	Formulação algébrica
INPUTS: conservador e otimista OUTPUTS: conservador e otimista	$(1 - \prod_{k=1}^{k=p} m_{i,k})(1 - \prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j})$
INPUTS: conservador e pessimista OUTPUTS: conservador e otimista	$(1 - \prod_{k=1}^{k=p} m_{i,k}) \prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})$
INPUTS: progressista e otimista OUTPUTS: conservador e otimista	$(1 - \prod_{k=1}^{k=p} m_{i,k}) [(1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j}))]$
INPUTS: progressista e pessimista OUTPUTS: conservador e otimista	$(1 - \prod_{k=1}^{k=p} m_{i,k}) \prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j}$
INPUTS: conservador e otimista OUTPUTS: conservador e pessimista	$[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})] (1 - \prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j})$
INPUTS: conservador e pessimista OUTPUTS: conservador e pessimista	$[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})] [\prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})]$
INPUTS: progressista e otimista OUTPUTS: conservador e pessimista	$[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})] [(1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j}))]$
INPUTS: progressista e pessimista OUTPUTS: conservador e pessimista	$[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})] \prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j}$
INPUTS: conservador e otimista OUTPUTS: progressista e otimista	$[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})] (1 - \prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j})$
INPUTS: conservador e pessimista OUTPUTS: progressista e otimista	$[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})] \prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})$
INPUTS: progressista e otimista OUTPUTS: progressista e otimista	$[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})] [1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})]$
INPUTS: progressista e pessimista OUTPUTS: progressista e otimista	$[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})] \prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j}$
INPUTS: conservador e otimista OUTPUTS: progressista e pessimista	$(\prod_{k=1}^{k=p} M_{i,k}) (1 - \prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j})$
INPUTS: pessimista e conservador OUTPUTS: pessimista e progressista	$(\prod_{k=1}^{k=p} M_{i,k}) \prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})$
INPUTS: progressista e otimista OUTPUTS: progressista e pessimista	$(\prod_{k=1}^{k=p} M_{i,k}) [1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})]$
INPUTS: progressista e pessimista OUTPUTS: progressista e pessimista	$(\prod_{k=1}^{k=p} M_{i,k}) \prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j}$

Como já explicado anteriormente, caberá ao decisor a escolha do ponto de vista adotado na análise. Para tal o mesmo deve levar em consideração as características do problema estudado para a escolha da fronteira de referência a ser utilizada (progressivismo \times conservadorismo) e para decidir se o fato de uma variável por si só já ser suficiente para considerar a aproximação ou o afastamento desta fronteira de referência (otimismo \times pessimismo), conforme o caso.

As dezesseis composições citadas no quadro 4.2 não têm o objetivo de exaurir todas as possibilidades. O planejador/decisor pode utilizar qualquer outro tipo de composição que considerar adequada para a modelagem do problema específico, objeto de estudo.

4.4.5 Alguns Modos de Composição de Critérios

Conforme já mencionado neste capítulo, pode-se considerar que é muito mais importante para uma universidade pública demonstrar que está acima do mínimo considerado aceitável pela sociedade do que propriamente estar entre as melhores do país. Levando em conta que a maior parte das universidades que ministram o curso de pós-graduação *stricto sensu* em engenharia no país são universidades públicas, o melhor referencial não é a fronteira de excelência e sim a fronteira de pior desempenho. Quanto mais afastada a universidade estiver dessa última, melhor ela está cumprindo o seu papel de formar futuros profissionais ou pesquisadores com requisitos de qualidade minimamente aceitáveis. A partir desse patamar mínimo serão realizados progressos em relação à qualidade.

Sant’Anna (2002a) considera essa possibilidade, e afirma que “(...) um critério adequado a esta situação deverá, então, basear-se nas probabilidades de se afastar da fronteira de ineficiência. E a medida global será dada pelo produto das probabilidades de não apresentar o pior desempenho (...)”.

Tendo em vista esse aspecto, uma composição probabilística interessante é aquela que mede a probabilidade de não apresentar o pior desempenho em nenhuma variável, ou seja, pela probabilidade de não minimizar nenhum *output* e não maximizar nenhum *input*. Matematicamente, a composição pode ser descrita como $[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})][\prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})]$, que reflete o ponto-de-vista conservador e pessimista, tanto para *inputs* quanto para *outputs*.

Na avaliação probabilística de produtividades, o produto das probabilidades impede que o desempenho de alguma das variáveis consideradas seja desprezado durante a análise. Vale lembrar que um dos maiores inconvenientes na utilização do modelo DEA clássico é o fato de que alguma das variáveis tenha sua contribuição desprezada no resultado final da análise e para evitar que isso aconteça, utilizam-se artifícios como limitar as variáveis de decisão (pesos) às faixas pré-estabelecidas.

Segundo Sant’Anna (2002a), a avaliação probabilística de produtividade apresenta ainda uma vantagem adicional:

(...) esta abordagem tende a atribuir menos medidas de eficiência elevadas às unidades de dimensão muito pequena ou muito grande em relação ao conjunto analisado. De fato, unidades com valores extremos terão suas medidas de eficiência calculadas através do produto de probabilidades muito próximas de zero por probabilidades muito próximas de 1, enquanto as unidades com valores mais

próximos da mediana terão suas medidas de eficiência calculadas através do produto de fatores mais homogêneos (...).

Um método para assegurar que todas as variáveis tenham igual importância no contexto analisado é calcular a probabilidade de uma unidade de produção ser a preferida em pelo menos um dos critérios considerados. Matematicamente, a composição seria descrita pelo produto $1 - [\prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k}) \times \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})]$.

No modelo DEA, o fato de uma unidade produzir em grande quantidade um determinado *output* ou utilizar pequena quantidade de determinado *input* fará com que a mesma se aproxime da fronteira de eficiência. Para evitar atribuir alta produtividade a uma unidade que se mostre eficiente devido à produção em grande quantidade de apenas um dos produtos ou devido à pouca utilização de apenas um dos recursos, pode-se utilizar uma composição que avalie separadamente os *inputs* e *outputs*. Por exemplo, a probabilidade de a unidade maximizar pelo menos um output e minimizar pelo menos um input ameniza bastante essa questão. Essa composição por sua vez seria descrita pelo produto $[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})] \times [1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})]$, que nada mais é do que a visão progressista e otimista, tanto para *inputs* quanto para *outputs*.

Sant'Anna (2002a) cita ainda mais duas alternativas de medidas probabilísticas importantes mais coerentes com a orientação para maximização da produção e minimização dos recursos empregados. A primeira mede a probabilidade de maximizar a produção de pelo menos um dos *outputs*, sem, no entanto, maximizar nenhum *input*. Esta medida probabilística será dada por $[1 - \prod_{k=1}^{k=p} (1 - M_{i,k})] \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})$, que é a representação matemática da visão conservadora e pessimista quanto aos *inputs* e progressista e otimista quanto aos *outputs*.

A segunda medida citada se refere à probabilidade de minimizar pelo menos um dos *inputs* sem minimizar nenhum dos *outputs*. Analogamente, a representação algébrica será dada por $[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})] [1 - \prod_{j=1}^{j=n} (1 - m_{i,j})]$, que reflete a visão progressista e otimista quanto aos *inputs* e conservadora e pessimista quanto aos *outputs*.

No próximo capítulo será decidida qual a composição de critérios mais adequada ao caso presente e que deve ser adotada neste estudo.

5 APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO AO CASO DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO

A proposta deste capítulo é apresentar a modelagem e os resultados da DEA e da avaliação probabilística para os cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica. No capítulo 6 serão avaliados os resultados obtidos e realizada a comparação entre as duas metodologias, sendo explicitadas as principais diferenças em relação aos resultados encontrados.

Na próxima seção será evidenciada a origem dos dados utilizados no presente trabalho, bem como as variáveis consideradas relevantes para o cálculo da eficiência. Ao final, serão selecionadas as universidades que farão parte do presente estudo, com base nos dados coletados.

A seção 5.2 promove o estudo acerca das variáveis e as duas últimas seções deste capítulo descreverão as análises empregando a Análise Envoltória de Dados (DEA) e a Avaliação Probabilística de Produtividades, respectivamente, descrevendo ao final os seus respectivos resultados.

5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Após consultas aos dados disponíveis referentes às universidades que oferecem curso de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica, constatou-se que o banco de dados da CAPES possui o registro de todos os dados necessários para o estudo aqui proposto. O referido banco de dados é atualizado anualmente quando da avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* do Brasil.

Todos os dados ilustrados neste trabalho podem ser facilmente obtidos do portal da CAPES, na página www.capes.gov.br, através dos cadernos de avaliação da CAPES.

Para elaboração deste relatório, os avaliadores da CAPES recolhem ampla variedade de dados para subsidiar a avaliação das instituições de ensino superior do país. Ao final da coleta de dados, a CAPES promove o tratamento dos mesmos e elabora diferentes tipos de listagens, relatórios e tabelas requeridos para a fundamentação do processo de avaliação.

Através dos relatórios disponibilizados pela CAPES, primeiramente pode-se verificar quais são as universidades que apresentam o curso de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica no país. Uma vez que todas já tenham sido identificadas, podem então ser coletadas as mais diversas informações acerca das universidades em relação ao curso objeto de estudo. Os relatórios da CAPES disponibilizados ao público e utilizados neste trabalho estão divididos nos seguintes tópicos:

- Programa.
- Teses e dissertações.
- Produção bibliográfica.
- Produção técnica.
- Produção artística.
- Cadastro de docentes.
- Disciplinas.
- Linhas de pesquisa.
- Projetos de pesquisa.

Após análise dos dados disponíveis, são separados aqueles que têm influência direta no cálculo da eficiência das unidades de produção (universidades) estudadas.

As variáveis estudadas podem ser quantitativas ou qualitativas. É de suma importância levar em conta esses dois tipos de variáveis conjuntamente, pois a produção sempre deve ser tal que, no mínimo, justifique o emprego dos recursos. Por outro lado, não é interessante para a instituição formar um grande número de mestres e doutores se para isso for necessário abdicar da qualidade na formação. Logo o par quantidade/qualidade deve caminhar em harmonia para a obtenção da melhor eficiência pelas unidades em estudo.

Levando em conta estes fatores, Sant'Anna (2005) optou pelas seguintes variáveis no cálculo da eficiência das unidades produtivas (universidades) para o caso dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia de Produção:

- Número de total de docentes e número de docentes permanentes (NRD6);
- Número de mestres e doutores formados no período;
- Número de membros do corpo docente permanente (NRD6) apresentando novos resultados de pesquisa publicados na íntegra em anais de congressos no período;
- Número de artigos publicados pelo corpo docente permanente (NRD6) em periódicos de circulação internacional classificados como níveis “A” ou “B” segundo os critérios da CAPES.

Estas variáveis também serão consideradas no presente trabalho. Os números de mestres e doutores formados representam medidas quantitativas de resultados para o cálculo da eficiência, enquanto que os dois últimos itens representam medidas qualitativas dos mesmos.

O Quadro 5.1 mostra todas as universidades brasileiras que ofereceram o curso de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica no Brasil no período de 1998-2004, período cujos dados estão disponíveis no *site* da CAPES.

Quadro 5.1 – Universidades com curso de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica.

SIGLA	UNIVERSIDADE
CEFET-PR	Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (PR)
IME	Instituto Militar de Engenharia (RJ)
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (SP)
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (MG)
PUC-PR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PR)
PUC-RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (RJ)
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo (ES)
UFF	Universidade Federal Fluminense (RJ)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais (MG)
UFPA	Universidade Federal do Pará (PA)
UFPB/CG	Universidade Federal da Paraíba / Campina Grande (PB)
UFPB/JP	Universidade Federal da Paraíba / João Pessoa (PB)
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco (PE)
UFPR	Universidade Federal do Paraná (PR)
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS)
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ)

UFRN	Universidade Federal do Rio Grande Do Norte (RN)
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina (SC)
UFU	Universidade Federal de Uberlândia (MG)
UNB	Universidade de Brasília (DF)
UNESP/BAU	Universidade Estadual Paulista / Bauru (SP)
UNESP/GUAR	Universidade Estadual Paulista / Guaratinguetá (SP)
UNESP/IS	Universidade Estadual Paulista / Ilha Solteira (SP)
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas (SP)
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá (MG)
UNITAU	Universidade de Taubaté (SP)
UNIVAP	Universidade do Vale do Paraíba (SP)
USP	Universidade de São Paulo (SP)
USP/SC	Universidade de São Paulo / São Carlos (SP)

No entanto, em um exame mais detalhado pode ser observado que alguns cursos não têm dados disponíveis em determinados intervalos contidos do período de 1998-2004. Observa-se ainda que outros cursos iniciaram suas atividades dentro desse mesmo período, ou pouco tempo antes. É importante ressaltar que existe um interstício necessário para que uma universidade que inicia o curso de Mestrado ou Doutorado em Engenharia Mecânica consiga auferir os primeiros resultados significativos. É fácil perceber que as variáveis críticas são o número de mestres e de doutores formados, por necessitarem de maior tempo para atingir resultados que expressem de forma mais realística a produção das universidades em questão.

Vale ressaltar ainda a importância de se considerar o mesmo período para todas as universidades, a fim de que se tenha o mesmo número de observações para cada variável evitando distorções na análise. Por essas razões, são feitas as seguintes observações acerca dos cursos ministrados pelas universidades referenciadas no Quadro 5.1:

- Os cursos de Mestrado em Engenharia Mecânica do CEFET-PR e da UFPR iniciaram suas atividades em 2000, obtendo um número significativo de titulações apenas a partir de 2003.
- O curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da UNB só apresenta dados até o ano de 2002. A partir de 2003, este curso deu lugar aos cursos de Mestrado em Engenharia Mecatrônica e em Ciências Mecânicas.
- O curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da UFPB/CG não possui mais dados disponíveis a partir do ano de 2001.
- O curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da UNITAU apresenta somente o mestrado profissionalizante.

- O curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da UNIVAP iniciou suas atividades em 2003 e ainda não apresentou resultados significativos que possibilitem a comparação com as outras instituições.
- Os cursos de Mestrado em Engenharia Mecânica da UFES e da UFPE iniciaram suas atividades em 1996 e o da UNESP/BAU em 1997. Estas instituições somente apresentaram números significativos a partir de 1999.
- Os cursos de Mestrado em Engenharia Mecânica da UNESP/IS e da PUC-MG iniciaram suas atividades em 1997 e 1998 respectivamente e só apresentaram números significativos a partir de 2000.
- O curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da PUC-PR iniciou suas atividades em 1999 e só apresenta resultados significativos a partir de 2001.

Com base em todas essas observações, determina-se quais as universidades serão objetos de estudo e em que período, de modo a se obter os dados mais representativos do conjunto analisado. Para isso, levam-se em conta três regras básicas:

1. O mestrado profissionalizante tem recursos próprios e é avaliado segundo parâmetros próprios, sendo uma estrutura nova. Em geral, não interfere com o desenvolvimento da pesquisa e formação do mestrado acadêmico e doutorado e não será considerado.
2. Não se avaliam as universidades que tenham encerrado suas atividades de ensino de pós-graduação em Engenharia Mecânica durante este período, porque não existe agregação de valor em calcular a eficiência de um curso que não está mais atuante.
3. Busca-se conciliar o maior número de universidades analisadas com o período em que as mesmas já estejam produzindo resultados significativos.

Conclui-se, portanto, que a melhor combinação Período de Estudo \times Universidades Pesquisadas são as universidades apresentadas no Quadro 5.2 no período 2001-2004.

Quadro 5.2 – Universidades avaliadas pelas técnicas de análise consideradas.

Nº	SIGLA	UNIVERSIDADE	INÍCIO
1	IME	Instituto Militar de Engenharia (RJ)	1973
2	ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (SP)	1961
3	PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (MG)	1998
4	PUC-PR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PR)	1999
5	PUC-RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (RJ)	1964
6	UFES	Universidade Federal do Espírito Santo (ES)	1996
7	UFF	Universidade Federal Fluminense (RJ)	1995
8	UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais (MG)	1972
9	UFPA	Universidade Federal do Pará (PA)	1994
10	UEPB/JP	Universidade Federal da Paraíba / João Pessoa (PB)	1975
11	UFPE	Universidade Federal de Pernambuco (PE)	1996
12	UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS)	1986
13	UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ)	1965
14	UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte (RN)	1983
15	UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina (SC)	1969
16	UFU	Universidade Federal de Uberlândia (MG)	1985
17	UNESP/BAU	Universidade Estadual Paulista / Bauru (SP)	1997
18	UNESP/GUAR	Universidade Estadual Paulista / Guaratinguetá (SP)	1983
19	UNESP/IS	Universidade Estadual Paulista / Ilha Solteira (SP)	1997
20	UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas (SP)	1974
21	UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá (MG)	1968
22	USP	Universidade de São Paulo (SP)	1971
23	USP/SC	Universidade de São Paulo / São Carlos (SP)	1970

As Tabelas 5.1-5.7 apresentam os dados extraídos dos relatórios da CAPES nos anos de 1998-2004 respectivamente.

TABELA 5.3 – Dados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2000).

UNIVERSIDADES	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6						CORPO DOCENTE				NRD6				QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES											
	TOTAL DE DOCENTES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS		DOUTORES TITULADOS		ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	INTERNACIONAL			NACIONAL								
			ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C						
CEFET-PR	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
IME	10	8	8	0	3	3	21	20	3	3	9	9	3	2	9	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
ITA	22	20	25	8	11	11	97	92	10	10	19	19	19	9	19	18	4	3	0	0	0	0	0	0	0					
PUC-MG	10	3	8	0	2	1	8	8	3	3	6	6	3	1	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0					
PUC-PR	8	8	0	0	1	1	21	20	1	1	6	6	1	1	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
PUC-RJ	20	19	9	3	19	19	77	72	10	10	19	19	19	9	19	19	3	5	0	1	2	0	0	0	0					
UFES	15	9	4	0	2	2	19	15	2	2	11	10	2	2	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
UFF	17	11	6	0	6	6	28	22	9	9	10	9	9	6	10	7	1	6	0	0	0	0	0	0	0					
UFMG	29	25	26	0	26	16	93	78	15	12	26	26	15	11	26	23	1	2	2	0	3	0	0	0	0					
UFPA	12	7	4	0	4	4	0	0	6	6	0	0	0	3	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0					
UFPA-CG	12	10	3	0	4	4	32	26	2	2	12	11	2	2	12	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0					
UFPA-JP	17	12	14	2	1	1	73	50	1	1	17	16	1	1	17	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0					
UFPE	18	14	4	0	15	15	43	26	11	11	15	9	11	9	15	8	7	5	0	1	1	0	0	0	0					
UFPR	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
UFRRS	24	18	17	7	11	11	36	36	8	8	19	18	8	6	19	13	8	2	0	0	0	0	0	0	0					
UFRRJ	24	22	20	7	25	25	81	79	17	17	19	19	19	16	19	19	13	6	2	0	0	0	0	0	0					
UFRRN	16	15	3	0	4	4	48	35	4	4	11	10	4	4	11	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0					
UFSC	41	31	29	11	18	18	217	172	14	14	39	37	14	13	39	28	8	3	1	0	0	0	0	0	0					
UFU	26	21	12	8	31	31	131	123	16	16	26	25	16	13	26	21	5	7	1	8	6	0	0	0	0					
UNB	16	12	10	0	2	2	1	1	3	3	1	1	1	3	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0					
UNESP-BAU	22	20	5	0	10	10	95	87	4	4	16	16	4	4	16	15	2	0	0	0	1	0	0	0	0					
UNESP-GUAR	16	10	10	3	19	9	87	71	13	9	16	16	13	6	16	10	3	2	2	0	1	0	0	0	0					
UNESP-IS	12	11	5	0	1	1	33	25	1	1	11	9	1	1	11	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0					
UNICAMP	54	44	55	23	62	62	203	185	30	30	47	47	30	29	47	41	20	9	7	0	2	0	0	0	0					
UNIFEI	10	8	7	1	3	3	32	32	5	5	9	9	5	3	9	7	1	0	2	0	1	0	0	0	0					
UNITAU	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
UNIVAP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
USP	36	23	23	12	34	33	72	72	25	25	25	25	25	18	25	17	4	2	0	0	0	0	0	0	0					
USP-SC	29	8	21	10	8	8	27	19	10	10	24	22	10	4	24	8	2	4	4	1	1	0	0	0	0					

TABELA 5.4 – Dados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2001).

UNIVERSIDADES	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6						Nº DE AUTORES COM PUBLICAÇÕES						QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES					
	TOTAL DE DOCENTES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C
CEFET-PR	16	10	0	0	6	6	19	16	5	5	11	11	5	2	11	7	5	3	2	0	0	0
IME	10	8	5	0	5	5	34	33	1	1	9	9	1	1	9	7	2	2	0	0	0	1
ITA	25	22	20	7	25	25	101	94	15	15	21	21	15	12	21	18	15	9	4	5	0	3
PUC-MG	12	7	9	0	3	3	27	27	3	3	11	11	3	3	11	7	0	1	1	0	1	1
PUC-PR	10	10	5	0	2	2	37	26	2	2	10	10	2	2	10	10	2	0	0	0	0	0
PUC-RJ	20	20	11	1	19	18	79	68	11	11	19	19	11	11	19	19	8	9	2	0	1	0
UFES	12	8	1	0	2	2	15	14	2	2	9	8	2	2	9	7	2	0	0	0	0	0
UFF	16	10	12	0	5	5	24	20	6	6	12	10	6	4	12	8	2	3	1	0	0	1
UFMG	27	24	16	3	22	21	116	114	13	13	27	27	13	12	27	24	2	4	5	1	2	3
UFPA	17	8	4	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
UFPA-CG	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
UFPA-IP	20	17	9	2	7	7	45	31	3	3	20	19	3	3	20	16	1	4	2	0	0	0
UFPE	20	15	10	0	9	8	35	19	7	7	16	11	7	4	16	8	5	4	2	0	0	2
UFPR	19	12	0	0	21	15	41	41	10	10	15	15	10	7	15	10	8	5	2	0	3	2
UFRRGS	27	16	18	11	18	18	82	62	12	12	24	22	12	8	24	15	12	5	3	0	2	2
UFRRJ	26	24	13	9	12	12	70	66	8	8	18	18	8	7	18	17	8	3	1	0	0	0
UFRRN	14	13	8	0	1	1	36	27	2	2	10	9	2	2	10	8	1	0	0	0	0	0
UFSC	45	31	42	17	19	19	184	149	14	14	40	38	14	11	40	27	9	5	9	0	0	0
UFU	23	19	13	5	18	18	125	116	10	10	23	22	10	9	23	18	6	3	0	0	0	8
UNB	12	10	6	0	9	9	36	30	8	8	12	12	8	7	12	10	2	6	0	1	0	0
UNESP-BAU	21	11	12	0	27	25	56	53	9	9	14	14	9	8	14	10	0	1	6	1	4	5
UNESP-GUAR	29	10	12	11	24	23	125	67	16	15	27	26	16	8	27	10	6	4	6	0	1	1
UNESP-IS	14	12	11	0	0	0	27	27	0	0	10	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
UNICAMP	48	48	40	47	47	46	206	189	22	22	42	41	22	22	42	41	9	17	9	3	2	3
UNFEI	12	8	5	3	8	8	27	27	5	5	12	12	5	4	12	8	0	1	1	0	1	8
UNIFAU	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
UNIV-AP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
USP	37	23	16	12	25	25	90	89	26	26	30	30	26	17	30	21	13	5	3	0	0	2
USP-SC	30	26	18	10	22	22	115	106	17	17	22	22	17	15	22	19	3	6	9	1	1	1

TABELA 5.5 – Dados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2002).

UNIVERSIDADES	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6				CORPO DOCENTE				NRD6				QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES							
	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6				CORPO DOCENTE				NRD6				QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES							
	TOTAL DE DOCENTES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL C		
CEFET-PR	16	9	1	0	2	2	38	30	4	4	15	15	4	2	15	9	3	0	1	0	0	1		
IME	9	7	9	0	1	1	17	17	2	2	9	9	2	1	9	7	3	1	0	0	0	1		
ITA	33	26	33	12	28	28	177	145	17	17	28	26	17	12	28	20	23	5	6	5	0	4		
PUC-MG	10	9	8	0	12	12	42	40	6	6	10	10	6	6	10	9	2	5	2	0	1	2		
PUC-PR	12	10	5	0	11	11	44	35	7	7	11	9	7	7	11	9	1	2	0	0	1	1		
PUC-RJ	19	19	12	7	16	16	90	81	12	12	17	17	12	12	17	17	8	8	2	0	0	2		
UFES	13	9	9	0	3	3	17	7	4	4	9	8	4	4	9	6	1	0	1	0	0	0		
UFF	15	12	9	0	10	10	39	39	7	7	13	13	7	7	13	12	6	4	1	0	0	0		
UFMG	27	22	23	2	20	20	94	76	12	12	24	24	12	10	24	20	4	5	1	0	5	5		
UFPA	17	8	4	0	1	1	27	27	1	1	8	8	1	1	8	4	4	0	0	0	0	0		
UFPB-CG	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
UFPB-IP	22	21	14	12	12	12	99	86	8	8	22	21	8	8	22	20	1	5	1	1	3	0		
UFPE	22	15	4	0	5	5	78	46	6	6	20	17	6	4	20	13	2	4	0	0	0	1		
UFRR	18	14	4	0	18	18	50	50	9	9	16	16	9	8	16	13	7	2	2	0	2	4		
UFRRGS	29	21	15	12	14	13	58	55	8	8	27	27	8	6	27	20	8	0	1	0	1	1		
UFRRJ	24	21	15	8	29	27	98	92	14	12	18	17	14	10	18	16	14	12	2	0	0	1		
UFRRN	14	12	8	0	8	8	41	41	3	3	12	12	3	3	12	12	5	3	0	0	0	0		
UFSC	47	29	36	18	29	29	174	135	23	23	45	43	23	14	45	27	8	5	6	1	1	9		
UFU	25	20	12	6	27	27	140	116	15	15	25	25	15	15	25	20	2	9	3	2	4	9		
UNB	19	19	4	0	13	13	35	29	9	9	15	15	9	9	15	15	7	3	0	0	1	0		
UNESP-BAU	21	11	12	0	23	21	112	92	11	9	19	19	11	6	19	11	1	0	6	1	1	10		
UNESP-GUAR	19	12	21	9	26	26	115	69	10	10	17	17	10	9	17	12	9	11	5	0	1	6		
UNESP-IS	16	14	9	0	1	1	39	39	1	1	15	15	1	1	15	13	0	1	0	0	0	0		
UNICAMP	52	46	38	40	67	67	244	206	31	31	46	46	31	28	46	43	22	11	8	5	7	8		
UNFEI	12	8	7	4	8	8	44	42	7	7	12	12	7	5	12	8	0	0	2	0	0	7		
UNITAU	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
UNIV-AP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
USP	40	24	34	13	41	40	76	62	27	27	33	33	27	21	33	20	8	4	3	1	0	3		
USP-SC	30	27	22	20	35	35	105	95	19	19	22	22	19	17	22	19	6	7	7	5	2	6		

TABELA 5.6 – Dados dos cursos de Pós-Graduação stricto sensu (CAPES-2003).

UNIVERSIDADES	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6				Nº DE AUTORES COM PUBLICAÇÕES								QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES							
	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6				CORPO DOCENTE				NRD6				INTERNACIONAL				NACIONAL			
	TOTAL DE DOCENTES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C				
CEFET-PR	20	12	19	0	9	9	44	34	8	8	19	19	8	8	19	12	7	0	2	1	2	0		
IME	7	7	6	0	0	0	14	14	0	0	6	6	0	0	6	6	1	2	0	0	0	0		
ITA	43	35	32	14	37	37	236	201	20	20	38	37	20	15	38	31	28	13	2	4	3	1		
PUC-MG	11	10	13	0	15	15	57	53	7	7	11	11	7	7	11	10	3	2	4	0	1	5		
PUC-PR	12	12	11	0	6	6	51	50	4	4	10	10	4	4	10	10	2	0	1	0	0	2		
PUC-RJ	22	20	17	7	20	20	82	74	13	13	19	19	13	12	19	17	9	5	5	0	0	1		
UFES	14	6	6	0	9	9	22	18	6	6	10	10	6	5	10	5	4	1	0	0	2	1		
UFF	19	15	20	0	17	17	60	47	8	8	15	15	8	7	15	14	5	6	0	0	1	1		
UFMG	28	17	26	7	26	26	106	105	10	10	24	24	10	8	24	16	6	6	3	0	1	3		
UFPA	18	11	7	0	3	3	20	20	4	4	11	11	4	3	11	7	2	2	0	0	0	0		
UFPB-CG	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UFPB-AP	23	20	18	7	7	7	38	35	3	3	13	12	3	3	13	12	1	4	0	0	1	0		
UFPE	22	15	13	0	14	10	56	37	11	10	20	20	11	6	20	14	5	7	7	0	0	2		
UFR	20	12	15	0	20	20	42	39	11	11	16	16	11	6	16	11	5	4	6	0	5	4		
UFRGS	31	19	21	12	18	18	83	81	14	14	28	28	14	11	28	17	6	8	0	0	2	2		
UFRJ	27	23	15	12	24	24	93	88	12	12	22	22	12	11	22	20	10	16	3	0	2	1		
UFRRN	15	13	8	0	20	20	45	42	4	4	4	4	4	4	4	4	18	3	0	0	1	0		
UFSC	47	30	37	29	37	37	154	138	23	23	39	39	23	19	39	27	21	5	2	0	1	8		
URU	25	22	11	12	27	27	142	126	15	15	23	23	15	13	23	21	7	9	1	1	1	4		
UNB	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UNESP-BAU	20	7	14	0	29	29	43	37	9	9	15	14	9	6	15	7	1	2	10	1	3	9		
UNESP-GUAR	19	14	17	8	23	18	91	51	11	10	19	19	11	9	19	14	8	6	5	0	0	4		
UNESP-IS	15	13	10	0	3	3	38	38	4	4	13	13	4	3	13	12	2	4	1	0	1	0		
UNICAMP	55	52	45	46	74	73	216	183	23	23	47	46	23	22	47	43	31	21	3	0	7	5		
UNIFEI	14	7	8	2	7	7	40	40	6	6	14	14	6	3	14	7	5	0	2	0	1	1		
UNITAU	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UNIVAP	10	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	8	0	8	8	8	2	2	2	2	0		
USP	40	25	34	9	30	27	109	85	18	17	31	24	18	14	31	18	12	5	1	1	0	1		
USP-SC	36	32	29	21	27	27	94	93	20	20	25	25	20	19	25	25	6	12	4	1	1	3		

TABELA 5.7 – Dados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2004).

UNIVERSIDADES	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6				CORPO DOCENTE				NRD6				QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES			
	CORPO DOCENTE		CORPO DISCENTE		PRODUÇÃO DO NRD6				CORPO DOCENTE				NRD6				QUALIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES			
	TOTAL DE DOCENTES	DOCENTES NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (TOTAL)	ARTIGOS EM PERÍODICOS (COMPLETOS)	TRABALHOS EM ANAIS (TOTAL)	TRABALHOS EM ANAIS (COMPLETOS)	ARTIGOS NÍVEL A	ARTIGOS NÍVEL B	ARTIGOS NÍVEL C	ARTIGOS NÍVEL D
CEFET-PR	23	20	11	0	14	14	88	72	14	14	21	21	14	14	21	21	7	1	3	0
IME	10	10	12	0	4	4	12	12	5	5	6	6	5	5	6	6	1	0	1	0
ITA	45	39	40	11	48	48	167	138	25	25	32	28	25	25	32	28	26	6	5	7
PUC-MG	12	12	13	0	13	13	50	48	6	6	12	12	6	6	12	12	2	2	2	0
PUC-PR	14	13	12	0	18	18	77	71	10	10	13	13	10	10	13	13	7	1	3	2
PUC-RJ	20	18	18	13	15	15	125	117	11	11	18	18	11	11	18	18	6	3	3	2
UFES	15	13	10	0	4	4	23	21	6	6	12	12	6	6	12	12	2	0	3	0
UFF	25	12	6	0	11	11	45	41	12	12	21	21	12	12	21	21	9	1	0	0
UFMG	31	27	25	8	24	23	90	87	15	14	23	23	15	14	23	23	3	3	1	4
UFPA	17	14	6	0	0	0	36	35	0	0	11	11	0	0	11	11	0	0	0	0
UFFB-GO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
UFFB-AP	31	21	10	12	7	7	92	87	9	9	24	24	9	9	24	24	4	0	1	1
UFFE	24	20	13	0	9	9	82	82	8	8	22	22	8	8	22	22	3	4	0	0
UFFR	24	16	36	0	40	36	95	86	14	14	18	18	14	14	18	18	13	1	11	0
UFFRS	30	30	3	4	39	39	99	85	20	20	26	26	20	20	26	26	13	3	2	1
UFFRJ	27	21	27	24	29	29	87	86	16	16	20	20	16	16	20	20	15	7	1	0
UFFRN	22	22	8	0	34	34	88	88	10	10	14	14	10	10	14	14	20	7	3	2
UFSC	52	40	37	21	42	42	176	168	27	27	40	40	27	27	40	40	10	5	5	3
UFU	32	26	16	13	40	40	158	147	17	17	30	30	17	17	30	30	7	9	8	2
UNB	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
UNESP-BAU	18	14	18	0	11	11	56	34	9	9	11	11	9	9	11	11	2	4	0	1
UNESP-GUAR	33	27	14	13	21	19	130	99	18	18	29	29	18	18	29	29	11	2	0	1
UNESP-IS	17	15	17	0	4	4	154	82	3	3	16	16	3	3	16	16	1	2	0	0
UNICAMP	54	54	41	73	83	83	235	203	34	34	42	42	34	34	42	42	28	20	1	3
UNIFEI	17	8	5	1	9	9	41	41	10	10	14	14	10	10	14	14	3	2	2	0
UNITAU	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
UNIVAP	10	10	0	0	12	12	13	11	6	6	4	4	6	6	4	4	4	1	4	1
USP	68	51	32	15	43	42	129	113	28	28	29	27	28	28	29	27	12	7	4	1
USP-SC	36	30	18	19	22	22	77	72	18	18	27	26	18	18	27	26	4	8	2	0

5.2 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

Esse é um dos itens mais importantes do estudo. Antes de selecionar as variáveis que serão estudadas, deve-se decidir quais são os tipos de análises mais relevantes a fim de comparar as produtividades das diversas instituições consideradas.

No presente trabalho, serão consideradas algumas combinações das variáveis citadas nas tabelas do item 5.1 visando analisar a influência da escolha de diferentes conjuntos de *inputs* e *outputs* nos resultados finais. A análise pode ainda ser pautada em vários outros aspectos além das alterações das variáveis inclusas nos cálculos. Dentre estes aspectos, se destacam:

1. A comparação entre os resultados obtidos através da Avaliação Probabilística de Produtividades e a Análise Envoltória de Dados;
2. O estudo da evolução da produtividade das instituições no período considerado.

O primeiro passo é decidir as variáveis que serão consideradas, bem como classificá-las em *inputs* ou *outputs*, tanto para a utilização da metodologia DEA quanto para a avaliação probabilística de produtividades.

Conforme mencionado anteriormente, as variáveis do presente estudo são número total de docentes; número de docentes permanentes (NRD6); número de mestres e doutores formados no período; número de membros do corpo docente permanente que apresentaram novos resultados de pesquisa no período; e número de artigos publicados em periódicos de circulação internacional níveis “A” ou “B” pelo corpo docente permanente .

Essas variáveis já foram utilizadas em Sant’Anna (2005). Sobre elas, ressalta o autor que:

(...) número de doutores formados e número de artigos publicados, entram em segundo lugar porque são menos adequadas à medição dos atributos que se deseja levar em conta. Pela sua complexidade e por estar mais sujeita à influência de características individuais dos alunos, a quantidade de doutores formados reflete menos que a formação de mestres a eficiência no gerenciamento dos recursos do curso. Por seu turno, a publicação em periódicos de circulação internacional e a avaliação dos mesmos como de alta qualidade é sujeita à influência da valoração das linhas de pesquisa que a torna menos confiável que a simples indicação de envolvimento em atividades de pesquisa (...).

No presente trabalho, serão analisados dois casos. O primeiro levará em conta essas duas variáveis, que no segundo caso serão desconsideradas.

Vale ressaltar ainda que em trabalhos anteriores foram utilizados dois tipos de variáveis de *input* diferentes. Em Sant’Anna (2005) considerou-se o número de docentes no NRD6 (núcleo de referência mais restritivo da CAPES, que exige a utilização de no mínimo 30% do tempo do docente no curso). Sant’Anna (2003b) por sua vez utiliza também uma única variável que, no entanto engloba duas outras: a média entre o número de docentes do NRD6 e o número total de docentes. Já em Sant’Anna (2004), optou-se pela utilização apenas do número total de docentes.

Em um julgamento preliminar, o número total de docentes parece ser a variável mais indicada, uma vez que representaria o total de recursos empregados para a obtenção dos resultados. Entretanto, vale ressaltar que algumas universidades apresentam grande variação no caso dessa variável. A quantidade de docentes “temporários”, sejam eles visitantes ou colaboradores ou de qualquer outro tipo, introduz flutuações expressivas em alguns casos. Uma vez que esta é a única variável de *input* considerada, uma pequena alteração nesta pode influenciar de modo decisivo os resultados finais de produtividade.

Por este motivo, neste trabalho será usado somente o número de docentes do NRD6 como variável de *input*, já que esta é menos sujeita às variações ocasionais no decorrer do período estudado, contribuindo assim para a redução dos erros aleatórios e sistemáticos.

Pode ser interessante ainda a realização uma análise focada apenas nos resultados obtidos pelas universidades, sem preocupação com os recursos empregados. Este tipo de análise se justifica, quando se deseja estudar a produção da universidade em termos absolutos, ou seja, aquelas que, independente dos recursos utilizados, mais contribuem para a sociedade em geral, visto que é esta que usufrui direta ou indiretamente da produção científica e intelectual gerada.

Levando em conta todos esses aspectos, decide-se pela utilização dos quatro conjuntos de variáveis descritos na Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Possibilidades de escolha de conjuntos de variáveis.

	<i>INPUT</i>	<i>OUTPUTS</i>
1º conjunto	Nº de docentes no NRD6	1) Nº de mestres titulados. 2) Nº de docentes (NRD6) apresentando resultados de pesquisa.
2º conjunto	Nº de docentes no NRD6	1) Nº de mestres titulados. 2) Nº de docentes (NRD6) apresentando resultados de pesquisa. 3) Nº de doutores titulados. 4) Nº de artigos publicados em periódicos internacionais por docentes do NRD6 em periódicos classificados pela CAPES como níveis A ou B.
3º conjunto	Sem variáveis de <i>input</i>	1) Nº de mestres titulados. 2) Nº de docentes (NRD6) apresentando resultados de pesquisa.
4º conjunto	Sem variáveis de <i>input</i>	1) Nº de mestres titulados. 2) Nº de docentes (NRD6) apresentando resultados de pesquisa. 3) Nº de doutores titulados. 4) Nº de artigos publicados em periódicos internacionais por docentes do NRD6 em periódicos classificados pela CAPES como níveis A ou B.

As variáveis consideradas na análise de um *input* e dois *outputs* são o número de mestres titulados, o número de docentes do NRD6 apresentando resultados de pesquisa (*outputs*) e número de docentes do NRD6 (*input*), conforme descrito no capítulo 5. Quando são considerados quatro *outputs*, as duas variáveis adicionais são o número de doutores titulados e o número de artigos publicados pelos docentes do NRD6, considerados pela CAPES como níveis “A” ou “B”. Doravante as variáveis de *output* serão chamadas respectivamente de “Mestres Titulados”, “Docentes Autores”, “Doutores Titulados” e “Artigos Publicados”. Por sua vez, a variável de *input* passará a ser referenciada como “Docentes NRD6”.

As tabelas 5.8-5.11 a seguir, fornecem os valores das variáveis utilizadas no presente trabalho em todos os anos do período 2001-2004.

Tabela 5.8 – Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2001).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	8	5	0	7	4
ITA	22	20	7	18	24
PUC-MG	7	9	0	7	1
PUC-PR	10	5	0	10	2
PUC-RJ	20	11	1	19	17
UFES	8	1	0	7	2
UFF	10	12	0	8	5
UFMG	24	16	3	24	6
UFPA	8	4	0	0	1
UFPB-JP	17	9	2	16	5
UFPE	15	10	0	8	9
UFRGS	16	18	11	15	17
UFRJ	24	13	9	17	11
UFRN	13	8	0	8	1
UFSC	31	42	17	27	14
UFU	19	13	5	18	9
UNESP-BAU	11	12	0	10	1
UNESP-GUAR	10	12	11	10	10
UNESP-IS	12	11	0	10	0
UNICAMP	48	40	47	41	26
UNIFEI	8	5	3	8	1
USP	23	16	12	21	18
USP-SC	26	18	10	19	9

Tabela 5.9 – Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2002).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	7	9	0	7	4
ITA	26	33	12	20	28
PUC-MG	9	8	0	9	7
PUC-PR	10	5	0	9	3
PUC-RJ	19	12	7	17	16
UFES	9	9	0	6	1
UFF	12	9	0	12	10
UFMG	22	23	2	20	9
UFPA	8	4	0	4	4
UFPB-JP	21	14	12	20	6
UFPE	15	4	0	13	6
UFRGS	21	15	12	20	8
UFRJ	21	15	8	16	26
UFRN	12	8	0	12	8
UFSC	29	36	18	27	13
UFU	20	12	6	20	11
UNESP-BAU	11	12	0	11	1
UNESP-GUAR	12	21	9	12	20
UNESP-IS	14	9	0	13	1
UNICAMP	46	38	40	43	33
UNIFEI	8	7	4	8	0
USP	24	34	13	20	12
USP-SC	27	22	20	19	13

Tabela 5.10 – Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2003).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	7	6	0	6	3
ITA	35	32	14	31	41
PUC-MG	10	13	0	10	5
PUC-PR	12	11	0	10	2
PUC-RJ	20	17	7	17	14
UFES	6	6	0	5	5
UFF	15	20	0	14	11
UFMG	17	26	7	16	12
UFPA	11	7	0	7	4
UFPB-JP	20	18	7	12	5
UFPE	15	13	0	14	12
UFRGS	19	21	12	17	14
UFRJ	23	15	12	20	26
UFRN	13	8	0	4	21
UFSC	30	37	29	27	26
UFU	22	11	12	21	16
UNESP-BAU	7	14	0	7	3
UNESP-GUAR	14	17	8	14	14
UNESP-IS	13	10	0	12	6
UNICAMP	52	45	46	43	52
UNIFEI	7	8	2	7	5
USP	25	34	9	18	17
USP-SC	32	29	21	25	18

Tabela 5.11 – Dados utilizados dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* (CAPES-2004).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	10	12	0	6	1
ITA	39	40	11	28	32
PUC-MG	12	13	0	12	4
PUC-PR	13	12	0	13	8
PUC-RJ	18	18	13	18	9
UFES	13	10	0	12	2
UFF	12	6	0	21	10
UFMG	27	25	8	23	6
UFPA	14	6	0	11	0
UFPB-JP	21	10	12	24	4
UFPE	20	13	0	22	7
UFRGS	30	3	4	26	16
UFRJ	21	27	24	20	22
UFRN	22	8	0	14	27
UFSC	40	37	21	40	15
UFU	26	16	13	30	16
UNESP-BAU	14	18	0	11	6
UNESP-GUAR	27	14	13	29	13
UNESP-IS	15	17	0	16	3
UNICAMP	54	41	73	42	48
UNIFEI	8	5	1	14	5
USP	51	32	15	27	19
USP-SC	30	18	19	26	12

5.3 ANÁLISES A SEREM REALIZADAS

A premissa básica para as análises a serem desenvolvidas nessa seção é considerar os quatro conjuntos de variáveis descritos no Quadro 5.3. É objetivo maior do presente trabalho a análise comparativa dos resultados obtidos quando da mudança das variáveis envolvidas no estudo.

Em um segundo momento, serão comparados os resultados obtidos através da Avaliação Probabilística de Produtividades e da Análise Envoltória de Dados. Ao final, será estudada a evolução temporal das medidas de produtividade obtidas pelos modelos ao longo do período considerado.

Em relação ao aqui exposto, podem ser vislumbradas as seis possibilidades seguintes:

1. Estudo considerando as variáveis ano a ano, utilizando a DEA e a Avaliação Probabilística de Produtividades;
2. Estudo considerando variáveis bienais, utilizando a DEA e a Avaliação Probabilística de Produtividades;
3. Estudo considerando um período único, utilizando a DEA e a Avaliação Probabilística de Produtividades;
4. Estudo considerando as variáveis ano a ano, utilizando somente a Avaliação Probabilística de Produtividades;
5. Estudo considerando as variáveis bienais, utilizando somente a Avaliação Probabilística de Produtividades;
6. O estudo considerando um período único, utilizando somente a Avaliação Probabilística de Produtividades.

Pode ser particularmente interessante a comparação dos resultados obtidos através das duas técnicas de análise consideradas no presente trabalho. Pode-se afirmar que estão são duas técnicas “complementares”, cada uma delas apresentando suas vantagens e desvantagens específicas no caso da análise de produtividade de cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica. Deste modo, optou-se por incluir essas duas metodologias e estudar as principais diferenças nos resultados obtidos por cada uma.

Por outro lado, a decisão sobre a forma pela qual será tratado o período de análise requer um pouco mais de cautela. Existem algumas considerações que devem ser feitas antes

da decisão final de considerar o período 2001-2004 como um período único, dividi-lo em dois biênios ou fazer o estudo ano a ano.

A maior vantagem em se realizar o estudo ano a ano consiste justamente em poder comparar a evolução das universidades objeto de estudo ao longo de um período razoável de tempo. Esta opção faria com que fosse possível determinar as universidades que vêm aumentando ou reduzindo a produtividade ao longo destes quatro últimos anos de atuação.

Contudo, é sabido que quanto mais longo o tempo de medição de cada variável, menos sujeita às perturbações devidas a erros de medidas aleatórios ela é. Em outras palavras, trabalhando-se com médias ou outros estimadores dessas variáveis com tempos maiores de medição, obtêm-se resultados mais consistentes e com menor propensão a este tipo de erro.

Portanto, a questão de como trabalhar os dados no período dado apresenta duas características antagônicas. Quanto maior é o tempo de medição das variáveis, menores as possibilidades de ocorrerem erros de medidas aleatórios, contudo, a capacidade de estudo da evolução da produtividade das universidades no período é significativamente reduzida. Por outro lado, o menor tempo de medição favorece o estudo da evolução da produtividade, mas pode introduzir maiores erros de medida aleatórios.

Foi determinado anteriormente que o período de tempo a ser estudado é o período 2001-2004. Verificando as possibilidades ora descritas, obtêm-se as opções constantes no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Características para cada opção de utilização do período considerado.

OPÇÃO	ERROS ALEATÓRIOS	EVOLUÇÃO TEMPORAL
2001; 2002; 2003; 2004 (separadamente)	Não apresenta tratamento para erros aleatórios.	Apresenta a melhor possibilidade de estudo da evolução das universidades com o tempo.
2001/2002; 2003/2004	Apresenta algum tratamento para erros aleatórios.	Apresenta alguma possibilidade de estudo da evolução das universidades
2001-2004	Apresenta o melhor tratamento para erros aleatórios.	Impossibilidade total de estudo da evolução das universidades no período.

Após feitas essas considerações, dentre as seis opções citadas anteriormente opta-se pela primeira, ou seja, o estudo considerando as variáveis ano a ano, utilizando a DEA e a Avaliação Probabilística de Produtividades. Neste caso, é esperada a ocorrência de perturbações aleatórias, que deverão ser consideradas quando da análise final dos resultados.

A seguir, serão detalhadas as modelagens utilizando as duas técnicas exploradas no presente trabalho.

5.4 METODOLOGIA DEA

5.4.1 Procedimentos Preliminares para a Construção do Modelo

Os procedimentos descritos nas seções anteriores são compatíveis com os recomendados para a seleção das variáveis e do período de estudo para a utilização da técnica DEA. Portanto, já estão determinadas as universidades que serão consideradas na análise e a forma como serão tratados os dados no período de estudo, que será de 2001 a 2004.

Resta decidir qual o modelo DEA a ser utilizado e a sua respectiva orientação.

Conforme visto anteriormente, os modelos mais utilizados são o CCR e o BCC. O primeiro é utilizado quando o problema apresenta retornos constantes de escala e o segundo quando há retornos variáveis de escala. No caso presente, admite-se que o incremento de uma variável de *input* pode ocasionar um acréscimo proporcional nos resultados. Por este motivo, será utilizado o modelo CCR.

Com relação à orientação do modelo, a maior parte das instituições em estudo são universidades públicas e, portanto, trabalham com verbas definidas pela esfera de governo à qual pertence. Em outras palavras, trabalham com recursos escassos e não podem suprir toda a demanda. Essas características tornam a orientação para *inputs* a mais adequada à avaliação de cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica. É conveniente notar, não obstante, que, no modelo CCR, os resultados da avaliação são, para todos os efeitos, os mesmos, qualquer que seja a orientação: para minimizações do *inputs* ou para maximização dos *outputs*.

5.4.2 Modelo Matemático

Neste tópico será representado o modelo matemático que irá nortear a aplicação da Análise Envoltória de Dados neste trabalho.

Como já definido na seção anterior, seriam realizadas quatro análises diferentes, considerando as diferentes combinações de *inputs* e *outputs* apresentadas. Para concentrar a

análise nos produtos, poderíamos realizar a DEA supondo *input* constante. Entretanto, como esta situação será amplamente coberta pela Avaliação Probabilística, aplicaremos a DEA apenas para avaliação de produtividade. Para isto, serão descritos dois modelos diferentes. O primeiro modelo considerará apenas as seguintes variáveis:

- Número de docentes do NRD6 (índice 1 dos *inputs*);
- Número de mestres titulados (índice 1 dos *outputs*);
- Número de docentes com artigos publicados na íntegra em anais de congressos (índice 2 dos *outputs*).

Logo, este modelo consistirá de 23 DMUs, 1 tipo de variável de *input* e 2 tipos de variáveis de *output*. A formulação matemática para o modelo CCR orientado para *inputs*, considerando esses dados, está descrita na Figura 5.1. O modelo deve ser aplicado a cada DMU e, portanto, será necessário resolver 23 problemas de programação linear.

$$\begin{array}{ll}
 \text{MAX } P_k = \sum_{r=1}^{r=2} u_{r,k} Y_{r,k} \\
 \text{SA} \\
 \sum_{r=1}^{r=2} u_{r,k} Y_{r,j} - \sum_{i=1}^{i=1} v_{i,k} X_{i,j} \leq 0 & j = 1, \dots, 23 \\
 \sum_{i=1}^{i=1} v_{i,k} X_{i,k} = 1 \\
 u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 & \forall r, i, k
 \end{array}$$

Figura 5.1 – Modelo DEA (CCR) orientado para *inputs* com 1 *input* e 2 *outputs*.

No modelo acima:

- $Y_{r,k}$ é o valor da variável de *output* r associada à DMU k . Ex: $Y_{1,11}$ é o nº de mestres (índice 1 dos *outputs*) formados pela UFPE (índice 11 das DMUs).
- $X_{i,k}$ é o valor da variável de *input* i associada à DMU k . Ex: $X_{1,2}$ é o nº de docentes do NRD6 (índice 1 dos *inputs*) pertencentes ao corpo docente do ITA (índice 2 das DMUs).
- $u_{r,k}$ é a variável de decisão do modelo, associada ao produto r da instituição k .
- $v_{i,k}$ é a variável de decisão do modelo, associada ao insumo i da instituição k .

O segundo modelo é apresentado na Figura 5.2 a seguir.

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX } P_k = \sum_{r=1}^{r=4} u_{r,k} Y_{r,k} \\
 & \text{SA} \\
 & \sum_{r=1}^{r=4} u_{r,k} Y_{r,j} - \sum_{i=1}^{i=1} v_{i,k} X_{i,j} \leq 0 \quad j = 1, \dots, 23 \\
 & \sum_{i=1}^{i=1} v_{i,k} X_{i,k} = 1 \\
 & u_{r,k}, v_{i,k} \geq 0 \quad \forall r, i, k
 \end{aligned}$$

Figura 5.2 – Modelo DEA (CCR) orientado para *inputs* com 1 *input* e 4 *outputs*.

Este modelo apresentará as seguintes variáveis, além das anteriores:

- Número de doutores titulados (índice 3 dos *outputs*);
- Número de artigos publicados por docentes do NRD6 em periódicos internacionais classificados como nível A ou B pela CAPES (índice 4 dos *outputs*).

Nas Figuras 5.3 e 5.4 são apresentados os modelos aplicados para a UFRJ (DMU nº 13).

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX } P_{13} = u_{1,13} Y_{1,13} + u_{2,13} Y_{2,13} \\
 & \text{SA} \\
 & v_{1,13} X_{1,13} = 1 \\
 & u_{1,13} Y_{1,1} + u_{2,13} Y_{2,1} - v_{1,13} X_{1,1} \leq 0 \\
 & u_{1,13} Y_{1,2} + u_{2,13} Y_{2,2} - v_{1,13} X_{1,2} \leq 0 \\
 & u_{1,13} Y_{1,3} + u_{2,13} Y_{2,3} - v_{1,13} X_{1,3} \leq 0 \\
 & \dots \\
 & u_{1,13} Y_{1,23} + u_{2,13} Y_{2,23} - v_{1,13} X_{1,23} \leq 0 \\
 & u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i
 \end{aligned}$$

Figura 5.3 – Modelo para a UFRJ com 1 *input* e 2 *outputs*.

$$\begin{aligned}
& \text{MAX } P_{13} = u_{1,13} Y_{1,13} + u_{2,13} Y_{2,13} + u_{3,13} Y_{3,13} + u_{4,13} Y_{4,13} \\
& \text{SA} \\
& v_{1,13} X_{1,13} = 1 \\
& u_{1,13} Y_{1,1} + u_{2,13} Y_{2,1} + u_{3,13} Y_{3,1} + u_{4,13} Y_{4,1} - v_{1,13} X_{1,1} \leq 0 \\
& u_{1,13} Y_{1,2} + u_{2,13} Y_{2,2} + u_{3,13} Y_{3,2} + u_{4,13} Y_{4,2} - v_{1,13} X_{1,2} \leq 0 \\
& u_{1,13} Y_{1,3} + u_{2,13} Y_{2,3} + u_{3,13} Y_{3,3} + u_{4,13} Y_{4,3} - v_{1,13} X_{1,3} \leq 0 \\
& \dots \\
& u_{1,13} Y_{1,23} + u_{2,13} Y_{2,23} + u_{3,13} Y_{3,23} + u_{4,13} Y_{4,23} - v_{1,13} X_{1,23} \leq 0 \\
& u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i
\end{aligned}$$

Figura 5.4 – Modelo para a UFRJ com 1 *input* e 4 *outputs*.

5.4.3 Resultados

Visto que, no presente trabalho, a DEA será utilizada apenas para complementar a Avaliação Probabilística, considera-se suficiente a análise somente do caso em que são utilizados 1 *input* e 4 *outputs*. Os resultados desta avaliação pela Análise Envoltória de Dados estão descritos na Tabelas 5.12.

Tabela 5.12 – Escores de eficiência da Análise Envoltória de dados para 1 *input* e 4 *outputs*.

UNIVERSIDADES	2001	2002	2003	2004
IME	87,5%	100,0%	85,7%	93,3%
ITA	100,0%	76,9%	100,0%	79,8%
PUC-MG	100,0%	100,0%	100,0%	92,1%
PUC-PR	100,0%	90,0%	83,3%	84,4%
PUC-RJ	95,0%	89,5%	85,0%	88,1%
UFES	87,5%	66,7%	83,3%	73,9%
UFF	90,5%	100,0%	93,3%	100,0%
UFMG	100,0%	90,9%	98,1%	78,6%
UFPA	36,9%	50,0%	63,6%	52,0%

UFPB-JP	94,1%	95,2%	62,4%	86,1%
UFPE	57,8%	86,7%	93,3%	75,3%
UFRGS	100,0%	95,2%	92,1%	58,4%
UFRJ	70,8%	76,2%	100,0%	100,0%
UFRN	61,5%	100,0%	100,0%	90,8%
UFSC	100,0%	93,1%	100,0%	84,5%
UFU	94,7%	100,0%	95,5%	83,6%
UNESP-BAU	90,9%	100,0%	100,0%	100,0%
UNESP-GUAR	100,0%	100,0%	100,0%	78,5%
UNESP-IS	83,3%	92,9%	92,3%	97,2%
UNICAMP	89,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UNIFEI	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
USP	91,3%	83,3%	89,4%	51,4%
USP-SC	73,1%	86,7%	82,8%	73,8%

5.5 CÁLCULO PROBABILÍSTICO DE PRODUTIVIDADES

5.5.1 Definição da Distribuição a ser Utilizada

Como discutido no Capítulo 4, a escolha da distribuição de probabilidades para os erros aleatórios é de importância secundária na Avaliação Probabilística. Para simplificar, consideraremos apenas um tipo de distribuição de probabilidades, o da distribuição uniforme.

5.5.2 Cálculos de Probabilidades de Maximizar e Minimizar Variáveis

Após a aleatorização das variáveis, são realizados os cálculos para estimar as probabilidades de minimizar e maximizar cada uma das variáveis conforme descrito no capítulo 4. Os resultados estão descritos nas Tabelas 5.13 a 5.20.

Tabela 5.13 – Probabilidade de minimizar as variáveis (2001).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	15,3%	10,6%	9,9%	8,0%	0,4%
ITA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-MG	24,7%	0,5%	9,9%	8,0%	12,9%
PUC-PR	4,0%	10,6%	9,9%	1,1%	5,0%
PUC-RJ	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%
UFES	15,3%	48,1%	9,9%	8,0%	5,0%
UFF	4,0%	0,0%	9,9%	4,7%	0,1%
UFMG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFPA	15,3%	17,4%	9,9%	53,0%	12,9%
UFPB-JP	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,1%
UFPE	0,0%	0,2%	9,9%	4,7%	0,0%
UFRGS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRJ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRN	0,2%	1,4%	9,9%	4,7%	12,9%
UFSC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-BAU	1,6%	0,0%	9,9%	1,1%	12,9%
UNESP-GUAR	4,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%
UNESP-IS	0,5%	0,0%	9,9%	1,1%	25,1%
UNICAMP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNIFEI	15,3%	10,6%	0,0%	4,7%	12,9%
USP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
USP-SC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 5.14 – Probabilidade de maximizar as variáveis (2001).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ITA	1,8%	1,6%	0,7%	1,2%	32,0%
PUC-MG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-PR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-RJ	0,9%	0,0%	0,0%	1,7%	6,0%
UFES	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFMG	3,2%	0,4%	0,1%	7,2%	0,0%
UFPA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFPB-JP	0,3%	0,0%	0,1%	0,4%	0,0%
UFPE	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
UFRGS	0,2%	0,8%	2,2%	0,3%	6,0%
UFRJ	3,2%	0,1%	1,3%	0,7%	0,4%
UFRN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFSC	12,5%	53,2%	6,6%	12,9%	1,9%
UFU	0,6%	0,1%	0,3%	1,2%	0,1%
UNESP-BAU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-GUAR	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,2%
UNESP-IS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNICAMP	69,5%	42,7%	81,9%	69,3%	44,8%
UNIFEI	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
USP	2,5%	0,4%	2,7%	3,4%	8,3%
USP-SC	5,2%	0,8%	1,7%	1,7%	0,1%

Tabela 5.15 – Probabilidade de minimizar as variáveis (2002).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	0,0%	1,2%	10,0%	15,0%	2,7%
ITA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-MG	11,4%	3,2%	10,0%	5,9%	0,1%
PUC-PR	6,5%	20,3%	10,0%	5,9%	5,9%
PUC-RJ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFES	11,4%	1,2%	10,0%	21,4%	19,3%
UFF	1,5%	1,2%	10,0%	0,7%	0,0%
UFMG	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%
UFPA	18,2%	30,9%	10,0%	37,9%	2,7%
UFPB-JP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
UFPE	0,1%	30,9%	10,0%	0,3%	0,3%
UFRGS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRJ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRN	1,5%	3,2%	10,0%	0,7%	0,0%
UFSC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-BAU	3,3%	0,0%	10,0%	1,6%	19,3%
UNESP-GUAR	1,5%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%
UNESP-IS	0,2%	1,2%	10,0%	0,3%	19,3%
UNICAMP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNIFEI	18,2%	6,8%	0,0%	9,8%	30,1%
USP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
USP-SC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 5.16 – Probabilidade de maximizar as variáveis (2002).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ITA	5,3%	15,8%	2,1%	1,9%	24,9%
PUC-MG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-PR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-RJ	0,5%	0,0%	0,4%	0,5%	1,4%
UFES	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
UFMG	1,6%	1,4%	0,0%	1,9%	0,0%
UFPA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFPB-JP	1,1%	0,0%	2,1%	1,9%	0,0%
UFPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRGS	1,1%	0,0%	2,1%	1,9%	0,0%
UFRJ	1,1%	0,0%	0,6%	0,3%	17,7%
UFRN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFSC	9,8%	26,6%	7,6%	11,1%	0,4%
UFU	0,7%	0,0%	0,2%	1,9%	0,1%
UNESP-BAU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-GUAR	0,0%	0,6%	0,8%	0,0%	4,8%
UNESP-IS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNICAMP	69,1%	35,6%	70,9%	75,6%	50,0%
UNIFEI	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
USP	3,1%	19,0%	2,7%	1,9%	0,2%
USP-SC	6,6%	1,0%	10,4%	1,2%	0,4%

Tabela 5.17 – Probabilidade de minimizar as variáveis (2003).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	20,3%	27,4%	10,0%	15,1%	18,5%
ITA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-MG	5,0%	0,1%	10,0%	1,1%	5,4%
PUC-PR	1,3%	1,2%	10,0%	1,1%	28,3%
PUC-RJ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFES	28,8%	27,4%	10,0%	23,0%	5,4%
UFF	0,1%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%
UFMG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFPA	2,7%	18,0%	10,0%	9,0%	10,8%
UFPB-JP	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	5,4%
UFPE	0,1%	0,1%	10,0%	0,0%	0,0%
UFRGS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRJ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRN	0,5%	10,8%	10,0%	32,5%	0,0%
UFSC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFU	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-BAU	20,3%	0,0%	10,0%	9,0%	18,5%
UNESP-GUAR	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-IS	0,5%	2,9%	10,0%	0,1%	2,3%
UNICAMP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNIFEI	20,3%	10,8%	0,5%	9,0%	5,4%
USP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
USP-SC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 5.18 – Probabilidade de maximizar as variáveis (2003).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ITA	13,2%	8,4%	2,1%	16,2%	26,1%
PUC-MG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-PR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-RJ	0,4%	0,0%	0,2%	0,3%	0,2%
UFES	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFF	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%
UFMG	0,1%	1,8%	0,2%	0,2%	0,1%
UFPA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFPB-JP	0,4%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%
UFPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
UFRGS	0,2%	0,3%	1,3%	0,3%	0,2%
UFRJ	1,1%	0,0%	1,3%	1,1%	4,6%
UFRN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%
UFSC	5,9%	20,2%	18,0%	7,9%	4,6%
UFU	0,8%	0,0%	1,3%	1,6%	0,4%
UNESP-BAU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-GUAR	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,2%
UNESP-IS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNICAMP	67,6%	52,4%	67,5%	66,7%	60,3%
UNIFEI	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
USP	2,0%	12,4%	0,5%	0,5%	0,6%
USP-SC	8,4%	4,2%	7,0%	5,1%	0,8%

Tabela 5.19 – Probabilidade de minimizar as variáveis (2004).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOUTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	20,8%	0,4%	9,6%	44,5%	24,1%
ITA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-MG	10,5%	0,1%	9,6%	8,6%	5,5%
PUC-PR	6,7%	0,4%	9,6%	5,4%	0,1%
PUC-RJ	0,3%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%
UFES	6,7%	1,9%	9,6%	8,6%	16,1%
UFF	10,5%	14,9%	9,6%	0,0%	0,0%
UFMG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%
UFPA	4,0%	14,9%	9,6%	12,8%	33,6%
UFPB-JP	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	5,5%
UFPE	0,0%	0,1%	9,6%	0,0%	0,4%
UFRGS	0,0%	37,9%	0,1%	0,0%	0,0%
UFRJ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFRN	0,0%	6,1%	9,6%	3,2%	0,0%
UFSC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-BAU	4,0%	0,0%	9,6%	12,8%	1,1%
UNESP-GUAR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-IS	2,2%	0,0%	9,6%	0,9%	9,9%
UNICAMP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNIFEI	34,2%	21,4%	3,7%	3,2%	2,7%
USP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
USP-SC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 5.20 – Probabilidade de maximizar as variáveis (2004).

UNIVERSIDADES	DOCENTE NRD6	MESTRES TITULADOS	DOCTORES TITULADOS	DOCENTES AUTORES	ARTIGOS PUBLICADOS
IME	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ITA	7,7%	32,0%	0,7%	2,7%	16,5%
PUC-MG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-PR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PUC-RJ	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%
UFES	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFF	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
UFMG	0,4%	1,1%	0,3%	0,2%	0,0%
UFPA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UFPB-JP	0,0%	0,0%	0,8%	0,4%	0,0%
UFPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
UFRGS	1,1%	0,0%	0,1%	1,2%	0,8%
UFRJ	0,0%	2,1%	5,2%	0,0%	3,7%
UFRN	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	8,7%
UFSC	9,0%	20,2%	3,7%	35,9%	0,6%
UFU	0,3%	0,0%	1,0%	5,2%	0,8%
UNESP-BAU	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNESP-GUAR	0,4%	0,0%	1,0%	3,9%	0,3%
UNESP-IS	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
UNICAMP	45,4%	36,7%	81,8%	47,3%	66,3%
UNIFEI	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
USP	34,3%	7,8%	1,5%	1,8%	1,9%
USP-SC	1,1%	0,0%	2,8%	1,2%	0,2%

5.5.3 Composição de Critérios

Para a Avaliação Probabilística de Produtividades serão realizadas três análises, considerando três conjuntos diferentes de variáveis citados anteriormente.

No caso da Avaliação Probabilística de Produtividades relacionadas aos cursos de pós-graduação *stricto sensu*, a melhor composição é aquela em que se considera uma visão pessimista e conservadora tanto para os *inputs* quanto para os *outputs*. Isto se explica pelo fato já mencionado no capítulo 4 de que a instituição não deve perseguir o objetivo de alcançar o máximo de produção à custa da qualidade do ensino. Quantidade e qualidade devem caminhar juntas na busca da eficiência de uma unidade produtiva. Seguindo este princípio, a abordagem pessimista é a mais adequada.

Além disso, também foi descrito no capítulo 4 que para as universidades públicas (que são a maioria dentre as estudadas) é mais importante o afastamento da fronteira de piores desempenhos do que a aproximação da fronteira de excelência que segundo Sant'Anna (2005) pode indicar a “massificação” da atribuição do título de pós-graduação ou da publicação de artigos. Assim, no tocante às variáveis de resultado (*outputs*), a abordagem mais adequada é a pessimista e conservadora.

Em relação aos *inputs*, também se aplica aqui a ótica conservadora. Ainda segundo Sant'Anna (2005): “(...) abaixo de certas dimensões, é maior a importância relativa da participação dos docentes em atividades que não são diretamente ligadas aos resultados (...)”. Desta forma, também no caso dos *inputs* deve ser priorizado o afastamento da fronteira de piores desempenhos em relação à aproximação da fronteira de excelência.

Vale ressaltar que dois dos três casos contemplados na análise apresentam apenas um único *input* e, portanto, não faz sentido falar em ponto de vista pessimista ou otimista, uma vez que a diferenciação entre esses reside justamente no fato de considerar ou não todas as variáveis em conjunto. No último caso analisado não será utilizado *input* algum e, por conseguinte, a análise estará focada apenas na ótica pessimista e conservadora para os *outputs*.

A seguir são descritas as formulações algébricas para as duas análises que serão realizadas. No capítulo 4 chegou-se à expressão $[\prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k})][\prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j})]$ para cálculo da produtividade segundo a ótica pessimista e conservadora, tanto para os *inputs* quanto para os *outputs*. Nesta formulação:

- $M_{i,j}$ é a probabilidade de maximizar o *input* j da DMU i .
- $m_{i,k}$ é a probabilidade de minimizar o *output* k da DMU i .

O desmembramento desta expressão para o presente estudo está descrito no Quadro 5.5 a seguir.

Quadro 5.5 – Formulação matemática para os 4 conjuntos de variáveis considerados para a avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica.

VARIÁVEIS	FORMULAÇÃO	
	GERAL	DESMEMBRADA
1 INPUT E 2 OUTPUTS	$[\prod_{k=1}^{k=2} (1 - m_{i,k})] \prod_{j=1}^{j=1} (1 - M_{i,j})$	$[(1 - m_{i,1})(1 - m_{i,2})] [(1 - M_{i,1})]$
1 INPUT E 4 OUTPUTS	$[\prod_{k=1}^{k=4} (1 - m_{i,k})] \prod_{j=1}^{j=1} (1 - M_{i,j})$	$[(1 - m_{i,1})(1 - m_{i,2})(1 - m_{i,3})(1 - m_{i,4})] [(1 - M_{i,1})]$
2 OUTPUTS	$\prod_{k=1}^{k=2} (1 - m_{i,k})$	$(1 - m_{i,1})(1 - m_{i,2})$
4 OUTPUTS	$\prod_{k=1}^{k=4} (1 - m_{i,k})$	$(1 - m_{i,1})(1 - m_{i,2})(1 - m_{i,3})(1 - m_{i,4})$

5.5.4 Resultados

Os resultados obtidos através da Avaliação Probabilística de Produtividades utilizando o modelo de distribuição uniforme, sob a ótica pessimista e conservadora, tanto para *inputs*, quanto para *outputs* são calculados conforme descrito no capítulo 4. Os resultados para as quatro análises propostas estão descritos nas Tabelas 5.21 a 5.24 e nos gráficos das figuras 5.5 a 5.20.

Tabela 5.21 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 2 *outputs*.

UNIVERSIDADES	2001	2002	2003	2004
IME	82,2%	84,1%	61,6%	55,3%
ITA	98,2%	94,8%	86,9%	92,3%
PUC-MG	91,5%	91,1%	98,8%	91,3%
PUC-PR	88,4%	75,0%	97,7%	94,3%
PUC-RJ	99,1%	99,5%	99,6%	99,8%
UFES	47,8%	77,7%	55,9%	89,7%
UFF	95,4%	98,1%	100,0%	85,1%
UFMG	96,8%	98,4%	99,9%	99,6%
UFPA	38,9%	42,9%	74,7%	74,3%
UFPB-JP	99,2%	98,9%	99,5%	98,1%
UFPE	95,1%	68,9%	99,8%	99,9%
UFRGS	99,8%	98,9%	99,8%	61,4%
UFRJ	96,8%	98,9%	98,9%	100,0%
UFRN	94,0%	96,1%	60,3%	90,9%
UFSC	87,5%	90,2%	94,1%	91,0%
UFU	99,4%	99,3%	98,0%	99,7%
UNESP-BAU	98,9%	98,4%	91,0%	87,2%
UNESP-GUAR	98,9%	99,3%	100,0%	99,5%
UNESP-IS	98,9%	98,6%	97,0%	99,1%
UNICAMP	30,5%	30,9%	32,4%	54,6%
UNIFEI	85,2%	84,1%	81,2%	76,1%
USP	97,6%	96,9%	98,1%	65,7%
USP-SC	94,8%	93,4%	91,6%	98,9%

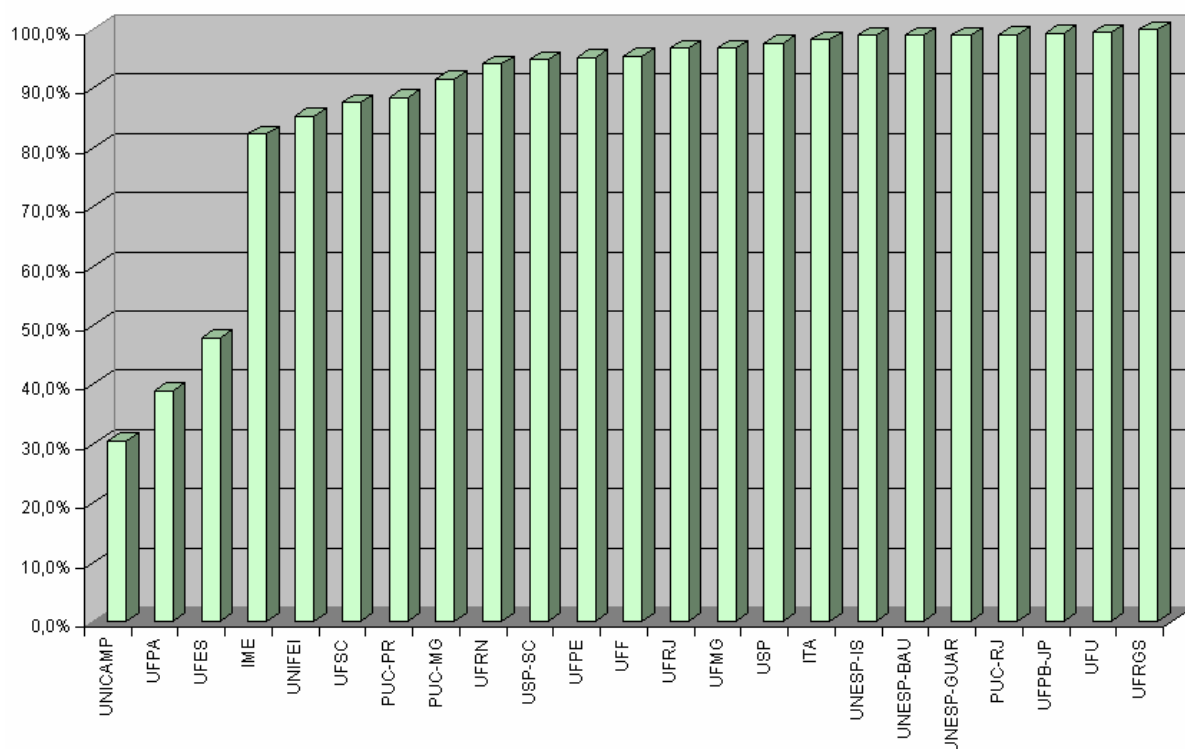


Figura 5.5 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 2 *outputs* (2001).

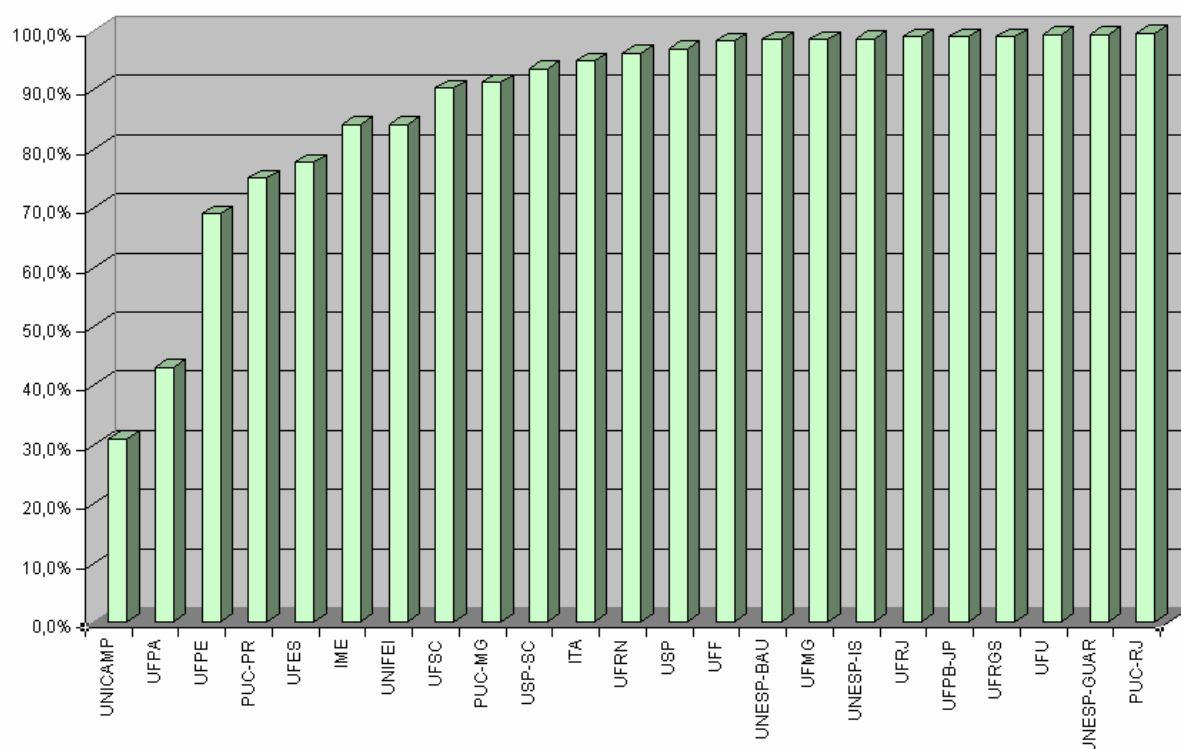


Figura 5.6 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 2 *outputs* (2002).

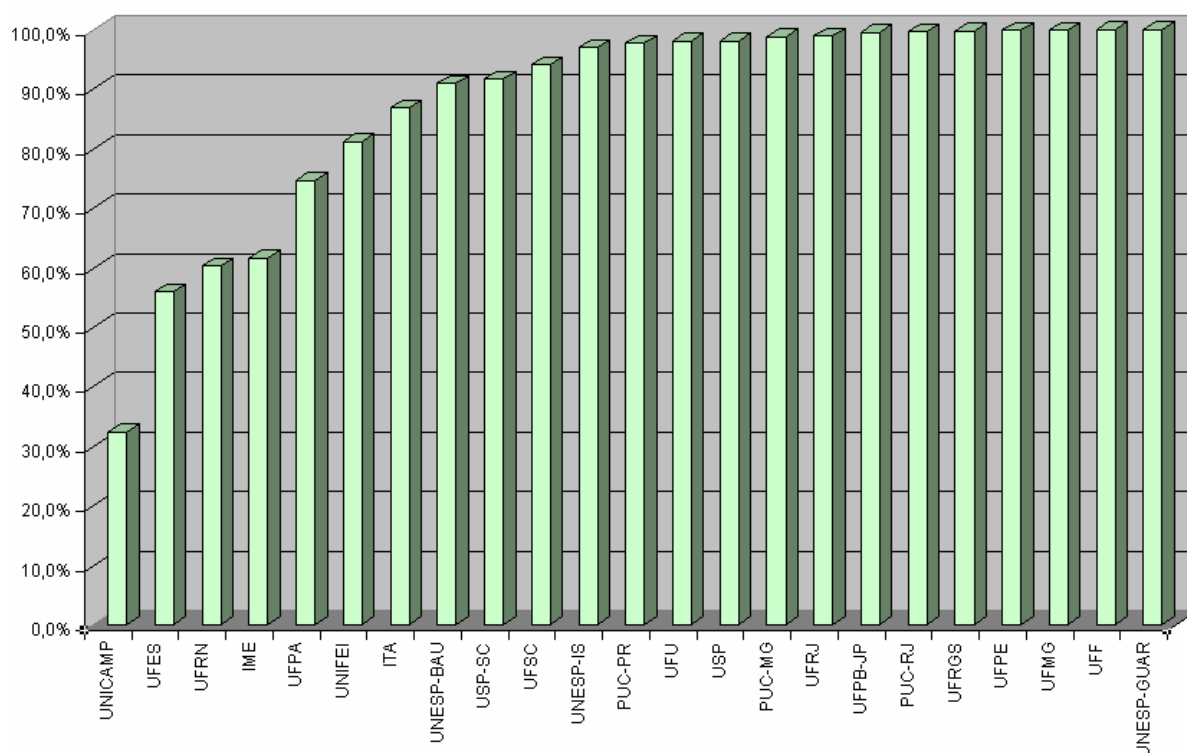


Figura 5.7 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 2 *outputs* (2003).

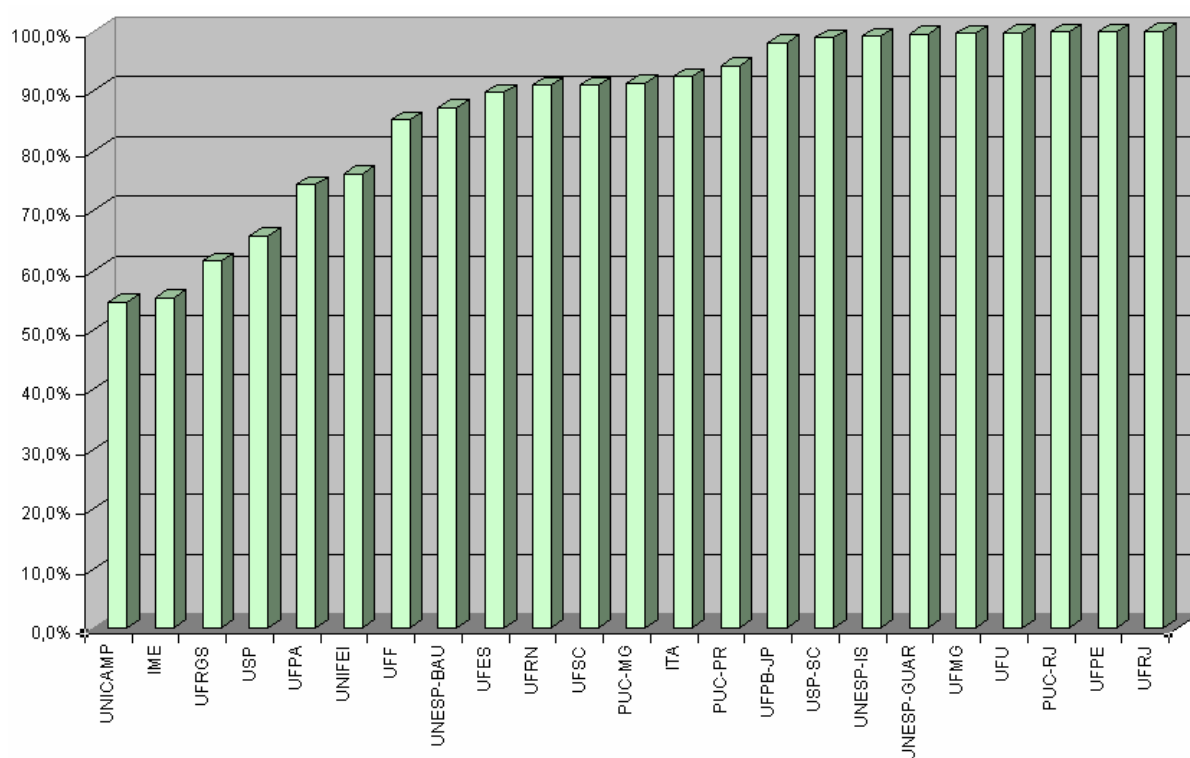


Figura 5.8 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 2 *outputs* (2004).

Tabela 5.22 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 4 *outputs*.

UNIVERSIDADES	2001	2002	2003	2004
IME	73,8%	73,7%	45,2%	38,0%
ITA	98,2%	94,8%	86,9%	92,3%
PUC-MG	71,8%	82,0%	84,2%	78,0%
PUC-PR	75,6%	63,6%	63,1%	85,1%
PUC-RJ	98,2%	99,5%	99,6%	99,8%
UFES	40,9%	56,4%	47,7%	68,0%
UFF	85,8%	88,4%	90,0%	76,9%
UFMG	96,8%	97,9%	99,9%	98,5%
UFPA	30,5%	37,6%	59,9%	44,5%
UFPB-JP	99,1%	98,6%	94,1%	92,7%
UFPE	85,7%	61,9%	89,9%	89,9%
UFRGS	99,8%	98,9%	99,8%	61,4%
UFRJ	96,8%	98,9%	98,9%	100,0%
UFRN	73,8%	86,5%	54,3%	82,1%
UFSC	87,5%	90,2%	94,1%	91,0%
UFU	99,4%	99,3%	98,0%	99,7%
UNESP-BAU	77,6%	71,5%	66,7%	78,0%
UNESP-GUAR	98,9%	99,3%	100,0%	99,5%
UNESP-IS	66,7%	71,6%	85,3%	80,7%
UNICAMP	30,5%	30,9%	32,4%	54,6%
UNIFEI	74,3%	58,8%	76,5%	71,4%
USP	97,6%	96,9%	98,1%	65,7%
USP-SC	94,8%	93,4%	91,6%	98,9%

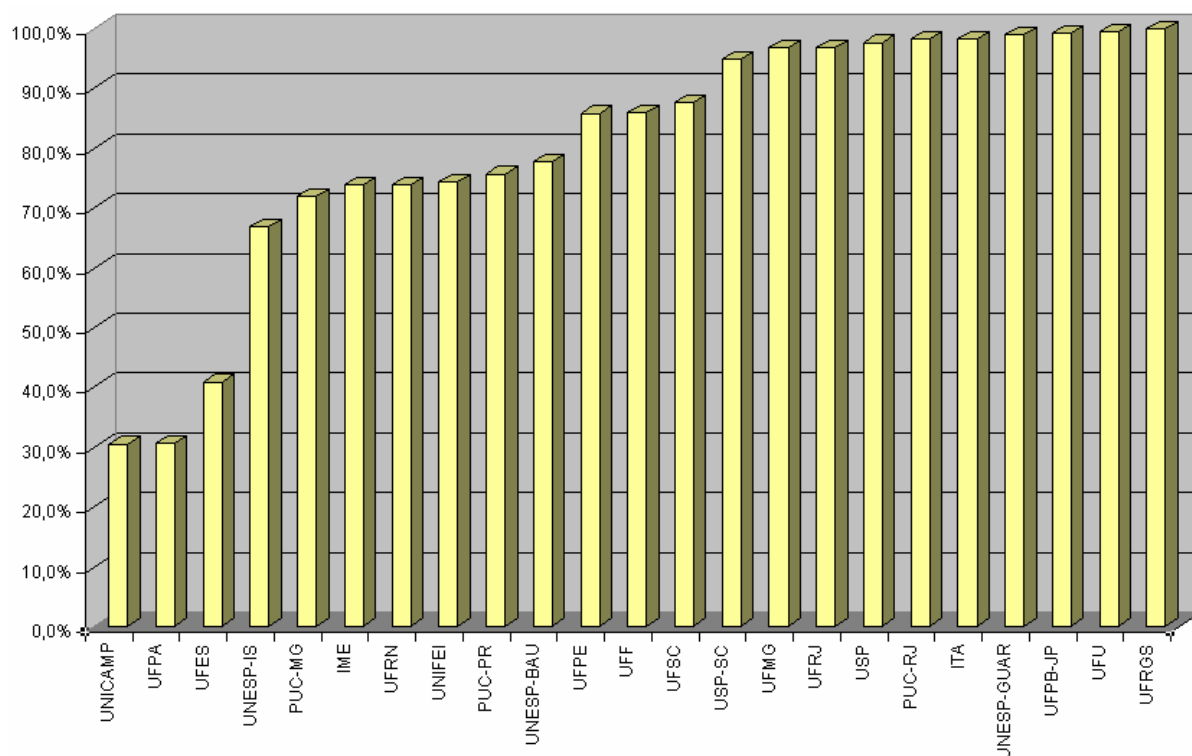


Figura 5.9 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 4 *outputs* (2001).

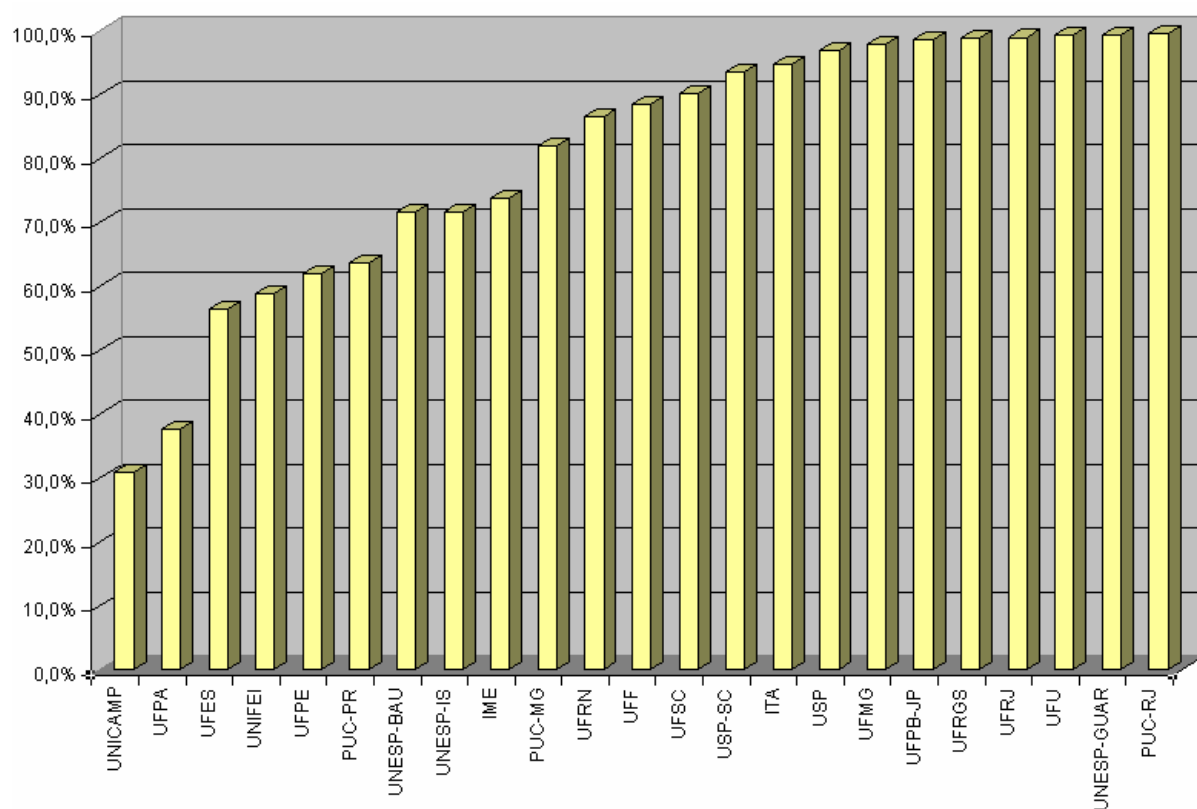


Figura 5.10 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 4 *outputs* (2002).

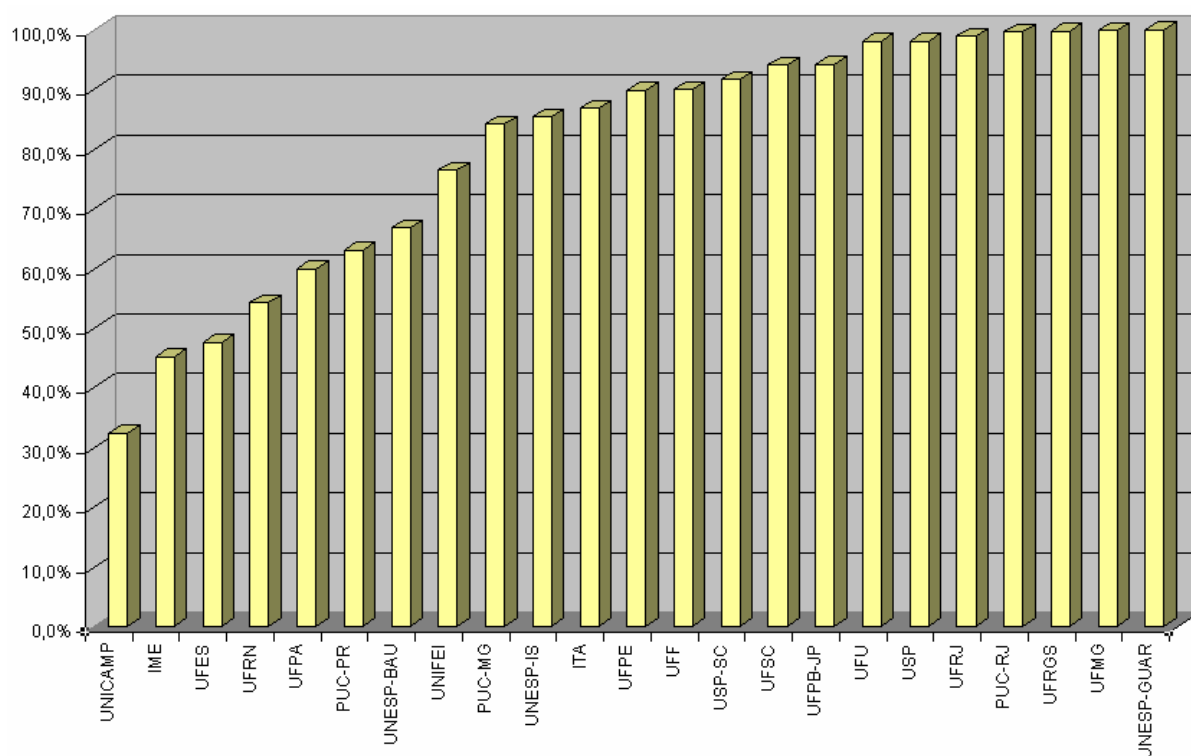


Figura 5.11 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 4 *outputs* (2003).

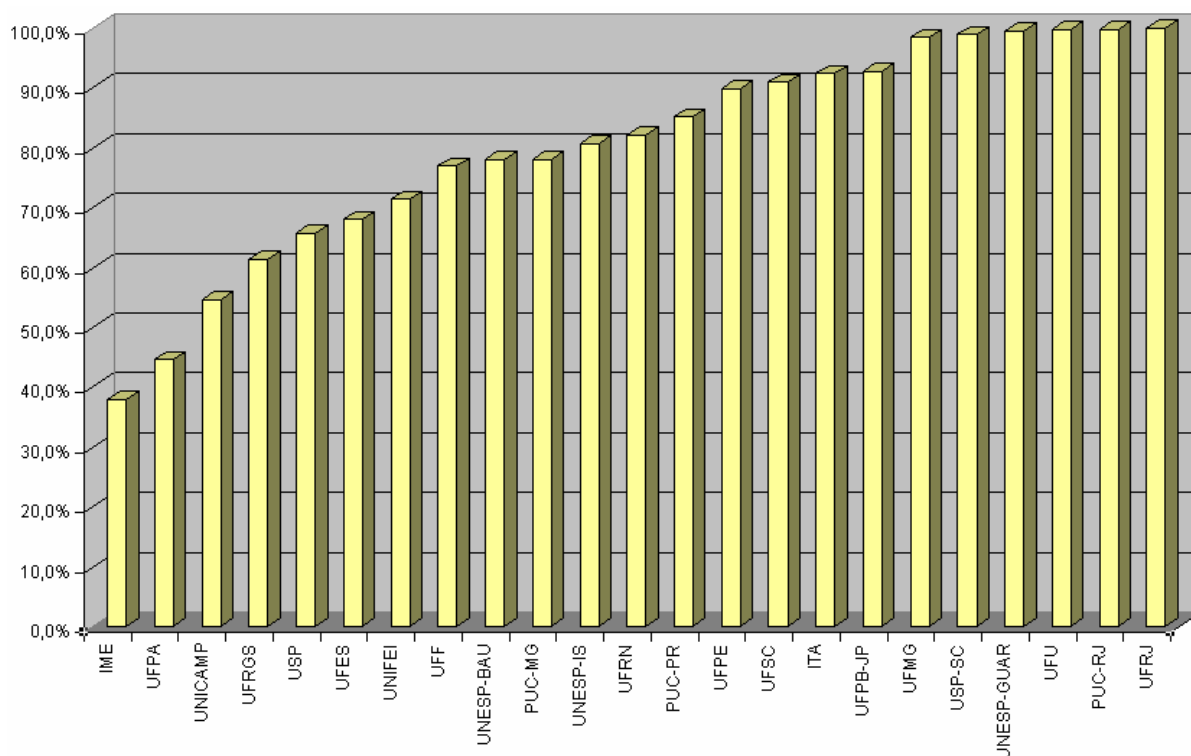


Figura 5.12 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para 1 *input* e 4 *outputs* (2004).

Tabela 5.23 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 *outputs*.

UNIVERSIDADES	2001	2002	2003	2004
IME	82,2%	84,1%	61,6%	55,3%
ITA	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
PUC-MG	91,5%	91,1%	98,8%	91,3%
PUC-PR	88,4%	75,0%	97,7%	94,3%
PUC-RJ	100,0%	100,0%	100,0%	99,8%
UFES	47,8%	77,7%	55,9%	89,7%
UFF	95,4%	98,1%	100,0%	85,1%
UFMG	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UFPA	38,9%	42,9%	74,7%	74,3%
UFPB-JP	99,5%	100,0%	99,9%	98,1%
UFPE	95,2%	69,0%	99,9%	99,9%
UFRGS	100,0%	100,0%	100,0%	62,1%
UFRJ	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UFRN	94,0%	96,1%	60,3%	90,9%
UFSC	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UFU	100,0%	100,0%	98,8%	100,0%
UNESP-BAU	98,9%	98,4%	91,0%	87,2%
UNESP-GUAR	98,9%	99,3%	100,0%	100,0%
UNESP-IS	98,9%	98,6%	97,0%	99,1%
UNICAMP	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UNIFEI	85,2%	84,1%	81,2%	76,1%
USP	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
USP-SC	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

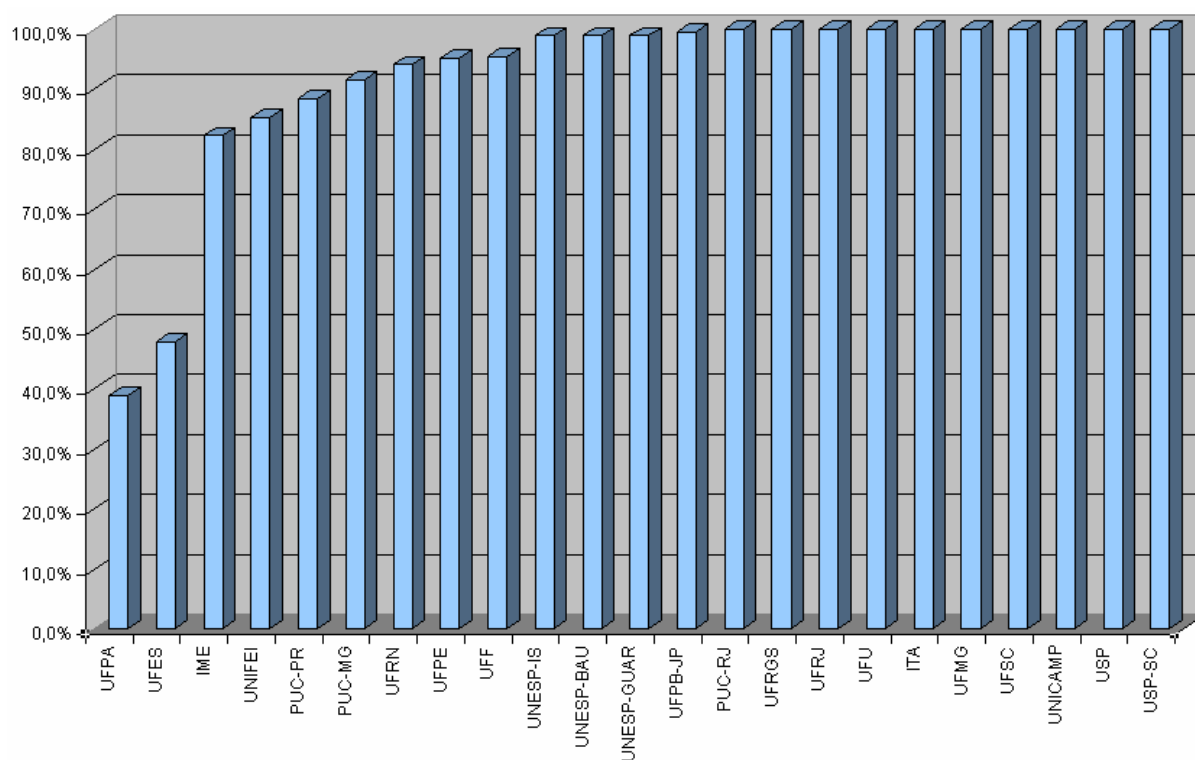


Figura 5.13 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 *outputs* (2001).

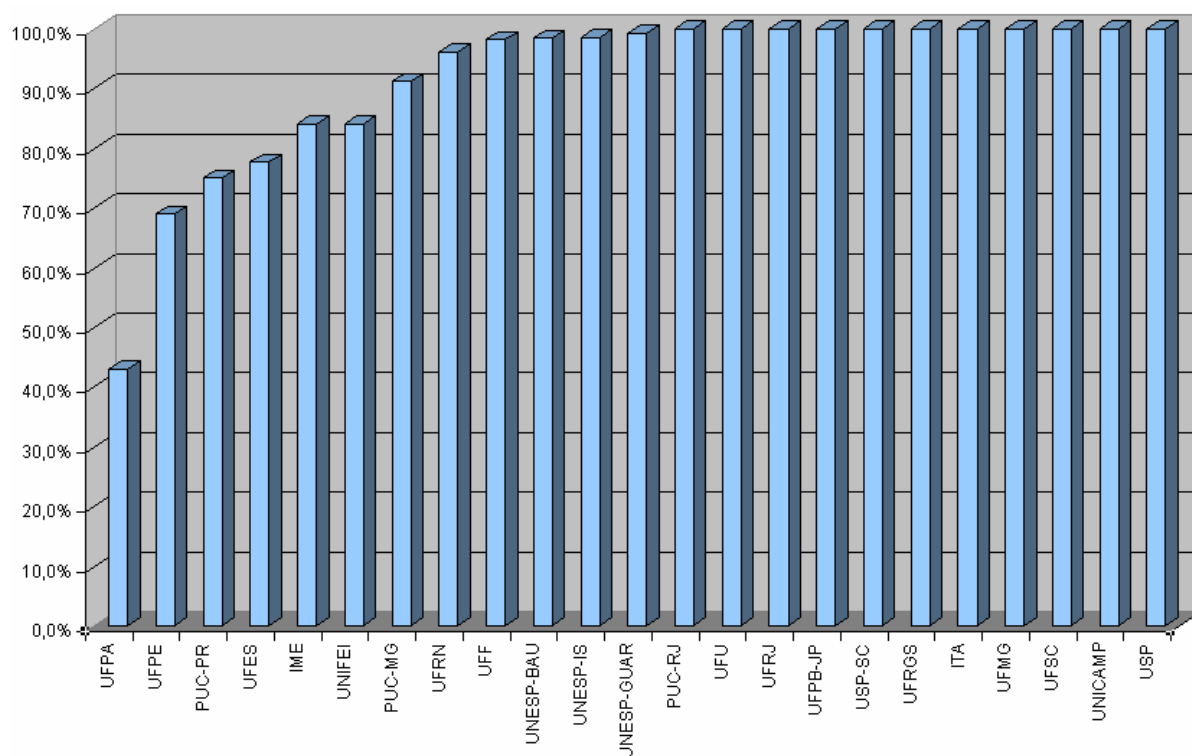


Figura 5.14 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 *outputs* (2002).

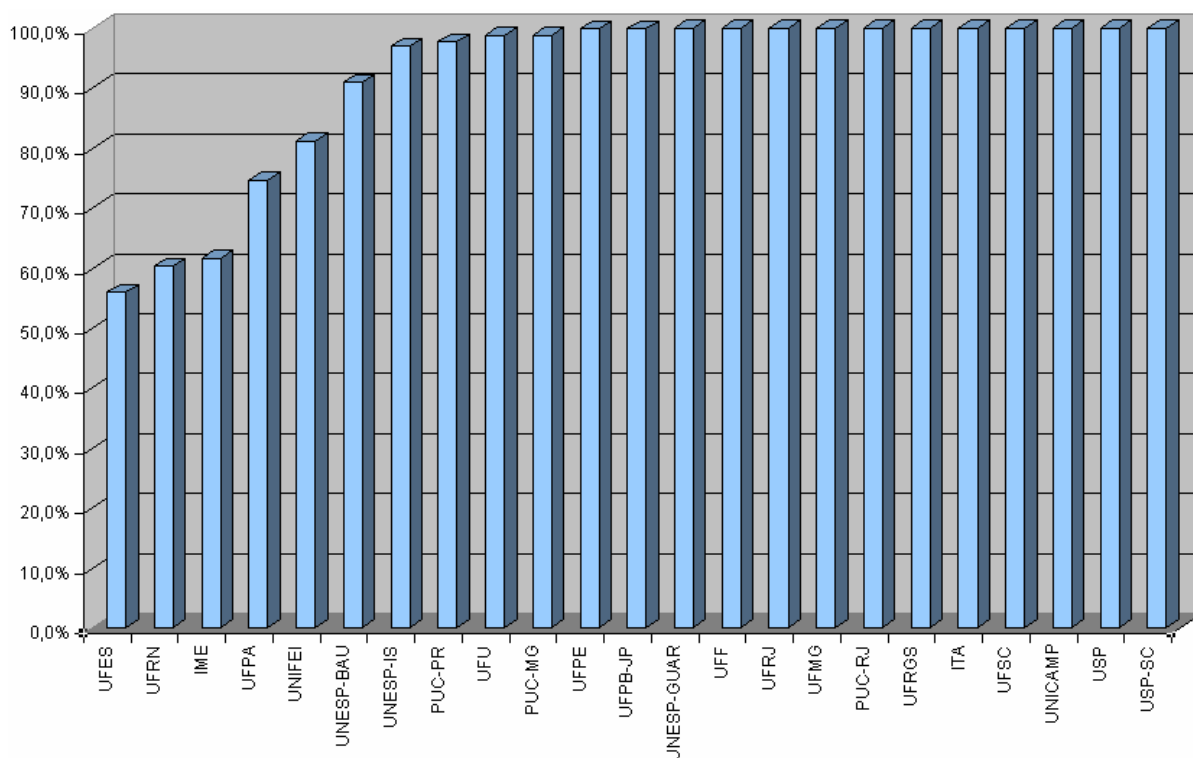


Figura 5.15 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 *outputs* (2003).

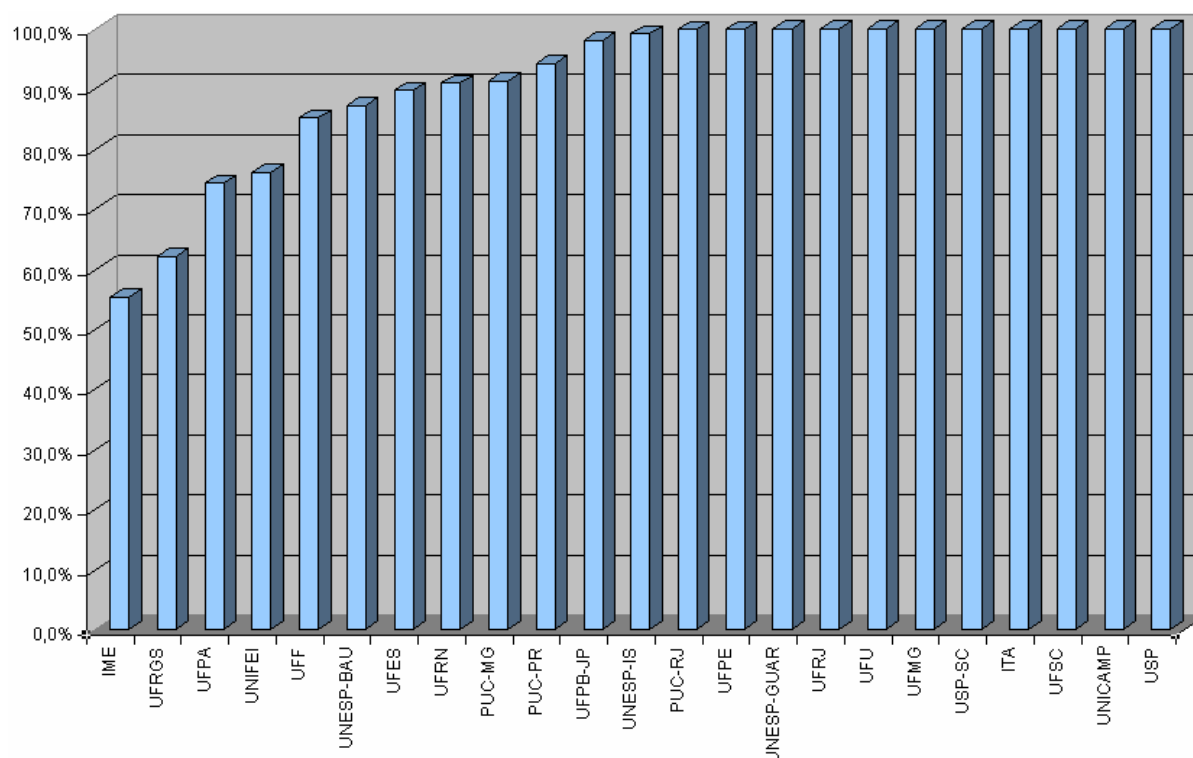


Figura 5.16 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 2 *outputs* (2004).

Tabela 5.24 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 *outputs*.

UNIVERSIDADES	2001	2002	2003	2004
IME	73,8%	73,7%	45,2%	38,0%
ITA	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
PUC-MG	71,8%	82,0%	84,2%	78,0%
PUC-PR	75,6%	63,6%	63,1%	85,1%
PUC-RJ	99,1%	100,0%	100,0%	99,8%
UFES	40,9%	56,4%	47,7%	68,0%
UFF	85,8%	88,4%	90,0%	76,9%
UFMG	100,0%	99,5%	100,0%	98,9%
UFPA	30,5%	37,6%	59,9%	44,5%
UFPB-JP	99,4%	99,7%	94,5%	92,8%
UFPE	85,8%	61,9%	89,9%	89,9%
UFRGS	100,0%	100,0%	100,0%	62,1%
UFRJ	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UFRN	73,8%	86,5%	54,3%	82,2%
UFSC	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UFU	100,0%	100,0%	98,8%	100,0%
UNESP-BAU	77,6%	71,5%	66,7%	78,0%
UNESP-GUAR	98,9%	99,3%	100,0%	100,0%
UNESP-IS	66,7%	71,7%	85,3%	80,7%
UNICAMP	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
UNIFEI	74,3%	58,8%	76,5%	71,4%
USP	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
USP-SC	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

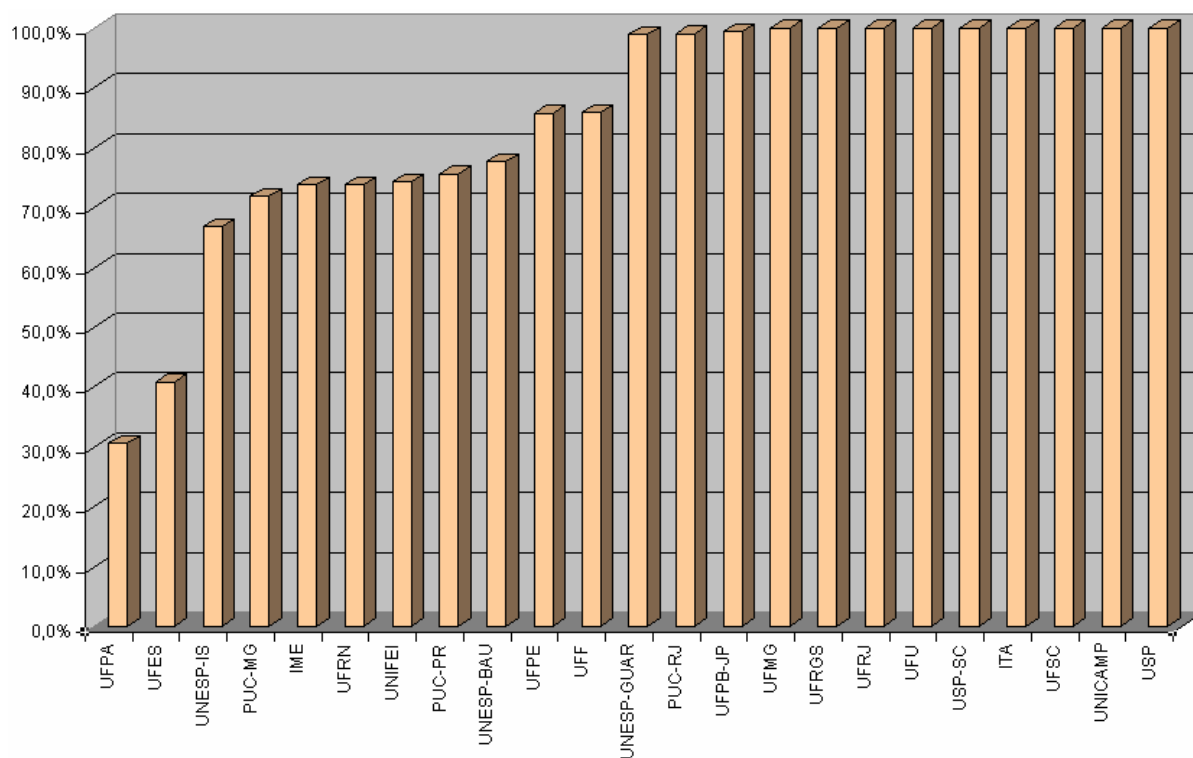


Figura 5.17 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 *outputs* (2001).

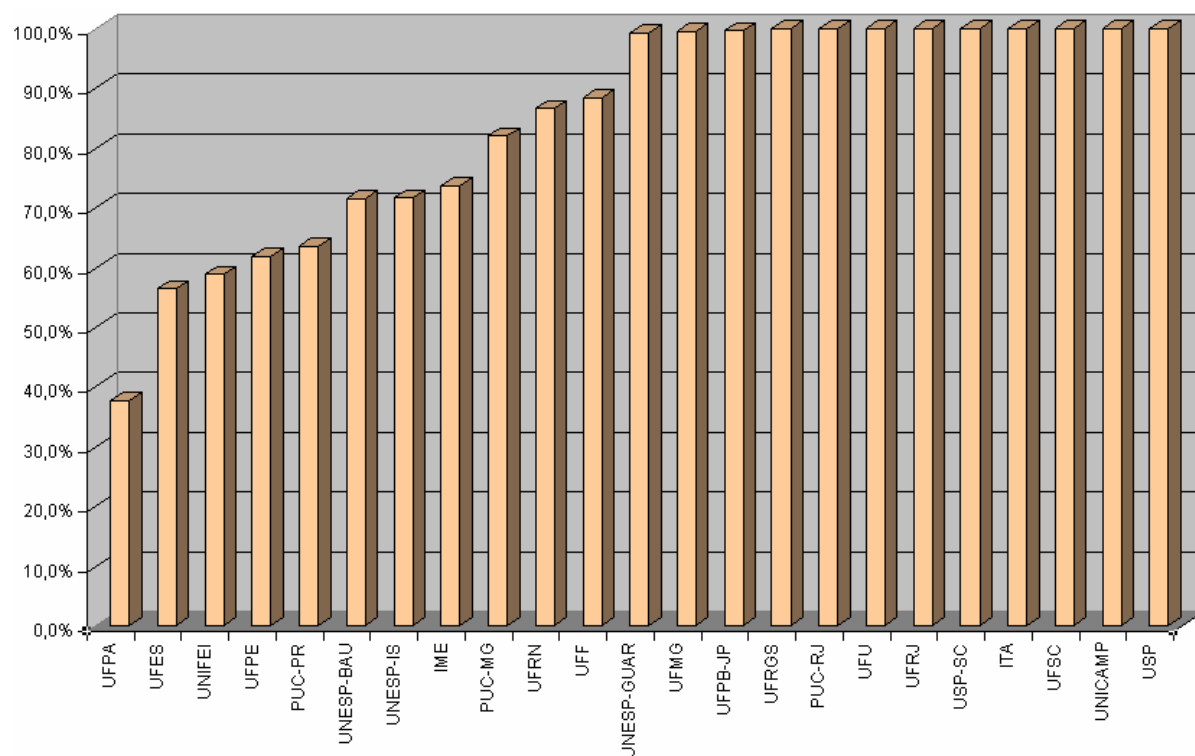


Figura 5.18 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 *outputs* (2002).

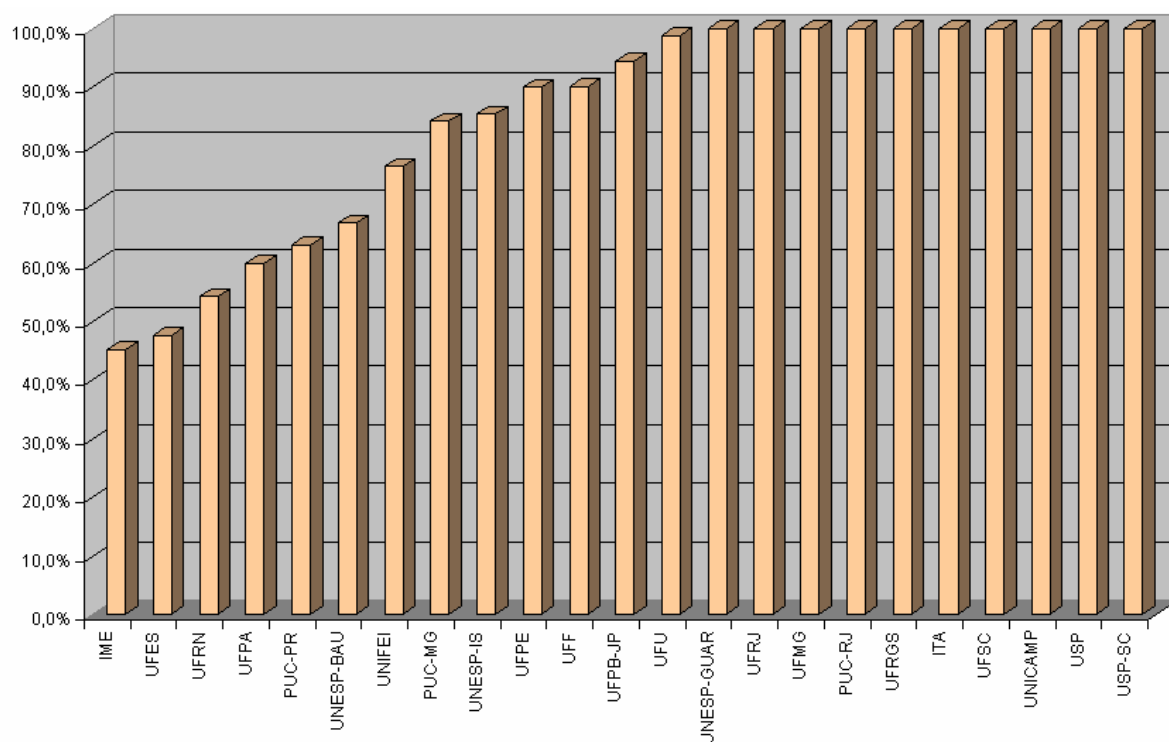


Figura 5.19 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 *outputs* (2003).

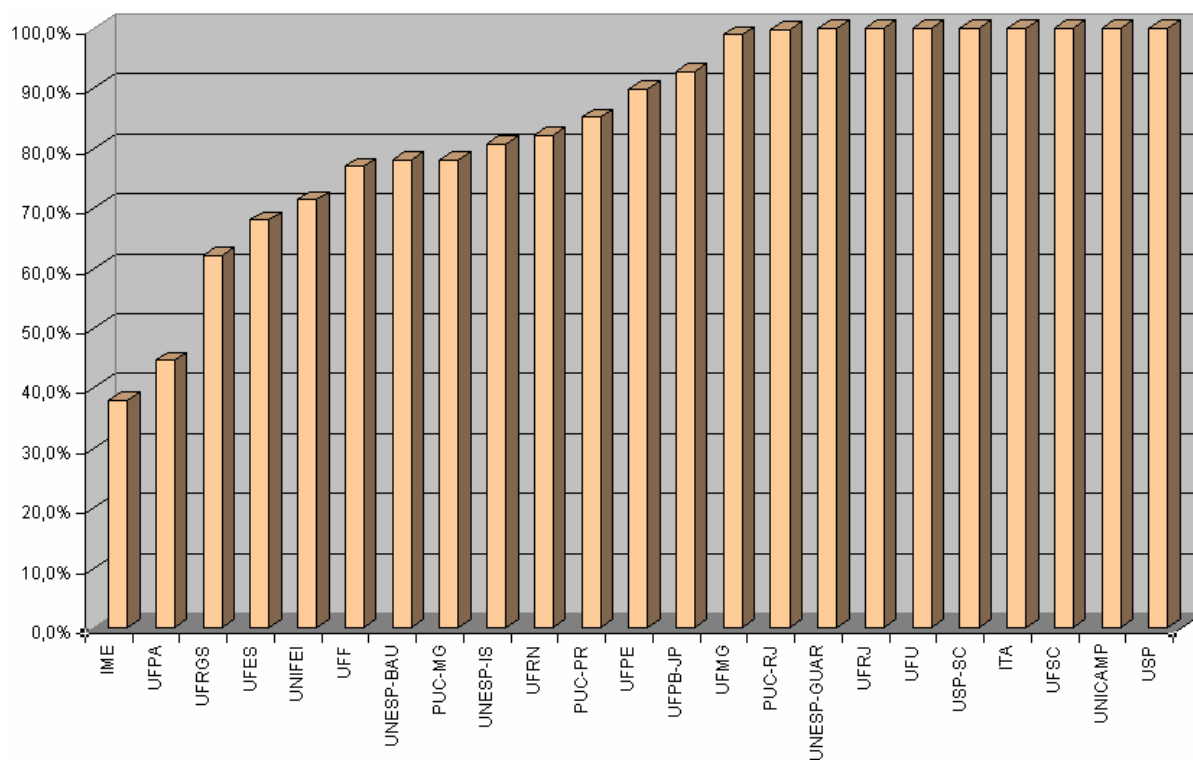


Figura 5.20 – Resultados segundo a Avaliação Probabilística para somente 4 *outputs* (2004).

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo deste capítulo é analisar os resultados obtidos, levando em consideração as diversas perspectivas abordadas.

A seção 6.1 abordará as mudanças nas produtividades dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Mecânica no período 2001-2004, ocorridas ao se considerarem os diversos conjuntos de variáveis. Esta análise será feita em todos os 4 anos separadamente e terá basicamente duas frentes de estudo. A primeira trata da análise dos efeitos causados pelo aumento do número de *outputs*. Neste caso, em primeiro lugar, serão analisados os efeitos ao se fixar 1 *input* e aumentar o número de *outputs* de dois para quatro. Logo após, os efeitos de se aumentar o número de *outputs* de dois para quatro, após o descarte do *input*. A segunda seção tratará da análise dos efeitos causados pelo descarte do *input* e a estrutura será exatamente o inverso da primeira. Neste segundo caso, será fixado o número de *outputs* (dois ou quatro) e serão descritas e explicadas as diferenças encontradas nos resultados ao se descartar o *input*.

A seção 6.2, por sua vez, focará a análise nas universidades em si. Será estudada a evolução das universidades durante o período considerado, com os principais motivos que causaram as mudanças de produtividade e posicionamento em relação às demais. Esta análise é interessante principalmente para as próprias universidades, na medida em que mostra claramente os aspectos que devem ser melhorados a fim de aumentar ou manter a sua produtividade, segundo os critérios do presente trabalho.

Por fim, a seção 6.3 descreverá os resultados encontrados pela Análise Envoltória de Dados e realizará a comparação com os resultados obtidos na Avaliação Probabilística de Produtividades.

6.1 ANÁLISE RELATIVA ÀS VARIÁVEIS CONSIDERADAS EM CADA CONJUNTO

As análises terão basicamente dois objetivos. O primeiro consiste em comparar os resultados ao se alterar de dois para quatro o número de *outputs*. Já o segundo, consiste em comparar os resultados utilizando ou não variáveis de *input*.

Primeiramente, são descritos nas tabelas 6.1-6.4 os resultados encontrados em termos de produtividade e as posições conseguidas pelas universidades em cada um dos casos estudados.

Tabela 6.1 – Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2001).

UNIVERSIDADES	1 INPUT E 2 OUTPUTS		1 INPUT E 4 OUTPUTS		SOMENTE 2 OUTPUTS		SOMENTE 4 OUTPUTS	
	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição
IME	82,2%	20	73,8%	18	82,2%	21	73,8%	18
ITA	98,2%	8	98,2%	5	100,0%	1	100,0%	1
PUC-MG	91,5%	16	71,8%	19	91,5%	18	71,8%	20
PUC-PR	88,4%	17	75,6%	15	88,4%	19	75,6%	16
PUC-RJ	99,1%	4	98,2%	5	100,0%	1	99,1%	11
UFES	47,8%	21	40,9%	21	47,8%	22	40,9%	22
UFF	95,3%	12	85,8%	12	95,3%	15	85,8%	13
UFMG	96,8%	10	96,8%	8	100,0%	1	100,0%	1
UFPA	38,9%	22	30,5%	22	38,9%	23	30,5%	23
UFPB-JP	99,2%	3	99,1%	3	99,5%	11	99,4%	10
UFPE	95,1%	13	85,7%	13	95,2%	16	85,8%	13
UFRGS	99,8%	1	99,8%	1	100,0%	1	100,0%	1
UFRJ	96,8%	10	96,8%	8	100,0%	1	100,0%	1
UFRN	94,0%	15	73,8%	17	94,0%	17	73,8%	18
UFSC	87,5%	18	87,5%	11	100,0%	1	100,0%	1
UFU	99,4%	2	99,4%	2	100,0%	1	100,0%	1
UNESP-BAU	98,9%	5	77,6%	14	98,9%	12	77,6%	15
UNESP-GUAR	98,9%	5	98,9%	4	98,9%	12	98,9%	12
UNESP-IS	98,9%	5	66,7%	20	98,9%	12	66,7%	21
UNICAMP	30,5%	23	30,5%	22	100,0%	1	100,0%	1
UNIFEI	85,2%	19	74,3%	16	85,2%	20	74,3%	17
USP	97,6%	9	97,6%	7	100,0%	1	100,0%	1
USP-SC	94,8%	14	94,8%	10	100,0%	1	100,0%	1

Tabela 6.2 – Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2002).

UNIVERSIDADES	1 INPUT E 2 OUTPUS		1 INPUT E 4 OUTPUS		SOMENTE 2 OUTPUS		SOMENTE 4 OUTPUS	
	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição
IME	84,1%	17	73,7%	15	84,1%	18	73,7%	16
ITA	94,8%	13	94,8%	9	100,0%	1	100,0%	1
PUC-MG	91,1%	15	82,0%	14	91,1%	17	82,0%	15
PUC-PR	75,0%	20	63,6%	18	75,0%	21	63,6%	19
PUC-RJ	99,5%	1	99,5%	1	100,0%	1	100,0%	1
UFES	77,6%	19	56,4%	21	77,6%	20	56,4%	22
UFF	98,1%	10	88,4%	12	98,1%	15	88,4%	13
UFMG	98,4%	8	97,9%	7	100,0%	1	99,5%	11
UFPA	42,9%	22	37,6%	22	42,9%	23	37,6%	23
UFPB-JP	98,9%	4	98,6%	6	100,0%	1	99,7%	10
UFPE	68,9%	21	61,9%	19	68,9%	22	61,9%	20
UFRGS	98,9%	4	98,9%	4	100,0%	1	100,0%	1
UFRJ	98,9%	4	98,9%	4	100,0%	1	100,0%	1
UFRN	96,1%	12	86,5%	13	96,1%	16	86,5%	14
UFSC	90,2%	16	90,2%	11	100,0%	1	100,0%	1
UFU	99,3%	2	99,3%	2	100,0%	1	100,0%	1
UNESP-BAU	98,4%	8	71,5%	17	98,4%	14	71,5%	18
UNESP-GUAR	99,3%	2	99,3%	2	99,3%	12	99,3%	12
UNESP-IS	98,6%	7	71,6%	16	98,6%	13	71,6%	17
UNICAMP	30,9%	23	30,9%	23	100,0%	1	100,0%	1
UNIFEI	84,1%	17	58,8%	20	84,1%	18	58,8%	21
USP	96,9%	11	96,9%	8	100,0%	1	100,0%	1
USP-SC	93,4%	14	93,4%	10	100,0%	1	100,0%	1

Tabela 6.3 – Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2003).

UNIVERSIDADES	1 INPUT E 2 OUTPUS		1 INPUT E 4 OUTPUS		SOMENTE 2 OUTPUS		SOMENTE 4 OUTPUS	
	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição
IME	61,6%	20	45,2%	22	61,6%	21	45,2%	23
ITA	86,9%	17	86,9%	13	100,0%	1	100,0%	1
PUC-MG	98,8%	9	84,2%	15	98,8%	14	84,2%	16
PUC-PR	97,7%	12	63,1%	18	97,7%	16	63,1%	19
PUC-RJ	99,6%	6	99,6%	4	100,0%	1	100,0%	1
UFES	55,9%	22	47,6%	21	55,9%	23	47,6%	22
UFF	100,0%	2	90,0%	11	100,0%	1	90,0%	13
UFMG	99,9%	3	99,9%	2	100,0%	1	100,0%	1
UFPA	74,6%	19	59,9%	19	74,6%	20	59,9%	20
UFPB-JP	99,5%	7	94,1%	8	99,9%	12	94,5%	12
UFPE	99,8%	4	89,9%	12	99,9%	12	89,9%	14
UFRGS	99,8%	4	99,8%	3	100,0%	1	100,0%	1
UFRJ	98,9%	8	98,9%	5	100,0%	1	100,0%	1
UFRN	60,3%	21	54,3%	20	60,3%	22	54,3%	21
UFSC	94,1%	14	94,1%	8	100,0%	1	100,0%	1
UFU	98,0%	10	98,0%	6	98,8%	14	98,8%	11
UNESP-BAU	91,0%	16	66,7%	17	91,0%	18	66,7%	18
UNESP-GUAR	100,0%	1	100,0%	1	100,0%	1	100,0%	1
UNESP-IS	97,0%	13	85,3%	14	97,0%	17	85,3%	15
UNICAMP	32,4%	23	32,4%	23	100,0%	1	100,0%	1
UNIFEI	81,2%	18	76,5%	16	81,2%	19	76,5%	17
USP	98,0%	10	98,0%	6	100,0%	1	100,0%	1
USP-SC	91,6%	15	91,6%	10	100,0%	1	100,0%	1

Tabela 6.4 – Produtividades e postos segundo a Avaliação Probabilística para casos diversos (2004).

UNIVERSIDADES	1 INPUT E 2 OUTPUTS		1 INPUT E 4 OUTPUTS		SOMENTE 2 OUTPUTS		SOMENTE 4 OUTPUTS	
	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição	Produtividade Calculada	Posição
IME	55,3%	22	38,0%	23	55,3%	23	38,0%	23
ITA	92,3%	11	92,3%	8	100,0%	1	100,0%	1
PUC-MG	91,3%	12	78,0%	14	91,3%	15	78,0%	16
PUC-PR	94,2%	10	85,1%	11	94,2%	14	85,1%	13
PUC-RJ	99,8%	2	99,8%	2	99,8%	11	99,8%	9
UFES	89,7%	15	68,0%	18	89,7%	17	68,0%	20
UFF	85,1%	17	76,9%	16	85,1%	19	76,9%	18
UFMG	99,6%	5	98,5%	6	100,0%	1	98,9%	10
UFPA	74,3%	19	44,5%	22	74,3%	21	44,5%	22
UFPB-JP	98,1%	9	92,7%	7	98,1%	13	92,7%	11
UFPE	99,8%	2	89,9%	10	99,9%	10	89,9%	12
UFRGS	61,4%	21	61,4%	20	62,1%	22	62,1%	21
UFRJ	99,9%	1	99,9%	1	100,0%	1	100,0%	1
UFRN	90,9%	14	82,1%	12	90,9%	16	82,2%	14
UFSC	91,0%	13	91,0%	9	100,0%	1	100,0%	1
UFU	99,7%	4	99,7%	3	100,0%	1	100,0%	1
UNESP-BAU	87,2%	16	78,0%	14	87,2%	18	78,0%	16
UNESP-GUAR	99,5%	6	99,5%	4	100,0%	1	100,0%	1
UNESP-IS	99,1%	7	80,7%	13	99,1%	12	80,7%	15
UNICAMP	54,6%	23	54,6%	21	100,0%	1	100,0%	1
UNIFEI	76,1%	18	71,4%	17	76,1%	20	71,4%	19
USP	65,7%	20	65,7%	19	100,0%	1	100,0%	1
USP-SC	98,9%	8	98,9%	5	100,0%	1	100,0%	1

6.1.1 Análise para o Ano de 2001

Nesta seção, serão analisadas as diferenças encontradas ao se considerarem dois ou quatro *outputs* no conjunto de variáveis.

6.1.1.1 Análise da influência do número de Outputs

Considera-se em primeiro lugar o caso de um único *input*, com o número de *outputs* sendo alterado de dois para quatro. Neste caso, as três primeiras posições permanecem inalteradas, e são ocupadas pela UFRGS, UFU e UFPB-JP, respectivamente. A maior parte das posições ocupadas pelas universidades não sofreram alterações significativas com o acréscimo das novas variáveis de *outputs*.

No caso de dois *outputs*, dezesseis universidades apresentaram produtividade acima de 90% e, dentre essas, treze apresentaram produtividade acima de 95%. Apenas três universidades apresentaram produtividade inferior a 50%.

Já no caso de quatro *outputs*, dez universidades apresentam produtividade superior a 90% e dessas, apenas uma é inferior a 95%. As mesmas três universidades continuam

apresentando desempenho menor que 50%. No entanto, verifica-se um aumento do número de universidades com produtividades medianas, de 60 a 90%.

Dentre as variáveis que tiveram sua posição significativamente alterada destacam-se a UNESP-BAU e a UNESP-IS. A primeira passou da 5ª para a 14ª posição, enquanto que a segunda, que também ocupava a 5ª posição, caiu para a 20ª posição, quando se considera apenas um *input* e aumenta-se o número de *outputs* de dois para quatro. Isto se deve à queda da produtividade ocasionada pela alta probabilidade de minimizar as variáveis “Doutores Titulados” e “Artigos Publicados”, respectivamente. Cumpre notar que estas probabilidades também são elevadas para outras universidades (PUC-MG, UFPA, UFRN e UNIFEI). Contudo, as duas universidades citadas apresentaram maiores variações nas posições por estarem inicialmente em posições privilegiadas e com produtividades muito próximas às das universidades que ocupam as posições vizinhas e, portanto, estão mais sensíveis a variações desta natureza.

Uma observação importante é o fato de que as universidades que possuem curso de doutorado levam vantagem em relação às que não o possuem. Isso ocorre porque essas últimas apresentarão probabilidades maiores de minimizar esta variável pelo simples fato de não oferecerem este tipo de serviço. Essa probabilidade será convertida em uma queda de produtividade em relação às universidades que oferecem o curso de doutorado. Se, por um lado, esta comparação tende a ser tornar desigual, por outro, pode ser considerada positiva, na medida em que passa a representar o dispêndio de recursos para formar doutores, que geralmente são os mesmos recursos utilizados para formar os mestres. Quando não se considera o número de doutores titulados, também não se considera o recurso docente empregado para esse fim e, neste caso, a vantagem passaria a ser das universidades que não possuem o curso de doutorado.

É interessante notar ainda que todas as universidades mantiveram ou reduziram sua produtividade ao se passar de dois para quatro *outputs*. Isso era esperado porque ao se considerarem novos *outputs* na visão pessimista e conservadora, introduz-se dois termos multiplicadores do tipo $(1-m)$, onde m é a probabilidade de minimizar um *output*. Este termo multiplicador será necessariamente menor ou igual à unidade, o que fará com que a produtividade seja sempre reduzida ou, no máximo, inalterada.

As três universidades que apresentaram os piores desempenhos são, pela ordem, UNICAMP, UFPA e UFES. Este baixo desempenho de cada uma destas em relação às demais se caracteriza por três motivos diferentes.

Em último lugar, surpreendentemente surge a UNICAMP, que apesar de apresentar grande produção em todos os *outputs*, também é a que utiliza a maior quantidade de recursos dentre todas. O fato de o modelo apresentar somente uma variável de *input* o torna muito sensível a estas variações, o que explica o baixo desempenho desta instituição quando se considera um único *input* na análise.

Em 22º lugar aparece a UFPA, principalmente pelo fato de os docentes do NRD6 não terem apresentado nenhum trabalho publicado em anais de congressos no período, o que torna muito alta a probabilidade de minimizar o *output* “Docentes Autores”, acarretando em grande perda de produtividade em relação às demais.

Por motivo semelhante, em 21º lugar encontra-se a UFES, que titulou apenas um mestre neste período e, conseqüentemente, apresenta alta probabilidade de minimizar o *output* “Mestres Titulados”.

As demais universidades sofreram alterações de no máximo quatro posições ao se considerar as variáveis “Doutores Titulados” e “Artigos Publicados”. Estas pequenas variações decorrem em função do acréscimo de multiplicadores, na maior parte, não muito distantes da unidade.

No caso de não se considerarem *inputs* no conjunto de variáveis, pode-se perceber que os resultados sofrem sensíveis alterações em relação aos obtidos quando se considera a variável “Docentes NRD6” como único *input*.

Em relação às principais diferenças entre a análise com dois e com quatro *outputs* (sem *inputs*), observa-se que existem dez e nove universidades com produtividades muito próximas a 100%, configurando uma espécie de “empate técnico” em ambos os casos. Além disso, há de se destacar apenas que as únicas universidades com queda de produtividade que lhes conferiram perdas sensíveis em relação à sua posição na análise com dois *outputs* foram a UNESP-IS e a PUC-RJ. A primeira caiu da 12ª para a 21ª posição, devido ao fato já comentado de esta universidade não ter publicado nenhum artigo em revistas internacionais, o que lhe conferiu uma alta probabilidade de minimizar o *output* “Artigos Publicados”. A PUC-RJ por sua vez, caiu da 1ª para a 11ª posição, em virtude de apresentar uma probabilidade de minimizar a variável “Doutores Titulados” que, embora pequena, foi suficiente para fazer com que a mesma deixasse de integrar o grupo das universidades “empatadas” na primeira posição. A UNESP-BAU que havia perdido oito posições anteriormente (quando foi considerado um único *input*), mesmo apresentando queda de produtividade similar à da análise anterior, neste caso perdeu apenas três posições. Isto ocorreu devido à queda geral de

produtividade, que foi maior para outras universidades, atenuando a queda de posicionamento da UNESP-BAU em relação às demais.

6.1.1.2 *Análise da influência do Input*

Dentre estas universidades “empatadas” tecnicamente em 1º lugar, destaca-se a presença da UNICAMP, que era a última colocada dentre todas na análise anterior. Conforme explicado anteriormente, isto se deve ao fato de ter sido desconsiderada a variável de *input* para esta análise. Era justamente esta variável que reduzia a produtividade da referida universidade no caso anterior, visto que em números absolutos, a UNICAMP é a universidade que apresenta os melhores resultados em termos de *outputs*.

É importante salientar que os valores das eficiências aumentaram ou permaneceram no mínimo inalterados quando se exclui a variável de *input* da análise, pois neste caso elimina-se um termo multiplicador que era parte integrante do cálculo de produtividade ao se considerar um único *input*. Este termo é do tipo $(1-M)$, onde M é a probabilidade de o *input* ser maximizado.

Outras universidades que melhoraram muito seu desempenho em relação às demais ao se desconsiderar o *input* foram o ITA, a UFMG, a UFRJ, a UFSC, a USP e a USP-SC que assim como a UNICAMP, possuem produção elevada, no entanto, apresentam um número elevado de docentes, o que faz com que suas avaliações melhorem ao se desconsiderar a variável “Docentes NRD6”.

Dentre as universidades que perderam posições ao se excluir o *input* da análise, destacam-se a PUC-RJ (apenas para o caso de quatro *outputs*) a UFPB-JP, a UNESP-BAU (apenas para o caso de dois *outputs*), a UNESP-GUAR e a UNESP-IS (também somente para o caso de dois *outputs*). Todas estas universidades têm em comum o fato de estarem nas primeiras posições na análise considerando o *input*, com produtividades muito próximas às de outras universidades. Estas características as tornam mais sensíveis às variações de produtividade. Além disso, nenhuma destas apresenta alta probabilidade de maximizar a variável “Docente NRD6”, fato que lhes conferia vantagem em relação às demais na primeira análise, resultando na tendência de perder posições quando descartado o *input*.

Como era de se esperar, a UFPA e a UFES ocupam as últimas posições nesta nova análise, pois como já comentado anteriormente, são as universidades que apresentaram os

piores resultados em relação aos *outputs*, que são as únicas variáveis consideradas nesta nova análise.

6.1.2 Análise para o Ano de 2002

6.1.2.1 Análise da influência do número de Outputs

Fixando a análise em um *input*, percebe-se que as três primeiras posições permanecem inalteradas tanto considerando dois como quatro *outputs*; e são respectivamente ocupadas pela PUC-RJ, UNESP-GUAR e UFU. As três posições seguintes são ocupadas pelas universidades UFRGS, UFPB-JP e UFRJ. As últimas posições permanecem com a UNICAMP e com a UFPA em ambos os casos, que são as únicas universidades com produtividade inferior a 50%. A UFES, que em 2001 apresentava desempenho similar, no ano de 2002 subiu para a 19ª posição, principalmente devido ao aumento do número de mestres formados.

Para o caso de dois *outputs*, quinze universidades apresentaram produtividade superior a 90%, e, destas, treze foram maiores que 95%. Já para o caso de quatro *outputs*, onze universidades ficaram acima de 90%, sendo que oito destas, acima de 95%.

Destaca-se mais uma vez a queda de produtividade e de posições das universidades UNESP-BAU e UNESP-IS, devido à alta probabilidade de minimizar as variáveis “Doutores Titulados” e “Artigos Publicados”. As demais universidades apresentaram variações de posição dentro do padrão esperado.

Considerando agora o caso em que *inputs* são descartados e os *outputs* variam de dois para quatro, observa-se que praticamente as mesmas universidades estão tecnicamente empatadas e, entre elas, encontra-se novamente a UNICAMP. Desta vez, os destaques negativos são a UFMG e a UFPB-JP, que estavam no bloco das universidades próximas à eficiência máxima considerando dois *outputs* e caíram dez e nove posições respectivamente quando se consideram quatro *outputs*. Esta queda se deve também à alta sensibilidade a variações das universidades empatadas tecnicamente. No caso da UFMG, o que provocou uma pequena perda de produtividade foi a probabilidade de minimizar o número de doutores, que embora baixa (cerca de 0,5%), foi maior que as outras universidades tecnicamente empatadas com esta universidade (aproximadamente zero). Já no caso da UFPB-JP, o principal motivo foi uma pequena probabilidade de minimizar a variável “Artigos Publicados”, que também foi suficiente para retirar esta universidade do primeiro grupo.

6.1.2.2 *Análise da influência do Input*

Ressalta-se novamente o salto da UNICAMP da última posição para o bloco das universidades empatadas tecnicamente, ao se desconsiderar o *input*. As universidades que mais ganharam posições foram as mesmas de 2001, ou seja, o ITA, a UFSC, a USP e a USP-SC, além da própria UNICAMP. Já as universidades que mais perderam posições ao se descartar o *input* foram a UNESP-BAU (no caso de dois *outputs*), a UNESP-GUAR e a UNESP-IS.

A UFMG mais uma vez apresenta uma característica curiosa. Ao se descartar o *input* e considerando dois *outputs* fixos, esta universidade ganha sete posições. Entretanto, ao se fixar o número de *outputs* em quatro, a UFMG perde quatro posições se o *input* for descartado. Isto se deve também à pequena perda de produtividade provocada pela probabilidade de minimizar o número de doutores, mencionada anteriormente.

Nas últimas sete posições, a única mudança é a saída da UNICAMP do grupo das universidades com os piores resultados quando se descarta o *input*. Neste caso, as outras seis universidades assumem as últimas posições, inclusive mantendo a mesma ordem. Cada uma das seis universidades apenas perde uma posição em relação à análise com duas variáveis para a própria UNICAMP.

6.1.3 *Análise para o Ano de 2003*

6.1.3.1 *Análise da influência do número de Outputs*

Observa-se que a UNESP-GUAR apresenta a maior produtividade para ambos os casos. Outras universidades bem situadas tanto considerando dois como quatro *outputs* são: PUC-RJ, UFMG, UFRJ e a UFRGS. No entanto, outras universidades alternaram-se nas primeiras posições, conforme o tipo de análise considerada.

A UFF e a UFPE caíram da 2ª e 4ª para a 11ª e 12ª posições respectivamente ao se aumentar de dois para quatro o número de *outputs*. Isto pode ser explicado principalmente pelo fato de estas duas universidades não apresentarem no período resultados do curso de doutorado, o que causou uma queda significativa nas produtividades. Levando em consideração que as produtividades das mesmas estavam muito próximas às das outras

universidades bem colocadas no primeiro caso, houve uma queda considerável no seu posicionamento em relação ao caso em que se utilizam dois *outputs* na análise.

Já a USP ganhou algumas posições, saindo do bloco intermediário e passando a ocupar lugar no primeiro grupo quando se consideram 4 *outputs*. Isto pode ser explicado pelo fato de a mesma apresentar bons resultados nas variáveis “Doutores Titulados” e “Artigos Publicados”, mantendo seu valor de produtividade inicial, enquanto que as demais tiveram este valor reduzido em relação ao caso de dois *outputs*. Da mesma forma, a UFSC e a USP-SC também foram beneficiadas com o aumento do número de *outputs* e ganharam posições, apesar de não terem conseguido passar para o primeiro grupo. Inversamente, a PUC-MG e a PUC-PR tiveram perdas de posições, pois, além do fato de não possuírem o curso de doutorado, também não tiveram bom desempenho dos seus docentes na publicação de artigos.

Nas posições finais, a UNICAMP mais uma vez obteve o pior desempenho neste tipo de análise por apresentar elevado número de docentes. Quanto às demais, o IME, a UFES, a UFPA e a UFRN alternaram-se nas últimas posições, principalmente devido ao mau desempenho nas variáveis de *output*.

Considerando agora o descarte do *input*, observa-se que quase as mesmas universidades apresentaram desempenho próximo ao máximo, permanecendo no grupo das universidades “empatadas tecnicamente”. A única exceção foi a UFF, prejudicada pelo fato de não possuir curso de doutorado, que caiu para a 13ª posição. Neste ponto nota-se que as universidades que possuem o curso de doutorado estão ocupando as primeiras posições ao se descartar os *inputs*. Essa é realmente uma observação importante, pois o fato de a universidade não apresentar resultado do curso de doutorado faz com que ela perca de 9% a 10% do valor de sua produtividade e esta passa a ser o diferencial quando se consideram estas variáveis na análise. Nas últimas posições, permanecem o IME, a UFES, a UFPA e a UFRN, o que comprova a afirmativa dada anteriormente que as mesmas não apresentaram bons resultados para as variáveis de *outputs*.

6.1.3.2 *Análise da influência do Input*

Mais uma vez, além da UNICAMP, o ITA, a UFSC, a USP e a USP-SC foram as universidades que mais ganharam posições devido à alta produção de *outputs*. A UNESP-GUAR outra vez encontra-se no grupo que mais perdeu posições. Desta vez, a UFF e a UFPE completam este grupo no caso de se considerarem dois *outputs*, descartando o *input*. Este

fenômeno novamente pode ser explicado pela sensibilidade destas universidades ao descarte do *input*, por possuírem valores de produtividades próximos aos das demais universidades que ocupam as primeiras posições na análise com *input*.

Como mencionado anteriormente, em 2003 o IME, a UFES, a UFPA e a UFRN permanecem no grupo das universidades com os piores desempenhos, considerando ou não a variável “Docentes NRD6” como variável de *input*.

6.1.4 Análise para o Ano de 2004

6.1.4.1 Análise da influência do número de Outputs

Desta vez, observa-se que a UFRJ está em primeiro lugar tanto considerando dois como quatro *outputs*. Apesar de apresentar uma probabilidade de maximização da variável “Docentes NRD6” relativamente alta em relação a várias outras universidades, ela foi muito eficiente na produção, obtendo probabilidades de minimizar os *outputs* muito baixas em relação a todas as outras, e esse fato teve papel decisivo para a obtenção deste primeiro posto pela UFRJ. Outra surpresa é a obtenção do 2º lugar pela UFPE no caso de dois *outputs*. Esta universidade também foi bastante eficiente no que tange às variáveis “Docentes NRD6”, “Mestres Titulados” e “Docentes Autores”. No entanto, o fato de esta não possuir curso de doutorado fez com que perdesse algumas posições, passando para a 10ª colocação no caso de quatro *outputs*. Nas primeiras posições, ainda constam a PUC-RJ, a UFU, a UFMG e a UNESP-GUAR, com pequenas variações na ordenação, dependendo do número de *outputs* considerados, de modo similar aos anos anteriores.

Das quatorze universidades que estão na faixa de 90%-100% para o caso de dois *outputs*, nove delas estão com produtividade acima de 95%. Já no caso de quatro *outputs*, esse número se reduz para seis dentre nove universidades na faixa de 90%-100%.

Nas últimas posições, algumas surpresas. Apesar de a UNICAMP seguir como última colocada no caso em que se consideram dois *outputs*, ela supera o IME e a UFPA quando o número de *outputs* sobe para quatro. Apesar de manter o seu padrão de todos os anos no que tange aos *outputs*, em 2004 a UNICAMP conseguiu reduzir a probabilidade de maximizar a variável “Docentes NRD6” devido ao aumento dessa variável na maior parte das universidades, inclusive na UFPA e no IME. Entretanto, o fator determinante para a ascensão da UNICAMP em relação a essas universidades foi, além do fato de as duas não possuírem

curso de doutorado, o baixo desempenho das mesmas em relação à variável “Artigos Publicados”, que determinou grande queda de produtividade tanto da UFPA, quanto do IME.

Outra novidade é a UFRGS, que até então sempre constava no grupo de maior produtividade, mas que agora ocupa a 21ª e 20ª posição, respectivamente. Isto ocorre devido ao baixo número de mestres titulados no referido ano, que tem como consequência a alta probabilidade de minimizar a variável “Mestres Titulados” e a respectiva queda de produtividade associada.

A UNESP-IS se destaca, mais uma vez, pela queda de produtividade ao aumentar de dois para quatro o número de *outputs*.

Ao se descartar o *input* da análise, observa-se mais uma vez um grande grupo de universidades com produtividades muito próximas de 100%. Não ocorre nenhuma grande variação ao se considerarem dois ou quatro *outputs*, ficando todas as universidades dentro de um padrão esperado, à exceção da UNICAMP e da UFMG. A UNICAMP sobe novamente para o grupo de produtividade próxima a 100% e desta vez o último lugar, para ambos os casos, é ocupado pelo IME. A UFMG, mais uma vez, sobe para o grupo de maior produtividade no caso de 2 *outputs* e cai posições no caso de quatro *outputs*.

6.1.4.2 *Análise da influência do Input*

Durante a análise da inclusão ou não da variável “Docentes NRD6” como *input*, observa-se que as universidades que se destacaram ao se descartar o *input* foram o ITA, a UFSC e a USP, além da UNICAMP. A USP-SC que geralmente faz parte deste grupo desta vez não melhorou seu posicionamento na lista justamente pelo fato de já estar bem colocada no caso em que se considera um único *input*, o que não foi verificado em anos anteriores. Isto ocorreu devido ao fato de as universidades em geral terem aumentado a variável “Docentes NRD6” no ano de 2004. Mesmo considerando que a USP-SC aumentou também esta variável, ela foi favorecida no balanço geral em relação às demais universidades, o que garantiu algumas posições para esta universidade no caso de quando se considera apenas um *input*.

Os destaques negativos foram a PUC-RJ, a UFPE (apenas no caso de quatro *outputs*) e a UNESP-IS (apenas no caso de dois *outputs*), pelos motivos já explicados anteriormente. Novamente a UFMG perde posições na análise com quatro *outputs*, devido à probabilidade de minimizar o número de doutores.

6.2 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS UNIVERSIDADES NO PERÍODO

A evolução das universidades consideradas deve ser analisada para cada conjunto de variáveis utilizado, pois, como pôde ser visto anteriormente, cada um desses conjuntos fornece resultados distintos. Os casos a serem analisados já são bem conhecidos e serão descritos a seguir.

6.2.1 Análise para um *Input* e dois *Outputs*

Podem ser observadas alterações de posições entre as universidades estudadas, no entanto, percebe-se que as universidades assumem um padrão razoavelmente definido. Algumas universidades apresentam alta produtividade durante todo o período, oscilando nas primeiras posições ano a ano. É o caso da PUC-RJ e da UNESP-GUAR, cuja pior posição, para ambas, foi um 6º lugar. Essas universidades obtiveram ainda a 1ª colocação nos anos de 2002 e 2003, respectivamente. Vale destacar que a PUC-RJ apresentou amplitude máxima de produtividade de cerca de 0,8%, enquanto que este valor para a UNESP-GUAR foi de 1,1%, comprovando o constante bom desempenho ao longo do período.

A seguir, nota-se um pequeno grupo de seis universidades, composto pela UFMG, UFPB-JP, UFRGS, UFRJ, UFU e UNESP-IS, que apresentaram alta produtividade em quase todos os anos. Destas, a UFRGS e a UFRJ atingiram as maiores produtividades nos anos de 2001 e 2004, respectivamente, obtendo a 1ª colocação nestes anos. A UFRGS conseguir este feito graças principalmente às muito baixas probabilidades de minimização dos *outputs* calculadas para o ano de 2003. Já a UFRJ fez valer a definição de eficiência e conseguiu bons resultados tanto para *inputs* quanto para *outputs*, que em conjunto, a fizeram a universidade mais produtiva de 2004. Curioso notar que essas universidades obtiveram valores numéricos de produtividade muito próximos, com amplitude variando de 1,4 a 3,2%. A exceção ficou por conta da UFRGS, que no ano de 2004 apresentou queda brusca de produtividade, ocasionada pelo baixo número de mestres titulados neste ano, conforme já exposto anteriormente.

Em um terceiro grupo observam-se universidades que atingiram resultados medianos. Este grupo engloba as seguintes universidades: ITA, PUC-MG, PUC-PR, UFF, UFPE, UFRN, UFSC, UNESP-BAU, USP e USP-SC. Destaque pode ser dado para a UFF e para a UFPE. Apesar do desempenho regular considerando o período completo, a UFF obteve o 2º

lugar no ano de 2003, apresentando baixas probabilidades tanto de minimizar *outputs* quanto de maximizar *inputs*. Já a UFPE conseguiu o 4º em 2003 e o 2º lugar em 2004, principalmente pelos bons desempenhos na variáveis “Docentes Autores” e “Docentes NRD6”. Por sua vez, em 2004 a USP apresentou uma grande queda de produtividade no último ano devido à sua alta probabilidade de maximizar a variável “Docentes NRD6”, ocasionada pelo aumento significativo do número de docentes neste ano. Esta redução da produtividade provocou a queda para a 20ª posição neste ano, ficando muito aquém das colocações nos anos anteriores.

Por fim, o último grupo é formado pelas universidades que oscilaram nas últimas posições ao longo do período. São elas: o IME, a UFES, a UFPA, a UNICAMP e a UNIFEI, com destaque negativo para a UNICAMP, que, pelos motivos já descritos, ocupou a última colocação durante todo o período. Interessante notar que apesar de essas universidades apresentarem altas variações de produtividades, ao mesmo tempo foram as que menos variaram as suas colocações no decorrer do período. À exceção da UFES, as outras universidades apresentaram variação de, no máximo, quatro posições ao longo do período considerado.

6.2.2 Análise para um *Input* e quatro *Outputs*

Em relação à análise da evolução das universidades considerando-se um *input* e dois *outputs*, poucas diferenças podem ser notadas.

As universidades que se destacaram pela alta produtividade durante todo o período foram, além da PUC-RJ e da UNESP-GUAR, a UFRJ e a UFU. Estas duas últimas ganharam posições principalmente pelo fato de possuírem cursos de doutorado e também de seus docentes terem tido bom desempenho na apresentação de artigos em publicações internacionais. As amplitudes máximas das universidades em questão ficaram em torno de 1,1 a 1,7%, à exceção da UFRJ, que no ano de 2001 não obteve uma produtividade tão boa pelo fato de não apresentar desempenho tão bom na variável “Docentes NRD6”, tendo sua amplitude em torno de 3,2%.

No segundo grupo, destaca-se a saída da UNESP-IS e a entrada da USP e da USP-SC. A UNESP-IS piora seu desempenho pelo fato de não oferecer curso de doutorado e também por não apresentar bons resultados na variável “Artigos Publicados”, principalmente nos anos de 2001 e 2002. Ao contrário, a USP e a USP-SC oferecem o referido curso e apresentam alguns dos melhores resultados nas duas novas variáveis ao longo do período. Vale destacar

que a USP aumentou muito a quantidade de professores do NRD6 no ano de 2004, o que ocasionou a queda de produtividade e de posições neste período.

No grupo mediano, além da subida de produção da USP e da USP-SC e da queda de produção da UNESP-IS em relação ao caso anterior, há de se destacar apenas a entrada da UFES e da UNIFEI, que melhoraram seu desempenho em relação à análise anterior. No caso da UNIFEI, isto ocorreu principalmente pelo fato de esta universidade oferecer o curso de doutorado. Já para a UFES, o fator fundamental foi a melhoria, no geral, da variável “Artigos Publicados” em relação ao IME e à UFPA, principalmente nos anos de 2003 e 2004. Estas duas últimas seguiram no último grupo, junto com a UNICAMP.

6.2.3 Análise para somente dois *Outputs*

Conforme já explicado anteriormente, os resultados ao se desconsiderar as variáveis de *input* são caracterizados por um grande número de universidades empatadas tecnicamente com produtividade perto da máxima. Dentre todas as universidades, sete aparecem neste grupo em todos os anos. São elas: ITA, UFMG, UFRJ, UFSC, UNICAMP, USP e USP-SC. Não por coincidência, são as universidades que apresentam a maior produção nos *outputs* “Mestres Titulados” e “Docentes Autores”, que são as variáveis levadas em consideração nesta análise.

O segundo grupo é composto das universidades que apresentaram produtividade máxima em quase todos os anos, e que apresentaram resultados muito próximos aos das universidades do primeiro grupo. Deste grupo, fazem parte a PUC-RJ, a UFRGS, a UFU e a UNESP-GUAR. Mais uma vez, se destaca a UFRGS pela grande queda de produtividade no ano de 2004. Neste grupo, novamente excetuando-se esta universidade, a amplitude máxima das produtividades atingiu no máximo 1,2%.

No grupo intermediário encontram-se a PUC-MG, a PUC-PR, a UFF, a UFPB-JP, a UFPE, a UFRN, a UNESP-BAU e a UNESP-IS. Neste grupo destacam-se a UFF e a UFPB-JP, que conseguiram a produtividade máxima nos anos de 2003 e 2002, respectivamente. Destaca-se ainda o fato de esta última apresentar amplitude de 1,9% e a UNESP-IS, 2,2% durante o período, sendo estas as universidades mais constantes deste grupo.

Do último grupo, fazem parte o IME, a UFES, a UFPA e a UNIFEI, que são as universidades que realmente apresentam os piores resultados em termos de produção, não levando em conta os recursos utilizados.

6.2.4 Análise para somente quatro *Outputs*

No grupo de universidade que obtiveram produtividade máxima em todos os anos, a única diferença em relação ao caso em que se consideram somente dois *outputs* é a saída da UFMG deste grupo. A UFMG não atingiu a produtividade máxima nos anos de 2002 e 2004, devido a ter obtido uma pequena probabilidade de minimizar as variáveis “Doutores Titulados” e “Artigos Publicados” respectivamente.

No segundo grupo constam as mesmas universidades da análise anterior, além da própria UFMG.

Por fim, no último grupo e no grupo intermediário podem ser observadas as mesmas universidades, com pequenas alterações de posicionamento em relação à análise descartando os *inputs* e utilizando apenas dois *outputs*.

6.3 ANÁLISE COMPARATIVA: DEA × AVALIAÇÃO PROBABILÍSTICA

Conforme descrito anteriormente, a comparação DEA × Avaliação Probabilística será restrita ao caso de 1 *input* e 4 *outputs*. Serão considerados os anos de 2001-2004.

No ano de 2001 as universidades eficientes pela metodologia DEA foram o ITA, a PUC-MG, a PUC-PR, a UFMG, a UFRGS, a UFSC, a UNESP-GUAR e a UNIFEI. Dentre as universidades menos eficientes destaca-se a UFPA, seguida da UFPE e da UFRN.

Já no ano de 2002 as universidades eficientes por esta metodologia foram o IME, a PUC-MG, a UFF, a UFRN, a UFU, a UNESP-BAU, a UNESP-GUAR, a UNICAMP e a UNIFEI. As universidades menos eficientes foram a UFPA e a UFES.

Por sua vez, o ano de 2003 obteve as seguintes universidades eficientes: o ITA, a PUC-MG, a UFRJ, a UFRN, a UFSC, a UNESP-BAU, a UNESP-GUAR, a UNICAMP e a UNIFEI. Desta vez, as universidades menos eficientes foram a UFPA e a UFPB-JP.

Por fim, a análise DEA resultou nas seguintes universidades eficientes no ano de 2004: a UFF, a UFRJ, a UNESP-BAU, a UNICAMP e a UNIFEI. Já as universidades menos eficientes foram a USP, a UFPA e a UFRGS.

Tomando por base estes resultados, nota-se que existe pouca correlação entre os resultados encontrados pelas duas metodologias descritas neste trabalho. Isto já era esperado e se explica pelo fato de a metodologia da Análise Envoltória de Dados estar baseada na busca pela fronteira de excelência, enquanto que para a Avaliação Probabilística de Produtividades

neste estudo foi utilizada uma visão conservadora, dando maior importância ao afastamento das variáveis da fronteira de piores desempenhos. Uma opção é utilizar uma ótica progressista e otimista para verificar se realmente passa a existir uma relação entre os resultados obtidos pelas duas metodologias.

Por outro lado, percebe-se ainda que ocorre, na DEA, uma grande troca de posições entre as universidades a cada ano. No entanto, pode-se inferir algum destaque para a UNIFEI, que foi eficiente durante todo o período. Além desta, outras universidades se destacaram. Foram elas a PUC-MG, a UFRN, a UNESP-BAU, a UNESP-GUAR e a UNICAMP, que só não foram totalmente eficientes em um dos anos dentro o período estudado.

Destaque negativo pode ser feito principalmente para a UFPA, que apresentou os piores desempenhos ao longo de todo o período. Contudo, vale destacar também que a UFES, a UFPE e, surpreendentemente, a USP e a USP-SC também não obtiveram um bom desempenho ao longo do período considerado.

Curiosamente, a UFRJ saiu de um desempenho não muito bom nos anos de 2001 e 2002 para atingir a fronteira de eficiência em 2003 e 2004.

Comparativamente, pode-se observar que a Análise Probabilística de Produtividades conseguiu obter um padrão mais bem definido para as universidades estudadas. Mesmo com todas as oscilações de posições entre as universidades que ocorreram também sob a ótica desta metodologia, pelo menos no presente trabalho, esta se mostra mais consistente. Uma explicação plausível é a maior presença de perturbações aleatórias que, conforme explicado no capítulo 4 deste trabalho, não são tratadas adequadamente pela metodologia DEA, sendo melhor para estes casos a utilização da Avaliação Probabilística. Assim sendo, a análise DEA no caso presente não permitiu a retirada de observações mais conclusivas. Conforme já comentado anteriormente, uma opção para reduzir os erros aleatórios é trabalhar com os dados agregados, ou seja, considerando dois biênios ou então um único período de quatro anos, passando a trabalhar com estimadores adequados para cada variável considerada.

7 CONCLUSÕES

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO

A análise dos resultados utilizando a Avaliação Probabilística de Produtividades na visão pessimista e conservadora, tanto para *inputs* quanto para *outputs*, demonstrou resultados consistentes. Apesar de algumas universidades apresentarem valores de produtividades alterados significativamente durante o período estudado (principalmente quando se altera também o conjunto de variáveis utilizado), é possível notar que as universidades assumem padrões razoavelmente definidos, sendo possível explicar as principais diferenças encontradas nos resultados obtidos.

Dentre as alterações no conjunto de variáveis, observa-se que a mudança de dois para quatro *outputs* impacta de maneira razoável o posicionamento das universidades. Neste caso, percebe-se que as universidades que possuem curso de doutorado levam vantagem em relação às demais por apresentarem menores probabilidades de minimizar a variável “Doutores Titulados”. Se, por um lado observa-se a desvantagem de comparar unidades até certo ponto “diferentes”, por outro, este fato pode ser encarado como o dispêndio de recursos que poderiam estar sendo utilizados no curso de mestrado e neste caso, a comparação seria justificável. Contudo, a maior parte das posições ocupadas pelas universidades foi pouco alterada com o acréscimo das novas variáveis de *outputs*.

No entanto, o descarte da única variável de *input* considerada provoca mudanças significativas, pois neste caso deixa-se de medir a eficiência para medir somente a produção e, como esperado, encontram-se nas primeiras posições as universidades de maior porte, que apresentam os maiores resultados em termos de *outputs*. Neste caso, observa-se ainda uma maior homogeneidade de resultados, sendo possível concluir que a variável de *input* “Docentes NRD6” é de suma importância na análise da produtividade no presente trabalho.

Quando se analisa a evolução das universidades, apesar de ser possível notar algumas variações (positivas e negativas) das produtividades ao longo do período, observam-se poucas variações significativas no posicionamento das mesmas de um modo geral. Todas estas variações também podem ser explicadas em análise dos dados coletados, sendo possível uma universidade mal colocada focar seus esforços para melhorar as variáveis em que não apresenta bom desempenho.

No que tange a Análise Envoltória de Dados, as variações exageradas no posicionamento das universidades ao longo do período mostram que os resultados obtidos por esta técnica com base em dados anuais carecem de consistência, não sendo possível estabelecer um padrão para a evolução das universidades no período, nem obter observações mais conclusivas. Uma explicação plausível é a presença de perturbações aleatórias que não são tratadas adequadamente por esta metodologia. Além disso, existe pouca correlação entre os resultados obtidos através da Avaliação Probabilística e da DEA, o que pode ser explicado pelo fato de a metodologia da Análise Envoltória de Dados estar baseada na busca pela fronteira de excelência, enquanto que para a Avaliação Probabilística de Produtividades neste estudo foi utilizada uma visão conservadora, focando o afastamento das variáveis da fronteira de piores desempenhos.

Em face do exposto, considera-se que o presente trabalho atendeu aos seus objetivos e abre um grande leque de opções para continuidade dos estudos. Na seção seguinte, são apresentadas algumas sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros, utilizando os dados coletados e os resultados obtidos no presente trabalho.

7.2 SUGESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS ESTUDOS

Tomando por base todo o estudo desenvolvido, são apresentadas as seguintes sugestões para novos trabalhos:

1. A fim de reduzir as perturbações aleatórias, principalmente na Análise Envoltória de Dados, podem ser utilizadas variáveis agregadas. Podem ser repetidas as análises considerando períodos bienais ou todo o período de 2001-2004 de uma só vez.

2. Podem ser utilizados novos pontos de vista para a Avaliação Probabilística de Produtividades. Um ponto de vista progressista pode ser utilizado para melhor comparação com os resultados da Análise Envoltória de Dados.
3. Podem ser utilizados índices de Malmquist para a análise da evolução das universidades no período.
4. Podem ser considerados novos *inputs* e *outputs* no conjunto.
5. Podem ser atribuídos pesos às variáveis, dando-lhes maior ou menor importância na análise.

Finalizando, vale ressaltar que os resultados obtidos pela avaliação probabilística representam um ponto de vista pessimista e conservador, com um número limitado de variáveis. O posicionamento relativo das universidades pode ser sensivelmente alterado se utilizados outros pontos de vista e, de forma alguma, este trabalho por si só pode ser considerado suficiente para julgamento da qualidade ou eficiência das universidades citadas durante o período considerado.

REFERÊNCIAS

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. *Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, 1984.

CAPES. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br>>. Acesso em: 18 dez. 2005.

CARMO, C. M. C.; TÁVORA JUNIOR, J. L. *Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA*. Anais do XXXI Encontro Nacional de Economia, Porto Seguro-BA, 2003.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. *Measuring the efficiency of decision making units*. European Journal of operation research, vol. 2, 429-444, 1978.

CHARNES, A. et al. *Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic Publishers, London, 1994.

DEBREU, G. *The Coefficient of Resource Utilization*. Econometrica vol.19, 1951.

FARREL, M. J. *The measurement of productive efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society, 120, 449-460, 1957.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C. *Uso de análise de envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra*. ENGEVISTA, Niterói-RJ, v. 6, n. 1, p. 19-27, 2004.

KASSAI, S. *Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis*. Tese de Doutorado da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2002.

KOOPMANS, T. C. *Analysis of production as an efficient combination of activities*. Activity Analysis of Production and Allocation, Willey and Sons Inc, New York, 1951.

LINS, M. P. E.; FARIA, B.; BARTHOLO JUNIOR, R. S. *Avaliação de Desempenho na Pós-Graduação utilizando a Análise Envoltória de Dados: o caso da Engenharia de Produção*. Revista Brasileira de Pós Graduação - CAPES, v. 1, 2004.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no ambiente de Apoio à Decisão*. Editora da COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

MAÇADA, A. C. G.; BECKER, J. L. *Análise da eficiência relativa dos investimentos em TI nos bancos brasileiros*. XXV ENANPAD, Campinas, 2001.

MONTGOMERY, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*. John Wiley & Sons, 4th edition, New York, EUA, 2001.

NEVES, R. B. *Integração da análise SWOT com o método Electre tri na avaliação do desempenho de programas de pós-graduação*. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

OLIVEIRA, R. P. de, *A Questão da Qualidade na Educação*. RBAE/ANPAE, 1996.

REINALDO, R. R. P. *Avaliando a eficiência em unidades de ensino fundamental de fortaleza usando técnicas de análise envoltória de dados (DEA)*. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SANT'ANNA, A. P. *Aleatorização e Composição de Medidas de Preferência*. Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 87-103, 2002c.

_____. *Cálculo Probabilístico de Produtividades Globais*. Anais do XXXIV SBPO, Rio de Janeiro, 2002a.

_____. *Composição Probabilística de Critérios na Avaliação de Cursos*. Revista Brasileira de Pós-Graduação, Brasília-DF, v. 2, n. 3, p. 40-54, 2005.

_____. *Compositions of fuzzy preferences*. Relatórios de pesquisa em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, v. 2, Niterói-RJ, 2003a.

_____. *Eficiência e Eficácia em Cursos de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*. World Congress on Engineering and Technology Education, Santos-SP, 2004.

_____. *Modelagem e Avaliação da Produtividade de Cursos de Mestrado em Engenharia de Produção*. Anais do XXII ENEGEP, Curitiba, 2002b.

SANT'ANNA, A. P.; SOUZA, S. H. L. *Classificação de Medidas Probabilísticas de Produtividade: o Caso dos Cursos de Pós-Graduação*. ENGEVISTA, Niterói-RJ, v. 5, n. 9, p. 50-58, 2003b.

SOUZA, D. P. H. de. *Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite*. Tese de doutorado da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SOUZA, S. H. L. de. *Análise envoltória de dados e cálculo probabilístico de produtividades globais na avaliação de cursos*. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

OBRAS CONSULTADAS

AHN, T. S. *Efficiency and related issues in higher education: a Data Envelopment Analysis approach*. Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Austin. Austin, 1987.

BELLONI, I. *Avaliação da Universidade: por uma proposta de avaliação conseqüente e compromissada política e cientificamente*. FÁVERO M. L. (org.), A Universidade em questão. Coleção Polêmicas de nosso tempo, nº 29, São Paulo, 1989.

BELLONI, J. A. *Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras*. Tese de Doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

CHARNES, A.; COOPER, W. W. *Preface to topics in Data Envelopment Analysis*. Annals of Operations Research, 2, 59-94, 1985.

CHARNES, A. et al. *A multiplicative model for efficiency analysis*. Socio-Economic Planning Science, v. 2, p. 223-224, 1982.

CURY, K. R. S. *Análise Envoltória de dados aplicada à avaliação da pós-graduação das universidades federais*. XXVII SBPO, Vitória, 1995.

DIAS SOBRINHO, J. *Avaliação quantitativa, avaliação qualitativa: interações e ênfases*. SGUISSARDI, V. (org.), Avaliação Universitária em Questão, Autores Associados, 1997.

FAÇANHA, L. O.; REZENDE, M.; MARINHO, A. *Brazilian Federal Universities: relative evaluation and Envelopment Analysis*. UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. *Production frontiers*. New York, Cambridge University, 1994.

GAMERMAN, D.; MIGON, H. S.; SANT'ANNA, A. P. *Um Modelo Integrado para o Melhoramento da Qualidade das Universidades Públicas*. UFRJ/Instituto de Matemática, Rio de Janeiro, 1992 (Relatório Técnico nº 65)

LAPA, J. S.; BELLONI, J.A.; NEIVA, C.C. *Medidas de desempenho de unidades acadêmicas de uma Instituição de Ensino Superior*. Relatório Técnico - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC (mimeo), 1997.

LAPA, J. S.; LOPES, A. L. M.; LANZER, E. *Análise Envoltória de Dados aplicada à avaliação de IES: determinação dos pesos relativos e valoração dos insumos e produtos*. XXVII SBPO, Vitória, 1995.

LOPES, A. L. M.; LANZER, E. A.; LAPA, J. S. *Análise por Envelopamento de Dados. Uma nova Ferramenta para Avaliação de Produtividade Multidimensional no Setor de Serviços*". ENANPAD, Angra dos Reis, 1996.

MELLO, J. C. C. B. S. et al. *Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras*. Pesquisa Operacional, v.23, n. 2, p. 325-345, 2003.

NIEDERAUER, C. A. P. *Avaliação dos bolsistas de produtividade em pesquisa da Engenharia de Produção utilizando Data Envelopment Analysis*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)