

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE

ODETE DOS SANTOS AMARAL

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DAS UNIDADES
ACADÊMICAS DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS,
NOS ANOS DE 1994 E 1995, EMPREGANDO
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

Orientador: Jair dos Santos Lapa, Ph. D.

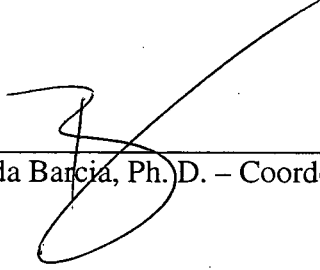
Florianópolis

1999

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DAS UNIDADES
ACADÊMICAS DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS,
NOS ANOS DE 1994 E 1995, EMPREGANDO
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**


ODETE DOS SANTOS AMARAL

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre, Especialidade Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

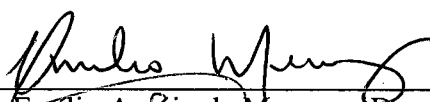


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D. – Coordenador

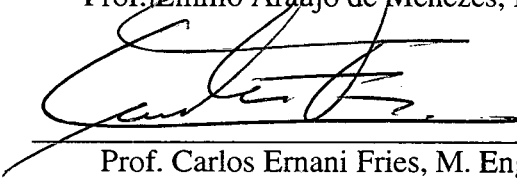
Banca Examinadora:



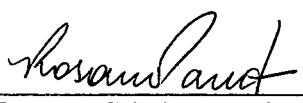
Prof. Jair dos Santos Lapa, Ph. D. – Orientador



Prof. Emílio Araújo de Menezes, Dr. – Membro



Prof. Carlos Ermani Fries, M. Eng. – Membro



Prof.ª Rosana Cristina Pereira Parente, Dra. - Membro

Florianópolis, junho de 1999.

*Aos meu pais,
Aureliano do Amaral Pereira e
Odete dos Santos Pereira,
com todo meu amor.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas maneiras diversas como tem se manifestado em minha vida.

Ao professor Jair dos Santos Lapa, por ter-me aceito como sua orientanda, por seus ensinamentos, dedicação e paciência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior – CAPES, pelo auxílio financeiro.

À Universidade do Amazonas que, além do apoio financeiro, concedeu-me prazo necessário para a conclusão deste trabalho.

À Coordenação do Mestrado Interinstitucional em Engenharia de Produção, pela oportunidade oferecida.

Aos membros da Banca Examinadora, cujas recomendações contribuíram para o enriquecimento desta dissertação.

Aos colegas da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo companheirismo e pelos alegres momentos partilhados.

A todos aqueles que, com senso crítico e sugestões, colaboraram para a realização deste trabalho e, em especial, aos colegas José Ângelo Belloni, Joana D’Arc de Oliveira, Luiz Antonio Monteiro e Nilce Nunes.

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos que, mesmo à distância, acompanharam e acreditaram no sucesso deste empreendimento.

Ao amigo Paulo Renan por ter, muito gentilmente, traduzido o resumo deste trabalho para o inglês.

À Edijane Paredes e à Nadja Miranda, pela convivência diária e o apoio fraterno.

A Celso Cabral, pelo incentivo e por estar presente neste momento tão especial de minha vida.

A todas essas pessoas e aquelas que, direta ou indiretamente, me ajudaram a concretizar este trabalho, a minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS E VARIÁVEIS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
2 AVALIAÇÃO DE UNIVERSIDADES NO BRASIL.....	5
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO	5
2.2 ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIOS E INDICADORES.....	10
3 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA	13
3.1 ORIGEM	13
3.2 PRESSUPOSTOS DA CONSTRUÇÃO DE MODELOS DEA.....	13
3.3 MODELOS DE EFICIÊNCIA	18
3.3.1 Eficiência Produtiva.....	18
3.3.2 Eficiência Técnica e Eficiência de Escala.....	21
3.3.3 Eficiência Gerencial e Eficiência de Congestionamento	25
3.3.4 Identificação das Causas do Congestionamento Detectado	28
4 O OBJETO DA AVALIAÇÃO.....	31
4.1 A UNIVERSIDADE DO AMAZONAS.....	31
4.2 AS UNIDADES ACADÊMICAS DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS.....	33
4.3 A UNIDADE ACADÊMICA COMO SISTEMA DE PRODUÇÃO	34
5 O BANCO DE DADOS.....	37
5.1 OS DADOS	37
5.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS.....	38
5.2.1 Estatísticas Descritivas Simples.....	38
5.2.2 Análise de Componentes Principais.....	42
6 APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA NO CÁLCULO DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA.....	54

SUMÁRIO (cont.)

6.1	SELEÇÃO DE VARIÁVEIS RELEVANTES PELO PROCEDIMENTO DE NORMAN E STOKER	55
6.2	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA.....	60
6.3	EFICIÊNCIA PRODUTIVA.....	61
6.4	EFICIÊNCIA DE ESCALA E EFICIÊNCIA TÉCNICA	64
6.5	EFICIÊNCIA DE CONGESTIONAMENTO E EFICIÊNCIA GERENCIAL	66
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	70
7.1	INEFICIÊNCIA PRODUTIVA E SUA DECOMPOSIÇÃO	70
7.2	AS FRONTEIRAS DE EFICIÊNCIA	76
7.3	ESTABELECIMENTO DE METAS EFICIENTES.....	79
7.3.1	Eliminação dos Focos de Ineficiência Gerencial	80
7.3.2	Eliminação dos Focos de Ineficiência Técnica	82
7.3.3	Eliminação dos Focos de Ineficiência Produtiva	83
7.4	ESTIMATIVA DA INEFICIÊNCIA TOTAL DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS	84
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
8.1	CONCLUSÕES.....	87
8.2	RECOMENDAÇÕES	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

LISTA DE SÍMBOLOS E VARIÁVEIS

θ	Medida de expansão do plano observado
Δ	Folga de produto
Ψ	Folga de insumo
ε	Constante não-arquimediana (infinitesimal)
Ω^*	Medida de ineficiência produtiva
Ω_C	Medida de ineficiência de congestionamento
Ω_E	Medida de ineficiência de escala
Ω_G	Medida de ineficiência gerencial
Ω_T	Medida de ineficiência técnica
θ^{CFF}	Medida de expansão equiproporcional máxima obtida na tecnologia CFF
θ^{VFF}	Medida de expansão equiproporcional máxima obtida na tecnologia VFF
θ^{Vfr1F}	Medida de expansão equiproporcional máxima obtida na tecnologia Vfr1F
θ^{Vfr2F}	Medida de expansão equiproporcional máxima obtida na tecnologia Vfr2F
θ^{VfrF}	Medida de expansão equiproporcional máxima obtida na tecnologia VfrF
$[X^*; Y^*]$	Plano de operação que a DMU ^o pode vir a executar
$[X; Y]$	Plano de operação qualquer
$[X^j; Y^j]$	Plano de operação executado pela DMU ^j
$[X^o; Y^o]$	Plano de operação executado pela DMU ^o
BCC	Modelo DEA proposto por Banker, Charnes e Cooper
CCR	Modelo DEA proposto por Charnes, Cooper e Rhodes
CFF	Tecnologia que exhibe retornos de escala constantes, descarte forte de produtos e insumos
J	Total de DMUs
j	Uma das J DMUs
M	Matriz de produtos
M	Número de produtos
m	Um dos M produtos
N	Matriz de insumos
N	Número de insumos
n	Um dos N insumos
PR*	Produtividade do plano $[X^*; Y^*]$

LISTA DE SÍMBOLOS E VARIÁVEIS (cont.)

PR°	Produtividade do plano $[X^\circ; Y^\circ]$
U°	Vetor de pesos atribuídos aos produtos Y° pela DMU $^\circ$
VFF	Tecnologia que exhibe retornos de escala variáveis, descarte forte de produtos e insumos
Vfr1F	Tecnologia que exhibe retornos de escala variáveis, descarte fraco do produto 1, forte do produto 2 e forte de insumos
Vfr2F	Tecnologia que exhibe retornos de escala variáveis, descarte fraco do produto 2, forte do produto 1 e forte de insumos
VfrF	Tecnologia que exhibe retornos de escala variáveis, descarte fraco de produtos e forte de insumos
V°	Vetor de pesos atribuídos aos insumos X° pela DMU $^\circ$
X	Vetor-consumo
Y	Vetor-produção
Z	Vetor-intensidade
x_{nj}	A quantidade do n-ésimo insumo associada à j-ésima DMU
y_{mj}	A quantidade do m-ésimo produto associada à j-ésima DMU

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
ANDES	Associação Nacional dos Docentes de Ensino Superior
ANDIFES	Associação Nacional de Dirigentes das Instituições de Ensino Superior
CAD	Número de alunos cadastrados
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior
CFE	Conselho Federal de Educação
CP	Componente Principal
CRUB	Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras
DEA	Análise Envoltória de Dados
DMUs	Decision Making Units (Unidades Tomadoras de Decisão)
DMU°	DMU cuja eficiência está sendo avaliada; uma das DMUs observadas
DOC	Número de docentes
ENC	Exame Nacional de Cursos
FACED	Faculdade de Educação
FCA	Faculdade de Ciências Agrárias
FCS	Faculdade de Ciências da Saúde
FD	Faculdade de Direito
FEF	Faculdade de Educação Física
FES	Faculdade de Estudos Sociais
FORM	Número de alunos concluintes
FT	Faculdade de Tecnologia
FUA	Fundação Universidade do Amazonas
GERES	Grupo Executivo para a Reformulação do Ensino Superior
ICB	Instituto de Ciências Biológicas
ICE	Instituto de Ciências Exatas
ICHL	Instituto de Ciências Humanas e Letras
IFESs	Instituições Federais de Ensino Superior
ING	Número de alunos ingressantes
INSC	Número de inscritos no Concurso Vestibular
MAT	Número de alunos matriculados em pelo menos uma disciplina
MEC	Ministério da Educação e do Desporto
PAIUB	Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (cont.)

PARU	Programa de Avaliação da Reforma Universitária
SESu	Secretaria de Educação Superior do MEC
UA	Universidade do Amazonas
UFCE	Universidade Federal do Ceará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília
UNE	União Nacional dos Estudantes
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VAG	Número de vagas oferecidas

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – “Rationale” dos modelos BCC e CCR.....	24
Figura 3.2 – Decomposição da ineficiência técnica.....	27
Figura 3.3 – Decomposição da ineficiência de congestionamento.....	30
Figura 4.1 – Modelo de produção educacional	34
Figura 4.2 – Modelo de produção educacional da pesquisa.....	36
Figura 5.1 – Representação das Unidades Acadêmicas no 1º plano principal	48
Figura 6.1 – Fluxograma do procedimento iterativo de Norman e Stoker	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Modelo CCR básico	19
Quadro 3.2 – Modelo BCC básico, com descarte forte dos produto	22
Quadro 3.3 – Modelo BCC, com descarte fraco dos produto	26
Quadro 3.4 – Modelo BCC, com descarte fraco parcial dos produtos	29
Quadro 4.1 – Cursos por Unidade Acadêmica	32
Quadro 7.1 – Eliminação da ineficiência gerencial detectada na FT-95 ($\theta^{VFF}=1,587$)	81
Quadro 7.2 – Eliminação da ineficiência técnica detectada na FT-95 ($\theta^{VFF}=2,004$)	81
Quadro 7.3 – Eliminação da ineficiência produtiva da FT-95 ($\theta^{CFF}=2,012$)	81
Quadro 7.4 – Acréscimo do número de formados, no ano de 1995, com a eliminação dos focos de ineficiência.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Variáveis observadas nas Unidades Acadêmicas da UA nos anos de 94 e 95	39
Tabela 5.2 – Medidas estatísticas relativas às variáveis observadas nas Unidades Acadêmicas da UA nos anos de 94 e 95	41
Tabela 5.3 – Matriz de correlações lineares	41
Tabela 5.4 – Poder de explicação de cada CP	44
Tabela 5.5 – Correlações lineares entre as variáveis e as CPs	44
Tabela 5.6 – Qualidade de representação das variáveis	44
Tabela 5.7 – Coeficiente das variáveis nas CPs	46
Tabela 5.8 – Coeficiente das Unidades Acadêmicas nas CPs	46
Tabela 5.9 – Correlações entre os indicadores e as CPs	52
Tabela 5.10 – Insumos e produtos selecionados para compor o Banco de Dados da pesquisa.....	52
Tabela 5.11 – Matriz de correlações lineares entre as variáveis do Banco de Dados da pesquisa.	53
Tabela 6.1 – Passos seguidos para a seleção das variáveis relevantes para o modelo DEA e correlação entre as variáveis e as medidas de ineficiência a cada passo	57
Tabela 6.2 – Medidas de ineficiência obtidas a cada passo	59
Tabela 6.3 – Modelo CFF: expansão máxima, ineficiência produtiva e vetor intensidade correspondente a cada plano observado	62
Tabela 6.4 – Planos de operação eficientes produtivamente, referências para os planos ineficientes (modelo CFF)	63
Tabela 6.5 – Modelo VFF: expansão máxima, ineficiência técnica e vetor intensidade correspondente a cada plano observado	65
Tabela 6.6 – Modelo VfrF: expansão máxima, ineficiência gerencial e vetor intensidade correspondente a cada plano observado	67
Tabela 6.7 – Modelo Vfr1F: expansão máxima, ineficiência mista* e vetor intensidade correspondente a cada plano observado	68
Tabela 6.8 – Modelo Vfr2F: expansão máxima, ineficiência mista* e vetor intensidade correspondente a cada plano observado	69
Tabela 7.1 – Resumo das medidas de expansão equiproporcional obtidas	72
Tabela 7.2 – Resumo das medidas de ineficiência	73
Tabela 7.3 – Características das fronteiras de eficiência produtiva nas regiões de projeção dos planos ineficientes	74
Tabela 7.4 – Planos de operação eficientes referências para os planos ineficientes	77

RESUMO

Esta dissertação avalia a eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas nos anos de 1994 e 1995. O método utilizado para a avaliação foi Análise Envoltória de Dados, que computa a ineficiência produtiva e suas componentes de escala, de congestionamento e de gestão. Quatro Unidades Acadêmicas revelaram-se eficientes do ponto de vista produtivo. A análise indicou a possível presença de fenômeno não identificado que afetou negativamente o desempenho de todas as Unidades em 1994. O número de formados das Unidades ineficientes duplicaria caso fossem eliminados os focos de ineficiência.

Palavras-chave: Avaliação de desempenho; DEA; Análise envoltória de dados; Eficiência produtiva de unidades acadêmicas

ABSTRACT

This dissertation assesses the productive efficiency of the University of Amazonas Academic Units in 1994 and 1995. The assessment method used was that known as Data Envelopment Analysis (DEA) which assesses productive inefficiency as well as its scale, congestion and managerial components. From a productive standpoint, four Academic Units have stood up as efficient. The analysis has indicated the possible presence of an unidentified phenomenon that has negatively affected the performance of all units in 1994. The number of graduate students from such inefficient units would have doubled if the sources of inefficiency were to be eliminated.

Keywords: Performance assessment; DEA; Data envelopment analysis; Academic units productive efficiency

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem sendo observada uma redução nas taxas de investimento público na área social. Como conseqüência, as instituições públicas de ensino superior, e as universidades federais em especial, têm recebido pressões constantes por uma maior adequação dos resultados de suas atividades aos recursos que nelas são alocados (Barros, 1997).

Diante do imperativo ético de transparência pública, a avaliação das instituições de ensino superior é, hoje, instrumento indispensável à prestação de contas do uso dos recursos públicos e à melhoria das atividades universitárias, bem como elemento alimentador na revisão ou continuidade dos rumos estabelecidos pela política institucional (Kipnis & Bareicha, 1995).

Embora algumas universidades já estejam praticando a avaliação institucional ainda não há consenso entre as metodologias empregadas.

Diante deste contexto, a metodologia de avaliação de eficiência produtiva ilustrada nesta pesquisa pode ser usada para gerar subsídios à avaliação das instituições federais de ensino superior (IFESs), bem como ferramenta de apoio no processo de tomada de decisão para a melhoria do desempenho, cujo foco central de análise volte-se para as atividades da universidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA

Apesar da avaliação das instituições de ensino superior não ser tema novo no cenário da política educacional do governo brasileiro, foi somente a partir da década de 80 que o assunto tornou-se de grande relevância, especialmente no âmbito das universidades federais.

As discussões e debates sobre o tema realizados por autoridades públicas, especialistas em educação, professores, alunos e representantes de associações e de organizações universitárias que vêm ocorrendo desde 1985 resultaram, em 1993, na

implantação do Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras (PAIUB), instituído pelo Ministério da Educação e do Desporto (MEC).

No seu documento básico, o PAIUB apresenta os princípios que devem nortear a avaliação institucional: globalidade, comparabilidade, respeito à identidade institucional, não-premiação ou punição, adesão voluntária, legitimidade e continuidade. Dentro do princípio de globalidade, o PAIUB propõe que a avaliação da universidade contemple quatro dimensões: ensino, pesquisa, extensão e administração. Cada dimensão pode ser subdividida de forma que o objeto a ser avaliado seja bem especificado (MEC, 1994).

Pode-se observar que a quase totalidade dos modelos de avaliação institucional desenvolvidos ou em desenvolvimento não contempla ou não dá a devida importância à quarta dimensão: a gestão administrativa. Segundo Cunha (1998), a administração, tanto quanto um meio, é um fim no que diz respeito ao currículo oculto da universidade e por isso deve ser elemento distintivo de maior importância em relação às outras instituições. Considerando essas observações e, em particular, a responsabilidade dos dirigentes universitários, enfatizada por Lapa e Neiva (1996), frente às pressões externas pelo uso racional dos recursos alocados e às expectativas por melhor desempenho e maior qualidade das universidades, chega-se ao problema levantado nesta pesquisa:

*como aumentar a produtividade das Unidades Acadêmicas da
Universidade do Amazonas ?*

Neste trabalho utiliza-se o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) que mede a eficiência produtiva relativa das Unidades Acadêmicas de instituições de ensino superior e fornece aos seus dirigentes subsídios para a tomada de decisão voltada à melhoria da gestão universitária. A opção por esta abordagem se deve à possibilidade de serem utilizadas variáveis com diferentes unidades de medidas para apurar a eficiência produtiva de organizações que trabalham com múltiplos insumos e múltiplos produtos em ambientes nos quais são inexistentes ou desconhecidos os preços relativos desses fatores, como é o caso de organizações educacionais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas, nos anos de 1994 e 1995, empregando Análise Envoltória de Dados.

1.2.2 Objetivos Específicos

- contextualizar a avaliação institucional no Brasil;
- discutir os modelos de Análise Envoltória de Dados;
- construir o banco de dados representativo das atividades produtivas das Unidades Acadêmicas;
- construir a fronteira empírica de eficiência produtiva;
- avaliar a eficiência relativa das Unidades Acadêmicas;
- identificar focos de ineficiência;
- determinar metas que eliminem os focos de ineficiência e aumentem a produtividade das Unidades Acadêmicas.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este documento é composto desta Introdução e de mais sete capítulos. Nesta Introdução o tema da pesquisa foi delimitado, o problema de pesquisa foi apresentado e justificado, e o objetivo a ser alcançado foi estabelecido.

O Capítulo 2 discute o contexto mais geral da avaliação de universidades no Brasil e trata de questões teóricas da avaliação tais como critérios e indicadores.

O Capítulo 3 descreve o método de Análise Envoltória de Dados e apresenta os pressupostos da construção dos modelos DEA básicos e as medidas de ineficiência.

O Capítulo 4 descreve o objeto de estudo.

No Capítulo 5, que trata da base de dados, é feita análise exploratória dos dados para classificar em insumos e produtos as variáveis a serem utilizadas num modelo de eficiência.

A aplicação do método DEA e seus resultados são apresentados no Capítulo 6.

O Capítulo 7 apresenta um exemplo de como analisar e interpretar os resultados obtidos na aplicação DEA.

O oitavo e último capítulo apresenta as considerações finais e as recomendações pertinentes.

2 AVALIAÇÃO DE UNIVERSIDADES NO BRASIL

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Paralelamente à implantação das primeiras escolas de nível superior no Brasil, por volta de 1808, surge o que poderia ser classificado como uma avaliação prévia que os dirigentes educacionais faziam do ensino superior. Tal avaliação pautava-se no critério de dependência econômica e cultural em relação a Portugal e nem mesmo após a independência, com o advento do império e o da República, houve mudanças em relação a tais critérios. A questão da autonomia universitária começou a ter destaque a partir da legislação educacional de 1911. A criação da Universidade de São Paulo, em 1934, contribuiu para ampliar, ainda mais, a discussão em torno do ensino superior e sua problemática, pois representou um marco de mudanças na mentalidade educativa do país. Entretanto, até o final da década de 50, o critério predominante de avaliação das universidades foi a necessidade do governo de controlar essas instituições (Amorim, 1992).

Com a aprovação da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, em 1961, inicia-se um longo processo de discussão sobre a necessidade de mudanças no ensino superior que culmina, em 1968, com a reforma do ensino superior, mais conhecida como Reforma Universitária. Segundo Amorim (1992), essa Reforma Universitária foi marcada por dois tipos de avaliação: o Plano Atcon e o Relatório da Comissão Meira Matos. No Plano Atcon, concebido pelo consultor americano Rudolph Atcon, a avaliação da universidade apresentava duas dimensões. A primeira baseava-se nos princípios que idealizavam um modelo empresarial para o sistema universitário; a segunda projetava autonomia e independência para esse sistema e, para tanto, sua transformação em fundação privada. O Plano previa uma avaliação de doze universidades brasileiras, a fim de serem identificados fatores que alavancassem a modernização do ensino superior do país, segundo os paradigmas norte-americanos de racionalidade institucional (Fávero, 1988). O Relatório da Comissão Meira Matos, por sua vez, resultou de uma ampla avaliação da situação política, social e econômica existente no país. Tal avaliação tinha como finalidade propor

medidas que contivessem o movimento estudantil e adequassem o ensino superior à realidade econômica em evidência (Amorim, 1992).

Na década de 70, crescem os movimentos de avaliação da reforma universitária. Entre 73 e 75, o MEC, através do Centro de Estudos Interdisciplinares para o Setor Público da Universidade Federal da Bahia, realiza a primeira avaliação formal do processo de implementação da reforma. Em 1977, tem início o processo de avaliação da pós-graduação pela Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior – CAPES.

A partir de 1980, os movimentos de protesto contra o controle oficial da universidade e da vida política da nação se fortaleceram. Nesse período, a comunidade universitária, preocupada com as investidas governamentais sobre a universidade e sua avaliação, procura se organizar e discutir a questão da política da educação superior e a avaliação das universidades.

Em 1982, a Associação Nacional dos Docentes de Ensino Superior (ANDES) propõe a criação de um padrão único de qualidade para as universidades brasileiras.

Por iniciativa do Conselho Federal de Educação (CFE), ainda em 1982, foram constituídos um Grupo de Trabalho e uma Comissão de Coordenação para desenvolver um Programa de Avaliação da Reforma Universitária (PARU) que trataria de dois temas: a gestão das IFESs (poder e tomada de decisões, administração acadêmica, administração financeira, financiamento e política de pessoal) e a produção e disseminação do conhecimento (ensino, pesquisa e interação com a comunidade). O Programa, executado pela CAPES, foi implementado e chegou a submeter alguns relatórios parciais. No entanto, problemas de ordem interna do MEC impediram que se desenvolvesse a primeira pesquisa nacional sobre gestão das universidades brasileiras e, em 1984, o programa foi desativado (Cunha, 1998).

A Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação e do Desporto (SESu), no final de 1984, pretendeu instalar uma sistemática de avaliação e acompanhamento dos cursos de graduação nos moldes da avaliação da CAPES na área de pós-graduação. No final de 1985, a Comissão Nacional de Reformulação do Ensino Superior entregou ao MEC seu relatório final onde recomendava ao CFE a missão de tomar iniciativa e dar legitimidade e respeitabilidade aos processos de avaliação (Amorim, 1992). Logo depois, ainda em 1985, é instalado no âmbito do MEC, o Grupo Executivo para a

Reformulação do Ensino Superior (GERES). O processo de avaliação proposto pelo GERES, e que deveria ser conduzido pela SESu, contemplava o desempenho institucional e a qualidade dos cursos oferecidos (Amorim, 1992).

Em 1986, o Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras (CRUB) promove a sua 43ª Reunião Plenária e, neste evento, são discutidos e explicitados alguns pressupostos básicos da avaliação de desempenho como um compromisso social das universidades (Freitas & Silveira, 1997). Durante um encontro internacional sobre avaliação do ensino superior, realizado pelo MEC em 1987, a SESu assume a execução de um programa de estudos na área. Neste mesmo ano, a União Nacional dos Estudantes (UNE) exige que se discuta mais amplamente o ensino superior e manifesta-se contrária à utilização da avaliação de desempenho docente para discriminar financeiramente as universidades públicas.

Nesse período, algumas universidades começam a desenvolver iniciativas próprias de avaliação. Entre essas experiências de avaliação pode-se citar a da Universidade de Brasília (UnB), a da Universidade de São Paulo (USP), a da Universidade Federal do Paraná (UFPr), a da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a da Universidade Federal do Ceará (UFCE).

As diferentes experiências de avaliação levaram o MEC a realizar, a partir de 1988, quatro encontros regionais sobre o tema da avaliação: o Encontro de Ensino Superior na Amazônia, na Universidade Federal do Pará; o Seminário da Região Sul, na Universidade Federal de Santa Catarina; o Encontro da Região Nordeste, na Universidade Federal do Ceará; e o Encontro sobre Avaliação do Ensino Superior, na Universidade Estadual Paulista.

Na década de 90, houve nova reação nacional à avaliação das universidades devido ao Plano Setorial de Educação (1991-1995) que subentendia que a autonomia universitária dependeria do desempenho das instituições. Nesse período, algumas universidades já realizavam avaliação institucional com razoável grau de aceitação e de consistência enquanto os processos de avaliação continuavam sendo discutidos no interior das universidades, nas reuniões e seminários da Associação Nacional de Dirigentes das Instituições de Ensino Superior (ANDIFES) e do Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, bem como nos fóruns de Pró-Reitores e na SESu (Dias Sobrinho, 1996).

Para catalisar as experiências e práticas de avaliação em andamento numa produção teórica antes inexistente nessa área, o MEC criou, em 1993, a Comissão Nacional de Avaliação e seu Comitê Assessor. A proposta resultante do trabalho da Comissão foi apresentada e aprovada por unanimidade na Reunião Plenária da ANDIFES, em 1993. Mais tarde, a proposta foi submetida à SESu e tornou-se um programa nacional, o PAIUB, constituindo-se projeto de referência para a avaliação das universidades brasileiras. Apesar do sucesso, o PAIUB foi desacelerado com a mudança de governo, tendo o foco principal da avaliação do ensino superior sido deslocado da dimensão institucional para a individual.

Neste momento, o mais recente formato avaliativo das universidades é o Exame Nacional de Cursos (ENC) mais conhecido como “Provão”. Instituído em 1995, o ENC é referendado pelo Decreto nº 2.026 de 10 de outubro de 1996, no qual o MEC define os procedimentos da avaliação e especifica que a SESu deve consolidar e compatibilizar os vários procedimentos avaliativos.

Considerando o interesse pela avaliação que esses dois últimos formatos avaliativos têm gerado no interior das IFESs, faz-se necessário apresentar com mais detalhes suas descrições.

A Portaria nº 302/98–MEC determina que a avaliação de desempenho individual das instituições de ensino superior, compreendendo as modalidades de ensino, pesquisa e extensão, seja realizada pela SESu no âmbito do PAIUB. Apesar da ênfase atual estar no ensino de graduação, o PAIUB também prevê a avaliação das demais dimensões da atividade acadêmica (ensino de pós-graduação, pesquisa, extensão e gestão universitária). Quatro são as etapas previstas no PAIUB: avaliação interna com diagnóstico, auto-avaliação, avaliação externa e reavaliação.

Em linhas gerais, o processo de avaliação do PAIUB segue os seguintes passos: dados quantitativos e qualitativos relevantes para o processo de avaliação são coletados. Esses dados geram um relatório, após serem trabalhados no interior da comunidade acadêmica observando-se as características da instituição. Avaliadores externos examinam esse relatório e fazem visitas *in loco*. O Parecer desses avaliadores externos é discutido pela comunidade acadêmica da instituição, sendo analisados e apontados os pontos fracos e fortes detectados e as sugestões de melhoria. O processo de implantação de mudanças na instituição é estimulado periodicamente pela reavaliação que tem a finalidade de atualizar o

processo de avaliação, revisá-lo e acompanhar ou estimular as mudanças na direção considerada desejável e necessária à instituição. Os resultados são de uso da comunidade acadêmica e podem ser divulgados.

Desde que foi constituído, em 1993, o PAIUB conseguiu mobilizar mais de 100 universidades a aderir, voluntariamente, ao programa de avaliação institucional.

O ENC constitui uma avaliação *pos facto* pois avalia cursos de graduação a partir de resultados de provas aplicadas a alunos concluintes dos cursos de graduação de determinadas carreiras. Em 1998, dez carreiras estavam em avaliação anual e o objetivo é aplicar provas a todos os concluintes do sistema de ensino superior. Indicadores quantitativos são utilizados para fazer um diagnóstico das condições de oferta dos cursos, junto com a prova. Os resultados do “Provão” são os conceitos A, B, C, D e E que correspondem, respectivamente, aos 12% com melhor desempenho nas provas, aos 18% com o segundo melhor desempenho, aos 40% seguintes e aos 18% e 12% com fraco desempenho. A divulgação do resultado do “Provão” e de indicadores levantados pelo MEC permite à Sociedade fixar conceitos aos cursos. Comissões de Verificação, compostas por acadêmicos da área de conhecimento, são designadas e treinadas pela Comissão de Especialistas da SESu para realizarem visitas *in loco* àqueles cursos que obtiveram conceitos D e E no ENC, bem como para procederem à avaliação das condições de oferta dos cursos. A avaliação é feita com a ajuda de instrumento especial de coleta de informações que mede três dimensões do curso: qualificação do corpo docente, organização didático-pedagógica e instalações. O roteiro de visitas e as informações coletadas consolidam um Relatório de Verificação.

Observa-se que a questão da avaliação das universidades sempre esteve presente no cenário educacional do Brasil, marcada por diferenças entre propostas, metodologias e finalidades. A partir da descrição desses dois últimos formatos avaliativos, ora em vigência no país, verifica-se, ainda hoje, a existência dessas diferenças. Daí, a importância de serem constituídos critérios e indicadores que balizem o processo de avaliação e estejam relacionados às finalidades estabelecidas.

2.2 ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIOS E INDICADORES

No contexto das divergências quanto às concepções e finalidades da avaliação de universidades emerge a questão de serem identificados e estabelecidos padrões e critérios de análise que sirvam de orientação para a prática da avaliação.

A palavra avaliação contém a palavra “valor” e valor é parte intrínseca do critério. Portanto, os processos de avaliação não são neutros uma vez que são sempre resultados de uma concepção impregnada de valores (Ristoff, 1996).

No processo de avaliação, os critérios servem de base para a comparação entre a realidade de um objeto e seu estado desejável (Dias Sobrinho, 1998). Dessa maneira, os juízos de valor são emitidos com referência a critérios que podem ser de desempenho ou de qualidade.

Neste sentido, descreve-se a seguir o Paradigma Multidimensional de Administração da Educação proposto por Sander (1995) e analisa-se o critério de eficiência que norteia esta pesquisa.

Dentro do campo de administração de organizações educacionais, Sander (1995) define quatro paradigmas (administração eficiente, administração eficaz, administração efetiva e administração relevante) do que ele denominou *paradigma multidimensional de administração da educação* e que têm sua origem em momentos históricos diferentes.

A *administração eficiente* tem sua origem nos princípios da escola clássica de administração defendidos por Taylor, Fayol, Weber e seus seguidores e intérpretes. Nesse contexto, *eficiência* é a capacidade de se produzir o máximo de resultados com o mínimo de recursos, energia e tempo ou de se obter a máxima relação produto/insumo (Sander, 1995). No caso da administração da educação, eficiência é o critério, de natureza *econômica*, extrínseco e instrumental, que mede e revela a capacidade administrativa de alcançar um elevado grau de *produtividade*.

A *administração eficaz* tem sua origem nos princípios da escola psicossociológica de administração defendidos por Mayo, Barnard, Simon e seus intérpretes. Nesse contexto, *eficácia* é a capacidade de se alcançar as metas estabelecidas ou resultados propostos. No caso da educação, a eficácia é o critério, de natureza *pedagógica*, intrínseco e instrumental,

que mede e revela a capacidade administrativa de alcançar os fins e objetivos da prática educacional.

A *administração efetiva* deriva das teorias contemporâneas de administração. Assim, *efetividade* é a capacidade de se produzir as respostas ou soluções para os problemas politicamente identificados pelos participantes da comunidade mais ampla. No caso da educação, a efetividade é o critério, de natureza *política*, extrínseco e substantivo, que mede e revela a capacidade administrativa de responder às exigências sociais e demandas políticas.

A *administração relevante* tem sua origem na teoria organizacional e administrativa. No caso da educação, *relevância* é o critério, de natureza *cultural*, extrínseco e substantivo, que mede a capacidade administrativa em termos dos significados e das conseqüências de sua atuação para a melhoria do desenvolvimento humano e da qualidade de vida na escola e na sociedade.

Sander (1995) caracteriza as relações entre os paradigmas definindo que a eficiência é subsumida pela eficácia; ambas são subsumidas pela efetividade e, finalmente, a eficiência, a eficácia e a efetividade são subsumidas pela relevância.

As instituições e sistemas educacionais convivem com esses quatro paradigmas, às vezes, de forma conflitiva e, às vezes, de forma pacífica dependendo dos critérios pelo qual se orientam.

Entre os quatro paradigmas proposto por Sander (1995) interessa-nos avaliar o desempenho de uma instituição de ensino medindo-o em termos de sua eficiência e, como visto, em termos das relações ótimas que se estabelecem entre produtos (resultados) e insumos (recursos). Na prática, essas relações são compreendidas ou comparadas face a padrões observados em instituições similares ou planos de trabalho tomados como referência. Por isso diz-se que essa “eficiência empírica” é relativa e diz respeito à melhor prática observada.

Durante sua operacionalização, o processo de avaliação de instituições de ensino superior, além do estabelecimento de critérios, requer indicadores adequados e previamente determinados que reflitam aspectos das atividades acadêmicas, objetivando uniformidade nos elementos a serem julgados.

Indicadores fornecem medidas para avaliar o desempenho de um sistema em termos quantitativos e qualitativos (Cuenin (1986) apud Cave et al., 1991). Cuenin aponta três tipos de indicadores: indicadores simples, indicadores de desempenho e indicadores gerais. Os primeiros são expressos em termos absolutos e fornecem uma descrição não viesada de um processo. Os indicadores de desempenho implicam um ponto de referência, um padrão, um objetivo, um comparador sendo, portanto, relativos. O terceiro tipo de indicador tem sua origem fora da instituição a partir de opiniões, levantamentos ou estatísticas gerais.

O PAIUB propõe um conjunto de indicadores para serem utilizados na avaliação institucional. No entanto, não existe consenso pré-determinado de quais indicadores devem ser utilizados na avaliação de instituições de ensino superior, de forma que sempre haverá um certo grau de arbitrariedade na escolha de qualquer conjunto dos mesmos (Schwartzman, 1996).

Devido ao propósito desta pesquisa, o interesse recai, particularmente, nos indicadores de desempenho tomando-os como informações simplificadas referentes às relações entre insumos, produtos e processos.

3 A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS – DEA

3.1 ORIGEM

Desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) para avaliar um programa educacional do governo americano para crianças carentes, o *Program Follow Through*, a Análise Envoltória de Dados (DEA) é um método usado na avaliação de eficiência de empresas e organizações públicas e privadas.

Apesar das inúmeras aplicações na área de educação (escolas públicas e universidades), de saúde pública (hospitais e clínicas), de agricultura e de bancos, em países como os Estados Unidos da América, Inglaterra, Bélgica e Noruega (Seiford, 1994), o emprego do método DEA, aqui no Brasil, ainda é muito recente e pouco divulgado. Dentre as aplicações brasileiras, podem ser citadas utilizações do método na avaliação de desempenho de escolas públicas (Moita, 1995), cursos de graduação (Lapa & Neiva, 1996), departamentos de ensino universitários (Nunes, 1998) e instituições de ensino superior (Marinho, 1996; Marinho et al., 1997).

3.2 PRESSUPOSTOS DA CONSTRUÇÃO DE MODELOS DEA

Considere um conjunto de unidades tomadoras de decisão (DMUs – *decision making units*), a exemplo de empresas, instituições, departamentos, divisões ou quaisquer tipo de unidades administrativas similares, que utilizam os mesmos insumos para gerar os mesmos produtos. Considere que os administradores de tais unidades administrativas dispõem de um conjunto de métodos, técnicas e processos semelhantes que são aplicados aos insumos disponíveis para gerar produtos selecionados. Considere ainda que as informações de preço de mercado dos insumos e produtos não existem, não estão disponíveis ou não estão bem definidos.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é um método não-paramétrico que permite, nesse contexto, avaliar a eficiência relativa das DMUs. Cada unidade é caracterizada por um plano de operação que relaciona as quantidades de insumos consumidos e os produtos

gerados. A eficiência é relativa porque compara a produtividade do plano executado da DMU^o em avaliação com as produtividades dos planos de operação executados pelas demais DMUs.

O método DEA constrói uma fronteira de eficiência a partir dos planos de operação observados. Trata-se, pois, de uma fronteira empírica. A fronteira de eficiência é formada de facetas (hiper-segmentos de réta) que ligam os planos eficientes de modo que todos os planos ineficientes sejam “envelopados” pela fronteira, isto é, de modo que nenhum plano ineficiente esteja na fronteira e todos os planos ineficientes estejam sob a fronteira.

Esse método identifica as fontes e o nível de ineficiência de cada DMU ineficiente medindo sua distância à fronteira de eficiência. Para cada alternativa de projeção da DMU ineficiente na fronteira, são identificadas metas e ações que eliminam os focos de ineficiência detectados. Assim, por exemplo, poderia ser verificado até que ponto o consumo pode ser reduzido equiproporcionalmente sem que haja necessidade de reduzir a quantidade de qualquer produto gerado ou até que ponto a produção pode ser aumentada equiproporcionalmente sem ser necessário aumentar a quantidade de qualquer insumo.

Charnes et al. (1994) destacam que o grande interesse pelo método deve-se, principalmente, a três características:

- i) a caracterização de cada DMU por um único indicador de eficiência relativa;
- ii) as metas de melhoria para uma unidade ineficiente baseadas nos planos de operação de DMUs eficientes observados;
- iii) a eliminação, pelo método DEA, do uso de abordagens indiretas e alternativas de especificar modelos estatísticos abstratos e de fazer inferências baseadas na análise de resíduos e de coeficientes paramétricos.

Tais características tornam a abordagem DEA, segundo Lapa e Neiva (1996), apropriada para realizar avaliação institucional de universidades públicas e privadas, bem como de unidades acadêmicas, centros de ensino e departamentos.

Dentro do aspecto de gestão administrativa, Boussofiane et al. (1991) destacam o uso do método DEA para melhorar o desempenho das unidades individualmente, verificando como torná-las eficientes a partir de:

- i) utilização de DMUs comparáveis;
- ii) identificação de práticas eficientes;

- iii) estabelecimento de metas viáveis;
- iv) identificação de estratégias eficientes;
- v) monitoramento de mudanças extras de eficiência; e
- vi) alocação de recursos.

Assuma, então, que existam J DMUs que empregam processos tecnológicos semelhantes para transformar N insumos em M produtos. Um plano de operação genérico da DMU^j , $j=1, \dots, J$, é representado pelo par de vetores $[X^j; Y^j]$, onde $X^j = \{x_{nj}; n=1, \dots, N\}$ é o vetor-consumo que transcreve as quantidades dos N insumos e $Y^j = \{y_{mj}; m=1, \dots, M\}$ é o vetor-produção que transcreve as quantidades dos M produtos. O plano $[X^j; Y^j]$ é viável sempre que a DMU^j puder gerar a produção Y^j com os insumos X^j . A tecnologia produtiva da DMU^j é o conjunto de todos os planos $[X^j; Y^j]$ viáveis para a DMU^j .

O método DEA utiliza programação linear para construir uma tecnologia produtiva empírica das J DMUs cujas eficiências estão sendo avaliadas, identificando quais DMUs determinam a fronteira de eficiência empírica, isto é, quais DMUs operam com a maior produtividade observada.

A eficiência da DMU^o é avaliada comparando-se a produtividade do plano de operação $[X^o; Y^o]$ por ela executado com as produtividades dos planos de operação $[X; Y]$ que a mesma pode executar. A produtividade PR^o do plano de operação $[X^o; Y^o]$ é medida pelo índice PR^o expresso na fórmula:

$$PR^o = Y^o \cdot U^o / X^o \cdot V^o$$

onde U^o e V^o são vetores que transcrevem os pesos relativos atribuídos pelos administradores da DMU^o aos produtos de Y^o e aos insumos de X^o . Para os administradores da DMU^o , a produtividade do plano de operação $[X; Y]$ é medida pelo índice PR expresso na fórmula:

$$PR = Y \cdot U^o / X \cdot V^o$$

visto que eles atribuem o mesmo valor ao mesmo insumo (produto) quer seja ele do plano $[X^o; Y^o]$ ou do plano $[X; Y]$. O plano $[X^o; Y^o]$ é eficiente quando não existir plano alternativo tal que $PR > PR^o$ na escala de operação da DMU^o .

A partir da aplicação do método DEA, os administradores da DMU^o obtêm informações sobre:

- i) a ineficiência do plano $[X^o; Y^o]$, em relação ao conjunto de planos de operação observados $[X^j; Y^j]$;
- ii) os planos de operação eficientes observados que são referência para a DMU^o;
- iii) as possíveis causas da ineficiência do plano de operação $[X^o; Y^o]$;
- iv) as ações corretivas que eliminam a ineficiência produtiva detectada.

Essencialmente, os vários modelos DEA permitem estabelecer quais subconjuntos das J DMUs determinam a fronteira empírica, assim como medir a ineficiência do plano de operação $[X^o; Y^o]$ relativamente a essa fronteira empírica.

Denote o conjunto de J planos observados $[X^j; Y^j]$ pelo par de matrizes $N = \{X^j\}$, onde a j -ésima linha corresponde ao consumo X^j , e a matriz $M = \{Y^j\}$, onde a j -ésima linha corresponde à produção Y^j . Observe que $[X^o; Y^o]$ é um dos planos observados e, portanto, X^o e Y^o estão incluídos nas matrizes N e M , respectivamente.

Os modelos DEA diferem fundamentalmente sob dois aspectos: (i) quanto à orientação de medir a distância do plano observado $[X^o; Y^o]$ à fronteira de eficiência e (ii) quanto às propriedades de retorno de escala e de descarte de produtos e insumos exibidas pela tecnologia produtiva. Há duas orientações de medir a distância à fronteira mais usadas: (i) orientação para a produção, na qual busca-se aumentar a produção para o consumo observado e (ii) orientação para o consumo, na qual busca-se o menor consumo para a produção observada.

As propriedades de retorno de escala indicam mudanças viáveis na relação entre o vetor-consumo X e o vetor-produção Y geradas por alterações nas quantidades dos insumos disponíveis. Tais propriedades regulam a viabilidade das contrações e expansões equiproporcionais dos planos de operação da tecnologia produtiva da DMU^o e caracterizam as fronteiras de eficiência. Quatro são as propriedades de retorno de escala tradicionais. De acordo com Färe et al. (1994), uma tecnologia produtiva apresenta:

- i) *retornos de escala constantes* quando for viável à DMU^o contrair até zero e expandir de forma ilimitada, equiproporcionalmente, todo plano de operação viável, isto é, sempre que $[X^o; Y^o]$ for um plano de operação viável, então também é viável todo plano $[\theta X^o; \theta Y^o]$ para qualquer $\theta > 0$;

- ii) *retornos de escala não-crescentes* quando for viável à DMU^o contrair equiproporcionalmente até zero todo plano de operação viável, isto é, sempre que $[X^o; Y^o]$ for um plano de operação viável então o plano $[\theta X^o; \theta Y^o]$ também é viável para todo $0 < \theta \leq 1$;
- iii) *retornos de escala não-decrescentes* quando for viável à DMU^o expandir equiproporcionalmente, de modo ilimitado, todo plano de operação viável, isto é, sempre que $[X^o; Y^o]$ for um plano de operação viável então o plano $[\theta X^o; \theta Y^o]$ também é viável para todo $\theta \geq 1$;
- iv) *retornos de escala variáveis* quando não for viável à DMU^o contrair equiproporcionalmente até zero ou expandir equiproporcionalmente, de modo ilimitado, qualquer plano de operação viável, isto é, se $[X^o; Y^o]$ é um plano de operação viável então não necessariamente serão viáveis os planos $[\theta X^o; \theta Y^o]$ para todo e qualquer $\theta > 0$. Observe que uma tecnologia com retornos variáveis caracteriza-se por exibir características de retornos não-decrescentes para escalas de operação pequenas e de retornos não-crescentes para escalas de operação grandes.

Descarte é uma característica da tecnologia que regula as possibilidades de uma DMU armazenar ou desfazer-se de insumos e/ou produtos sem prejudicar a operação produtiva. Os descartes podem ser fortes ou fracos. Cada insumo (produto) pode exibir um dos tipos de descarte, independentemente do tipo de descarte exibido pelos demais insumos (produtos) e pelos produtos (insumos). De acordo com Färe et al. (1994), uma tecnologia produtiva apresenta:

- i) *descarte fraco de insumo* quando há custo produtivo para aumentar o consumo de um insumo; por exemplo, uma tecnologia produtiva exibe descarte fraco de insumo quando $[X^o; Y^o]$ for um plano viável implicar que o plano $[\theta X^o; Y^o]$ também é viável para todo $\theta \geq 1$;
- ii) *descarte forte de insumo* quando não há custo produtivo para aumentar o consumo de um insumo; por exemplo, uma tecnologia produtiva exibe

- descarte forte de insumo quando $[X^0; Y^0]$ for um plano viável implicar que o plano $[X; Y^0]$ também é viável para todo $X \geq X^0$;
- iii) *descarte fraco de produto* quando há custo produtivo para diminuir a geração de um produto; por exemplo, uma tecnologia produtiva exhibe descarte fraco de produto quando $[X^0; Y^0]$ for um plano viável implicar que o plano $[X^0; \theta Y^0]$ também é viável para todo $0 < \theta \leq 1$;
- iv) *descarte forte de produto* quando não há custo produtivo para diminuir a geração de um produto; por exemplo, uma tecnologia produtiva exhibe descarte forte de produto quando $[X^0; Y^0]$ for um plano viável implicar que o plano $[X^0; Y]$ também é viável para todo $Y \leq Y^0$.

Os modelos DEA mais tradicionais são o CCR básico, que supõe retornos de escala constantes, e o BCC básico, que supõe retornos de escala variáveis. Esses modelos podem ser formulados com descarte forte ou fraco para os insumos e os produtos. A seguir são apresentados dois modelos orientados para a produção: um com descarte forte de insumos e com descarte forte de produtos e outro com descarte forte de insumos e com descarte fraco de produtos, que serão empregados nesta pesquisa. Charnes et al. (1994), Fried et al. (1993) e Färe et al. (1994) estudam detalhadamente os vários modelos básicos DEA.

3.3 MODELOS DE EFICIÊNCIA

3.3.1 Eficiência Produtiva

O modelo CCR básico original proposto por Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978, pressupõe retorno de escala constante e descarte forte de produtos e insumos. A eficiência estudada por esse modelo chama-se *eficiência produtiva*.

Os modelos DEA, sendo problemas de programação linear, podem ser formulados com duas representações: a forma da envoltória (primal) e a forma dos multiplicadores (dual). Assim, há duas formas do modelo CCR original, orientado para a produção, que estuda a eficiência produtiva do plano observado $[X^0; Y^0]$, como descrito no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Modelo CCR básico

a) Forma da Envoltória ¹	
	$\theta^{CFF} = \max_{\theta, Z, \Delta, \Psi} (\theta + \varepsilon \Delta \cdot \bar{1} + \varepsilon \Psi \cdot \bar{1})$
Sujeito a	$\theta Y^o - Z \cdot M + \Delta = \bar{0}$
	$Z \cdot N + \Psi = X^o$
com	$Z, \Delta, \Psi \geq \bar{0}$
	$\varepsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$
	$\theta \text{ irrestrito}$
b) Forma dos multiplicadores	
	$w^* = \min_{U, V} w = X^o \cdot V$
sujeito a	$Y^o \cdot U = 1$
	$N \cdot V - M \cdot U \geq \bar{0}$
	$V \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$
	$U \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$
com	$\varepsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$

¹ Z, Δ e Ψ são vetores-linha de dimensões J, M e N, respectivamente.

$\bar{1}$ é um vetor-coluna, de dimensão adequada, cujos elementos são todos iguais a 1.

$\bar{0}$ é um vetor-linha, de dimensão adequada, cujos elementos são todos iguais a 0.

Como detalhadamente discutido em Charnes et al. (1994) e Fried et al. (1993), observe que:

- 1) a presença da constante ε não-arquimediana (infinitesimal) força que se dê prioridade à maximização sobre θ àquela envolvendo as folgas Δ e Ψ ;
- 2) o valor θ^* indica a expansão máxima possível da produção Y^o que pode ser alcançada com os insumos X^o ;
- 3) os valores de Δ^* e Ψ^* identificam fontes e ineficiência específicas no emprego dos produtos e insumos correspondentes;
- 4) ambos problemas sempre têm solução ótima $\theta^{CFF} = w^* \geq 1$;
- 5) o valor ótimo θ^{CFF} fornece uma medida de ineficiência que expressa a distância que a DMU^o está da fronteira (traduzida por θ^*), os excessos de insumos existentes após a expansão máxima de produção (traduzidos por Ψ^*) e as folgas de quantidades que poderiam ser geradas após a expansão máxima de produção (expressas por Δ^*);
- 6) a DMU^o é eficiente se, e somente se, $\theta^{CFF}=1$. Quando $\theta^{CFF}>1$, a DMU^o não é eficiente. Se $\theta^* > 1$, a produção pode aumentar equiproporcionalmente desse valor; quando $\theta^*=1$, a produção não pode ser aumentada equiproporcionalmente;
- 7) a maior produção equiproporcional que pode ser gerada com X^o é $\theta^*.Y^o$;
- 8) associado a todo plano $[X^o;Y^o]$ há um plano eficiente $[X^*;Y^*]=[Z^*.N;Z^*.M]$ tal que $X^o = \Psi^* + Z^*.N \geq Z^*.N$ e $\theta^*.Y^o = Z^*.M - \Delta^* \leq Z^*.M$;
- 9) U^* (V^*) são pesos que podem ser interpretados como as taxas de substituição dos produtos (insumos), no contexto do equilíbrio econômico de Pareto-Koopmans.

Quando $\theta^{CFF} > 1$ o plano $[X^o;Y^o]$ executado pela DMU^o apresenta ineficiência produtiva $\Omega^*=1/\theta^{CFF}$.

Com a finalidade de melhor conduzir o estudo, adotou-se a seguinte notação referente à expansão máxima viável relativa às diferentes tecnologias utilizadas:

θ^{abc} , onde

- i) a refere-se ao tipo de retorno de escala (C – constante e V – variável);
- ii) b refere-se ao tipo de descarte de produto (F – forte e fr – fraco) e
- iii) c refere-se ao tipo de descarte do insumo (F – forte e fr – fraco).

3.3.2 Eficiência Técnica e Eficiência de Escala

O modelo BCC básico admite que a tecnologia produtiva apresenta retornos de escala crescentes, constantes e decrescentes em diferentes regiões da fronteira de eficiência, tendo sido proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984) para relaxar a imposição de retornos constantes do modelo CCR.

A formulação matemática do modelo BCC, descrita no Quadro 3.2, é similar à do modelo CCR. A única diferença é a exigência de convexidade na combinação de DMUs decorrente da restrição $Z \cdot \bar{1} = 1$.

A presença da restrição de convexidade ($Z \cdot \bar{1} = 1$) diminui a região viável para o modelo BCC. O resultado é o aumento no número de DMUs eficientes. Uma DMU caracterizada como eficiente no modelo CCR também será caracterizada como eficiente no modelo BCC. O contrário não necessariamente acontece.

O modelo BCC permite decompor em duas componentes a ineficiência produtiva calculada para o modelo CCR. Uma componente, denominada *ineficiência de escala*, associada ao porte da DMU, fator que impede a DMU de operar com a produtividade máxima observada. A outra componente, chamada *ineficiência técnica*, não é associada ao porte da DMU.

Quando $\theta^{VFF} > 1$ o plano $[X^0; Y^0]$ executado pela DMU^o apresenta *ineficiência técnica* (Ω_T). Essa componente da ineficiência produtiva Ω^* é calculada como segue: $\Omega_T = 1/\theta^{VFF}$.

A componente da ineficiência produtiva Ω^* decorrente da *inadequação da escala de operação* (Ω_E) é medida pela razão entre a expansão máxima viável, calculada no modelo BCC básico para uma tecnologia que apresenta retornos de escala variáveis e exibe descarte forte de produtos e insumos (θ^{VFF}) e a expansão máxima viável, calculada pelo modelo CCR básico para uma tecnologia que apresenta retornos de escala constantes e exibe descarte forte de produtos e insumos (θ^{CFF}). Assim

$$\Omega_E = \frac{\theta^{VFF}}{\theta^{CFF}} = \frac{\Omega^*}{\Omega_T} \quad \text{e} \quad \Omega^* = \Omega_E \cdot \Omega_T.$$

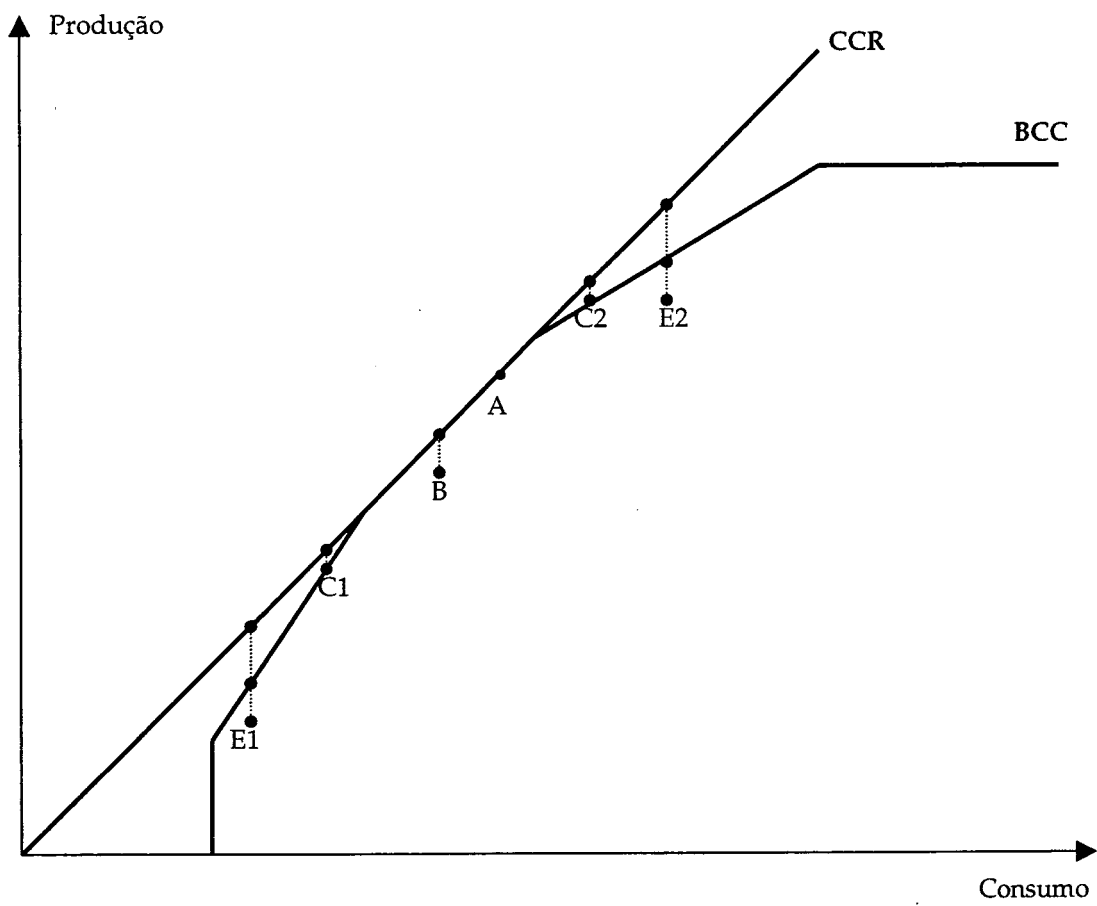
Quadro 3.2– Modelo BCC básico, com descarte forte dos produtos

a) Forma da envoltória	
	$\theta^{VFF} = \max_{\theta, Z, \Delta, \Psi} (\theta + \varepsilon \cdot \Delta \cdot \bar{1} + \varepsilon \cdot \Psi \cdot \bar{1})$
Sujeito a	$\theta \cdot Y^o - Z \cdot M + \Delta = \bar{\theta}$
	$Z \cdot N + \Psi = X^o$
com	$Z \cdot \bar{1} = 1$
	$Z, \Delta, \Psi \geq \bar{0}$
	$\varepsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$
	$\theta \text{ Irrestrito}$
b) Forma dos multiplicadores	
	$w^* = \min_{U, V, \omega} w = X^o \cdot V + \omega$
sujeito a	$Y^o \cdot U = 1$
	$N \cdot V - M \cdot U + \omega \cdot \bar{1} \geq \bar{0}$
	$V \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$
	$U \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$
com	$\varepsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$
	$\omega \text{ irrestrito}$

A Figura 3.1 ilustra o “rationale” empregado nas análises com o método DEA, considerados os dois modelos descritos. Observe que uma DMU^o com plano de operação $[X^o, Y^o]$,

- como o “A”, localizado no segmento comum às fronteiras de eficiência em ambos os modelos, não pode ter seu desempenho melhorado por ação quer sobre os recursos, quer sobre a escala de operação (porte da unidade), pois tal plano é eficiente do ponto de vista produtivo;
- como o B, localizado abaixo do segmento que define as fronteiras de eficiência em ambos os modelos, pode ter seu desempenho melhorado, apesar de sua escala de operação ser adequada para alcançar a produtividade máxima, visto que o plano $[X^o, Y^o]$ é eficiente do ponto de vista da escala de operação, mas ineficiente do ponto de vista técnico;
- como C1 ou C2, localizado na fronteira de tecnologia de retornos variáveis (modelo BCC), mas abaixo da fronteira de tecnologia com retornos constantes (modelo CCR), pode ter seu desempenho melhorado somente com mudanças na sua escala de operação, visto ter alcançado a produtividade máxima permitida para sua escala de operação; o plano $[X^o, Y^o]$ apresenta ineficiência produtiva pois os dados indicam que tal plano é eficiente do ponto de vista técnico e ineficiente em relação à escala de operação;
- como E1 ou E2, localizado abaixo das duas fronteiras de eficiência, podem ter seu desempenho melhorado com mudanças na escala de operação ou com ação sobre os recursos, visto que o plano $[X^o, Y^o]$ apresenta ineficiência produtiva originária tanto de ineficiência técnica quanto de ineficiência decorrente da escala de operação; os dados indicam que a produtividade máxima observada somente será alcançada se for mudado o porte da DMU^o.

Figura 3.1 – “Rationale” dos modelos BCC e CCR



3.3.3 Eficiência Gerencial e Eficiência de Congestionamento

A propriedade de descarte forte pode ser relaxada nos modelos DEA de modo a ser verificada a existência de *ineficiência decorrente de congestionamento* no processo produtivo. O Quadro 3.3 transcreve um modelo DEA que assume retornos de escala variáveis, descarte forte de insumos e descarte fraco de produtos. Trata-se de uma extensão do modelo BCC básico no qual a restrição de descarte forte de produtos ($Z.M \geq Y^0$) foi substituída pela restrição de descarte fraco de produto ($Z.M = \theta.Y^0, \theta > 0$). Esta extensão do modelo BCC básico permite decompor a ineficiência técnica em duas componentes: uma decorrente da existência de congestionamento no processo produtivo, e outra, denominada de *ineficiência gerencial*, decorrente de fatores não associados a congestionamento na produção.

Quando $\theta^{VfrF} > 1$ o plano $[X^0; Y^0]$ apresenta ineficiência gerencial (Ω_G). Essa componente da ineficiência produtiva Ω^* é calculada pela fórmula $\Omega_G = 1/\theta^{VfrF}$.

A componente da ineficiência produtiva Ω^* decorrente do congestionamento na produção (Ω_C) é medida pela razão entre a expansão máxima viável, calculada com a extensão do modelo BCC básico para uma tecnologia com retornos de escala variáveis, descarte fraco de produto e descarte forte de insumo (θ^{VfrF}) e a expansão máxima viável, calculada pelo modelo BCC básico, para uma tecnologia com retornos de escala variáveis e descarte forte de produtos e insumos. Assim

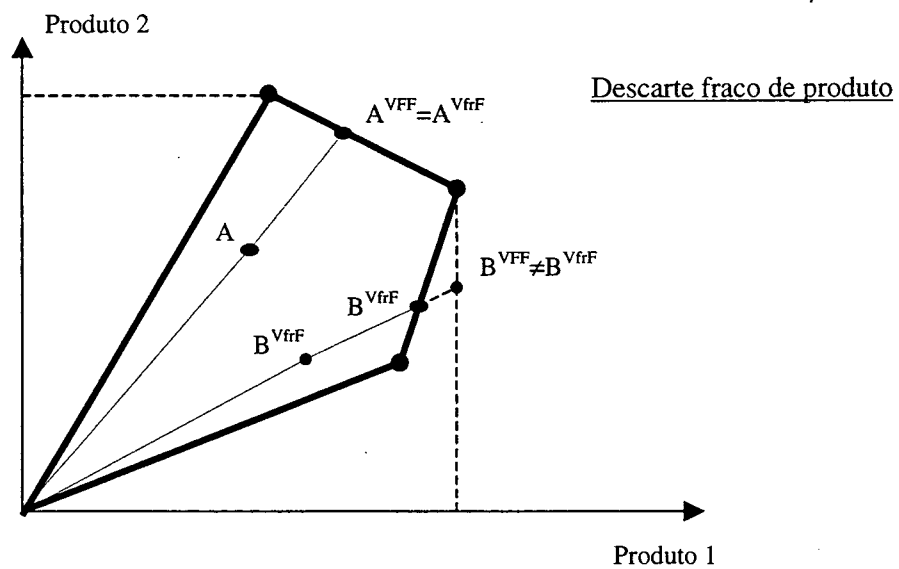
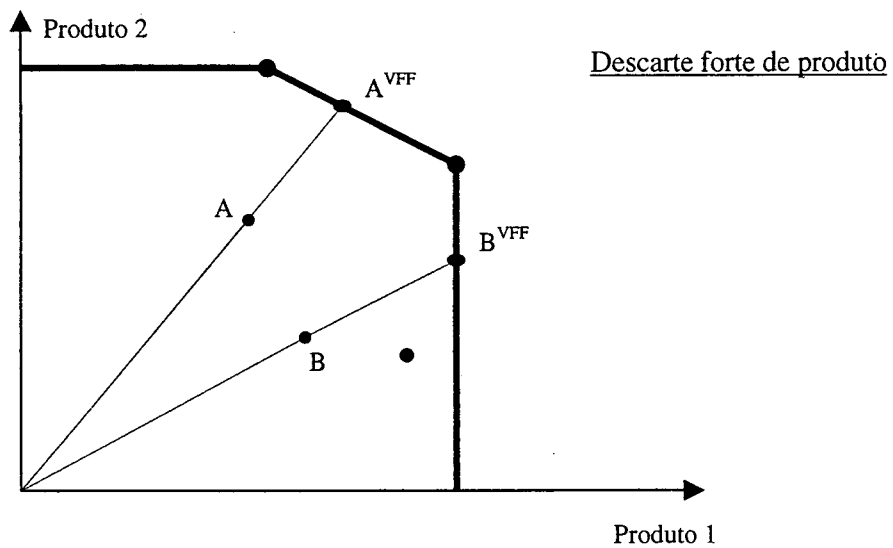
$$\Omega_C = \frac{\theta^{VfrF}}{\theta^{VFF}} = \frac{\Omega_T}{\Omega_G} ; \quad \Omega_T = \Omega_C \cdot \Omega_G \quad \text{e} \quad \Omega^* = \Omega_E \cdot \Omega_C \cdot \Omega_G$$

A Figura 3.2 ilustra o “rationale” empregado nas análises com o método DEA para decompor a ineficiência técnica. O Plano A não apresenta congestionamento de produto uma vez que suas expansões equiproporcionais, no modelo BCC básico e na extensão DEA com descarte fraco de produto, são iguais. O Plano B apresenta ineficiência de congestionamento pois o descarte fraco faz com que a máxima expansão de produção do plano B^{VfrF} seja menor que a máxima expansão com descarte forte B^{VFF}.

Quadro 3.3 – Modelo BCC, com descarte fraco de produto

a) Forma da envoltória			
	$\theta^{VRF} = \max_{\theta, Z, \Delta, \Psi} (\theta$	$+ \epsilon \cdot \psi \cdot \bar{I})$	
Sujeito a	$\theta \cdot Y^o - Z \cdot M$	$= \bar{0}$	
	$Z \cdot N$	$+ \psi = X^o$	
	$Z \cdot \bar{I}$	$= 1$	
com	$Z,$	$\psi \geq \bar{0}$	
		$\epsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$	
		θ irrestrito	
b) Forma dos multiplicadores			
	$w^* = \min_{U, V, \omega} w = X^o \cdot V +$	ω	
sujeito a	$Y^o \cdot U$	$= 1$	
	$- M \cdot V + N \cdot U + \omega \cdot \bar{I}$	$\geq \bar{0}$	
	V	$\geq \epsilon \cdot \bar{I}$	
com		$\epsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$	
		ω irrestrito	

Figura 3.2 – Decomposição da ineficiência técnica



3.3.4 Identificação das Causas do Congestionamento Detectado

Numa segunda extensão do modelo BCC básico a propriedade de descarte forte de produto será parcialmente relaxada a fim de serem identificadas as possíveis causas do congestionamento detectado.

Para tal, a matriz M de produtos observados é particionada em duas sub-matrizes $M = (M^\alpha, M^{\hat{\alpha}})$ onde $\alpha \subseteq \{1, \dots, M\}$ e $\hat{\alpha} = \{1, \dots, M\} \setminus \alpha$ e o vetor de produtos Y particionado, também, em dois sub-vetores correspondentes $Y = (Y_\alpha, Y_{\hat{\alpha}})$. O Quadro 3.4 apresenta a formulação matemática desta segunda extensão.

A solução desta segunda extensão decompõe em duas componentes a ineficiência técnica Ω_T calculada com o modelo BCC básico. Uma componente decorrente do congestionamento provocado pelos produtos representados na sub-matriz $M^{\hat{\alpha}}$ e outra componente decorrente da ineficiência gerencial. A análise é semelhante à da primeira extensão do modelo BCC descrito na seção acima.

A aplicação iterativa desta segunda extensão permite determinar qual subconjunto de produtos está provocando congestionamento no plano $[X^0; Y^0]$. Começa-se analisando cada produto, depois cada par de produtos, até que $\theta^{V_{fr}^F}$ seja igual a $\theta^{V_{fro}^F}$. Nessa ocasião, o processo iterativo pára, uma vez que está identificado o subconjunto de produtos que causa congestionamento no plano $[X^0; Y^0]$: os produtos de $M^{\hat{\alpha}}$.

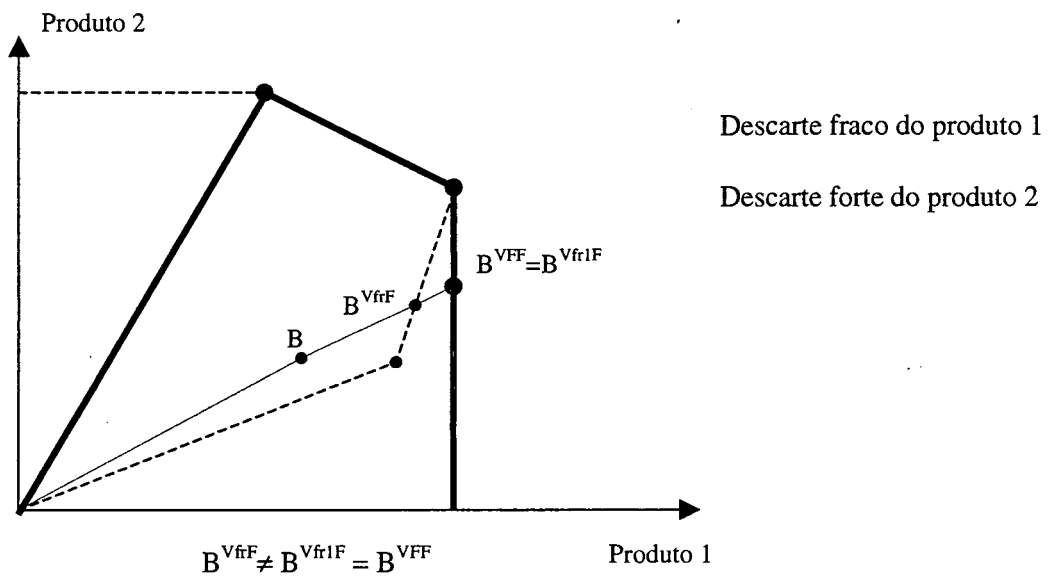
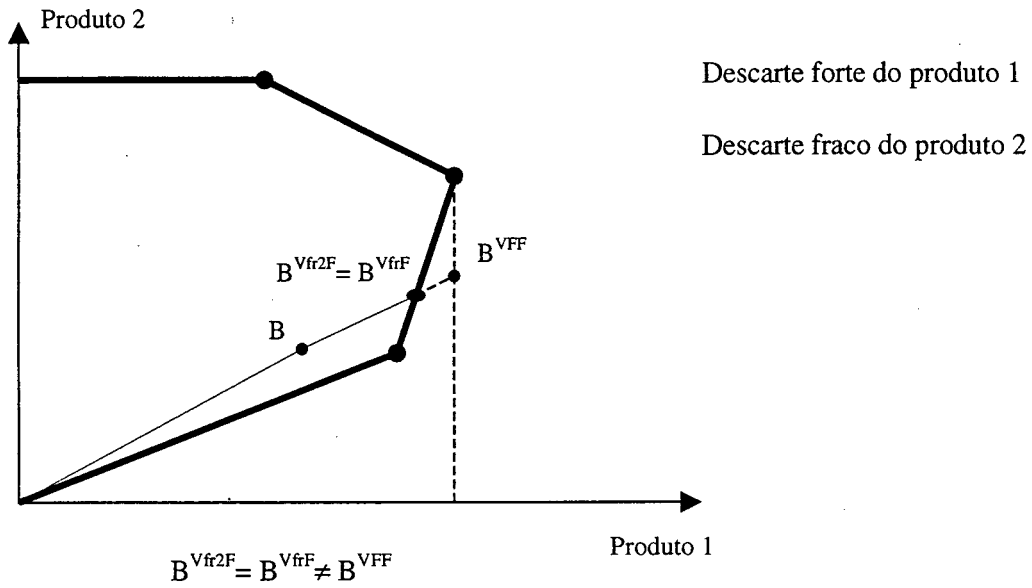
A Figura 3.3 ilustra o “rationale” usado para identificar os produtos que causam congestionamento. A ineficiência de congestionamento do Plano B é provocada pelo produto 2 exibir descarte fraco para o “mix” de produção desse Plano.

A apresentação dos modelos DEA, de suas características e de suas respectivas formulações em programação linear, bem como das medidas de ineficiência componentes da ineficiência produtiva que serão utilizadas nesta pesquisa para avaliar a eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas, tem por finalidade facilitar a compreensão dos resultados obtidos a partir da aplicação do método, apresentados no capítulo 6.

Quadro 3.4 – Modelo BCC, com descarte fraco parcial dos produtos

a) Forma da envoltória			
	$\theta^{Vfr\alpha F} = \max_{\theta, Z, \Delta, \Psi} (\theta$	$+ \varepsilon \Delta^\alpha \bar{1} + \varepsilon \Psi \bar{1})$	
Sujeito a	$\theta \cdot Y_\alpha^o - Z \cdot M^\alpha + \Delta^\alpha = \bar{0}$		
	$\theta \cdot Y_{\hat{\alpha}}^o - Z \cdot M^{\hat{\alpha}} +$	$= \bar{0}$	
	$Z \cdot N$	$+ \Psi = X^o$	
	$Z \cdot \bar{1}$	$= 1$	
com	$Z, \Delta^\alpha, \Psi \geq \bar{0}$		
		$\varepsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$	
		$\theta \text{ Irrestrito}$	
b) Forma dos multiplicadores			
	$w^* = \min_{U, V, \omega} w = X^o \cdot V +$	ω	
sujeito a	$Y_\alpha^o \cdot U^\alpha + Y_{\hat{\alpha}}^o \cdot U^{\hat{\alpha}} = 1$		
	$N \cdot V - M^\alpha \cdot U^\alpha - M^{\hat{\alpha}} \cdot U^{\hat{\alpha}} + \omega \cdot \bar{1} \geq \bar{0}$		
	V	$\geq \varepsilon \cdot \bar{1}$	
	U^α	$\geq \varepsilon \cdot \bar{1}$	
com		$\varepsilon > 0, \text{ não-arquimediano}$	
		$\omega \text{ irrestrito}$	

Figura 3.3 – Decomposição da ineficiência de congestionamento



4 O OBJETO DA AVALIAÇÃO

Após tomar a eficiência produtiva como dimensão da avaliação, buscou-se identificar, dentro da Universidade do Amazonas, uma DMU que reúna em si mesma todos os fatores necessários e suficientes para a operacionalização de suas funções essenciais.

Considerando este aspecto faz-se uma descrição da UA e das *Unidades Acadêmicas* cujas funções concorrem para o objetivo a que esta pesquisa se propõe.

4.1 A UNIVERSIDADE DO AMAZONAS

A Fundação Universidade do Amazonas (FUA) foi criada pela Lei nº 4.069 de 1962, com o objetivo de fundar e manter a Universidade do Amazonas – UA, tendo seu Estatuto sido aprovado pelo Decreto nº 53.699, de 13.03.1964.

Instalada em 17.01.1965, a UA conta hoje com 10 Unidades Acadêmicas localizadas em Manaus, onde funcionam 33 cursos de graduação, e com seis Centros Universitários localizados no interior do Estado, onde são oferecidos cursos de licenciatura e bacharelado na área de Educação, Humanidades e Ciências Exatas.

Esta pesquisa limita-se somente às Unidades Acadêmicas sediadas em Manaus por não se dispor de dados referentes aos Centros Universitários da Universidade do Amazonas.

O Quadro 4.1 apresenta as Unidades Acadêmicas e os cursos de suas responsabilidades, com suas respectivas habilitações e turnos. Nos anos considerados (1994 e 1995), o curso de Psicologia e o turno noturno do Curso de Letras ainda não haviam sido criados.

Quadro 4.1 - Cursos por Unidade Acadêmica

Unidade Acadêmica	Cursos
Instituto de Ciências Exatas – ICE	Estatística Física Geologia Matemática Processamento de Dados Química
Instituto de Ciências Biológicas – ICB	Ciências Biológicas Licenciatura de 1º Grau em Ciências
Instituto de Ciências Humanas e Letras – ICHL	Biblioteconomia Comunicação Social – Jornalismo Comunicação Social – Relações Públicas Letras-Vespertino Letras-Noturno Filosofia Serviço Social Geografia História Educação Artística Ciências Sociais
Faculdade de Educação – FACED	Pedagogia-Matutino Pedagogia-Vespertino Psicologia
Faculdade de Ciências da Saúde – FCS	Medicina Odontologia Farmácia
Faculdade de Educação Física – FEF	Educação Física
Faculdade de Direito – FD	Direito-Diurno Direito-Noturno
Faculdade de Ciências Agrárias – FCA	Agronomia Engenharia Florestal Engenharia de Pesca
Faculdade de Tecnologia – FT	Engenharia Civil Engenharia Elétrica Desenho Industrial
Faculdade de Estudos Sociais – FES	Administração-Diurno Administração-Noturno Ciências Contábeis-Diurno Ciências Contábeis-Noturno Ciências Econômicas-Diurno Ciências Econômicas-Noturno

No ano de 1996, a UA contava com um total de 13.660 alunos cadastrados em Manaus, dos quais 8.550 estavam matriculados em pelo menos uma disciplina. Formaram-se 831 alunos. Ainda em 1996, a UA dispunha, em Manaus, de 123 laboratórios distribuídos em sete Unidades Acadêmicas (a FACED, a FES e a FD não dispõem de laboratório), de 757 professores e de 143 salas de aula (UA, 1997). O apoio às atividades de ensino, extensão, pesquisa e gestão é assegurado pelos órgãos suplementares: a Biblioteca Central, o Restaurante Universitário, a Imprensa Universitária, o Centro de Processamento de Dados, o Centro de Ciências do Ambiente, o Centro de Artes, o Museu Amazônico e o Hospital Universitário Getúlio Vargas.

4.2 AS UNIDADES ACADÊMICAS DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS

O objeto de investigação são as Unidades Acadêmicas (faculdades e institutos) da Universidade do Amazonas, localizadas em Manaus, tendo em vista que uma Unidade Acadêmica *é um sistema de produção e de tomada de decisões relativamente aos insumos de que dispõe e aos produtos que gera.*

Observa-se que, de fato, a Unidade Acadêmica reúne todos os fatores necessários e suficientes para a operacionalização da administração e para o desenvolvimento do ensino, pesquisa e extensão. Cada Unidade responde pela organização das tarefas de seus professores, alunos e técnicos administrativos; pelo planejamento, coordenação, estímulo e controle do trabalho acadêmico e administrativo; e, também, pela promoção de condições para a transferência de conhecimentos e de serviços na sua órbita de ação e área de conhecimento e especialização, isoladamente ou através da associação com outras unidades especializadas, pertencentes ou não à Universidade.

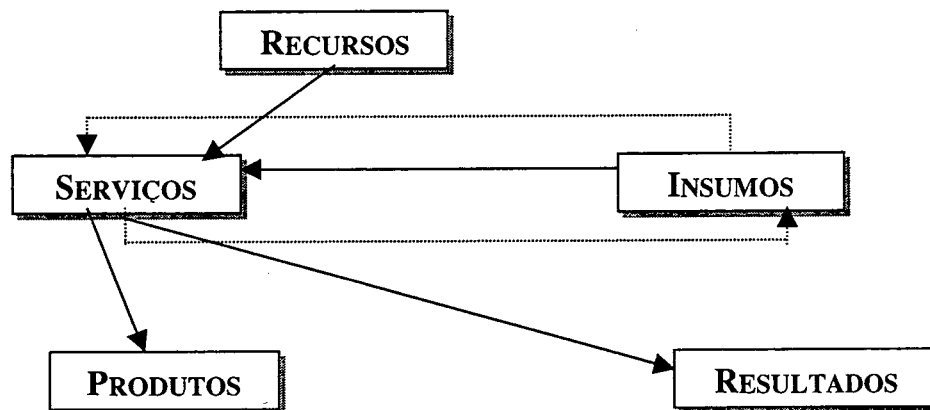
Na Unidade Acadêmica, professores, alunos e técnicos concorrem para a realização dos fins da universidade, o cumprimento de sua missão e objetivos e o alcance de metas e prioridades estabelecidas pelo planejamento, formando profissionais dos alunos nela matriculados, preservando, criando e disseminando conhecimento na sua área de atuação e transferindo para a sociedade conhecimentos e habilidades nela desenvolvidos.

Nesse sentido, a avaliação das condições em que se processa o trabalho da Unidade Acadêmica e do resultado dos esforços nela desenvolvidos constitui-se em importante instrumento de identificação de pontos fortes e fracos e de levantamento de alternativas de melhoria de seu desempenho e do desempenho da Universidade, como um todo.

4.3 A UNIDADE ACADÊMICA COMO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Baseados no modelo de produção concebido por Knox Lovell et al. (1994), Lapa e Neiva (1996) esquematizaram um modelo de produção educacional, mostrado na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Modelo de produção educacional



Nesse modelo são considerados:

- recursos, todas as disponibilidades patrimoniais (terrenos, prédios, instalações e outros acervos materiais permanentes), humanas (pessoal docente e técnico-administrativo) e tecnológicas (normas de organização e funcionamento, manuais de disciplina e de operação, processos de produção e de gestão, sistemas de informação e controle) pertencentes à organização em caráter permanente, isto é, que não são imediatamente consumidos ou alterados nos processos de produção/transformação;
- insumos, todas as disponibilidades de materiais (papel, giz e outros materiais de consumo), de usuários (estudantes, alunos, ouvintes especiais),

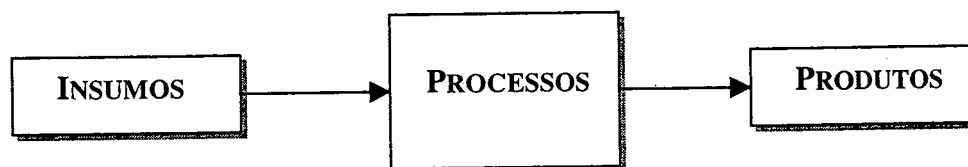
financeiras e outras disponibilidades de serviços (água, luz, telefone), incorporadas temporariamente à organização e que são consumidas ou alteradas ao longo dos processos de produção/transformação, que são imediatamente absorvidas ou, tendo modificado o seu status original, adquirem a forma de insumos semi-elaborados ou produtos intermediários (que permanecem em processo);

- serviços, unidades estruturadas ou programas, constituídos com recursos, insumos e processos tecnológicos, que desenvolvem uma ou mais atividades e projetos específicos, com a finalidade de transformar recursos e insumos em outros insumos (semi-elaborados) ou produtos (intermediários e finais);
- produtos, o resultado intermediário de um determinado processo, que serve como insumo de um ou de um conjunto de processos sucessivos, ou o produto final de um conjunto de processos, que é transferido de uma para outra unidade de serviço ou da organização para o seu meio, que pode ser aferido e avaliado imediatamente, através da análise de seus atributos formais;
- resultados, a acumulação de impactos ou conseqüências ocorridos no meio externo à organização, direta ou indiretamente decorrentes do trabalho realizado no interior da organização.

A Figura 4.1 tem como única finalidade expor e racionalizar o processo produtivo de uma organização educacional e decompô-lo em suas partes e componentes. Assim, o modelo esquemático mostra, apenas, que recursos (professores e infra-estrutura física) e insumos (alunos e infra-estrutura de apoio) alocados a unidades de serviço (faculdades, institutos, centros, unidades, departamentos, programas, projetos e atividades) passam por processo (ditos “de produção/transformação”, como os de ensino/aprendizagem, pesquisa, extensão, administração), gerando produtos intermediários (alunos aprovados em disciplinas, por exemplo), produtos finais (alunos formados, artigos publicados, consultorias realizadas, serviços prestados) e resultados (conhecimento acumulado, gerações de profissionais e intelectuais, por exemplo), de modo a explicitar o sistema sobre o qual se aplicará a avaliação de desempenho.

Nesta pesquisa, dadas as características dos dados disponíveis, os fatores “insumos e recursos” passam a ser indistintamente denominados “insumos” enquanto que os fatores “produtos e resultados” passam a ser indistintamente denominados “produtos”. Nesse contexto, o modelo de produção educacional adotado nesta pesquisa se reduz ao ilustrado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Modelo de produção educacional da pesquisa



5 O BANCO DE DADOS

5.1 OS DADOS

Os dados utilizados na presente pesquisa são referentes ao período 1993-1996 e oriundos de fontes secundárias, o II Plano Diretor Físico da Universidade do Amazonas – 1997/2005.

No Plano não há qualquer menção sobre a forma como os dados foram coletados e percebe-se não ter havido preocupação em construir séries históricas, pois dados de algumas Unidades Acadêmicas, no quadriênio 1993-1996, são do período 1993-1995 e de outras Unidades do período 1994-1996. Assim, a primeira providência tomada para a construção de uma base de dados confiável e comparável foi o abandono dos dados incompletos referentes aos anos de 93 e 96, restringindo-se este trabalho ao anos de 1994 e 1995.

Das informações contidas no Plano, as variáveis referentes à produção científica (pesquisas em andamento, pesquisas concluídas e trabalhos produzidos), bem como aquelas referentes à pós-graduação (especialização, mestrado, doutorado) foram abandonadas devido à precariedade e inconsistência dos dados ou pelos mesmos não estarem dispostos de forma inteligível. Restaram sete variáveis das Unidades Acadêmicas das quais duas referiam-se ao Concurso Vestibular, quatro ao corpo discente do ensino de graduação, e uma ao corpo docente. As variáveis selecionadas, bem como as notações utilizadas para defini-las, são as seguintes:

- VAG – número de vagas oferecidas no Concurso Vestibular;
- INSC – número de inscritos no Concurso Vestibular;
- ING – número de alunos ingressantes a cada ano pelas formas de acesso previstas na legislação e nos Regimentos (Concurso Vestibular, transferência, compulsória ou voluntária, de outras IES, readmissão e reingresso);

- FORM – número de alunos que concluem, a cada ano, seu ciclo de estudos;
- MAT – número de alunos matriculados em ao menos uma disciplina a cada ano;
- CAD – número de alunos cadastrados no sistema da UA;
- DOC – número de docentes do quadro permanente de qualquer titulação, categoria funcional e regime de trabalho.

A Tabela 5.1 transcreve esses dados. Observa-se que, em geral, o número de ingressantes é superior ao número de vagas ofertadas. No Plano não existe explicação para esta anomalia. As Unidades Acadêmicas da UA foram contatadas com solicitação para verificar e corrigir tais números, se fosse o caso. Nenhuma Unidade Acadêmica manifestou-se. Portanto, foram considerados corretos os dados apresentados na Tabela 5.1.

5.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

O objetivo da análise exploratória dos dados é fazer uma descrição dos dados e para isso, num primeiro momento, foram utilizadas estatísticas descritivas simples. A seguir, foi aplicada Análise de Componentes Principais.

5.2.1 Estatísticas Descritivas Simples

A análise dos dados estatísticos está ligada essencialmente ao cálculo de medidas, cuja finalidade principal é descrever o fenômeno. Assim, o conjunto de dados a ser analisado pode ser expresso por números-resumo, as estatísticas, que evidenciam características particulares desse conjunto. O significado exato de cada um dos valores obtidos através do cálculo das várias medidas estatísticas disponíveis deve ser bem interpretado a fim de que não se tirem conclusões erradas ou tendenciosas.

Tabela 5.1 – Variáveis observadas nas Unidades Acadêmicas da UA nos anos de 94 e 95

DMUs	Vestibular		Graduação				Docente
	Vagas	Inscrições	Ingressantes	Formados	Matriculados	Cadastrados	
ICE-94	210	1438	258	48	1608	3084	92
ICE-95	210	1547	226	60	1677	3375	92
ICB-94	60	487	73	31	504	704	45
ICB-95	60	549	65	25	493	851	45
ICHL-94	380	3290	340	58	3151	5158	149
ICHL-95	380	5059	401	179	3223	5585	149
FACED-94	120	1344	171	77	1057	1627	65
FACED-95	120	1131	139	81	1093	1742	65
FCS-94	140	2092	205	111	1582	1984	167
FCS-95	140	2672	163	126	1549	2110	167
FEF-94	60	361	73	6	455	704	25
FEF-95	60	369	62	26	504	737	25
FD-94	90	3819	195	115	1199	1644	33
FD-95	90	3599	135	98	1204	1499	33
FCA-94	90	653	94	21	746	1101	50
FCA-95	90	831	99	26	793	1264	50
FT-94	155	1166	203	69	1566	2414	71
FT-95	155	1153	164	63	1586	2573	71
FES-94	320	4496	557	107	3703	5355	61
FES-95	320	4701	582	182	3796	5900	61

Fonte: II Plano Diretor Físico da Universidade do Amazonas – 1997/2005

Um dos aspectos mais importantes numa análise estatística é a obtenção de medidas de tendência central e de medidas de dispersão dos dados. As medidas obtidas encontram-se resumidas na Tabela 5.2.

Verifica-se que o número médio de vagas ofertadas no Vestibular (VAG) pelas 10 Unidades Acadêmicas situa-se em 162,5, enquanto que o máximo observado é de 380, correspondente ao ICHL, e o mínimo de 60, ao ICB. O desvio padrão de 106,75 indica alta variabilidade nos dados.

Observa-se, de maneira geral, que os menores valores das variáveis correspondem ao ICB e à FEF, evidenciando que o porte dessas Unidades Acadêmicas é relativamente pequeno; por outro lado, como os maiores valores das variáveis, com exceção da variável DOC, correspondem ao ICHL e à FES, o porte dessas Unidades é relativamente grande. Ademais, o desvio padrão, sempre muito alto, indica alta variabilidade nos dados observados.

Uma medida relativa de dispersão comumente utilizada é o “coeficiente de variação”, ou seja, a razão entre o desvio padrão e a média aritmética das observações. O coeficiente de variação indica a dispersão dos dados observados em relação à média. Tomando, como exemplo, a variável VAG, pode-se dizer que a variação relativa é de aproximadamente 66%. Observa-se, para o restante das variáveis estudadas, que, em termos de variabilidade relativa, as mesmas comportam-se de maneira semelhante à variável VAG.

Observa-se também que, para todas as variáveis, 100% das observações estão no intervalo “média \pm 3 DP” que serve como regra empírica para a verificação da proveniência dos dados de distribuições simétricas que se comportam na “forma de sino”. Por esta análise nenhum afastamento dessa hipótese é verificado, ou seja, não há evidências da presença de valores discrepantes ou *outliers*.

Outra medida descritiva tradicional é o coeficiente de correlação cujo valor indica o grau de associação linear entre duas variáveis. A Tabela 5.3 transcreve a matriz de correlações lineares das sete variáveis observadas. Note-se que:

Tabela 5.2 – Medidas estatísticas relativas às variáveis observadas nas Unidades Acadêmicas da UA nos anos de 94 e 95

Variáveis	Medidas Estatísticas					
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão (DP)	Coef. Var.	Média ± 3 DP
VAG	60	380	162,50	106,75	0,66	(-157,75; 482,76)
INSC	361	5059	2037,85	1570,88	0,77	(-2674,79; 6750,48)
ING	62	582	210,25	151,79	0,72	(-245,12; 665,63)
FORM	6	182	75,45	50,10	0,66	(-74,85; 225,75)
MAT	455	3796	1574,45	1063,04	0,68	(-1614,67; 4763,57)
CAD	704	5900	2470,55	1726,70	0,70	(-2709,55; 7650,66)
DOC	25	167	75,80	46,25	0,61	(-62,95; 214,56)

Tabela 5.3 – Matriz de correlações lineares

	VAG	INSC	ING	FORM	MAT	CAD	DOC
VAG	1	0,738	0,888	0,603	0,952	0,981	0,557
INSC	0,738	1	0,819	0,872	0,838	0,786	0,359
ING	0,888	0,819	1	0,719	0,970	0,947	0,326
FORM	0,603	0,872	0,719	1	0,725	0,674	0,464
MAT	0,952	0,838	0,970	0,725	1	0,982	0,465
CAD	0,981	0,786	0,947	0,674	0,982	1	0,475
DOC	0,557	0,359	0,326	0,464	0,465	0,475	1

- as correlações obtidas entre as variáveis referentes ao Concurso Vestibular (VAG e INSC) e ao corpo discente (ING, FORM, MAT e CAD) são todas positivas e relativamente altas indicando que essas variáveis estão fortemente associadas. A menor correlação observada entre essas variáveis é de 0,603 que corresponde às variáveis FORM e VAG, indicando que o número de formados é pouco associado à quantidade de vagas ofertadas;
- as menores correlações ocorrem entre a variável DOC (referente a professores) e as demais variáveis, com destaque para a correlação entre DOC e INSC (0,359) e DOC e ING (0,326). Conclui-se que as variáveis referentes ao corpo discente, bem como aquelas referentes ao Concurso Vestibular, não se associam à variável representativa do corpo docente.

A Análise de Componentes Principais foi aplicada ao conjunto de variáveis a fim de serem identificadas estruturas nas relações que não ficaram explícitas na análise de correlação linear simples.

5.2.2 Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais fornece informação descritiva sobre a variabilidade dos dados e, para isso, não são necessários quaisquer pressupostos probabilísticos em torno dos mesmos. A ACP aplica uma transformação às variáveis originais, obtendo-se um novo conjunto de variáveis não-correlacionadas, as componentes principais (CPs), que são funções lineares das variáveis originais. A análise, feita a partir da matriz de correlações, compreende, além da representação gráfica das duas primeiras CPs, relatórios de:

- poder de explicação de cada componente principal;
- correlações lineares entre as componentes principais e as variáveis originais;
- qualidade de representação das variáveis no espaço das componentes;

- coeficientes das variáveis originais em cada componente principal;
- coeficientes dos elementos em cada componente principal.

O relatório do poder de explicação de cada componente principal informa quanto da variabilidade total dos dados é explicada por cada uma das componentes. Esses valores baseiam-se nos autovalores obtidos da matriz de correlações dos dados originais. As variâncias das CPs (autovalores) são ordenadas de tal maneira que o poder de explicação da primeira CP é maior que o da segunda CP, que é maior que o da terceira, e assim sucessivamente. Com a última CP são explicados 100% da variabilidade contida nos dados. O poder de explicação de cada componente principal pode ser visto na Tabela 5.4. Observa-se que a primeira CP explica 77,78% da variância total, a segunda explica 11,36% e a terceira, 8,47%. Essas três primeiras CPs, portanto, acumulam 97,60% da variabilidade total dos dados. Essa percentagem é muito alta e sugere que as 3 primeiras CPs fornecem uma representação adequada dos dados.

O relatório de correlações lineares entre as componentes principais e as variáveis originais permite que se busque o significado de cada CP investigando suas correlações com as variáveis originais. Essas correlações podem ser vistas na Tabela 5.5. Observa-se que:

- a CP1 apresenta correlação forte positiva (acima de 0,8) com todas as variáveis, com exceção da sua correlação com a variável DOC, que foi fraca (0,55);
- a CP2 apresentou correlação positiva e forte com a variável DOC (0,83) e fraca com as demais;
- a correlação mais alta da CP3 foi com a variável FORM (0,55); com as demais variáveis a relação é muito baixa.

Tabela 5.4 – Poder de explicação de cada CP

	Autovalor	% Variância explicada	Desvio Padrão	Autovalor acumulado	% Variância acumulada
CP1	5,444	77,778	2,333	5,444	77,778
CP2	0,795	11,359	0,892	6,240	89,137
CP3	0,593	8,468	0,770	6,832	97,604
CP4	0,106	1,513	0,325	6,938	99,117
CP5	0,048	0,685	0,219	6,986	99,802
CP6	0,010	0,143	0,100	6,996	99,945
CP7	0,004	0,055	0,062	7	100

Tabela 5.5 – Correlações lineares entre as variáveis e as CPs

Variáveis	Componentes						
	1	2	3	4	5	6	7
VAG	0,94	0,06	-0,30	-0,07	0,11	-0,03	0,03
INSC	0,89	-0,17	0,34	-0,24	-0,05	-0,01	-0,01
ING	0,95	-0,24	-0,12	0,13	-0,13	-0,05	0,00
FORM	0,82	0,00	0,55	0,15	0,08	0,00	0,01
MAT	0,98	-0,09	-0,14	0,02	-0,05	0,08	0,01
CAD	0,97	-0,06	-0,23	0,02	0,07	0,00	-0,05
DOC	0,55	0,83	0,03	-0,01	-0,06	0,00	0,00

Tabela 5.6 – Qualidade de representação das variáveis

Variáveis	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	r ² múltiplo
VAG	0,885	0,889	0,981	0,986	0,998	0,989
INSC	0,795	0,825	0,938	0,998	1,000	0,899
ING	0,894	0,950	0,964	0,981	0,998	0,970
FORM	0,672	0,672	0,970	0,993	1,000	0,890
MAT	0,962	0,970	0,990	0,991	0,993	0,988
CAD	0,935	0,938	0,992	0,992	0,998	0,994
DOC	0,303	0,996	0,997	0,997	1,000	0,757

O relatório da qualidade de representação das variáveis no espaço das componentes informa a correlação linear múltipla de cada variável original, isto é, quanto da variabilidade de cada variável (original) é explicada pelo conjunto das demais variáveis (originais). Os seus valores (ver Tabela 5.6) podem ser interpretados como percentuais e indicam a “medida da qualidade” da representação das variáveis pelas CPs. Observe-se que as variáveis VAG, INSC, ING, MAT e CAD estão bem representadas na CP1, enquanto que a variável DOC está muito mal representada (30%) e a variável FORM medianamente representada (67%). Por outro lado, a variável DOC está muito bem representada na segunda componente (99,6) e a variável FORM na CP3 (97%).

O relatório dos coeficientes das variáveis originais em cada CP fornece os coeficientes das funções lineares que permitem relacionar as componentes principais e as variáveis originais. Como pode ser observado na Tabela 5.7, os coeficientes das variáveis na primeira componente são todos positivos e são, relativamente, valores de mesma grandeza. Na CP2 a variável DOC apresenta o maior coeficiente (1,047), destacando-se das demais. Na CP3, a variável FORM apresenta o maior coeficiente (0,921). Note-se a semelhança desses resultados àqueles apresentados anteriormente nos outros relatórios: a relação da CP2 à variável DOC e a relação da CP3 à variável FORM.

O relatório dos coeficientes das Unidades Acadêmicas em cada CP fornece coeficientes que expressam a influência de cada indivíduo (Unidade Acadêmica) sobre cada CP. Como mostrado na Tabela 5.8, as Unidades que apresentam os maiores coeficientes na CP1 são o ICHL e a FES que, no estudo descritivo, foram apontadas como as de maior porte, enquanto que as Unidades que apresentam os menores coeficientes são o ICB e a FEF, justamente as de menor porte. Por outro lado, no que diz respeito à CP2 a Unidade que apresenta o maior coeficiente é a FCS, aquela onde foi observado o maior número de professores.

Tabela 5.7 – Coeficiente das variáveis nas CPs

Variáveis	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
VAG	0,173	0,080	-0,513	-0,673	2,253	-2,745	8,936
INSC	0,164	-0,219	0,567	-2,305	-0,960	-0,942	-1,554
ING	0,174	-0,299	-0,198	1,237	-2,665	-4,839	1,103
FORM	0,151	0,005	0,921	1,440	1,717	0,201	1,766
MAT	0,180	-0,111	-0,241	0,200	-1,042	8,231	3,383
CAD	0,178	-0,071	-0,392	0,176	1,555	0,031	-12,585
DOC	0,101	1,047	0,044	-0,051	-1,149	-0,493	-1,198

Tabela 5.8 – Coeficiente das Unidades Acadêmicas nas CPs

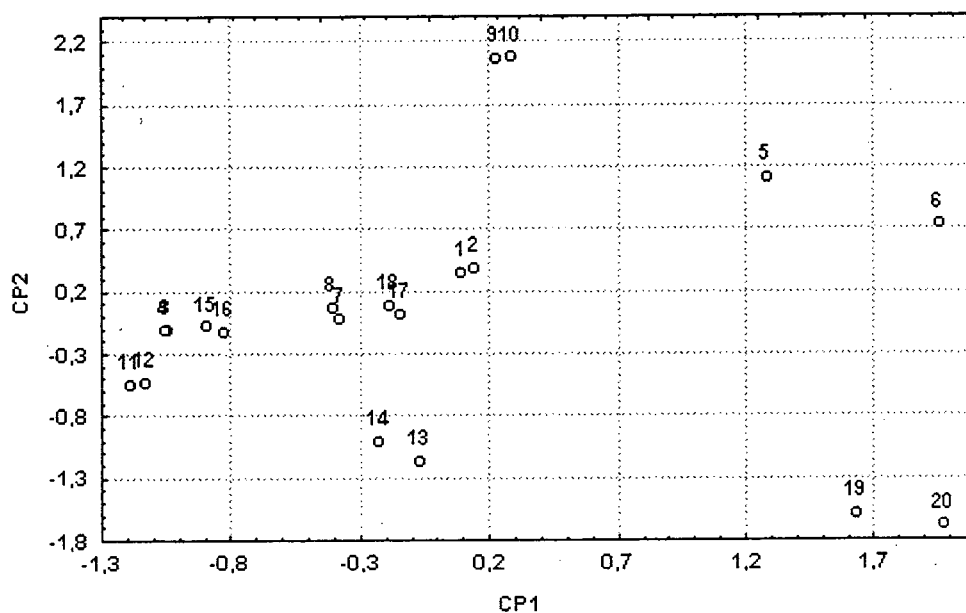
Unidades Acadêmicas	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
ICE-94	0,09	0,36	-1,14	0,23	-0,29	-2,40	-0,84
ICE-95	0,14	0,39	-0,92	0,20	0,81	-0,85	-2,65
ICB-94	-1,05	-0,11	-0,09	0,18	-0,11	-0,23	0,66
ICB-95	-1,06	-0,11	-0,20	-0,14	-0,07	-0,12	-0,78
ICHL-94	1,28	1,11	-1,98	-2,16	0,01	0,93	0,83
ICHL-95	1,96	0,73	0,69	-0,73	2,31	-1,03	0,90
FACED-94	-0,38	-0,01	0,33	0,84	0,29	-1,14	1,68
FACED-95	-0,41	0,07	0,34	1,02	1,18	0,30	1,08
FCS-94	0,22	2,07	0,98	0,89	-1,91	-0,07	0,49
FCS-95	0,29	2,08	1,50	0,14	-0,86	0,73	-0,89
FEF-94	-1,19	-0,54	-0,60	-0,34	-0,34	-0,42	0,26
FEF-95	-1,13	-0,52	-0,24	0,14	0,51	0,39	0,80
FD-94	-0,07	-1,16	1,97	-1,25	-0,31	-1,03	-0,61
FD-95	-0,23	-1,01	1,69	-1,92	0,16	0,99	-0,35
FCA-94	-0,90	-0,08	-0,53	-0,29	-0,29	0,02	0,55
FCA-95	-0,83	-0,12	-0,43	-0,34	-0,21	0,14	-0,45
FT-94	-0,15	0,02	-0,38	1,08	0,36	0,91	0,46
FT-95	-0,19	0,09	-0,48	0,63	0,97	2,29	-1,11
FES-94	1,63	-1,58	-0,89	-0,16	-2,31	0,24	0,52
FES-95	1,97	-1,68	0,38	1,98	0,10	0,35	-0,54

Como o número de variáveis observadas para cada Unidade é sete, um gráfico com todas as observações estaria bem representado em um espaço de dimensão sete, o que inviabilizaria sua visualização. Essa restrição pode ser contornada se as observações estiverem suficientemente “próximas” num subespaço de dimensão dois. Nesse caso os dados poderiam ser representados, de forma simplificada, neste plano. A representação gráfica das duas primeiras CPs é a melhor maneira de visualizar, de forma aproximada, os dados observados em duas dimensões. O gráfico das duas primeiras componentes principais chama-se primeiro plano principal. Pode-se mostrar (ver Jolliffe, 1986) que as duas primeiras componentes principais definem o plano que melhor se ajusta à massa de dados. Assim, um gráfico com as observações representadas nas duas primeiras CPs é o que melhor representa os dados em duas dimensões. A Figura 5.1 apresenta a representação gráfica das Unidades Acadêmicas no plano principal. Pode-se observar que a primeira componente divide as Unidades em dois grupos bem distintos: um com grande valor desta componente (acima de 1 ponto) e outro com pequeno valor (abaixo de 0,5 pontos). A CP2 divide o primeiro grupo (com alto valor da CP1) em dois subgrupos: um subgrupo formado pelo ICHL e outro pela FES. A CP2 também divide o segundo grupo (com pequeno valor da CP1) em dois subgrupos notando-se, neste caso, um contraste entre a FCS e a FD.

A partir desses relatórios iniciou-se a interpretação das CPs. Na Tabela 5.7 a CP1 tem coeficientes positivos para todas as variáveis e deve estar, simplesmente, refletindo o “tamanho” ou porte das Unidades Acadêmicas. Este é um resultado esperado visto que as correlações simples entre as variáveis são todas positivas. Pode-se assim “imaginar” que a primeira CP reflete a “capacidade física de ensino” retendo ou explicando 78% da variância total (ver Tabela 5.4).

A variável ING pode ser utilizada para representar essa “capacidade física” pois essa variável mede o número exato de alunos que estão entrando no processo acadêmico. Supõe-se, portanto, que quanto maior a quantidade de alunos ingressantes, maior a infra-estrutura que as Unidades Acadêmicas dispõem, entendendo-se por infra-estrutura o elenco de professores, salas de aula, laboratórios, etc. Assim sendo, alunos ingressantes, interpretados como “capacidade de infra-estrutura”, são considerados insumos de uma Unidade.

Figura 5.1 – Representação das Unidades Acadêmicas no 1º Plano Principal



Legenda:

- | | |
|--------------|-------------|
| 1 – ICE-94 | 11 – FEF-94 |
| 2 – ICE-95 | 12 – FEF-95 |
| 3 – ICB-94* | 13 – FD-94 |
| 4 – ICB-95 | 14 – FD-95 |
| 5 – ICHL-94 | 15 – FCA-94 |
| 6 – ICHL-95 | 16 – FCA-95 |
| 7 – FACED-94 | 17 – FT-94 |
| 8 – FACED-95 | 18 – FT-95 |
| 9 – FCS-94 | 19 – FES-94 |
| 10 – FCS-95 | 20 – FES-95 |

* Escondido pelo ponto 4

O coeficiente de correlação entre a variável DOC e a CP2 (0,83) mostra a grande importância desta variável para a CP2 indicando que, depois do “tamanho” da instituição, a principal fonte de variação entre as DMUs é o número de docentes. A CP2 pode ser interpretada como a “capacidade humana de ensino” sendo a variável DOC o insumo apropriado para representá-la.

A Figura 5.1 mostra que as Unidades Acadêmicas diferem tanto em relação ao “tamanho” quanto em relação à “capacidade humana de ensino”. Observa-se que o ICHL e a FES são Unidades com tamanhos semelhantes (de acordo com a interpretação da CP1), mas distintas radicalmente em relação à capacidade humana de ensino (de acordo com a interpretação da CP2).

A CP3 apresenta maior correlação com a variável FORM e pode ser interpretada como os “resultados” das atividades acadêmicas das Unidades, visto que o número de alunos formados é o principal produto de uma Unidade Acadêmica

Como visto, essas três primeiras CPs explicam quase 98% da variância total dos dados observados. Esta porcentagem é muito alta e sugere que essas CPs fornecem uma representação adequada dos dados das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas.

Retorna-se à terceira CP a fim de serem identificados fatores adicionais que possam contribuir para uma melhor avaliação de desempenho das Unidades Acadêmicas da UA. Considere as variáveis restantes CAD, MAT, VAG e INSC. Observe na Tabela 5.5 que as três primeiras variáveis apresentam correlação negativa com a CP3, caracterizando-se como insumos, enquanto que a última tem correlação positiva, caracterizando-se como produto. Construiu-se o indicador CAD/MAT que, neste trabalho, evidencia um “atrito operacional” existente no processo produtivo das Unidades Acadêmicas: um aluno cadastrado não-matriculado, ocupa uma vaga no planejamento, não permitindo a abertura de vagas para transferência, nem possibilitando às Unidades empregar seus recursos mais eficientemente.

As outras duas variáveis INSC e VAG expressam, respectivamente, a demanda externa pelas vagas oferecidas e a oferta máxima de vagas que os recursos das Unidades permitem. A variável INSC/VAG pode ser interpretada como indicador de “atratividade” dos cursos e do “prestígio externo” da Unidade Acadêmica, atuando como indicador indireto da qualidade dos cursos das Unidades. É conveniente destacar que uma procura pequena pelas vagas ofertadas por uma Unidade não implica, necessariamente, que os cursos por ela oferecidos sejam de má qualidade.

A Tabela 5.9 transcreve as correlações dos indicadores CAD/MAT e INSC/VAG e as três componentes principais. Observe que esses indicadores não se associam com as componentes CP1 e CP2, mas apresentam correlações lineares significativas com a CP3 (-,603 e 0,773, respectivamente), que “representa” os resultados das atividades acadêmicas das Unidades. O indicador CAD/MAT tem associação negativa com esses “resultados” (CP3) confirmando a idéia de ser um “atrito operacional” no processo, devendo, assim, ser considerado como um insumo. Já o indicador INSC/VAG, tendo associação positiva com a CP3, deve ser considerado um produto.

A Análise de Componentes Principais indica que as Unidades Acadêmicas podem ser discriminadas por intermédio de três constructos: (i) o “porte” da Unidade; (ii) a relação entre a capacidade física e a capacidade humana de ensino; e (iii) a eficiência do processo produtivo de transformar ingressantes em formados, considerados em termos qualitativos e em termos quantitativos. Em conclusão, tudo indica que variáveis adequadas para avaliar a eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas sejam:

- como **insumos**
 - ⇒ número de vagas (VAG);
 - ⇒ número de docentes (DOC);
 - ⇒ número de alunos ingressantes (ING);
 - ⇒ número de alunos cadastrados (CAD);
 - ⇒ número de alunos matriculados (MAT);
 - ⇒ relação entre alunos cadastrados e alunos matriculados (CAD/MAT).

- como **produtos**
 - ⇒ número de alunos formados (FORM);
 - ⇒ número de inscritos (INSC);
 - ⇒ número de inscritos por vaga (INSC/VAG).

A Tabela 5.10 transcreve as variáveis que formam o Banco de Dados utilizado nesta pesquisa e a Tabela 5.11, as correlações entre elas. Os dados empregados para a construção da base de dados satisfazem a condição de serem comuns a todas as Unidades Acadêmicas, tanto no que respeita aos insumos utilizados, quanto aos produtos por eles gerados. No tratamento estatístico dos mesmos foram utilizados os programas Excel e Statistica.

Tabela 5.9 – Correlações entre os indicadores e as CPs

Variáveis	CP1	CP2	CP3
CAD/MAT	0,122	0,072	-0,603
INSC/VAG	0,155	-0,258	0,773

Tabela 5.10 – Insumos e produtos selecionados para compor o Banco de Dados da pesquisa

DMUs	Insumos						Produtos		
	VAG	ING	CAD/MAT	DOC	MAT	CAD	FORM	INSC/VAG	INSC
ICE-94	210	258	1,918	92	1608	3084	48	6,848	1438
ICE-95	210	226	2,013	92	1677	3375	60	7,367	1547
ICB-94	60	73	1,397	45	504	704	31	8,117	487
ICB-95	60	65	1,726	45	493	851	25	9,150	549
ICHL-94	380	340	1,637	149	3151	5158	58	8,658	3290
ICHL-95	380	401	1,733	149	3223	5585	179	13,313	5059
FACED-94	120	171	1,539	65	1057	1627	77	11,200	1344
FACED-95	120	139	1,594	65	1093	1742	81	9,425	1131
FCS-94	140	205	1,254	167	1582	1984	111	14,943	2092
FCS-95	140	163	1,362	167	1549	2110	126	19,086	2672
FEF-94	60	73	1,547	25	455	704	6	6,017	361
FEF-95	60	62	1,462	25	504	737	26	6,150	369
FD-94	90	195	1,371	33	1199	1644	115	42,433	3819
FD-95	90	135	1,245	33	1204	1499	98	39,989	3599
FCA-94	90	94	1,476	50	746	1101	21	7,256	653
FCA-95	90	99	1,594	50	793	1264	26	9,233	831
FT-94	155	203	1,542	71	1566	2414	69	7,523	1166
FT-95	155	164	1,622	71	1586	2573	63	7,439	1153
FES-94	320	557	1,446	61	3703	5355	107	14,050	4496
FES-95	320	582	1,554	61	3796	5900	182	14,691	4701

Tabela 5.11 – Matriz de correlações lineares entre as variáveis do Banco de Dados da pesquisa

	VAG	INSC	ING	FORM	MAT	CAD	DOC	CAD/MAT	INS/VAG
VAG	1	0,738	0,888	0,603	0,952	0,981	0,557	0,342	-0,095
INSC	0,738	1	0,819	0,872	0,838	0,786	0,359	-0,150	0,559
ING	0,888	0,819	1	0,719	0,970	0,947	0,326	0,141	0,076
FORM	0,603	0,872	0,719	1	0,725	0,674	0,464	-0,177	0,467
MAT	0,952	0,838	0,970	0,725	1	0,982	0,465	0,140	0,061
CAD	0,981	0,786	0,947	0,674	0,982	1	0,475	0,311	-0,027
DOC	0,557	0,359	0,326	0,464	0,465	0,475	1	0,089	-0,098
CAD/MAT	0,342	-0,150	0,141	-0,177	0,140	0,311	0,089	1	-0,528
INS/VAG	-0,095	0,559	0,076	0,467	0,061	-0,027	-0,098	-0,528	1

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA NO CÁLCULO DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA

Antes da aplicação do método DEA dois procedimentos devem ser considerados: a seleção das DMUs e a determinação das variáveis de insumos e produtos relevantes para a análise. O tratamento inadequado de qualquer um desses procedimentos afeta de modo significativo os resultados e conclusões obtidas.

Como visto no Capítulo 3, a aplicação do método DEA pressupõe que as Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) sob avaliação sejam similares, isto é, que fazem parte de um conjunto homogêneo. Assim, as DMUs consideradas na análise devem desempenhar as mesmas tarefas, ter os mesmos objetivos, empregar os mesmos processos tecnológicos e utilizar os mesmos insumos e produtos, podendo, porém, diferir quanto à intensidade e à magnitude. A seleção das variáveis representativas dos insumos e produtos para aplicação do método DEA talvez seja a questão principal da aplicação do método. Como Nunes (1998) bem resumiu, essa seleção deve ser criteriosa e representativa do processo produtivo.

Golany et al. (1989) propõem que a seleção de variáveis de insumos e produtos seja realizada em três estágios:

- a) seleção criterial – neste estágio deve-se selecionar as variáveis de modo que não contenham as mesmas informações ou informações conflitantes ou informações que não contribuam para a avaliação de desempenho (procedimento adotado na Seção 5.1);
- b) análises quantitativas não-DEA – neste segundo estágio, deve-se descrever a relação de produção que rege as DMUs a serem analisadas e classificar os fatores em insumo e produto. Pode-se, para isso, fazer uma análise de correlação ou, ainda, utilizar análises estatísticas multivariadas para identificar relações existentes entre produtos e insumos e eliminar possíveis inconsistências existentes (procedimento adotado na Seção 5.3);
- c) análises baseadas no método DEA – o terceiro e último estágio consiste na realização de testes utilizando modelos DEA como é o caso do procedimento proposto por Norman e Stoker (1991), apresentado na seção 6.1 seguinte.

6.1 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS RELEVANTES PELO PROCEDIMENTO DE NORMAN E STOKER

Com o objetivo de determinar quais variáveis são representativas para a aplicação do método DEA, utilizou-se o procedimento iterativo proposto por Norman e Stoker (1991), ilustrado na Figura 6.1. Após classificar as variáveis em produtos e insumos e determinar qual o desempenho a ser avaliado, inicia-se o procedimento selecionando-se o primeiro elenco de variáveis relevantes, que é formado pelo produto mais agregado e o insumo mais agregado que tenham a maior associação. Aplica-se o método DEA a esse primeiro elenco de variáveis (o produto mais agregado/o insumo mais agregado) e obtêm-se as medidas de ineficiência dos planos de operação executados pelas DMUs.

O procedimento de Norman e Stoker tem prosseguimento, com base no grau de correlação entre a medida DEA obtida e os insumos e produtos considerados na análise de eficiência: uma nova variável é incluída no elenco das variáveis relevantes sempre que a sua inclusão (ou decomposição de uma variável agregada, já considerada relevante) afetar de modo significativo os indicadores de eficiência DEA calculados. No processo de Norman e Stoker, novas medidas DEA são obtidas seqüencialmente pela inclusão de novas variáveis no elenco das variáveis relevantes. O processo continua até que se obtenha uma medida DEA que não se altere com a inclusão de novas variáveis. A Tabela 6.1 sumariza a aplicação do procedimento de Norman e Stoker na construção do modelo de eficiência. As medidas DEA foram obtidas pela aplicação do modelo CCR (na notação utilizada, o modelo CFF).

As variáveis agregadas FORM e ING formam o primeiro elenco de variáveis relevantes: FORM, por ser o principal resultado das atividades acadêmicas, e ING, entre os insumos representativos da capacidade de ensino (DOC e ING), por apresentar maior correlação com a variável FORM (ver Tabela 5.3). Neste Passo 1, observa-se que a correlação entre a variável INSC/VAG e a medida DEA é negativa (-0,38), semelhantemente à correlação entre a medida e a variável FORM (-0,43). Optou-se por selecionar a variável INSC/VAG para inclusão no elenco das variáveis relevantes, por ela apresentar a maior correlação com a medida DEA calculada e por não estar fortemente associada à variável FORM (0,467). Daí, quanto maior a “atratividade” dos cursos da Unidade Acadêmica, maior a sua eficiência produtiva.

Figura 6.1 – Fluxograma do procedimento iterativo de Norman e Stoker

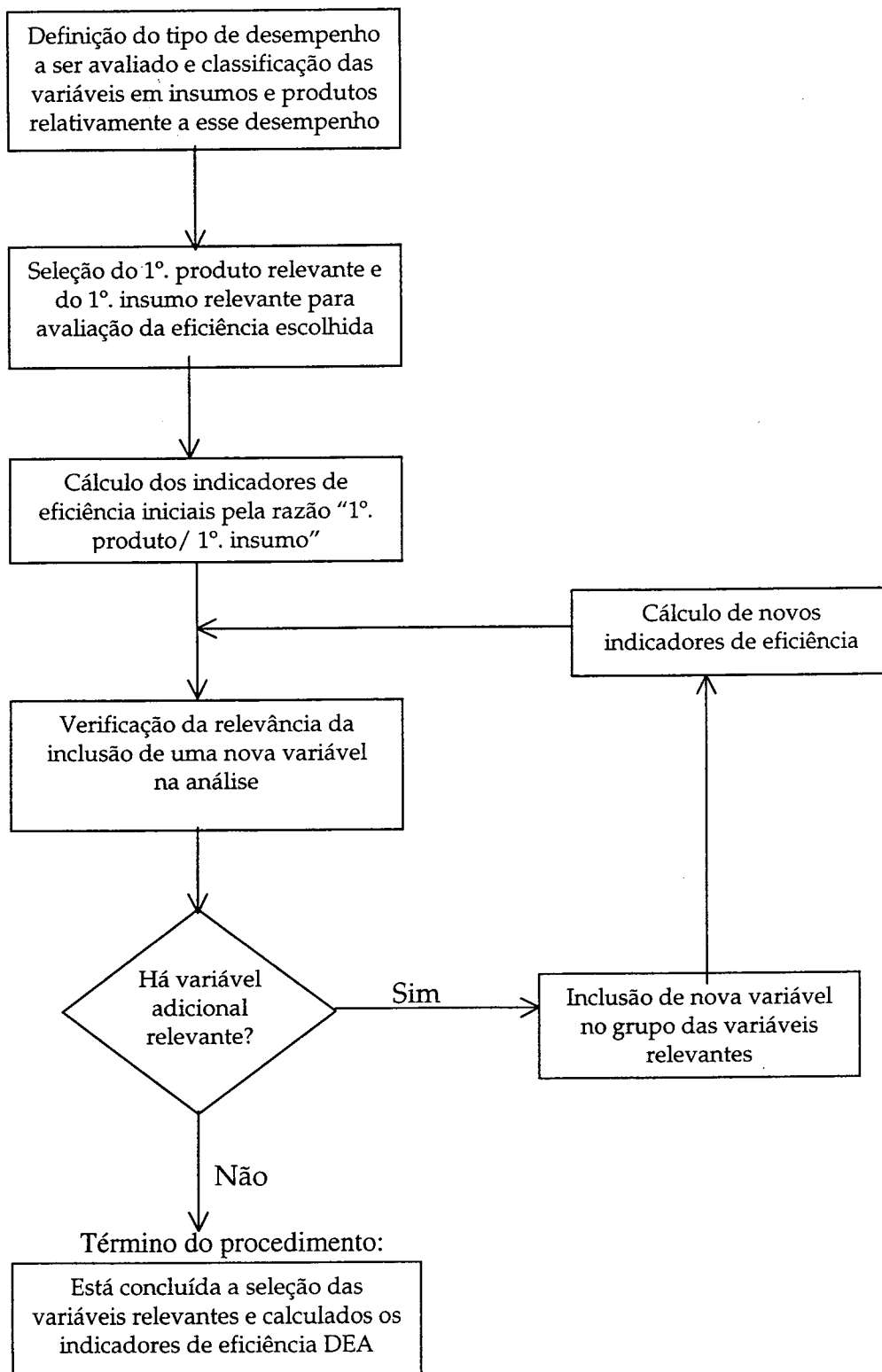


Tabela 6.1 – Passos seguidos para seleção das variáveis relevantes para o modelo DEA e correlações entre as variáveis selecionadas e as medidas de ineficiência, a cada passo

		Passo 1	Passo 2	Passo 3
PRODUTOS	FORM	X	X	X
	INSC/VAG		X	X
INSUMOS	ING	X	X	X
	CAD/MAT			X
Correlação entre as variáveis e a medida de ineficiência a cada passo				
VAG		0,08	0,44	0,10
INSC		-0,19	-0,02	-0,56
ING		0,04	0,35	-0,27 ✓
FORM ✓		-0,43	-0,35	-0,74 ✓
MAT		0,01	0,33	-0,28
CAD		0,04	0,39	-0,17
DOC		-0,19	0,00	-0,17
CAD/MAT		0,26	0,47	0,55 ✓
INSC/VAG		-0,38	-0,48	-0,57 ✓

No Passo 2, a eficiência das Unidades Acadêmicas foi analisada com os produtos relevantes FORM e INSC/VAG e o insumo relevante ING. A variável CAD/MAT apresenta a mais alta correlação com a medida DEA deste passo 2 (0,48). Como essa correlação é positiva, variável CAD/MAT foi incorporada ao modelo, tendo sido executado o Passo 3 utilizando FORM e INSC/VAG como produtos relevantes e ING e CAD/MAT como insumos relevantes. A propósito, recorde-se que a variável CAD/MAT representa um “atrito operacional” no processo acadêmico e, portanto, quanto maior esse “atrito” na Unidade Acadêmica maior a sua ineficiência produtiva.

Como se observa no Passo 3 da Tabela 6.1, as correlações entre a medida DEA e as variáveis restantes não indicam a necessidade de inclusão de outra variável na avaliação da eficiência, uma vez que as variáveis com correlações significantes não apresentam relação causal com as medidas DEA geradas neste Passo 3, fato que determina o término do procedimento iterativo.

As medidas DEA obtidas nos passos 1, 2 e 3 do procedimento de Norman e Stoker são apresentadas na Tabela 6.2. Observa-se que essas medidas vão melhorando a cada passo.

Do procedimento de Norman e Stoker, resultam quatro variáveis selecionadas como relevantes: dois produtos e dois insumos. Tais variáveis serão utilizadas na construção dos modelos DEA de avaliação da eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas. Essas quatro variáveis relevantes são:

- **Insumos**

- número de alunos ingressantes (ING);

- relação entre alunos cadastrados e alunos matriculados (CAD/MAT).

- **Produtos**

- número de alunos formados (FORM);

- número de inscritos por vaga (INSC/VAG).

Tabela 6.2 - Medidas de ineficiência obtidas a cada passo

		Passo 1	Passo 2	Passo 3
PRODUTOS	FORM	X	X	X
	INSC/VAG		X	X
INSUMOS	ING	X	X	X
	CAD/MAT			X
ICE-94		4,155	4,155	3,754
ICE-95		2,912	2,912	2,912
ICB-94		1,820	1,771	1,771
ICB-95		2,010	1,906	1,906
ICHL-94		4,531	4,531	2,808
ICHL-95		1,732	1,732	1
FACED-94		1,712	1,717	1,717
FACED-95		1,327	1,327	1,327
FCS-94		1,427	1,428	1,093
FCS-95		1	1	1
FEF-94		9,405	3,594	3,594
FEF-95		1,843	1,805	1,805
FD-94		1,311	1,242	1
FD-95		1,065	1	1
FCA-94		3,460	3,298	3,298
FCA-95		2,943	2,799	2,799
FT-94		2,274	2,274	2,093
FT-95		2,012	2,012	2,012
FES-94		4,024	4,024	1,480
FES-95		2,472	2,472	1

6.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA

Como indicado no capítulo 3, a Análise Envoltória de Dados é um método de avaliação empírica da eficiência relativa de unidades de produção multidimensional. No presente capítulo são apresentados os resultados da aplicação desse método na avaliação da eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas.

Os modelos DEA utilizados são orientados para a produção. A escolha dessa orientação deve-se ao fato de que, em geral, mudanças nas quantidades dos insumos fogem ao poder de decisão dos dirigentes das Unidades Acadêmicas.

Recorde-se que o modelo CCR permite identificar a produção equiproporcional máxima $Y^* = \theta^{CFF} \cdot Y^o$ que a DMU^o pode gerar com o mesmo consumo X^o . Quando $\theta^{CFF} > 1$, o plano $[X^o; Y^o]$ apresenta ineficiência produtiva ($\Omega^* = 1/\theta^{CFF}$) relacionada à tecnologia mais flexível possível do ponto de vista produtivo, isto é, à tecnologia CFF que exhibe retornos de escala constantes e descarte forte de insumos e de produtos.

A ineficiência produtiva detectada do plano observado $[X^o; Y^o]$ pode ser decorrente de três causas independentes, que podem atuar simultaneamente e que exigem diferentes ações administrativas para sua eliminação. Tais causas são: inadequação da escala de operação, congestionamento no processo produtivo e inadequação da gerência.

A decomposição da ineficiência produtiva Ω^* em componentes associadas às causas citadas emprega cinco modelos DEA diferentes (Färe, 1994), construídos sob a hipótese da tecnologia exibir:

- retornos de escala constantes, descarte forte de produtos e descarte forte de insumos (CFF);
- retornos de escala variáveis, descarte forte de produtos e descarte forte de insumos (VFF);
- retornos de escala variáveis, descarte fraco de produtos e descarte forte de insumos (VfrF);
- retornos de escala variáveis, descarte forte do produto 1 (FORM), descarte fraco do produto 2 (INSC/VAG) e descarte forte de insumos (Vfr2F);
- retornos de escala variáveis, descarte fraco do produto 1 (FORM), descarte forte do produto 2 (INSC/VAG) e descarte forte de insumos (Vfr1F).

Esses cinco modelos foram resolvidos aplicando-se os programas IDEAS (Integrated Data Envelopment Analysis System, versão 5.1) e LINDO (Linear, Interactive, and Discrete Optimizer, versão 6.01). As Tabelas 6.3 a 6.8 sintetizam os resultados obtidos.

6.3 EFICIÊNCIA PRODUTIVA

A tecnologia CFF é que propicia maior flexibilidade operacional à DMU^o pois é nela que existem planos de operação que alcançam a máxima produtividade observada, mantendo-se o nível de operação fixado pelo consumo X^o e alterando, quando necessário e irrestritamente, o “mix” de produtos. Conseqüentemente, é nessa tecnologia que a DMU^o pode alcançar a maior expansão equiproporcional de produção viável (θ^{CFF}).

Os resultados do modelo CFF estão sintetizados na Tabela 6.3. O valor θ^{CFF} indica a expansão equiproporcional máxima, bem como Ω^* sinaliza a ineficiência produtiva associada ao plano de operação observado. O vetor-intensidade Z define as metas para as DMUs ineficientes tomando como referência uma combinação linear dos planos de operação eficientes. O somatório de Z corresponde à soma dos pesos relativos dessa combinação linear.

Observa-se que apenas cinco DMUs operaram com produtividade máxima ($\theta^{CFF}=1$). O ICHL-95 apresentou expansão máxima proporcional igual a 1,000082 ($\theta^{CFF}=1,000082$) e foi tomado como eficiente. Os planos das demais DMUs são ineficientes ($\theta^{CFF} > 1$). Há fortes indícios de que seis deles estejam localizados sob a região da fronteira que apresenta retornos de escala decrescentes (somatório de $Z > 1$), enquanto que os demais nove estariam sob região que apresenta retornos de escala crescentes (somatório de $Z < 1$).

A Tabela 6.4 mostra quantas vezes os planos de operação eficientes (ICHL-95, FCS-95, FD-94, FD-95 e FES-95) são tomados como referência pelas DMUs ineficientes. Verifica-se que, das cinco Unidades Acadêmicas eficientes, a FCS-95 é a mais referenciada (14 vezes), sinalizando que esse plano de operação deveria ser estudado mais detalhadamente pelas demais DMUs e pela Administração Central da Universidade, com vistas a determinar os fatores que causaram desempenho tão expressivo.

Tabela 6.3 – Modelo CFF: expansão máxima, ineficiência produtiva e vetor intensidade correspondente a cada plano observado

j	Plano de Oper. Observado da DMU j	Expansão Máxima (θ^{CFF})	Ineficiência Produtiva (Ω^*)	Vetor Intensidade (Z)			Somatório de Z
1	ICE-94	3,754	0,266	$Z_{10}=1,326$	$Z_{20}=0,072$		1,398
2	ICE-95	2,912	0,343	$Z_{10}=1,387$			1,387
3	ICB-94	1,771	0,565	$Z_{10}=0,248$	$Z_{14}=0,241$		0,489
4	ICB-95	1,906	0,525	$Z_{10}=0,062$	$Z_{14}=0,407$		0,469
5	ICHL-94	2,808	0,356	$Z_{10}=0,634$	$Z_{13}=0,166$	$Z_{20}=0,351$	1,151
6	ICHL-95*	1	1	$Z_{10}=0,715$	$Z_{20}=0,489$		1
7	FACED-94	1,717	0,583	$Z_{10}=1,049$			1,049
8	FACED-95	1,327	0,754	$Z_{10}=0,853$			0,853
9	FCS-94	1,093	0,915	$Z_{10}=0,762$	$Z_{20}=0,139$		0,901
10	FCS-95	1	1	$Z_{10}=1$			1
11	FEF-94	3,594	0,278	$Z_{14}=0,541$			0,541
12	FEF-95	1,805	0,554	$Z_{10}=0,249$	$Z_{14}=0,159$		0,408
13	FD-94	1	1	$Z_{13}=1$			1
14	FD-95	1	1	$Z_{14}=1$			1
15	FCA-94	3,298	0,303	$Z_{10}=0,134$	$Z_{14}=0,535$		0,669
16	FCA-95	2,799	0,357	$Z_{10}=0,119$	$Z_{14}=0,589$		0,709
17	FT-94	2,093	0,478	$Z_{10}=1,079$	$Z_{20}=0,047$		1,126
18	FT-95	2,012	0,497	$Z_{10}=1,006$			1,006
19	FES-94	1,480	0,676	$Z_{13}=0,242$	$Z_{20}=0,717$		0,959
20	FES-95	1	1	$Z_{20}=1$			1

* O ICHL, no ano de 95, foi tomado como eficiente pois sua expansão máxima foi de 1,000082.

Tabela 6.4 – Planos de operação eficientes produtivamente, referências para os planos ineficientes (modelo CFF)

DMUs fora da fronteira	DMUs que estão na fronteira				
	ICHL-95	FCS-95	FD-94	FD-95	FES-95
ICE-94		1,326			0,072
ICE-95		1,387			
ICB-94		0,248		0,241	
ICB-95		0,062		0,407	
ICHL-94		0,634	0,166		0,351
FACED-94		1,049			
FACED-95		0,853			
FCS-94		0,762			0,139
FEF-94				0,541	
FEF-95		0,249		0,159	
FCA-94		0,134		0,535	
FCA-95		0,119		0,589	
FT-94		1,079			0,047
FT-95		1,006			
FES-94			0,242		0,717
Nº de referências	0	14	2	6	6

Constata-se ainda que o ICHL-95, mesmo sendo eficiente do ponto de vista produtivo, não foi tomado como referência por nenhuma Unidade Acadêmica ineficiente. As Unidades Acadêmicas eficientes que não são tomadas como referência pelas ineficientes são denominadas, na literatura DEA, de “outliers” e devem ser estudadas mais detalhadamente pela Administração Central da Universidade para identificação do fator que levou tal plano a ser considerado eficiente.

6.4 EFICIÊNCIA DE ESCALA E EFICIÊNCIA TÉCNICA

A tecnologia VFF assume que os retornos de escala são variáveis. A solução do modelo VFF permite identificar a ineficiência de escala decorrente da limitação de expansão da produção causada pelo fato dos retornos de escala não serem constantes, bem como permite determinar novas metas para as DMUs com ineficiência de escala, visto que tais DMUs não conseguem operar com a maior produtividade observada.

A Tabela 6.5 apresenta os resultados da aplicação do modelo VFF. Observa-se que nove planos de operação são considerados eficientes ($\theta^{VFF}=1$): cinco deles operam com a maior produtividade observada (ICHL-95, FCS-95, FD-94, FD-95 e FES-95), como identificado na análise do modelo CFF, e quatro (ICB-94, ICB-95, FCS-94 e FEF-95) que não podem gerar aquela produtividade máxima observada devido à restrição decorrente do seu porte (medido pelo nível do seu consumo). Caso essa restrição seja real, então essas quatro DMUs são eficientes do ponto de vista técnico. Os demais 11 planos de operação são ineficientes por apresentarem ineficiência técnica ($\theta^{VFF} > 1$).

Tabela 6.5 – Modelo VFF: expansão máxima, ineficiência técnica e vetor intensidade correspondente a cada plano observado

j	Plano de Oper. Observado da DMU j	Expansão Máxima (θ^{VFF})	Ineficiência Técnica (Ω_j)	Vetor Intensidade (Z')		
1	ICE-94	3,006	0,333	$Z_6=0,378$	$Z_{10}=0,464$	$Z_{13}=0,158$
2	ICE-95	2,334	0,428	$Z_6=0,265$	$Z_{10}=0,735$	
3	ICB-94	1	1	$Z_3=1$		
4	ICB-95	1	1	$Z_4=1$		
5	ICHL-94	2,708	0,369	$Z_6=0,599$	$Z_{13}=0,345$	$Z_{20}=0,056$
6	ICHL-95	1	1	$Z_6=1$		
7	FACED-94	1,660	0,603	$Z_6=0,034$	$Z_{10}=0,966$	
8	FACED-95	1,262	0,792	$Z_{10}=0,762$	$Z_{12}=0,238$	
9	FCS-94	1	1	$Z_9=1$		
10	FCS-95	1	1	$Z_{10}=1$		
11	FEF-94	1,985	0,504	$Z_4=0,431$	$Z_{12}=0,436$	$Z_{14}=0,133$
12	FEF-95	1	1	$Z_{12}=1$		
13	FD-94	1	1	$Z_{13}=1$		
14	FD-95	1	1	$Z_{14}=1$		
15	FCA-94	2,742	0,365	$Z_{10}=0,032$	$Z_{12}=0,574$	$Z_{14}=0,394$
16	FCA-95	2,404	0,416	$Z_{10}=0,033$	$Z_{12}=0,506$	$Z_{14}=0,462$
17	FT-94	1,955	0,511	$Z_6=0,168$	$Z_{10}=0,832$	
18	FT-95	2,004	0,499	$Z_6=0,004$	$Z_{10}=0,996$	
19	FES-94	1,440	0,694	$Z_9=0,136$	$Z_{14}=0,218$	$Z_{20}=0,647$
20	FES-95	1	1	$Z_{20}=1$		

6.5 EFICIÊNCIA DE CONGESTIONAMENTO E EFICIÊNCIA GERENCIAL

A tecnologia VfrF assume retornos de escala variáveis e exibe descarte fraco de todos os produtos e forte de todos os insumos. A solução do modelo VfrF permite identificar a parcela de ineficiência técnica decorrente de gestão inadequada separando-a da parcela fruto de congestionamento de produtos.

A Tabela 6.6 apresenta os resultados da aplicação do modelo VfrF. Observa-se que nove DMUs utilizaram planos de operação ineficientes do ponto de vista gerencial ($\theta^{VfrF} > 1$). Onze DMUs são eficientes do ponto de vista gerencial ($\theta^{VfrF} = 1$). Dessas, nove são eficientes do ponto de vista técnico e, portanto, duas apresentam problemas de congestionamento.

Com a finalidade de identificar qual produto está causando problema de congestionamento foram resolvidos os modelos Vfr1F e Vfr2F.

Uma tecnologia Vfr1F exibe retornos de escala variáveis, descarte fraco do produto 1, forte do produto 2 e forte de todos os insumos. A solução do modelo Vfr1F permite identificar se o produto 1 está causando problemas no congestionamento. Os resultados da aplicação do modelo são apresentados na Tabela 6.7. Há 10 DMUs eficientes ($\theta^{Vfr1F} = 1$).

Uma tecnologia Vfr2F exibe retornos de escala variáveis, descarte forte do produto 1, fraco do produto 2 e forte de todos os insumos. A solução do modelo Vfr2F permite identificar se o produto 2 está causando problemas no congestionamento. A Tabela 6.8 apresenta os resultados do modelo. Há 10 DMUs eficientes ($\theta^{Vfr2F} = 1$).

Os resultados gerais obtidos com a aplicação do método DEA serão analisados no próximo capítulo.

Tabela 6.6 – Modelo VfrF: expansão máxima, ineficiência gerencial e vetor intensidade correspondente a cada plano observado

j	Plano de Oper. Observado da DMU j	Expansão Máxima (θ^{VfrF})	Ineficiência Gerencial (Ω_c)	Vetor Intensidade (Z)		
1	ICE-94	3,006	0,333	$Z_6=0,378$	$Z_{10}=0,464$	$Z_{13}=0,158$
2	ICE-95	2,289	0,437	$Z_6=0,272$	$Z_8=0,068$	$Z_{10}=0,661$
3	ICB-94	1	1	$Z_3=1$		
4	ICB-95	1	1	$Z_4=1$		
5	ICHL-94	2,708	0,369	$Z_6=0,599$	$Z_{13}=0,345$	$Z_{20}=0,056$
6	ICHL-95	1	1	$Z_6=1$		
7	FACED-94	1,624	0,616	$Z_6=0,040$	$Z_8=0,068$	$Z_{10}=0,891$
8	FACED-95	1	1	$Z_8=1$		
9	FCS-94	1	1	$Z_9=1$		
10	FCS-95	1	1	$Z_{10}=1$		
11	FEF-94	1	1	$Z_{11}=1$		
12	FEF-95	1	1	$Z_{12}=1$		
13	FD-94	1	1	$Z_{13}=1$		
14	FD-95	1	1	$Z_{14}=1$		
15	FCA-94	2,742	0,365	$Z_{10}=0,032$	$Z_{12}=0,574$	$Z_{14}=0,394$
16	FCA-95	2,404	0,416	$Z_{10}=0,033$	$Z_{12}=0,506$	$Z_{14}=0,462$
17	FT-94	1,565	0,639	$Z_6=0,191$	$Z_9=0,560$	$Z_9=0,192$ $Z_{10}=0,057$
18	FT-95	1,587	0,630	$Z_6=0,071$	$Z_9=0,662$	$Z_{10}=0,267$
19	FES-94	1,440	0,694	$Z_9=0,136$	$Z_{14}=0,218$	$Z_{20}=0,647$
20	FES-95	1	1	$Z_{20}=1$		

Tabela 6.7 – Modelo Vfr1F: expansão máxima, ineficiência mista* e vetor intensidade correspondente a cada plano observado

j	Plano de Oper. Observado da DMU j	Expansão Máxima (θ^{Vfr1F})	Ineficiência Mista (Ω_{cc1})	Vetor Intensidade (Z)		
1	ICE-94	3,006	0,333	$Z_6=0,378$	$Z_{10}=0,464$	$Z_{13}=0,158$
2	ICE-95	2,334	0,428	$Z_6=0,265$	$Z_{10}=0,735$	
3	ICB-94	1	1	$Z_3=1$		
4	ICB-95	1	1	$Z_4=1$		
5	ICHL-94	2,708	0,369	$Z_6=0,599$	$Z_{13}=0,345$	$Z_{20}=0,056$
6	ICHL-95	1	1	$Z_6=1$		
7	FACED-94	1,660	0,603	$Z_6=0,034$	$Z_{10}=0,966$	
8	FACED-95	1,262	0,792	$Z_{10}=0,762$	$Z_{12}=0,238$	
9	FCS-94	1	1	$Z_9=1$		
10	FCS-95	1	1	$Z_{10}=1$		
11	FEF-94	1	1	$Z_{11}=1$		
12	FEF-95	1	1	$Z_{12}=1$		
13	FD-94	1	1	$Z_{13}=1$		
14	FD-95	1	1	$Z_{14}=1$		
15	FCA-94	2,742	0,365	$Z_{10}=0,032$	$Z_{12}=0,574$	$Z_{14}=0,394$
16	FCA-95	2,404	0,416	$Z_{10}=0,033$	$Z_{12}=0,506$	$Z_{14}=0,462$
17	FT-94	1,955	0,511	$Z_5=0,168$	$Z_{10}=0,832$	
18	FT-95	2,004	0,499	$Z_5=0,004$	$Z_{10}=0,996$	
19	FES-94	1,440	0,694	$Z_5=0,136$	$Z_{14}=0,218$	$Z_{20}=0,647$
20	FES-95	1	1	$Z_{20}=1$		

* ineficiência de gestão e ineficiência de congestionamento do produto 1.

Tabela 6.8 – Modelo Vfr2F: expansão máxima, ineficiência mista* e vetor intensidade correspondente a cada plano observado

j	Plano de Oper. Observado da DMU j	Expansão Máxima (θ^{Vfr2F})	Ineficiência Mista (Ω_{CC2})	Vetor Intensidade (Z)			
1	ICE-94	3,006	0,333	$Z_6=0,378$	$Z_{10}=0,464$	$Z_{13}=0,158$	
2	ICE-95	2,289	0,437	$Z_6=0,272$	$Z_8=0,068$	$Z_{10}=0,661$	
3	ICB-94	1	1	$Z_3=1$			
4	ICB-95	1	1	$Z_4=1$			
5	ICHL-94	2,708	0,369	$Z_6=0,599$	$Z_{13}=0,345$	$Z_{20}=0,056$	
6	ICHL-95	1	1	$Z_6=1$			
7	FACED-94	1,624	0,616	$Z_6=0,040$	$Z_8=0,068$	$Z_{10}=0,891$	
8	FACED-95	1	1	$Z_8=1$			
9	FCS-94	1	1	$Z_9=1$			
10	FCS-95	1	1	$Z_{10}=1$			
11	FEF-94	1,985	0,504	$Z_4=0,431$	$Z_{12}=0,436$	$Z_{14}=0,133$	
12	FEF-95	1	1	$Z_{12}=1$			
13	FD-94	1	1	$Z_{13}=1$			
14	FD-95	1	1	$Z_{14}=1$			
15	FCA-94	2,742	0,365	$Z_{10}=0,032$	$Z_{12}=0,574$	$Z_{14}=0,394$	
16	FCA-95	2,404	0,416	$Z_{10}=0,033$	$Z_{12}=0,506$	$Z_{14}=0,462$	
17	FT-94	1,565	0,639	$Z_6=0,191$	$Z_8=0,560$	$Z_9=0,192$	$Z_{10}=0,057$
18	FT-95	1,587	0,630	$Z_6=0,071$	$Z_8=0,662$	$Z_{10}=0,267$	
19	FES-94	1,440	0,694	$Z_9=0,136$	$Z_{14}=0,218$	$Z_{20}=0,647$	
20	FES-95	1	1	$Z_{20}=1$			

* ineficiência de gestão e ineficiência de congestionamento do produto 2.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Faz-se um estudo dos resultados calculados no capítulo anterior. A primeira seção trata das ineficiências produtivas detectadas e de sua decomposição nas componentes de escala, de congestionamento e de gestão. As fronteiras de eficiência são analisadas na segunda seção. A Faculdade de Tecnologia é usada na terceira seção para ilustrar a identificação dos focos de ineficiência e a determinação de metas para eliminá-los. Ressalte-se o caráter ilustrativo desta última seção; por conseguinte, as conclusões sobre a Faculdade de Tecnologia também são de caráter ilustrativo, não conduzindo a uma avaliação real da situação dessa Unidade, avaliação que requer estudo mais profundo e completo deste realizado nesta pesquisa. Uma última seção aborda a ineficiência produtiva total da Universidade do Amazonas.

7.1 INEFICIÊNCIA PRODUTIVA E SUA DECOMPOSIÇÃO

Recorde-se que a ineficiência produtiva Ω^* diz respeito a uma tecnologia extremamente flexível que exhibe retornos de escala constantes e descarte forte de produtos e de insumos, possibilitando às DMUs, sem qualquer custo produtivo, alterar seus “mix” de produção e de consumo, bem como operar com a maior produtividade observada, qualquer que seja sua escala de operação. Por conseguinte, avaliar uma DMU do ponto de vista de sua eficiência produtiva é avaliá-la sob o prisma mais desfavorável para ela.

A ineficiência produtiva Ω^* pode ser decomposta em três componentes de tal forma que $\Omega^* = \Omega_E \cdot \Omega_C \cdot \Omega_G$, onde Ω_E corresponde à ineficiência decorrente da escala de operação, Ω_C à do congestionamento de produção e Ω_G à da inadequação gerencial. Tais componentes podem ser calculadas a partir dos indicadores de eficiência θ^{CFF} , θ^{VFF} e θ^{VfrF} empregando-se as fórmulas:

$$\Omega_E = \theta^{VFF} / \theta^{CFF} \quad \Omega_C = \theta^{VfrF} / \theta^{VFF} \quad \Omega_G = 1 / \theta^{VfrF}$$

A Tabela 7.1 transcreve as expansões equiproporcionais máximas para os modelos CFF, VFF, VfrF, Vfr1F e Vfr2F, a Tabela 7.2 transcreve as medidas de ineficiência e suas componentes e a Tabela 7.3 transcreve as características da fronteira de eficiência produtiva nas regiões de projeção dos planos ineficientes. O estudo desses resultados indica que:

- 4 Unidades Acadêmicas (ICHL, FCS, FD e FES) operaram com produtividade máxima ($\Omega^* = 1$): a FD nos anos de 94 e 95 e o ICHL, FCS e FES somente em 95. Portanto, não há indícios dessas Unidades terem enfrentado problema de escala, congestionamento e gestão nesses períodos. A escala de operação dessas 4 Unidades é adequada e, portanto, a ineficiência de escala detectada em 1994 no ICHL (0,964), na FCS (0,915) e na FES (0,973) não devem causar muita preocupação, pois devem ser fruto da variação ocasional dos fluxos escolares. Todavia estudos devem ser desenvolvidos para identificar as causas da ineficiência gerencial identificada em 94 no ICHL (0,369) e na FES (0,694), que são significantes e aparentemente elimináveis, visto não terem ocorrido em 1995;
- 4 unidades acadêmicas (ICB, FACED, FCS e FEF) operaram com ineficiência de escala ($\Omega_E < 1$) mas foram eficientes do ponto de vista da gestão ($\Omega_G = 1$): o ICB e a FEF, nos anos de 94 e 95, a FACED somente em 95 e a FCS somente em 94. Os indícios são muito fracos da FCS apresentar problemas de escala, haja vista ela ter sido eficiente produtivamente em 1995 ($\Omega^* = 1$) e, em 1994, ter sido detectada apenas uma diminuta ineficiência de escala ($\Omega^* = \Omega_E = 0,915$). Porém, há fortes indícios do ICB, da FACED e da FEF estarem operando em escalas nas quais não se alcança a produtividade máxima observada, particularmente o ICB e a FEF, cujas ineficiências produtivas são muito significantes e totalmente decorrentes da inadequação de escala. Estudo complementar deve ser efetuado para identificar as causas da ineficiência de escala detectada no ICB e na FEF, talvez oriundas de características específicas das atividades acadêmicas desenvolvidas por essas Unidades e que foram consideradas semelhantes às das demais Unidades no recorte adotado nesta pesquisa;

Tabela 7.1 – Resumo das medidas de expansão equiproporcional obtidas

j	DMU	Tecnologias				
		θ^{CFF}	θ^{VFF}	θ^{VrF}	θ^{VrIF}	θ^{VrZF}
1	ICE-94	3,754	3,006	3,006	3,006	3,006
2	ICE-95	2,912	2,334	2,289	2,334	2,289
3	ICB-94	1,771	1	1	1	1
4	ICB-95	1,906	1	1	1	1
5	ICHL-94	2,808	2,708	2,708	2,708	2,708
6	ICHL-95	1	1	1	1	1
7	FACED-94	1,717	1,660	1,624	1,660	1,624
8	FACED-95	1,327	1,262	1	1,262	1
9	FCS-94	1,093	1	1	1	1
10	FCS-95	1	1	1	1	1
11	FEF-94	3,594	1,985	1	1	1,985
12	FEF-95	1,805	1	1	1	1
13	FD-94	1	1	1	1	1
14	FD-95	1	1	1	1	1
15	FCA-94	3,298	2,742	2,742	2,742	2,742
16	FCA-95	2,799	2,404	2,404	2,404	2,404
17	FT-94	2,093	1,955	1,565	1,955	1,565
18	FT-95	2,012	2,004	1,587	2,004	1,587
19	FES-94	1,480	1,440	1,440	1,440	1,440
20	FES-95	1	1	1	1	1

Tabela 7.2 – Resumo das medidas de ineficiência

j	DMU	Medidas de ineficiência				
		Ineficiência produtiva (Ω^*)	Ineficiência de escala (Ω_e)	Ineficiência técnica (Ω_T)	Ineficiência de congestionamento (Ω_c)	Ineficiência de gestão (Ω_g)
1	ICE-94	0,266	0,801	0,333	1	0,333
2	ICE-95	0,343	0,802	0,428	0,981	0,437
3	ICB-94	0,565	0,565	1	1	1
4	ICB-95	0,525	0,525	1	1	1
5	ICHL-94	0,356	0,964	0,369	1	0,369
6	ICHL-95	1	1	1	1	1
7	FACED-94	0,583	0,967	0,603	0,979	0,616
8	FACED-95	0,754	0,952	0,792	0,792	1
9	FCS-94	0,915	0,915	1	1	1
10	FCS-95	1	1	1	1	1
11	FEF-94	0,278	0,552	0,504	0,504	1
12	FEF-95	0,554	0,554	1	1	1
13	FD-94	1	1	1	1	1
14	FD-95	1	1	1	1	1
15	FCA-94	0,303	0,831	0,365	1	0,365
16	FCA-95	0,357	0,859	0,416	1	0,416
17	FT-94	0,478	0,934	0,511	0,801	0,639
18	FT-95	0,497	0,996	0,499	0,792	0,630
19	FES-94	0,676	0,973	0,694	1	0,694
20	FES-95	1	1	1	1	1

Tabela 7.3 – Características das fronteiras de eficiência produtiva nas regiões de projeção dos planos ineficientes

Planos Ineficientes	Retorno de escala	Descarte		Ineficiência			
		Produto 1	Produto 2	Escala	Técnica	Gestão	Congestionamento
ICE-94	Decrescente	Forte	Forte	X	X	X	
ICE-95	Decrescente	Forte	Fraco	X	X	X	X
ICB-94	Crescente	Fraco	Fraco	X			
ICB-95	Crescente	Fraco	Fraco	X			
ICHL-94	Decrescente	Forte	Forte	X	X	X	
FACED-94	Decrescente	Forte	Fraco	X	X	X	X
FACED-95	Crescente	Forte	Fraco	X	X		X
FCS-94	Crescente	Forte	Forte	X			
FEF-94	Crescente	Fraco	Forte	X	X		X
FEF-95	Crescente	Forte	Forte	X			
FCA-94	Crescente	Forte	Forte	X	X	X	
FCA-95	Crescente	Forte	Forte	X	X	X	
FT-94	Decrescente	Forte	Fraco	X	X	X	X
FT-95	Decrescente	Forte	Fraco	X	X	X	X
FES-94	Crescente	Forte	Forte	X	X	X	

- 4 Unidades Acadêmicas (ICE, FACED, FEF e FT) apresentaram ineficiência decorrente de congestionamento: a FACED e a FT nos anos 94 e 95, a FEF somente em 94 e o ICE somente em 95. Verifica-se na Tabela 7.1 que o produto 2 (INSC/VAG) é a causa do congestionamento do ICE, da FACED e da FT ($\theta^{VFF} = \theta^{Vfr1F} > \theta^{Vfr2F} = \theta^{VfrF}$) enquanto que o produto 1 (FORM) é a causa do congestionamento detectado da FEF ($\theta^{VFF} = \theta^{Vfr2F} > \theta^{Vfr1F} = \theta^{VfrF}$). Note-se que o congestionamento da FEF em 94 e do ICE em 95 deve ser ocasional posto que inexistente em 95 e 94, respectivamente. Estudo complementar deveria ser realizado para pesquisar as causas da baixa atratividade (INSC/VAG) nos cursos oferecidos pelo ICE, pela FACED e pela FT, que podem ser oriundas das características específicas desses cursos, da demanda social por profissionais formados por essas Unidades e, eventualmente, por “percepções negativas” que a Sociedade tem dessas Unidades;
- 6 unidades acadêmicas (ICE, ICHL, FACED, FCA, FT e FES) apresentaram ineficiência de gestão ($\Omega_G < 1$): o ICE, a FCA e a FT em 1994 e 1995 e o ICHL, a FACED e a FES, em 94. Há, pois, fortes indícios dos administradores dessas Unidades não terem gerenciado eficientemente os recursos disponíveis nesses períodos. É possível que esse resultado negativo seja decorrente do recorte que considerou produtos e insumos do mesmo ano acadêmico, admitindo, implicitamente, um “fluxo escolar” de um ano, quando na realidade esse fluxo dura quatro anos para alguns cursos e cinco para outros. Assim, estudo complementar deveria ser realizado para verificar as causas de tal ineficiência gerencial, pois removê-las, se existentes, não exigiria mudança do porte, nem dos projetos acadêmicos e pedagógicos das Unidades.

Finalizando esta seção deve-se observar que, em 1994, o desempenho de todas as Unidades sempre foi pior que em 1995. Estudo complementar deve ser realizado com a finalidade de identificar o que ocorreu de especial, em 1994 ou em 95, que justificasse tal fato.

7.2 AS FRONTEIRAS DE EFICIÊNCIA

É possível construir três fronteiras principais com os cálculos realizados nesta pesquisa: (i) a fronteira de eficiência produtiva, da tecnologia com retornos de escala constantes e descarte forte de insumos e produtos; (ii) a fronteira de eficiência técnica, da tecnologia com retornos de escala variáveis e descarte forte de produtos e insumos; e (iii) a fronteira de eficiência gerencial, da tecnologia com retornos de escala variáveis, descarte fraco de produtos e forte de insumos.

A fronteira de eficiência técnica foi escolhida para estudo por se considerar que as Unidades Acadêmicas não têm poder de decisão para mudar o seu porte, que exigiria modificar a quantidade de recursos humanos (professores e funcionários) e de recursos materiais (salas de aula, laboratórios) existentes na Unidade, mas têm condições de alterar o seu projeto acadêmico (mix de produção).

A fronteira de eficiência técnica empírica é definida pelos planos de operação eficientes do ponto de vista técnico cujas produtividades são as maiores alcançáveis em suas respectivas escalas de operação. No caso desta pesquisa, cuja análise está voltada para o aumento de produtividade mantendo-se o consumo observado, a escala de operação está associada ao nível do consumo observado.

A Tabela 7.1 aponta as Unidades Acadêmicas eficientes do ponto de vista técnico ($\theta^{VFF}=1$): ICB, ICHL, FCS, FEF, FD e FES, sendo que as Unidades ICB, FCS e FD foram eficientes em 1994 e 1995, enquanto que o ICHL, a FEF e a FES somente em 1995. Por sua vez, a Tabela 7.4 relaciona as Unidades ineficientes com as eficientes apresentando dois tipos de informação a saber:

- cada linha associada a um plano de operação ineficiente indica os pesos relativos que devem ser aplicados aos planos eficientes no estabelecimento de uma meta eficiente para esse plano ineficiente. Assim, o ICE seria eficiente em 1994 se tivesse executado um plano que fosse combinação dos planos ICHL-95, FCS-95 e FD-94 com pesos relativos 0,378, 0,464 e 0,158, respectivamente;
- a última linha indica o número de vezes que cada plano eficiente foi tomado como referência pelas Unidades ineficientes.

Tabela 7.4 – Planos de operação eficientes referências para os planos ineficientes

DMUs fora da fronteira	DMUs que estão na fronteira								
	ICB-94	ICB-95	ICHL-95	FCS-94	FCS-95	FEF-95	FD-94	FD-95	FES-95
ICE-94			0,378		0,464		0,158		
ICE-95			0,265		0,735				
ICHL-94			0,599				0,345		0,056
FACED-94			0,034		0,966				
FACED-95					0,762	0,238			
FEF-94		0,431				0,436		0,133	
FCA-94					0,032	0,574		0,394	
FCA-95					0,033	0,506		0,462	
FT-94			0,168		0,832				
FT-95			0,004		0,996				
FES-94				0,136				0,218	0,647
Nº de referências	0	1	6	1	8	4	2	4	2

A análise da Tabela 7.4 permite as seguintes conclusões:

- os planos de operação tomados mais vezes como referência são a FCS-95 (8 vezes) e o ICHL (6 vezes). Esses planos merecem estudo complementar para identificar as causas que os fazem eficientes e que deveriam ser consideradas para adoção pelas Unidades ineficientes;
- o plano de operação do ICB em 1994 é eficiente do ponto de vista técnico mas não foi tomado como referência por nenhuma Unidade ineficiente. Quase certamente esse plano é um *outlier* de eficiência, pois deve ter uma característica muito especial que o torna eficiente. Um estudo complementar deveria ser realizado para identificar essa causa com vistas a verificar sua aplicabilidade às demais Unidades;
- a fronteira de eficiência técnica é formada por 5 facetas justapostas formadas por hiper-polígonos convexos determinados por planos de operação eficientes. Tais facetas são:

Faceta	Planos eficientes formadores da faceta					
1	ICHL-95	FCS-95	FD-94			
2	ICHL-95		FD-94	FES-95		
3					ICB-95	FEF-95 FD-95
4		FCS-95				FEF-95 FD-95
5				FES-95		FD-95 FCS-94

- cada faceta merece estudo complementar para verificar as características que as diferenciam das outras, visto que essas características devem ser comuns às unidades ineficientes cujas metas localizem-se na faceta estudada, como abaixo mostrado:

Faceta	Planos Ineficientes com Metas na Faceta				
1	ICE-94	ICE-95	FACED-94	FT-94	FT-95
2	ICHL-94				
3	FEF-94				
4	FACED-95	FCA-94	FCA-95		
5	FES-94				

- o ICE e a FT projetam-se na faceta 1 e, portanto, operam numa escala intermediária ao ICHL, à FCS e à FD. Do mesmo modo, a FCA projeta-se na faceta 4 e sua escala de operação deve estar entre as escalas da FCS, FEF e FD. Estudos podem ser realizados neste contexto mas fogem ao propósito desta dissertação;
- as facetas 1 e 2 exibem retornos decrescentes, pois a Tabela 6.2 indica tal propriedade para os planos ineficientes nelas projetados enquanto que as facetas 3, 4 e 5 exibem retornos crescentes pela mesma razão.

7.3 ESTABELECIMENTO DE METAS EFICIENTES

Toma-se a Faculdade de Tecnologia para ilustrar a determinação de metas eficientes. A escolha dessa Unidade é intencional, visto terem sido detectados fortes indícios de ela estar operando com ineficiência de escala, de congestionamento e de gestão, como mostrado na Tabela 7.2. Como ilustração, o estudo concentra-se no ano de 1995, época que essa Unidade executou o seguinte plano:

Consumo (X^{18})	Produção (Y^{18})
<ul style="list-style-type: none"> • 164 ingressantes • 1,622 cadastrado/matriculado 	<ul style="list-style-type: none"> • 63 formados • 7,439 inscritos/vaga

A Tabela 7.1 mostra existirem fortes indícios do plano FT-95 ser ineficiente do ponto de vista produtivo ($\theta^{CFE}=2,012$) devido à sua inadequação de escala ($\theta^{VFE}=2,004 \neq \theta^{CFE}$), à especialização (mix) de produção ($\theta^{VrF}=1,587 \neq \theta^{VFE}$) e à inadequação da gestão praticada ($\theta^{VrF}=1,587 \neq 1$). Como há uma hierarquia no nível de tomada de decisão para eliminar as causas dessas ineficiências, o estabelecimento das metas eficientes para a Faculdade de Tecnologia em 1995 busca eliminar, primeiro, os focos de ineficiência gerencial, seguindo-se os focos de ineficiência técnica e terminando com os focos de ineficiência produtiva.

7.3.1 Eliminação dos Focos de Ineficiência Gerencial

Os focos de ineficiência gerencial ($\Omega_G = 0,639$) podem ser eliminados sem alterar a escala de operação e o projeto acadêmico (mix de produção) adotados pela Unidade Acadêmica. O Quadro 7.1 sintetiza o estabelecimento das metas que eliminam os focos de ineficiência gerencial detectados no plano FT-95.

O Quadro 7.1 é formado de dois blocos verticais. O bloco da esquerda transcreve os planos eficientes referência para a FT-95, bem como os pesos relativos que estabelecem a meta eficiente como combinação desses planos eficientes. O bloco da direita tem quatro colunas. A primeira transcreve o plano FT-95 executado. A segunda aponta a maior expansão equiproporcional que pode ser alcançada eliminando somente os focos de ineficiência gerencial: essa expansão é dada por $\theta^{V_{frF}}$. A terceira coluna mostra um plano eficiente que poderia ser realizado, pois corresponde à combinação dos planos eficientes de referência. A quarta coluna apresenta a diferença entre a meta eficiente e o plano de expansão equiproporcional máxima.

Caso os planos eficientes de referência sejam, efetivamente, alternativas viáveis para a Faculdade de Tecnologia, atendendo pressuposto básico desta dissertação, então a FT pode ter como meta formar cerca de 100 alunos por ano e aumentar sua “atratividade” para cerca de 12 inscritos por vaga ofertada no vestibular. Haveria, portanto um aumento de 50% na produtividade dessa Unidade visto que, com os mesmos insumos, ela passaria de 63 para 100 formados por ano. Esse aumento no número de formados “motivaria um aumento” no número de candidatos que chegaria a quase 12 inscritos por vaga. Essa última inferência deve ser tomada com a devida cautela, dado que ela depende fortemente da reação da Sociedade, fora do controle dos administradores da FT.

Dentre as medidas gerenciais que a FT poderia tomar seria reduzir a relação cadastrado/matriculado, por exemplo, induzindo os alunos cadastrados a se matricularem e, conseqüentemente, aumentando o número de formados. Note-se que, na FT, os alunos cadastrados não-matriculados correspondem a 60% dos alunos matriculados. Observe-se, por um lado, que o planejamento deve “reservar” recursos de infra-estrutura para os cadastrados, pois eles podem se matricular; por conseguinte, é razoável cogitar que haja elevada proporção de recursos de infra-estrutura não utilizados efetivamente e que poderiam ser empregados para elevar a parcela de matriculados que se formarão.

Quadro 7.1 – Eliminação da ineficiência gerencial detectada na FT-95 ($\theta^{VrF} = 1,587$)

Fatores de Produção	Unidades Eficientes – Referência (Pesos)			Unidade FT-95			
	ICHL-95 (0,071)	FACED-95 (0,662)	FCS-95 (0,267)	Observado	Expansão	Projetado	Diferença
Insumo:				X^{18}			
ING	401	139	163	164		164	0
CAD/MAT	1,733	1,594	1,362	1,622		1,54	0,1
Produtos:				Y^{18} $Y = Y^{18} + \theta^{VrF}$			
FORM	179	81	126	63	99,98	99,98	0
INSC/VAG	13,313	9,425	19,086	7,439	11,81	12,28	0,47

Quadro 7.2 – Eliminação da ineficiência técnica detectada na FT-95 ($\theta^{VFF} = 2,004$)

Fatores de Produção	Unidades Eficientes – Referência (Pesos)		Unidade FT-95			
	ICHL-95 (0,004)	FCS-95 (0,996)	Observado	Expansão	Projetado	Diferença
Insumo:			X^{18}			
ING	401	163	164		164,0	-
CAD/MAT	1,733	1,362	1,622		1,36	0,3
Produtos:			Y^{18} $Y = Y^{18} + \theta^{VFF}$			
FORM	179	126	63	126,25	126,25	-
INSC/VAG	13,313	19,086	7,439	14,91	19,06	4,16

Quadro 7.3 – Eliminação da ineficiência produtiva da FT-95 ($\theta^{CFE} = 2,012$)

Fatores de Produção	Unidades Eficientes – Referência (Pesos)	Unidade FT-95			
	FCS-95 (1,006)	Observado	Expansão	Projetado	Diferença
Insumo:		X^{18}			
ING	163	164		164,0	0,0
CAD/MAT	1,362	1,622		1,37	0,3
Produtos:		Y^{18} $Y = Y^{18} + \theta^{CFE}$			
FORM	126	63	126,76	126,76	0,00
INSC/VAG	19,086	7,439	14,97	19,20	4,23

7.3.2 Eliminação dos Focos de Ineficiência Técnica

Considere uma DMU ineficiente do ponto de vista técnico. Nos casos em que a DMU possa somente eliminar os focos de ineficiência gerencial, então sua meta eficiente é calculada na forma preconizada no item 7.3.1 acima. Nos casos em que a DMU possa eliminar simultaneamente os focos de ineficiência gerencial e de congestionamento, então ela deveria ter como meta uma combinação convexa das DMUs eficientes do ponto de vista técnico.

O Quadro 7.2 sintetiza o estabelecimento de uma meta tecnicamente eficiente para o plano FT-95. A análise desse quadro é similar àquela realizada para o Quadro 7.1 e conduz às seguintes conclusões:

- mantendo seu projeto acadêmico (mix de produção), a FT poderia passar a formar 126 alunos por ano ao invés de apenas 63; portanto essa Unidade poderia duplicar o número de alunos formados anualmente. Em consequência, a percepção da Sociedade sobre os cursos da FT melhoraria e, conseqüentemente, o número de candidatos poderia crescer chegando a 19 inscritos por vaga, quase três vezes a demanda atual;
- a meta da FT-95 deveria ser muito igual ao plano executado FCS-95. Observa-se na Tabela 7.4 que a FT-94 (ineficiente) também deveria mirar-se fortemente no plano FCS-95. Por conseguinte, um estudo complementar deveria verificar se a Faculdade de Ciências da Saúde pode ser considerada efetivamente uma referência produtiva para a Faculdade de Tecnologia, identificando semelhanças e diferenças, para melhor orientar ações sobre a Faculdade de Tecnologia.

Por outro lado, a Faculdade de Tecnologia somente terá condição de operar com a produtividade máxima observada caso ela mude de porte, uma vez que $\theta^{CFE}=2,012 \neq \theta^{VFE}=2,004$. O estabelecimento de uma meta produtivamente eficiente para a FT requer a eliminação dos focos de ineficiência produtiva.

7.3.3 Eliminação dos Focos de Ineficiência Produtiva

A meta produtivamente eficiente de uma DMU ineficiente do ponto de vista produtivo é calculada como uma combinação de planos de operação produtivamente eficientes. O Quadro 7.3 sintetiza o estabelecimento de uma meta produtivamente eficiente para FT-95. Como o indicador de eficiência produtiva $\theta^{CFE}=2,012$ é muito semelhante ao indicador de eficiência técnica $\theta^{VFE}=2,004$, então a ineficiência de escala é muito pequena ($\Omega_E=0,996$) e, portanto, as metas eficientes do ponto de vista técnico e produtivo são praticamente iguais: 126 formados e 19 inscritos por vaga para 164 ingressantes e 1,36 aluno cadastrado/aluno matriculado.

De um modo geral, essa similitude não ocorre, como pode ser observado na Tabela 7.1. Há, em geral, dois casos a estudar, dependendo da hipótese de escala de retornos constantes ser verdadeira ou não.

Na hipótese dos retornos de escala constantes ser válida então as metas das colunas “Expansão” e “Projetado” do Quadro 7.3 são viáveis e asseguram a produtividade máxima observada para as respectivas formas de expansão da produção. Todavia, na hipótese dos retornos de escala constantes não ser válida, tais metas não são viáveis. Nesse caso, a DMU necessita mudar a escala de operação. As metas que asseguram a produtividade máxima são calculadas dividindo-se as metas da coluna “Expansão” e “Projetado” do Quadro 7.3 pela soma dos pesos relativos da Tabela 6.2. O “rationale” que suporta tal computação tem sua origem no fato da meta “projetado” ser calculada como combinação linear das Unidades eficientes-referência com referidos pesos. Assim, contraindo-se (quando a soma dos pesos for maior que 1) ou expandindo-se (quando a soma dos pesos for menor que 1) as metas “Expansão” e “Projetado”, obtém-se novas metas que são combinações convexas de planos produtivamente eficientes e equiproporcionais às metas “Expansão” e “Projetado”. Portanto, essas novas metas também são produtivamente eficiente e, conseqüentemente, asseguram a maior produtividade observada, mantendo inalterados os “mix” de produção e consumo, isto é, os projetos acadêmicos e pedagógicos da Unidade.

7.4 ESTIMATIVA DA INEFICIÊNCIA TOTAL DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS

A avaliação da eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas permite estimar a ineficiência total da Universidade do Amazonas.

Nesta pesquisa adotou-se a orientação de manter os insumos e expandir a produção. Portanto, por pressuposto, as quantidades totais de insumos disponíveis permanecem constantes e iguais.

Por outro lado, a produção observada total, gerada pela Universidade do Amazonas, é $Y^T = Y^1 + Y^2 + \dots + Y^J$. No caso de buscar-se a maior expansão equiproporcional da produção, a produção total alcançada com operações eficientes do ponto de vista:

- produtivo é $Y_p^T = \epsilon_1^{CFF} \cdot Y^1 + \epsilon_2^{CFF} \cdot Y^2 + \dots + \epsilon_J^{CFF} \cdot Y^J$;
- técnico é $Y_t^T = \epsilon_1^{VFF} \cdot Y^1 + \epsilon_2^{VFF} \cdot Y^2 + \dots + \epsilon_J^{VFF} \cdot Y^J$;
- gerencial é $Y_g^T = \epsilon_1^{VrF} \cdot Y^1 + \epsilon_2^{VrF} \cdot Y^2 + \dots + \epsilon_J^{VrF} \cdot Y^J$.

Consequentemente, a produção crescerá

- $Y_p^T - Y^T$, caso sejam eliminadas as ineficiências produtivas;
- $Y_t^T - Y^T$, caso sejam eliminadas as ineficiências técnicas;
- $Y_g^T - Y^T$, caso sejam eliminadas as ineficiências gerenciais.

O Quadro 7.4 resume o cálculo dos acréscimos das produções que a Universidade do Amazonas poderia alcançar considerando a eliminação das ineficiências produtiva, técnica e gerencial das Unidades Acadêmicas. O produto INSC/VAG não consta desse quadro dadas suas características. Observa-se, nesse Quadro 7.4 que:

- caso fossem eliminados os focos de ineficiência gerencial a produção de formados nas Unidades ineficientes passaria de 281 para 432. Isso representa um aumento de 54% na produtividade dessas Unidades e 17% na produtividade da UA;

Quadro 7.4 – Acréscimo do número de formados, no ano de 1995, com a eliminação dos focos de ineficiência

		Total observado	Eliminação dos focos de ineficiência		
			Gestão	Técnica	Produtiva
Unidades Ineficientes	Alunos formados	281	432	482	576
	Acréscimo (%)	-	151 (53,7%)	201 (71,5%)	295 105,1%
	Diferença (%)	-	151 (53,7%)	50 (17,9%)	94 (33,6%)
Universidade do Amazonas	Alunos formados	866	1017	1067	1161
	Acréscimo (%)	-	151 (17,4%)	201 (23,2%)	295 (34,1%)
	Diferença (%)	-	151 (17,4%)	50 (5,8%)	94 (10,9%)

- caso fossem eliminados os focos de ineficiência técnica, a produção de formados nas Unidades ineficientes passaria de 281 para 482, o que representa um aumento de 71% na produtividade dessa Unidades e 23% na produtividade da UA; e
- caso fossem eliminados os focos de ineficiência produtiva, a produção de formados nas Unidades ineficientes chegaria a 576, ou seja, essas Unidades poderiam formar o dobro do que formam, aumentando em 100% suas produtividades, o que representaria um aumento de 34% na produtividade da UA.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a avaliação de uma instituição de ensino superior se apresenta como uma necessidade e se constitui num instrumento possibilitador do aprimoramento das Universidades e, portanto, deve gerar subsídios para a tomada de decisão por parte de seus administradores, este trabalho de pesquisa propôs avaliar a eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas, nos anos de 1994 e 1995, utilizando o método de Análise Envoltória de Dados.

Em contextos onde a tomada de decisão é complexa como é o caso das Unidades Acadêmicas, a abordagem DEA pode ser utilizada com sucesso, tanto para avaliar a eficiência produtiva dessas Unidades quanto para identificar focos de ineficiência e definir metas que permitam eliminá-los, aumentando, conseqüentemente, a produtividade. Tal complexidade se explica, em particular, pela própria natureza da Universidade, e pela multiplicidade de insumos utilizados e produtos gerados no processo acadêmico, cuja valoração relativa não é perfeitamente conhecida.

8.1 CONCLUSÕES

Quatro variáveis relevantes foram selecionadas pelo procedimento de Norman e Stoker para comporem o modelo de eficiência a ser utilizado no método de Análise Envoltória de Dados para avaliar a produtividade das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas: a razão entre o número de candidatos inscritos no vestibular e o número de vagas ofertadas; a razão entre o número de alunos cadastrados e o número de alunos matriculados; o número de alunos formados; e o número de alunos que nela ingressam.

Duas dessas variáveis foram apontadas para representar a produção das Unidades: o número de formados, do ponto de vista quantitativo, e a razão inscritos por vaga, do ponto de vista qualitativo, quando interpretada como a "atratividade" dos cursos oferecidos pela Unidade. As outras duas foram apontadas como representantes do consumo das Unidades: o número de ingressantes, do ponto de vista quantitativo, e a razão cadastrados por matriculados, do ponto de vista qualitativo, quanto interpretada

como indicador de um “atrito operacional” existente nas atividades acadêmicas e que reduz a eficácia da Unidade em transformar aluno ingressante em aluno formado.

O primeiro resultado que se destaca na Aplicação da Análise Envoltória de Dados é o fato de todas as Unidades terem tido, em 1995, um desempenho superior ao alcançado em 1994. Caso o desempenho observado nas Unidades, em 1995, seja normal, há, pois, indícios de ter ocorrido algum fenômeno, em 1994, que afetou indistintamente todas as Unidades de forma negativa. Assim, o ano de 1994 merece ser estudado com mais detalhe para que sejam identificadas as causas desse desempenho coletivo mais fraco, possibilitando a tomada de ações para evitá-las no futuro.

Por outro lado, caso o desempenho observado em 1994 seja normal, há, pois, indícios de ter ocorrido algo de excepcional no ano de 1995 que deve ser estudado com detalhes para que sempre se repita.

Sob o prisma da eficiência, a Análise Envoltória de Dados indica que as Unidades ICHL, FCS, FD e FES são eficientes do ponto de vista produtivo, não existindo evidência empírica da ocorrência de focos de ineficiência decorrente de escala, de congestionamento e de gestão. Assim, entre as estatísticas do II Plano Diretor Físico da Universidade do Amazonas, não há indícios das produtividades dessas Unidades poderem ser aumentadas, quer com alteração em suas escalas de operação (porte) e seu “mix” de produção (projeto acadêmico), quer adotando procedimentos gerenciais diferentes daqueles por ela adotados.

A Análise Envoltória de Dados indica que as Unidades ICB e FEF apresentam ineficiência produtiva decorrente do fato de suas escalas de operação serem pequenas relativamente às demais Unidades. Do ponto de vista operacional, os resultados indicam que o ICB e a FEF poderiam duplicar suas produtividades caso pudessem ser comparadas à FCS e à FD. Estudo deveria ser realizado para verificar a possibilidade e conveniência de aumentar-se o porte do Instituto de Ciências Biológicas e da Faculdade de Educação Física.

Por sua vez, as Unidades FCA e ICE apresentam fortes indícios de terem focos de ineficiência de escala e de gestão. A FCA opera em escala de retornos crescentes e somente terá condições de operar com a produtividade máxima se seu porte crescer de 50%. O ICE opera em escala de retornos decrescentes e somente terá condições de operar com a produtividade máxima caso seu porte diminua de 25%. Estudo deveria ser realizado para verificar a possibilidade e a conveniência de serem modificados os portes dessas Unidades. Independentemente de alterarem seu porte e adicionalmente ao ganho

de produtividade decorrente dessa alteração, a produtividade dessas Unidades pode ser cerca de 2,4 vezes maior que a produtividade alcançada nos anos de 1994 e 1995, bastando para isso que o ICE adote procedimentos gerenciais semelhantes às Unidades ICHL e FCS e que a FCA às Unidades FEF e FD.

A Unidade FACED apresenta focos de ineficiência de escala e de congestionamento. Essa Unidade opera com retornos de escala crescentes, mas com produtividade próxima à máxima observada. O maior foco de ineficiência está localizado no congestionamento provocado pela variável “INSC/VAG” que reflete uma demanda muito pequena pelos cursos oferecidos por essa Unidade. Assim, estudos deveriam ser realizados para identificar as causas dessa baixa demanda e ações para aumentá-la.

A Unidade FT apresenta focos significativos de ineficiência de congestionamento e de gestão. O congestionamento é provocado pela variável “formado” que reflete uma proporção de formados muito pequena em relação aos ingressantes, comparativamente às demais Unidades, fato que se reflete negativamente na “atratividade” dos cursos, isto é, na relação “inscrito/vaga”. Estudo deveria ser conduzido para estudar as causas que acarretam ser baixa a eficácia da FT transformar ingressante em formado. Independentemente desse congestionamento, a produtividade da FT pode ser aumentada em cerca de 60% com mudanças nos seus procedimentos gerenciais.

Encerrando esta seção cabe destacar que a produtividade da Universidade do Amazonas poderia ser aumentada de 72% somente com a adoção, pelas Unidades ineficientes, de projetos acadêmicos (mix de produção) e procedimentos gerenciais mais adequados, e aumentada de 100%, caso as escalas de produção (porte) das Unidades fossem alteradas para que se tornassem semelhantes aos portes das Unidades produtivamente eficientes (ICHL, FCS, FD e FES).

Observe que as conclusões acima devem ser encaradas como preliminares da aplicação de Análise Envoltória de Dados à avaliação da eficiência produtiva das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas, visto que uma aplicação completa exigiria a continuidade da avaliação com a realização dos estudos acima indicados e a construção de um banco de dados mais completo e abrangente desse utilizado nesta pesquisa.

8.2 RECOMENDAÇÕES

A pesquisa restringiu-se às estatísticas do II Plano Diretor Físico da Universidade do Amazonas, publicado em 1997. As limitações do banco de dados construído dão um caráter ilustrativo aos resultados da pesquisa. Faz-se necessária, portanto, a realização de trabalhos que contemplem aspectos aqui não apreciados. Neste sentido, recomenda-se a realização de estudos, considerando:

- i) dados de outras fontes, de modo ao Banco de Dados se tornar mais representativo das Unidades Acadêmicas da Universidade do Amazonas;
- ii) os Centros Universitários, localizados no interior do Estado, que foram excluídos nesta pesquisa devido à falta de dados no Plano;
- iii) dados de produção científica e de pós-graduação, abandonados nesta pesquisa devido às suas inconsistências no Plano;
- iv) séries históricas mais longas de modo a serem incluídos na avaliação da eficiência resultados de longo prazo;
- v) análise das facetas que formam a fronteira de eficiência técnica, a fim de serem identificadas suas características e suas associações com os diferentes tipos de Unidades Acadêmicas.

Por outro lado, metas eficientes foram calculadas somente para o plano de operação executado pela Faculdade de Tecnologia em 1995. Estudos devem ser realizados para:

- i) calcular metas que aumentem a produtividade das demais Unidades Acadêmicas;
- ii) identificar planos de redistribuição de recursos entre as Unidades Acadêmicas; e
- iii) apontar os “gargalos” que estejam impedindo a Universidade do Amazonas de operar com a produtividade máxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, Antônio. **Avaliação institucional da universidade**. São Paulo: Cortez, 1992. (Biblioteca da educação – série 1 – Escola , v. 16).
- BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, set. 1984.
- BARROS, Davi Ferreira. Avaliação institucional: instrumento para a melhoria da qualidade do ensino superior. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 14, p. 23-36, jan./mar. 1997.
- BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. G., THANASSOULIS, E. Applied data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 52, n. 1, p. 1-15. 1991.
- CAVE, Martin, HANNEY, Stephen, KOGAN, Maurice. **The use of performance indicators in higher education: a critical analysis of developing practice**, 2 ed. London: Jessica Kingsley, 1991.
- CHARNES, Abraham, COOPER, William W., LEWIN, Arie Y., SEIFORD, Laurence M. **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Kluwer Academic, 1994.
- CHARNES, Abraham, COOPER, William W., RHODES, Edward. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n.6, p. 429-444. 1978.
- CUNHA, Luiz Antônio. Reforma universitária em crise: gestão, estrutura e território. **CIPEDES**, v. 1, n. 1, p. 7-21, jun. 1998. Separata da Revista Avaliação.
- DIAS SOBRINHO, José. Editorial. **Avaliação**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 5-8, jul. 1996.
- DIAS SOBRINHO, José. Funcionamentos e modos sociais da avaliação institucional. **Avaliação**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 65-76, jun. 1998.
- FÄRE, Rolf, GROSSKOPF, Shawna, KNOX LOVELL, C. A. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University, 1994.
- FÁVERO, Maria de Lourdes. Da universidade modernizada à universidade disciplinada: Atcon e Matos. **Educação & Sociedade**, São Paulo, n. 30, p. 87-131. 1988.
- FREITAS, Iêda Maria Araújo Chaves, SILVEIRA, Amélia. **Avaliação da Educação Superior**. Florianópolis, SC: Insular, 1997.

- FRIED, Harold O., KNOX LOVELL, C. A., SCHMIDT, Shelton S. (Ed.) **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. Oxford: Oxford University, 1993.
- GOLANY, B., ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega**, v.17, n. 3, p. 237-250. 1989.
- JOLLIFE, I. T. **Principal component analysis**. New York: Springer-Verlag, 1986.
- KIPNIS, Bernardo, BAREICHA, Paulo Sérgio. Avaliação de cursos e gestão do ensino de graduação em universidades. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 9, p. 365-376, out./dez. 1995.
- KNOX LOVELL, C. A., WALTERS, L. C., WOOD, L. L. Stratified models of education production using modified DEA and regression analysis. In: CHARNES, Abraham et al. **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Kluwer Academic, 1994.
- LAPA, Jair dos Santos, NEIVA, Cláudio Cordeiro. Avaliação em educação: comentários sobre desempenho e qualidade. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 12, p. 213-236, jul./set. 1996.
- MARINHO, A. Metodologias para avaliação e ordenação das universidades públicas: o caso da UFRJ e demais instituições federais de ensino superior. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 13, p. 403-424, out./dez. 1996.
- MARINHO, A., RESENDE, M., FAÇANHA, L. O. Brazilian federal universities: relative efficiency evaluating and data envelopment analysis. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 4, p. 489-508. 1997.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTE. **PAIUB: Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras**, Brasília, 1994.
- MOITA, Márcia Helena Veleda. **Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande – RS usando a abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, área de concentração: Pesquisa Operacional). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- NUNES, Nilce. **Avaliação da eficiência produtiva de organizações educacionais: uma aplicação do método de Análise Envoltória de Dados sobre a produção científica dos departamentos de ensino da Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Administração, área de concentração: Políticas e Planejamento Universitário). Centro Sócio-Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- NORMAN, Michael, STOKER, Barry. **Data envelopment analysis: the assessment of performance**. New York: John Wiley, 1991.

RISTOFF, Dilvo I. Princípios do Programa de Avaliação Institucional: Introdução. **PAIUB: Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras**, Brasília, 1994.

SANDER, Benno. **Gestão da educação na América Latina: construção e reconstrução do conhecimento**. Campinas, SP: Autores Associados, 1995.

SCHWARTZMAN, Jacques. Uma metodologia de avaliação de cursos de graduação. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 12, p. 237-264, jul./set. 1996.

SEIFORD, Lawrence M. A DEA bibliography (1978-1992). In: CHARNES, Abraham et al. **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Kluwer Academic, 1994.

UNIVERSIDADE DO AMAZONAS. **II Plano Diretor Físico**. Manaus, 1997.