



Universidade de Brasília

**Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e
Ciência da Informação e Documentação**
Mestrado em Economia do Setor Público

**AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA NA APLICAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS EM
PRESENÇA DE CONDICIONANTES EXÓGENOS E EFEITOS ALEATÓRIOS**

Uma Abordagem em Três Estágios

José Arcanjo Alves Junior

**Brasília
2010**



Universidade de Brasília

**Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e
Ciência da Informação e Documentação**
Mestrado em Economia do Setor Público

**AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA NA APLICAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS EM
PRESENÇA DE CONDICIONANTES EXÓGENOS E EFEITOS ALEATÓRIOS**

Uma Abordagem em Três Estágios

José Arcanjo Alves Junior

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do título de mestre em economia do setor público sob orientação da Professora Doutora Maria da Conceição Sampaio de Sousa.

Brasília
Novembro de 2010



Universidade de Brasília

**Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e
Ciência da Informação e Documentação**
Mestrado em Economia do Setor Público

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA NA APLICAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS EM
PRESENÇA DE CONDICIONANTES EXÓGENOS E EFEITOS ALEATÓRIOS**

Uma Abordagem em Três Estágios

José Arcanjo Alves Junior

Orientadora: Professora Doutora Maria da Conceição Sampaio de Sousa (UnB)

Banca

Professor Doutor Marcelo Medeiros (UnB)

Professora Doutora Maria Eduarda Tannuri Pianto (UnB)

JOSÉ ARCANJO ALVES JÚNIOR

**“Avaliação de Eficiência na Aplicação de Recursos Educacionais
em Presença de Condicionantes Externos e Efeitos Aleatórios:
Abordagem em Três Estágios”**

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia do Setor Público do Programa de Pós-Graduação em Economia – Departamento de Economia da Universidade de Brasília. Comissão Examinadora formada pelos professores:



Prof.^ª. Maria da Conceição Sampaio de Sousa
Departamento de Economia - UnB
(Orientadora)



Prof.^ª. Maria Eduarda Tannuri Pianto
Departamento de Estatística - UnB



Prof.^º. Marcelo Medeiros Coelho de Souza
Universidade de Brasília - UnB

Brasília, 17 de novembro de 2010.

Sumário

Introdução	1
1. Literatura pertinente	7
2. Metodologia	19
2.1. Primeiro Estágio – Análise Envolvória dos Dados	20
2.1.1. Análise Envolvória de Dados Múltipla	24
2.2. Segundo Estágio – Análise de Fronteira Estocástica	25
2.3. Terceiro Estágio – Ajuste e Nova Análise Envolvória de Dados	30
2.4. Índices de alteração de produtividade Malmquist	33
3. Dados – Fontes, tratamento e descrição	35
3.1. Insumos e Recursos	38
3.2. Produtos e Resultados	40
3.3. Variáveis exógenas	43
4. Resultados	53
4.1. Primeiro estágio – <i>MDEA</i> Convencional	54
4.2. Segundo estágio – Efeitos dos Condicionantes Externos	59
4.3. Terceiro estágio – <i>MDEA</i> com Insumos Ajustados	70
5. Considerações	84
Referências	89
Apêndice A	100
Apêndice B	104
Apêndice C	107
Apêndice D	108
Apêndice E	111
Apêndice F	113
Apêndice G	119
Apêndice H	120
Apêndice I	121
Apêndice J	124
Apêndice K	127

Tabelas e Figuras

Tabela 3.3-1: Variáveis de insumo, produto e exógenas – 1995/2008	52
Tabela 4-1: Matriz de correlação anual cruzada de insumos e produtos.....	53
Tabela 4.1-1: Distribuição dos Índices de Eficiência MDEA – 1995/2008	55
Tabela 4.2-1: Matriz de correlação cruzada anual de insumos e variáveis exógenas – 1995/2008	59
Tabela 4.2-2: Resultados da segunda etapa	62
Tabela 4.3-1: Variáveis usadas como insumo ajustadas – 1995/2008	71
Tabela 4.3-2: Eficiência e Índices <i>Malmquist</i> médios, por unidade federativa – 1995/2008	81
Tabela E-1: Números índices e índices de correção monetária – 1995/2008	111
Tabela G-1: Estimação com mínimos quadrados ordinários – insumos e produtos – 1995/2008.....	119
Tabela H-1: Níveis de eficiência das unidades federativas no emprego de recursos nos ensinos fundamental e médio – 1995/2008.....	120
Figura 2-1: Abordagem em Três Estágios	20
Figura 2.3-1: Ajuste dos insumos.....	33
Figura 3.2-1: Relação de recursos e resultados adotados no processo educativo.....	43
Figura 3.3-1: Variáveis exógenas de influência no processo educativo	51
Figura K-1: Movimento relativo dos graus de eficiência das unidades federativas – 1995/2008.....	127

Gráficos

Gráfico A-1: Despesa <i>per capita</i> nas funções Educação e Cultura, por unidade federativa – 1995/2008	48
Gráfico A-2: Proporção de matrículas em escolas particulares frente ao total – 1995/2008.....	50
Gráfico A-1: Grau de Eficiência Médio – 1995/2008	56
Gráfico A-2: Graus de eficiência médios e notas do Saeb médias por unidade federativa – 1995/2008	58
Gráfico A-1: Despesas realizadas nas funções Educação e Cultura no Distrito Federal e FCDF – 1995/2008.....	70
Gráfico 4.3-1: Níveis de eficiência – Primeiro e Terceiro Estágios	72
Gráfico 4.3-2: Graus de eficiência médios e notas do Saeb médias por unidade federativa – 1995/2008.....	74
Gráfico 4.3-3: Grau de Eficiência Anual por Grupo – 1995/2008.....	75
Gráfico 4.3-4: Graus de eficiência médios das unidades federativas – 1995/2008	79
Gráfico 4.3-5: Índices de alteração de produtividade <i>Malmquist</i> – evolução acumulada – 1995/2008	82
Gráfico A-1: Eficiências técnica, alocativa e econômica no uso de insumos.....	100
Gráfico A-2: Eficiências técnica, alocativa e econômica na geração de produtos.....	103
Gráfico D-1: Alteração de produtividade – Índice <i>Malmquist</i>	108
Gráfico F-1: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 1995	115
Gráfico F-2: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 1997	115
Gráfico F-3: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 1999	116
Gráfico F-4: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 2001	116
Gráfico F-5: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 2003	117
Gráfico F-6: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 2005	117
Gráfico F-7: Notas do Saeb do ensino fundamental - 2007.....	118
Gráfico I-1: Graus de eficiência médios e número de professores por aluno médio – 1995/2008 ...	121
Gráfico I-2: Graus de eficiência médios e número de funcionários por escola médio – 1995/2008 .	121
Gráfico I-3: Graus de eficiência médios e indicador de infraestrutura por escola médios – 1995/2008	122
Gráfico I-4: Graus de eficiência médios e taxa de aprovação média – 1995/2008	122
Gráfico I-5: Graus de eficiência médios e taxas de adequação idade/série médias – 1995/2008.....	123
Gráfico J-1: Graus de eficiência médios e número de professores por aluno médio – 1995/2008 ...	124
Gráfico J-2: Graus de eficiência médios e número de funcionários por escola médio – 1995/2008 .	124
Gráfico J-3: Graus de eficiência médios e indicador de infraestrutura por escola médio – 1995/2008	125
Gráfico J-4: Graus de eficiência médios e taxa de aprovação média – 1995/2008.....	125
Gráfico J-5: Graus de eficiência médios e taxa de adequação idade/série média – 1995/2008.....	126

Resumo

O objetivo do trabalho é avaliar o grau de eficiência de Estados, neles incluídos os Municípios, e Distrito Federal no emprego de recursos nos ensinos fundamental e médio. Para tanto, foi construído painel de dados de quatorze anos compreendido pelos exercícios de 1995 a 2008 e aplicou-se a chamada Abordagem em Três Estágios. Introduzida por Fried *et al.* (2002), a metodologia extrapola a simples avaliação baseada na minimização de insumos e maximização de produtos e considera efeitos aleatórios e condicionantes exógenos que possam afetar o desempenho das unidades tomadoras de decisão, de forma a obter-se resultado mais refinado de seu grau de eficiência, com base na análise envoltória de dados – *DEA* e na análise de fronteira estocástica – *SFA* conjuntamente. A técnica consiste em aplicar-se a *DEA*, à maneira tradicional, num primeiro momento, para, a partir dos resultados, desagregar o montante de ineficiência estimado, por meio da *SFA*, em três componentes: o decorrente de fatores exógenos ao processo, o segundo advindo de movimentos aleatórios, tais como sorte e erros de medida, e, por fim, a ineficiência no gerenciamento dos recursos propriamente dita. Em terceiro estágio, com os dados ajustados mediante os resultados obtidos na segunda fase, nova rodada da *DEA* é procedida para chegar ao nível de ineficiência atribuído tão somente à inabilidade dos agentes na condução do processo produtivo. O quadro delineado pelos resultados do último estágio mostrou-se significativamente diverso daquele encontrado quando da *DEA* é dirigida da forma convencional. Várias unidades federativas que se mostravam como muito eficientes em relação às demais no primeiro estágio passaram a compor o grupo das mais ineficientes, após fatores externos, que pudessem prejudicar ou facilitar a atuação dos agentes no uso dos recursos aplicados em educação, foram controlados. O mesmo ocorreu, em direção oposta, com alguns Estados considerados relativamente ineficientes na avaliação no primeiro estágio, que, em verdade, estavam atuando em condições pouco favoráveis e, nesse sentido, não geravam resultados compatíveis com sua capacidade. Após expurgar as influências decorrentes de variáveis ambientais e ruídos estatísticos, Estados das regiões Sul e Sudeste dominaram o grupo das mais eficientes. No grupo dos entes mais ineficientes, prevaleceram aqueles da região Norte e alguns da região Nordeste.

Classificação JEL: D24, H21, H75, I28.

Palavras-chave: eficiência, educação, análise envoltória de dados, análise de fronteira estocástica, condicionantes exógenos, efeitos aleatórios, abordagem em três estágios.

Abstract

This study aims at investigating how efficient are Brazilian States, including their municipalities, and Federal District in employing resources in primary and secondary education. To cope with that, the methodology used is the so-called Three-Stage Approach applied at a fourteen years — 1995/2008 — balanced panel data. The methodology goes beyond the simple evaluation based on minimizing inputs and maximizing outputs by incorporating random effects and exogenous constraints that may affect the performance of decision-making units into evaluation based on a mixed technique of data envelopment analysis – DEA and stochastic frontier analysis – SFA. In the first stage, conventional *DEA* produces initial measures of efficiency from original inputs and outputs. In the second stage, *SFA* regression of inefficiency amount against a set of environmental variables decomposes it into three factors: random effects, exogenous constraints and managerial inefficiency. After adjust inputs to account for the impact of those external influences uncovered in the second stage, in the third one, a re-evaluation of Brazilian States and Federal District efficiency, again using *DEA*, generates more refined measures that shows the inefficiency attributed solely to the managerial inability of agents in educational production process. The framework laid out by last stage results was significantly different from those found when *DEA* is headed in conventional way. Several States considered very efficient at first stage shifted to the most inefficient group after controlling environmental conditions that might hinder or facilitate the activities of agents in the use of educational resources. On the other hand, some States classified as inefficient at first, indeed, were working in difficult environmental conditions and, accordingly, did not generate results consistent with their ability. After purging influences arising from environmental variables and statistical noise, South and Southeast States dominated the group of the most efficient. In the group of the most inefficient ones, North and Northeast States prevails.

JEL classification: D24, H21, H75, I28.

Keywords: efficiency, education, data envelopment analysis, stochastic frontier analysis, exogenous constraints, random effects, three-stage approach.

Introdução

A área educacional como um todo e a qualidade do ensino em particular despertam interesse da sociedade em geral, não só pelos significativos efeitos que ambos suscitam em seu cotidiano, como também por concentrar recursos que representam parcela expressiva das riquezas produzidas. No Brasil, segundo dados do *Regards sur l'éducation* (2010), da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, a fatia do Produto despendida nos ensinos fundamental, médio e superior, considerando somente os gastos públicos, foi de 5,2% em 2007¹. Com efeito, anualmente, ações governamentais atinentes à educação absorvem quinhão significativo dos orçamentos de todas as esferas — União, Estados, Municípios e Distrito Federal. Neste ente, por exemplo, os dispêndios na função Educação montaram R\$ 2,3 bilhões em 2009, o que representou 23,9% de seus Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social e Orçamento de Investimento incluídos os valores federais executados a título do Fundo Constitucional do Distrito Federal – FCDF. Cumpre ainda acrescentar, embora não seja objeto desta dissertação, que, para o setor educacional, afluem, também, relevantes despesas de empresas e famílias, o que cria extraordinário volume de recursos abrangidos pela área. Razões pelas quais, a matéria figura como prioritária nas agendas de formuladores de políticas socioeconômicas, planejadores e gestores públicos e estudiosos.

Em virtude da vultosa soma de dinheiros públicos envolvidos, qualquer incremento de eficiência no uso de fatores empregados como meios produtivos no setor, no sentido de fazer mais com menos e de fazer melhor, produziria, ao menos potencialmente, consideráveis impactos na área educacional. Ademais, por sua natureza prioritária, frequentemente de caráter social, capaz de gravar profundas e duradouras externalidades positivas, tais efeitos tendem a se propagar aos mais diversos setores, com desdobramentos de longo prazo.

Do lado financeiro, o principal impacto dar-se-ia na redução de custos, tão almejada pelos planejadores² sempre às voltas com cortes e contingenciamentos

¹ Somente com os níveis primário e secundário, os gastos do País chegam a 4% do Produto. De acordo com a publicação, seria o quinto maior nível entre 36 países — menor que a Islândia, Dinamarca, Reino Unido e Suécia. Cumpre destacar que o Brasil também apresenta um dos maiores percentuais de população em idade escolar entre o grupo pesquisado — por volta de 27% —, abaixo apenas do México, com 31%.

² (TYAGI, YADAV e SINGH, 2009).

orçamentários. Neste quesito, contudo, a Constituição da República, limita a atuação do administrador público, ao estabelecer percentuais mínimos de aplicação. Resta, pois, aos gestores envidar esforços para que os recursos sejam aproveitados da forma mais econômica, eficaz e eficiente possível, produzindo o máximo de resultados. A ampliação de acesso, a redução da evasão e a melhoria na qualidade dos serviços prestados³, que compõem objetivos constantemente presentes nos desenhos de políticas voltadas para a área de ensino, estariam entre os primeiros benefícios decorrentes do aumento no nível de eficiência em educação. E cumpre não deslembrar, outrossim, como consequências de aumento do desempenho em educação, dos retornos sociais, tais como o aumento do bem estar e a redução da criminalidade, além do progresso tecnológico, muitas vezes não captados pelos levantamentos para cálculo do produto⁴.

Ainda entre os benefícios gerados por uma eventual elevação do patamar de eficiência dos gastos em educação, em paralelo àqueles atinentes aos próprios indivíduos e os que os cercam, estaria a contribuição para o desenvolvimento econômico. Costuma-se creditar a maiores níveis de escolaridade incrementos significativos no produto⁵ e na produtividade de países⁶. De fato, não são poucos estudos que apontam ser a educação fator determinante da renda individual e da capacidade de geração de riqueza global da economia⁷, e o capital humano, investimento bastante atraente frente a alternativas de aplicação de recursos, tanto do ponto de vista das pessoas⁸ como macroeconômico⁹.

Evidências sugerem que a eficiência e a efetividade dos desembolsos públicos na área social são mais intensas em países que mostram melhores desempenhos educacionais e, em uma extensão menos robusta, com maiores despesas destinadas à área¹⁰. O Brasil não se encontra nem neste tampouco naquele cenário. O País gerencia mal os recursos que tem disponíveis para educação¹¹ e produz resultados compatíveis com essa precária gestão. Em

³ (ABRAHÃO, 2005).

⁴ (KRUEGER e LINDAHL, 2000).

⁵ (LAU, JAMISON e LOUAT, 1991).

⁶ (HARBISON e MYERS, 1965).

⁷ (SCHALIN, 2010).

⁸ (HANUSHEK, 2002).

⁹ (FUENTE, 2003).

¹⁰ (AFONSO, SCHUKNECHT e TANZI, 2008).

¹¹ Em levantamento do *Regards sur l'éducation* (2010) relativo a 2007, o Brasil, entre 36 países com dados disponíveis, só não despende menos por aluno que China e Indonésia nos ensinos fundamental e médio.

que pese aos avanços constatados nos últimos anos, como a universalização do ensino fundamental¹² e a criação do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério – Fundef, os resultados apresentados pelo País em exames internacionais têm mostrado situação desconfortável. Com efeito, o Brasil sói figurar entre os últimos colocados nesses testes¹³. Embora o baixo desempenho apresentado, mesmo em relação a países próximos — tanto em dimensão e complexidade como geograficamente — seja um alerta sobre como os meios utilizados em educação têm sido aplicados, leva também a tomar ciência de que há espaço para avanços e, frente aos limites que se apresentam, aplicá-los da maneira mais eficiente que se tiver conhecimento.

De fato, se relações entre recursos empregados e obtenção de resultados acadêmicos travadas no processo educacional existirem e puderem ser quantificadas, políticas públicas podem ser adotadas no sentido de maximizar algum fim pretendido¹⁴. É por essa razão que faz sentido a compreensão do quão eficiente são os governos na aplicação dos fundos públicos em educação. Ao entender e medir o grau de eficiência das políticas governamentais voltadas para a melhoria da qualidade de ensino e ampliação da cobertura educacional, criam-se condições para adoção de medidas, ou mesmo ajustes, com o propósito de direcionar ações e destinar recursos de maneira mais consistente e eficaz e que propiciem seu melhor aproveitamento. Ademais, com base nesse conhecimento e em vista dos meios escassos, podem planejadores e executores dessas políticas de ensino avaliar se o custo das oportunidades preteridas em favor dos dispêndios educacionais teve sua contrapartida. Ou seja, permite saber se o esforço empreendido traduziu-se em resultado compensador e se os governos conseguiram promover, de forma eficiente — o que é seu dever —, a aplicação desses gastos.

É nesse sentido que a discussão sobre eficiência aplicada à provisão de serviços públicos chegou a assumir a forma de exigência. Acrescentado expressamente pela Emenda

Contudo, há de se ponderar os dados com o perfil populacional e as características de cada um dos países que compõem o estudo: a maior parte deles é formada por países desenvolvidos e com pirâmide etária de base estreita.

¹² (INEP, 2001).

¹³ De acordo com o relatório *PISA 2006: Les compétences en sciences, un atout pour réussir* (2007), da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, entre os 56/57 países avaliados, a colocação do Brasil foi 52º em Ciências, 49º em Leitura e 54º em Matemática. Resultado semelhante é encontrado nos testes aplicados em 2003 e 2000.

¹⁴ (WORTHINGTON, 2001).

Constitucional nº 19/98 ao *caput* do art. 37 da Constituição da República, que trata dos princípios constitucionais que regem a administração pública, o princípio da eficiência surgiu com o objetivo de garantir maior economicidade e qualidade na prestação desses serviços, gerando mais benefícios com os recursos disponíveis¹⁵.

Mesmo antes dessa inclusão, o princípio da eficiência submetia toda a administração relativamente a seu modo de organizar e a sua estruturação, que deve nortear suas atividades com vistas a alcançar os melhores resultados em prol do interesse público¹⁶. A própria Carta Magna previa, em seu art. 74, que o controle interno, mantido, de forma integrada, pelos Poderes Legislativo, Executivo e Judiciário, deve comprovar, quanto à gestão orçamentária, entre outros quesitos, sua eficácia e eficiência, além da legalidade e da avaliação dos resultados de seus órgãos e entidades.

Ao alçar a eficiência à classe de princípio constitucional, o legislador corroborou objetivos da Reforma do Estado, a qual, em seu Plano Diretor de 1995, rezava fossem tomadas decisões *corretas e efetivas*, e que os serviços, tanto exclusivos quanto competitivos, operassem de modo a gerar resultados ótimos em homenagem ao interesse coletivo¹⁷. Nesse sentido, impôs-se à administração pública a busca pela satisfação dos cidadãos, mediante o exercício de suas atribuições com imparcialidade, neutralidade, transparência e eficácia. Buscou-se ainda que suas atividades fossem realizadas de maneira desburocratizada e sempre na persecução da qualidade, com primazia do cumprimento das exigências legais e morais, o que é fundamental para a mais proveitosa utilização dos recursos públicos¹⁸.

No entender de Silva (2007), a boa administração pública deve pautar-se pelo melhor aproveitamento das disponibilidades, tanto materiais e humanas como institucionais, de forma a suprir, ao máximo e dentro dos limites da legitimidade e da legalidade, as necessidades coletivas num regime de igualdade de usuários. E ainda mais, o incremento na eficiência, derivado de melhor gerenciamento e alocação dos recursos promovidos pela boa

¹⁵ Exposição de Motivos Interministerial nº 49, de 18.08.95, integrante da Mensagem Presidencial nº 866/95, que encaminhou ao Congresso Nacional a Proposta de Emenda Constitucional da Reforma Administrativa, que, aprovada, denominou-se Emenda Constitucional nº 19/98.

¹⁶ (BRASIL, 1996).

¹⁷ (DI PIETRO, 2002).

¹⁸ (MORAES, 1999).

administração, deve estar acompanhado de maior distribuição de prerrogativas entre os membros e grupos sociais, de maximização do bem estar e de atuação pautada pela ética¹⁹.

Ainda que juridicamente bem definida e constitucionalmente prevista, a tarefa de se estimar o nível de eficiência das ações levadas a cabo pelo setor governamental para que a atuação do agente público possa ser avaliada não é trivial. A dificuldade em se mensurar a eficiência no emprego dos meios públicos reside na miríade de objetivos e exigências que enfrentam os governos e na falta de parâmetros disponíveis. Dados relativos a preços e quantidades demandadas e consumidas dos produtos ofertados pelo setor público são, usualmente, difíceis de estimar²⁰.

Em suma, a análise de eficiência trata da relação de insumos e seus custos com os resultados pretendidos e efetivamente obtidos, da minimização daqueles e maximização destes. E, além, a eficiência, que deve orientar as ações levadas a cabo pelos governos, refere-se não só às opções que garantam essa *otimização*, mas também à melhor, mais econômica, transparente e socialmente justa entre elas.

É esse o contexto no qual a gestão de recursos públicos destinados à área educacional insere-se e é o que se busca avaliar. Da mesma forma que gera externalidades positivas, a melhor utilização de recursos em educação também é beneficiada — ou prejudicada — pelas condições do ambiente em que ocorre. Nesse sentido, investigações concernentes ao nível relativo de eficiência de unidades avaliadas no quesito educação devem incorporar as circunstâncias em que se deram suas atividades para que seja medido com maior exatidão, eis que, dadas as limitações vivenciadas e a importância da matéria, não há largas margens para ocorrência de falhas.

Fato é que evidências revelam que algumas escolas — e, por extensão, alguns gestores públicos responsáveis pela área de educação — utilizam recursos de forma mais eficiente que outras²¹. Essa característica justifica o uso de metodologias e técnicas para medir e comparar níveis de eficiência e descobrir razões que as impedem de atingir o melhor

¹⁹ Reinhardt, U. E. Is 'More Efficient' Always Better? , The New York Times, 20 de agosto de 2010.

²⁰ Mandl, Dierx e Ilzkovitz (2008) ressaltam que essa dificuldade decorre, principalmente, do fato de os produtos gerados pelo setor público na área educacional, nomeadamente em relação aos ensinamentos primários e secundários, não enfrentarem mercados concorrentes. Tal realidade é característica dos países desenvolvidos que os autores baseiam seus estudos, nos quais a iniciativa privada não atua com representativo volume.

²¹ (ADKINS e MOOMAW, 2003).

nível possível. Com efeito, tomar conhecimento das fontes geradoras de ineficiência é passo essencial para encontrar formas de reduzi-la.

Esta dissertação busca, pois, mensurar o nível de eficiência relativa de Estados, e seus respectivos Municípios, e Distrito Federal no emprego de recursos nos ensinos fundamental e médio a partir de painel de dados relativo aos exercícios de 1995 a 2008. E nesse ponto reside sua primeira contribuição: não se tem conhecimento, até o momento, de estudos que usam tal nível de agregação, no qual Estados e Municípios são tomados como um todo, de forma a equipará-los com o Distrito Federal, o que permitiria o acurado cotejamento desses entes na avaliação de seu desempenho nos gastos em educação. Ademais, indo além da avaliação tradicional de minimização de custos e maximização de resultados, procura-se colocar as unidades federativas em igualdade de condições antes de avaliá-las, considerando-se condições externas e outros fatores que possam favorecer ou prejudicar sua atuação e essa medição. A metodologia utilizada objetiva verificar a extensão do impacto desses condicionantes sobre cada um dos insumos consumidos no processo educativo e, adicionalmente, trata de afastar efeitos advindos de ruídos estatísticos. Para tanto, lança-se mão de ferramenta denominada Abordagem em Três Estágios. E essa é sua segunda contribuição: também nesse caso, não se tem conhecimento de estudos brasileiros, mesmo em outras áreas de atuação governamental, que tratam do tema no formato adotado. Procura-se graduar, assim, a eficiência das unidades federativas no gerenciamento do processo educacional que seja mais autêntica, de forma a promover precisa comparação entre os entes. Tal objetivo repousa no fato de que Estados e Distrito Federal operam em ambientes heterogêneos e cada um deles vivencia circunstâncias que são determinantes para o seu desempenho.

Na seção seguinte, comenta-se a literatura pertinente à avaliação de eficiência e à técnica adotada nesta dissertação. Em seguida, descreve-se a metodologia. O processo de obtenção dos dados e seu tratamento são descritos na próxima seção. A quarta seção cuida dos resultados obtidos e ensaia sua interpretação. Por fim, considerações acerca do trabalho são levadas a efeito na quinta e última seção.

1. Literatura pertinente

A atenção aos temas ligados à educação, em especial a preocupação com a efetividade de políticas públicas na geração de resultados qualitativos e quantitativos, em conjunto à eficiência e à efetividade de investimentos, é matéria de discussões de governos e entidades públicas e privadas ligadas a diversas áreas, além da educacional. De acordo com Hanushek (2002), tal fato deve-se não só aos expressivos recursos destinados ao setor, como também ao fato de a administração pública, além de prover os meios para seu funcionamento, tipicamente atuar como planejadora, gerente e operadora de parcela significativa das atividades educacionais. Por essa razão, políticas concernentes ao setor e seus resultados são objetos de constantes avaliações e análises de especialistas que atraem grande atenção e interesse de governos e da sociedade como um todo.

Worthington (2001) afirma que estudos acerca dos impactos dos gastos em educação sobre rendimento escolar costumavam basear-se em estimativas de produção, nas quais instituições de ensino eram tomadas como firmas que transfazem insumos em produtos e seus administradores — ou, no caso, gestores públicos — empregariam recursos que redundariam em resultados. Hanushek (2002), contudo, atenta para o fato de que, inobstante essa relação positiva parecer bastante natural, ela não é simples, tampouco direta. Lembra o autor que as dificuldades na mensuração de resultados de ações governamentais, especialmente no estabelecimento de preços de bens com forte componente de externalidade como é a educação, provocaram a produção de centenas de trabalhos na tentativa de melhor tratar o tema. Hanushek (1986) estimara que, desde o chamado Relatório Coleman²², de 1966, ao menos 147 estudos independentes haviam publicado avaliações relativas à relação insumos e produtos educacionais com o intuito de se determinar o grau de eficiência dos provedores desses serviços. Tais estudos, em sua maioria, buscavam captar efeitos de diversas variáveis advindas daquele Relatório sobre indicadores de desempenho e encontrar uma função que melhor se ajustasse aos pontos gerados pelos parâmetros estimados. Ou seja, o nível de desempenho distribuir-se-ia sobre uma curva de eficiência decorrente da função de produção adotada, acima e abaixo dela, e os resultados encontrados seriam algum nível *médio*

²² O Relatório Coleman resultou de um levantamento feito pelo governo americano com 645 mil alunos para avaliar, em que medida, variáveis como religião, raça, origem social e geográfica influenciariam as oportunidades de educação. A pesquisa coletou dados sobre as características das escolas, dos professores, dos alunos e suas famílias e revelou que as condições socioeconômicas preponderam sobre aquelas ditas intraescolares. Como resultado, foram adotadas políticas de valorização de ações de educação compensatória e indicaram a importância de remodelamentos que buscasse equilíbrio multirracial e multicultural nas instituições de ensino (BONAMINO e FRANCO, 1999).

desses pontos. Bessent e Bessent (1979) sintetizam a opinião ao enunciar que esses métodos convencionais para comparação de produtividade na área educacional, mais que tratar de eficiência, cuidavam dos efeitos relativos de variáveis independentes sobre os resultados.

Diferentemente desse tipo de abordagem, registra Worthington (2001), tem surgido crescente número de análises baseadas em modelagens econométricas e matemáticas, com enfoque em firmas e organizações que produzem os mais altos níveis de resultados a partir de determinada quantidade de insumos. Essas técnicas, que estimam uma fronteira de eficiência formada pelas instituições que adotariam os procedimentos relativamente menos custosos e mais profícuos no provimento de produtos e serviços, gerariam resultados mais próximos do referencial teórico proposto por Farrell (1957), relativo ao conceito de eficiência produtiva — técnica e alocativa — no emprego de recursos.

Ao menos duas abordagens derivariam desses novos modelos. Uma delas, conforme apresentado por Aigner, Knox Lovell e Schmidt (1976) e por Meeusen e Broeck (1977), estima uma função de produção cujos parâmetros ajustam-se de forma a criar um limite, gerado pelas unidades produtivas ou firmas mais eficientes, que circunda os demais pontos relativos àquelas que apresentam algum grau de ineficiência. O afastamento das firmas ineficientes desse limite é medido por termo de erro composto por duas partes. A primeira delas refere-se a ruído estatístico normalmente distribuído provocado por fatores fora da alçada das unidades produtoras, como variáveis ambientais e falhas na especificação do modelo ou na obtenção dos dados. A outra perturbação, que segue distribuição assimétrica truncada de erros não positivos²³, representaria a ineficiência propriamente dita. Essa abordagem, nominada Análise de Fronteira Estocástica – *SFA*²⁴, e procura estimar limites de custo ou produção²⁵.

A segunda abordagem, que não se atém, em princípio, à especificação de uma função — e, nesse sentido, dita não paramétrica —, também busca avaliar a eficiência de unidades ou instituições de forma comparativa às outras do mesmo setor. Dessa abordagem derivam duas alternativas de estimação de eficiência. Uma delas, conhecida como Análise Envoltória dos Dados – *DEA*²⁶ e a mais usualmente empregada, calcula, por meio de técnicas

²³ Associa-se o termo referente ao erro a várias distribuições assimétricas. Entre as mais comuns estão a seminormal, a normal-truncada, a exponencial e a *Gamma* (COELLI, *et al.*, 2005).

²⁴ Do inglês *Stochastic Frontier Analysis*.

²⁵ (WANG e HUANG, 2007).

²⁶ Do inglês *Data Envelopment Analysis*.

de programação linear, a eficiência de cada unidade produtora em relação ao desempenho de outras firmas semelhantes e não em relação a um padrão referenciado de atuação ²⁷. A segunda alternativa a essa modelagem, chamada Invólucro de Livre Descarte – *FDH* ²⁸, trata eficiência, embora de forma menos restritiva, nos mesmos moldes da anterior e não é utilizada nesse trabalho.

Battese, Coelli e Rao (1998) indicam que o uso da fronteira estocástica apresenta algumas vantagens em relação à análise não paramétrica. Isso se dá na medida em que variáveis relativas a fatores exógenos e erros na coleta de dados, por exemplo, estão presentes. Nesse caso, os limites de eficiência estimados pelas técnicas não paramétricas podem padecer de vícios, vez que o modelo assume serem todos os desvios porventura ocorridos decorrentes tão somente de ineficiência. Nesse sentido, ressaltam que a *SFA* seria *provavelmente* mais adequada que a *DEA* em avaliações que envolvam a produtividade e eficiência de firmas e instituições cujas tecnologias de produção atêm-se à geração de um único produto. Entre esses, citam o setor agrícola²⁹, em especial de países em desenvolvimento, nos quais os dados coletados apresentam pior qualidade e são fortemente afetados por efeitos meteorológicos, pragas, entre outros. Todavia, ainda nas palavras dos autores, a abordagem proposta pela *DEA* representaria a escolha ótima para avaliação de unidades provedoras de serviços públicos. Tal fato deve-se a essas instituições, usualmente, não visarem a lucro e não estarem sujeitas a influências aleatórias expressivas. Além disso, a abordagem seria mais apropriada em função de diversos produtos serem gerados, de a definição de preços ser tarefa mais complexa e de serem difíceis de explicar os pressupostos comportamentais, tais como minimização de custos ou maximização de receitas.

O desenho inicial delineado para essa modelagem foi proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978)³⁰, pela qual se constrói um contorno a partir dos resultados alcançados pelas unidades produtoras mais eficientes e que envolve os pontos representativos das demais. Tal metodologia estima o grau de eficiência de unidades tomadoras de decisão, calculado pela maior relação entre combinações de produtos e combinações de insumos; arranjos esses que devem ater-se ao limite unitário.

²⁷ (WORTHINGTON, 2001).

²⁸ Do inglês *Free Disposal Hull*.

²⁹ (PÖLDARU e ROOTS, 2009).

³⁰ O desenvolvimento das análises de eficiência na literatura no período compreendido entre a publicação de Farrell (1957) e Charnes, Cooper and Rhodes (1978) é descrito com detalhes em Førsund e Sarafoglou (2000) ou Førsund e Sarafoglou (2002).

Entre as críticas à técnica, Mandl, Dierx e Ilzkovitz (2008) e Ruggiero (1996b) mencionam que, por sua natureza não estocástica, os resultados estão propensos a falhas devido à grande sensibilidade do modelo a erros de medida, escolha inapropriada de variáveis e ruídos aleatórios externos. Smith (1997) adiciona que sua principal fragilidade residiria na falta de produção de diagnósticos estatísticos para determinar se o modelo escolhido é adequado. Contudo, Simar e Wilson (2000), Souza (2003), Färe e Grosskopf (1995), Banker e Natarajan (2004), entre outros, dissentem desta última e, adiante, pormenorizam diversos procedimentos que podem ser adotados para avaliação dos resultados alcançados por meio da *DEA*. Quanto à primeira, Faria, Jannuzzi e Silva (2008) ponderam que, embora configure limitação caso os dados sejam imprecisos, a sensibilidade da técnica torna-se potencialidade, se as informações coletadas forem devidamente tratadas, quando passam a denotar situação de boas práticas por parte das unidades tomadoras de decisão.

À parte as mencionadas limitações, benefícios proporcionados pela abordagem, como a prescindibilidade de especificação de função preliminar³¹, dada a característica não paramétrica da técnica, e a liberdade no estabelecimento de diversos e múltiplos insumos e produtos³² em diferentes configurações³³ e padrões de medida³⁴, tornam sua aplicação na comparação de unidades de determinado setor bastante atrativa. Com efeito, Ondrich e Ruggiero (2002) confirmam a conveniência na adoção da *DEA* para medição de eficiência relativa, em razão da desnecessidade de imposição de forma funcional específica, além de permitir o uso de múltiplos insumos e produtos. E a adequação da utilização de tal metodologia transparece na prestação de serviços públicos, como enunciado por Battese, Coelli e Rao (1998), em especial na área educacional, onde as avaliações tradicionais de eficiência, nas quais o foco concentra-se na maximização de lucros das firmas, tendem a falhar³⁵. Wang e Huang (2007) corroboram a assertiva ao afirmar que a *DEA* é especialmente valiosa onde a importância de vários insumos empregados e produtos gerados pelas unidades não pode ser definida devido à ausência de preços de mercados.

A literatura consultada, atinente à aplicação da *DEA* para avaliação de eficiência em instituições de ensino, sói apontar o estudo de Charnes, Cooper e Rhodes (1981), que

³¹ (HSU e HSUEH, 2009).

³² (MAYSTON, 2002).

³³ (WANG e HUANG, 2007).

³⁴ (ABASSI e MOGHADAS, 2010).

³⁵ (WORTHINGTON, 2001).

aprecia os resultados do chamado *Project Follow Through*³⁶, como o trabalho seminal da aplicação dessa metodologia na avaliação de eficiência na área educacional. Cumpre registrar também o relatório de Bessent e Bessent (1979)³⁷, que se concentra na aplicabilidade da técnica para avaliar a capacidade administrativa de escolas públicas urbanas, como um dos primeiros a tratar do tema com o enfoque da eficiência relativa em instituições de ensino. A partir daí, não foram poucos os trabalhos a lançarem mão das mais diversas variantes de técnicas de fronteira eficiente para cuidar do tema. Worthington (2001), Zoghbi *et al.* (2009) e Bourdon (2009) apresentam listas em quadros, não exaustivas, desses estudos na área educacional.

Em acordo com Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999), não há dúvida de que uma de suas mais marcantes características da *DEA* é elevada flexibilidade³⁸, que permite ser aplicada a distintos tipos de organizações e fazer uso de variados formatos de insumos e produtos. A título de ilustração e atendo-se apenas aos trabalhos relativos à área de educação, para cada nível de ensino, alguns podem ser mencionados. Bjurek, Kjulin e Gustafsson (1992) examinam e estipulam níveis de eficiência e produtividade, por meio da *DEA*, em creches públicas para crianças de zero a seis anos. Relativamente ao ensino primário, podem-se citar Tyagi, Yadav e Singh (2009) que, a partir dos resultados da *DEA* em dados advindos de escolas indianas, sugerem políticas de planejamento para melhoria de resultados e redução de custos, e Hu, Zhang e Liang (2009), que seguem a mesma linha para a China. Smith e Street (2006) reportam a produção de resultados bastante *úteis e robustos* utilizando a *DEA* para mensuração de eficiência de escolas secundárias inglesas e Afonso e Aubyn (2005) avançam o estudo, no mesmo nível de ensino, para diversos países. Fu e Lu (2006) desenvolvem modelo que acomoda produtos qualitativos heterogêneos para avaliar o desempenho que escolas politécnicas em Taiwan. Glass *et al.* (2006) fazem uso do ferramental e confirmam que as universidades mais eficientes no Reino Unido referem-se àquelas com maior ênfase na área de pesquisa. Warning (2005) apura os níveis de eficiência no ensino para adultos na Alemanha e ressalta a eficácia da metodologia para determinar a posição relativa dessas escolas e estabelecer parâmetros a serem alcançados.

³⁶ O *Project Follow Through* foi um programa conduzido pelo governo Americano com o objetivo de identificar métodos de ensino mais eficazes na pré-escola e nos primeiros anos da educação elementar para crianças com dificuldade de aprendizado.

³⁷ Anteriormente à publicação no *Management Science*, em 1981, o trabalho de Charnes, Cooper e Rhodes (1981) foi divulgado em novembro de 1978 pelo *Center of Cybernetic Studies* e recebeu o número *Research Report CSS 331*.

³⁸ (GONZÁLEZ, 2006).

Para o Brasil, Façanha e Marinho (2001) usam a *DEA* para aferir o desempenho de instituições de ensino superior, públicas e privadas, no quadriênio 1995/1998 e buscam identificar as fontes de ineficiência por meio do hiato encontrado entre os valores efetivos e os de referência de insumos e produtos. Lins, Almeida e Bartholo (2004) utilizaram a mesma técnica, desta feita, para avaliação de programas de pós-graduação. Faria, Jannuzzi e Silva (2008), por seu turno, procuram aferir os impactos dos gastos em educação (e saúde) e identificar as boas práticas no que se refere à eficiência das políticas públicas em municípios fluminenses no período de 1999 e 2000. Cumpre mencionar, ainda, os trabalhos de Sampaio de Sousa, Cribari-Neto e Stošić (2005) e Sampaio de Sousa e Stošić (2005), que avaliam provisão de serviços públicos, incluindo educação, em municípios brasileiros por meio da *DEA* associada a novos métodos para eliminação de dados extremos e erros de coleta e medição. Outros dois trabalhos merecem menção, em função de serem os únicos encontrados com nível de agregação algo semelhante ao procedido nesta dissertação. No primeiro deles, Zoghbi *et al.* (2009) promovem a comparação de níveis de eficiência, por meio de *FDH*, e indicadores de desempenho de Estados brasileiros, por vezes contemplando variáveis referentes aos Municípios. No segundo, Brunet *et al.* (2006) lançam mão da mesma metodologia para relacionar a utilização de recursos públicos à oferta de produtos e serviços e aos resultados obtidos.

O passo inicial na tarefa de se avaliar a eficiência por meio da *DEA* é a definição das variáveis possíveis e plausíveis de insumo e produto a serem trabalhadas. Piacenza *et al.* (2006) classificam essa etapa como fundamental para a correta captura da tecnologia do setor em investigação. Tratando primeiramente dos resultados, há de se diferenciar, como o fazem, entre outros, Bradford, Malt e Oates (1969), os produtos intermediários e finais. Os primeiros seriam aqueles diretamente gerados no processo produtivo. No caso de educação, estariam entre eles o tempo de aula ministrada, o total de vagas oferecidas, as notas alcançadas pelos alunos e as taxas de aprovação. No segundo grupo, definido como resultados últimos do processo produtivo, seriam encontrados, especialmente, indicadores, como a probabilidade de conseguir emprego e o nível de renda obtido em razão do grau de instrução alcançado ou de ter sucesso na mudança para novos níveis de ensino. Bradford, Malt e Oates (1969) e Breton (1965) observam que, na escolha das prioridades orçamentárias, ao menos na parte visível aos cidadãos eleitores, os governos tendem a preterir os bens intermediários em favor dos finais. No quadro desenvolvido pelos autores, as comunidades não estariam interessadas nos bens diretamente produzidos no processo educacional, tais como notas dos estudantes,

proporção de alunos em idade adequada para a série em que se encontram matriculados ou quanto de matriculados são aprovados anualmente. O interesse das famílias convergiria para os resultados finais proporcionados, como o sucesso no vestibular ou a capacidade de encontrar trabalhos mais bem remunerados e com maior rapidez.

Infelizmente, dados sobre produtos finais não estão disponíveis com grande facilidade, em especial por sua característica de serem apresentados em mais longo prazo. Sem embargo, Fu e Huang (2006) têm êxito na tarefa ao investigar o grau de eficiência de faculdades. Em seu estudo, usam, como produtos, o tempo de procura por trabalho dos egressos, ajustado de maneira a que o menor reflita o mais alto valor, o salário médio inicial desses antigos estudantes e os seus ganhos médios correntes. Engert (1996) também faz uso de produtos finais ao incorporar como resultado o sucesso de alunos de segundo grau em ingressarem em universidades.

Em virtude da maior disponibilidade e por refletir relativamente bem os resultados do emprego de recursos em educação, os estudos sobre eficiência, quase unanimemente, adotam, desde Bessent e Bessent (1979) e Charnes, Cooper e Rhodes (1981), produtos tipicamente intermediários na avaliação de eficiência dos gastos em educação, como os resultados de testes específicos ou as próprias notas alcançadas durante os períodos escolares. Há ainda especial predileção pelos testes de matemática e proficiência no próprio idioma, especialmente nas avaliações dos ensinos fundamental e médio. Nas comparações do grau de eficiência entre países, os dados do *PISA*³⁹ costumam ser os mais usados. Outros produtos mais comumente encontrados na literatura são o número de matrículas como medida do grau de atendimento; o total de alunos aprovados; e a quantidade de alunos matriculados na idade adequada para a série em que se encontra.

Relativamente aos insumos, Hanushek (2002) cita que, habitualmente, a escolha desses itens nas avaliações de eficiência em educação parte, além da óbvia escolha dos recursos financeiros empregados por aluno, da eleição do número de professores e pessoal administrativo lotado nas escolas e dos aspectos estruturais e físicos das unidades de ensino. Hu, Zhang e Liang (2009) acrescentam à lista os salários pagos aos professores como insumo essencial na obtenção e melhoria da eficiência educacional. Piacenza *et al.* (2006)

³⁹ O Programa Internacional de Avaliação Estudantes (*PISA - Programme for International Student Assessment*) é desenvolvido pela OCDE e busca avaliar o desempenho escolar entre diversos países com o objetivo de melhorar políticas de ensino e resultados educacionais. Os testes são aplicados em estudantes de quinze anos (LASSNIGG, *et al.*, 2007).

reconhecem que não é sempre que as decisões sobre o nível de serviços providos está sob o controle de seus gestores. Para o caso de educação, há restrições — regulatórias, orçamentárias, financeiras, entre outras — que limitam as ações do administrador no gerenciamento dos recursos. Mas é no âmbito dos insumos que existe alguma margem para que o gestor público possa manobrar sua melhor alocação.

Em resumo, a *DEA* permite serem usados insumos e produtos em várias conformações⁴⁰.

Contudo, a mera escolha de produtos e insumos para avaliar o grau de eficiência nesse e noutros setores é limitada. Sobre o tema, Hanusheck (1986) afirma que, aumento de recursos, tanto financeiros quanto humanos, nas escolas, por si só, não é capaz de gerar melhorias nos resultados, eis que tais instituições não estariam focadas em eficiência. Acrescenta que grandes incrementos orçamentários na área de educação seriam, em verdade, improdutivos⁴¹. Esclarece o autor que tais aumentos deveriam ser acompanhados de mudanças institucionais como, por exemplo, melhoria na qualificação dos profissionais da área e criação de mecanismo de incentivos. Argumenta Hanusheck (1995) que a busca da qualidade por meio do provimento de mais recursos frequentemente não é efetiva. Nesse sentido, diferenças no montante orçamentário aplicado não provocariam perceptíveis discrepâncias nos resultados, mas incentivos relativos ao quão bem podem ser empregados esses recursos provavelmente desempenhariam relevante papel⁴². Nas palavras de Adkins e Moomaw (2003), em educação, recursos importam se forem usados com sabedoria e a descoberta de caminhos para redução de ineficiência impactaria de maneira mais significativa que a alocação de mais recursos para incrementar o desempenho. Pritchett e Filmer (1999) ratificam a assertiva ao defender não existir evidências fortes o suficiente que apoiem a tese de que maior quantidade de recursos financeiros e resultados acadêmicos teriam relação positiva. De fato, Sampaio de Sousa, Cribari-Neto e Stošić (2005) vão além e apontam que municípios com maiores receitas, ao contrário de promoverem eficiência, no sentido de maior acesso aos serviços públicos, entre eles educação, tendem a caracterizar-se por relaxamento fiscal e comportamento perdulário.

⁴⁰ Cabe mencionar, para mais um exemplo da flexibilidade da DEA, o trabalho de Abbasi e Moghadas (2010), que inovam ao atribuir a esses tradicionais insumos (e também aos produtos) valores linguísticos para lidar com dados imprecisos ou difíceis de mensurar.

⁴¹ (HANUSHEK, 1989).

⁴² (PRITCHETT e FILMER, 1999).

Nesse sentido, recursos financeiros, e sua tradução em número de professores ou pessoal ligado à área administrativa, estrutura disponível nas escolas, tais como bibliotecas, computadores, entre outros, não são suficientes para explicar o grau de eficiência de instituições de ensino e, por extensão, dos governos. Pastor (2002) considera que mecanismos tradicionais para avaliação de eficiência, baseados em insumos e produtos, usualmente, apresentam subestimativas dos níveis verdadeiros na medida em que não consideram fatores externos adversos e ou que não estão sob o controle dos gestores. Ruggiero (2004) esclarece que os modelos convencionais de avaliação de eficiência em educação que fazem uso da *DEA* falham ao desconsiderar efeitos externos sobre a atuação das unidades em função da heterogeneidade de ambientes existentes. A incorporação de variáveis exógenas não controláveis aos modelos de análise de eficiência é, pois, fundamental para avaliação mais precisa. É nesse sentido que a adoção de segundo estágio na análise, que possa incorporar essas outras variáveis faz-se necessária. Nos dizeres de Førsund e Sarafoglou (2002), até então, nenhuma das linhas de avaliação contribuíra para o conhecimento da natureza da ineficiência de per si. Na verdade, os estudos concentrariam na medição da ineficiência e como calculá-la, mas não em explicar sua existência.

Em País grande e diverso como o Brasil, a consideração de diferenças ambientais, de acesso, econômicas, institucionais, regulatórias, culturais, entre outras⁴³, é indispensável. Adam, Delis e Kammas (2009) asseveram que, ao passo que governos locais, ou regiões limitadas e geograficamente concentradas, normalmente defrontam-se com ambientes socioeconômicos relativamente similares, as condições macroeconômicas das grandes nações e continentes usualmente diferem de forma substancial no âmbito interno; e, por essa razão, é questionável a validade de avaliações que não considerem essas diferenças. A principal deficiência de tais abordagens estaria na inabilidade de distinguir a ineficiência atribuída às más práticas gerenciais no setor público da ineficiência decorrente de diferenças socioeconômicas e fatores aleatórios, como sorte ou erros de medição. Notam ainda que governos não devem ser responsabilizados por todas as diferenças constatadas nos indicadores de desempenho.

Nessa linha, McCarty e Yaisanwarng (1993), em apuração do grau de eficiência em escolas de New Jersey, concluem que a adoção de segundo estágio na análise garante maior acurácia do levantamento. Tal se dá na medida em que torna possível a remoção de

⁴³ Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999) citam ainda, como variáveis externas, a forma de propriedade das firmas, características de localização e relações de trabalho.

efeitos da condição social em que estão inseridos os alunos e a *DEA* passa a refletir apenas as implicações decorrentes dos insumos controláveis. Muñiz (2002) destaca a importância de lidar adequadamente com variáveis exógenas na *DEA* e, em modelo de múltiplos estágios, procura identificar como variáveis exógenas, a exemplo do ambiente familiar, podem influenciar os resultados escolares de estudantes de 62 escolas secundárias na Espanha. Alerta ainda para o fato de que a abordagem em um único estágio, em que pese ser amplamente adotada na literatura, apresenta alguns problemas, nomeadamente quanto a não levar em conta, de forma satisfatória, os fatores exógenos não controlados pelas unidades produtoras. Para comprovar, promove estudo comparativo e os resultados alcançados mostraram superioridade das abordagens de múltiplos estágios sobre aquelas de apenas um. Hsu e Hsueh (2009) enfatizam que, separar o componente relativo à ineficiência atribuída ao mau gerenciamento de recursos das variáveis externas que influenciam os resultados das unidades, é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas que adequem melhor a alocação das disponibilidades. Concordam Fu e Lu (2006) e acrescentam ser outra importante vantagem da inclusão de segundo estágio para comportar as influências exógenas o fato de que, caso não fosse adotada a técnica, as estimativas em um único estágio, além de *poluídas*, sobrecarregariam o procedimento. Piacenza *et al.* (2006) recomendam que, qualquer que seja a avaliação comparativa de eficiência, não se deve negligenciar as condições externas nas quais as unidades operam, pois tais características podem criar vantagens ou desvantagens a ponto de os níveis de eficiência serem severamente afetados. Aditam que as variáveis correspondentes a essas condições não podem ser incorporadas ao modelo como insumos ou produtos, eis que não estão sob o controle dos administradores.

Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999) classificam as análises que consideravam os ambientes em que as unidades operam em três categorias. A primeira seria a *abordagem apartada de fronteiras*, pela qual os dados são estratificados em conjuntos de acordo com alguma característica diferenciadora. A seguinte é descrita como *abordagem tudo em uma*, em que as variáveis exógenas seriam incorporadas diretamente em uma única avaliação. Por fim, a última é denominada *abordagem em dois estágios*. Ressalvam que tais metodologias não identificam os efeitos que cada uma das variáveis relativas aos fatores exógenos desencadeia sobre o processo no uso dos insumos para geração de produtos pelas unidades⁴⁴. Advertem Avkiran e Rowlands (2008) que o principal inconveniente dessas abordagens, que

⁴⁴ (HSU e HSUEH, 2009).

dominaram as análises de dois estágios, é sua incapacidade de lidar adequadamente com erros amostrais.

Diante da dificuldade, Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999) propõem análise em três estágios⁴⁵, pela qual, com intuito de explicar impactos de variáveis externas, regressão do tipo *Tobit* é aplicada para ajuste dos insumos selecionados na primeira etapa, na qual foi utilizada a *DEA*, e, em seguida, esta é refeita. Entretanto tal abordagem não incorpora o ruído estatístico como fator que possa interferir na atuação das unidades⁴⁶ ou na apuração das informações. Jacobs (2001) classifica, entre os ruídos estatísticos, além dos erros de medição, aumentos inesperados de custo ou incrementos não observados de demanda pelos serviços oferecidos. Para o caso de educação, tais ruídos poderiam ser greves⁴⁷ de servidores da área ou de outros profissionais que impeçam acesso de estudantes e corpo docente aos estabelecimentos de ensino, além de falhas no levantamento de dados.

A metodologia requer, pois, além dos dados relativos aos insumos e produtos, informação acerca das características ambientais em que atuam as unidades e o desenvolvimento de modelo estocástico para que as incorpore em conjunto com a capacidade de captar efeitos aleatórios.

Para contornar a falta, Fried *et al.* (2002), em novo trabalho, propõem metodologia pela qual os excessos de insumos, oriundos da *DEA* aplicada num primeiro estágio, são submetidos a estimação, por meio da *SFA*, em relação a variáveis exógenas, para apartar componentes de ineficiência atribuíveis ao ambiente de funcionamento da unidade, ao ruído estatístico e ao mau gerenciamento de recursos. Após tal tratamento, em terceiro estágio, os dados são novamente incorporados ao modelo para reavaliação do nível de eficiência com a *DEA*. Tal metodologia de três etapas busca considerar influências decorrentes de variáveis exógenas que poderiam favorecer ou prejudicar a atuação das unidades e promover apuração mais refinada de seu grau de eficiência, também levando em conta erros de medição, sorte ou outros impactos aleatórios. Lin e Tseng (2005) assinalam que, enquanto a análise relativa aos excessos de consumo no processo produtivo, via *DEA*, provê informações bastantes para acrescentar ou reduzir insumos com vistas a aumentar o nível de eficiência, a utilização da *SFA* proporciona meios para sua justificação econômica.

⁴⁵ Na verdade, os autores inicialmente classificam a metodologia como de quatro estágios, eis que subdividem a segunda etapa.

⁴⁶ (AVKIRAN e ROWLANDS, 2008).

⁴⁷ (AVKIRAN e ROWLANDS, 2008)

Assim como o fazem, entre outros, Fried *et al.* (2002), Glass *et al.* (2006), Piacenza *et al.* (2006), Wang e Huang (2007), Hsu e Hsueh (2009), Dios-Palomares, Paz e Pleite (2004), Pastor (2002), esta dissertação procura tirar vantagem dos benefícios apresentados pelas duas abordagens: da flexibilidade da *DEA* e da possibilidade de se isolar fatores exógenos e ruídos estatísticos da *SFA*. E usá-los de forma complementar. Por certo, corre-se também o risco de sujeitar a análise às maiores limitações de ambos os modelos: da *DEA*, ao assumir que não há erros de medida, e da *SFA*, ao considerar que as estimativas apresentam determinada estrutura. Ressalve-se, a propósito, que não é cerne dessa dissertação a comparação de metodologias e sua avaliação. Por certo, há modelos que porventura sejam mais adequados a uma ou outra amostra em intervalos de tempos distintos. De fato, lembram Avkiran e Rowlands (2008), as abordagens de múltiplos estágios tendem a assumir várias configurações, a depender da disponibilidade de dados, das peculiaridades do setor analisado e do tipo de resultado pretendido. Nesse sentido, Dios-Palomares, Paz e Pleite (2004) promovem comparativo entre diversas variantes no emprego das avaliações pelo método de fronteiras de um, dois e três estágios em seu estudo. O mesmo realiza Pastor (2002). Acentua Tortosa-Ausina (2002), a literatura aponta não haver uma técnica que domine a outra no sentido de ser a melhor; depende, isto sim, da especificidade do caso.

Ao fim e ao cabo, o que aqui se procura é abrir caminho para o uso das análises de eficiência dos recursos empregados na área educacional. E esforça-se por fazê-lo num nível de agregação que permita a efetiva comparação, em igualdade de condições, entre as unidades federativas — em especial, em relação às peculiaridades do Distrito Federal. Em outras palavras, este trabalho procura avaliar o desempenho relativo dos 26 Estados e seus Municípios e do Distrito Federal no emprego de recursos no sistema educacional, nomeadamente nos ensinos fundamental e médio. Seguindo os caminhos traçados por Fried *et al.* (2002), busca-se expurgar os efeitos das condições externas que podem favorecer ou prejudicar a atuação desses entes e, ainda, de algum efeito aleatório que possa interferir nos resultados. Concentra-se, assim, no uso eficiente desses recursos, que reflete a habilidade dos gestores públicos em minimizar os insumos consumidos para geração de determinado nível de resultados. As unidades federativas que alcançam sucesso nessa tarefa estão mais próximas da fronteira e as ineficientes, que falham ao *otimizar* o uso dos insumos, distanciam-se dela.

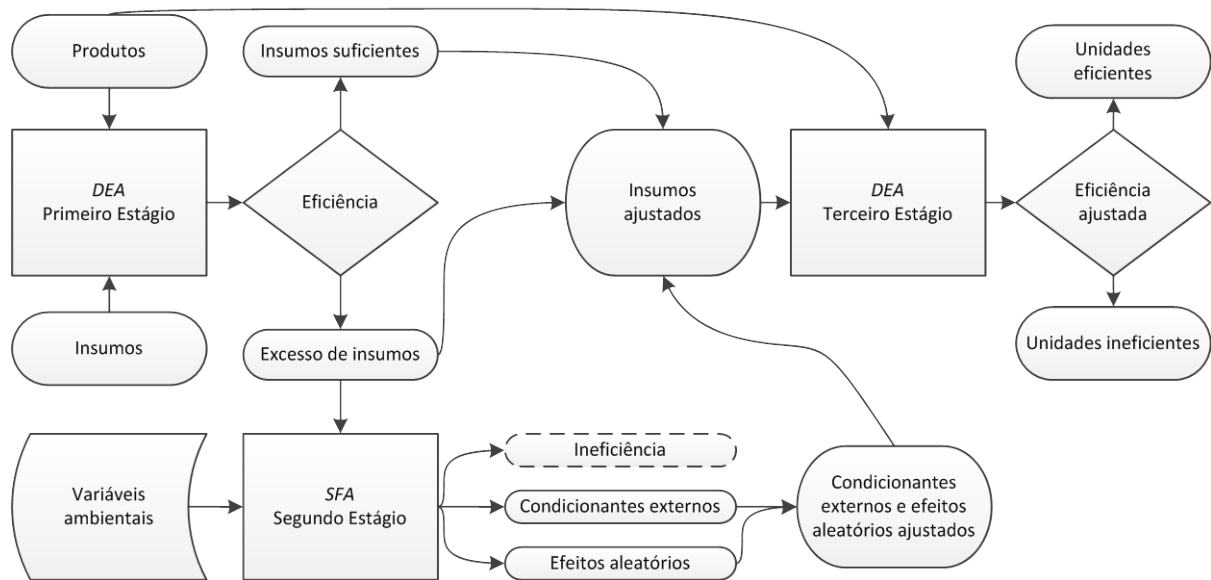
2. Metodologia

A metodologia utilizada nesta dissertação baseia-se, especialmente, em técnica descrita por Fried *et al.* (2002), usada para controlar efeitos externos sobre o cálculo de eficiência de forma a torná-lo mais acurado. A metodologia foi aplicada, entre outros, por Piacenza *et al.* (2006) para o caso de transportes públicos e por Glass *et al.* (2006) em avaliação de universidades públicas; e, com adaptações, por Blank e Valdmanis (2005) na área de saúde, Adam, Delis e Kammas (2009) na avaliação de diversos serviços públicos, Wang e Huang (2007) e Hsu e Hsueh (2009) em atividades de pesquisa e desenvolvimento. Foi ainda detalhada e estendida por Avkiran e Rowlands (2008). A abordagem proposta nesses trabalhos incorpora a influência de condicionantes externos — fatores regulatórios, ambientais e outros — e efeitos aleatórios, à técnica de Análise Envoltória de Dados — *DEA*. Nesse formato, objetiva-se identificar o impacto dessas condições na determinação de ineficiência no emprego de recursos na área de educação no período analisado e, em se considerando esses, reavaliar o grau de eficiência, denotados como fatores gerenciais, das unidades tomadoras de decisão. Denominou-se o modelo Abordagem em Três Estágios.

No primeiro estágio, é aplicada a *DEA* convencional sobre os dados com o fim de lograr avaliação inicial de desempenho das unidades federativas no emprego de insumos ou recursos e a consequente obtenção de produtos e resultados. Esta primeira avaliação não considera os citados impactos das condicionantes exógenas, tampouco dos efeitos aleatórios, na estimativa do nível de ineficiência das unidades. Em seguida, num segundo estágio, aplica-se a Análise de Fronteira Estocástica — *SFA* com o intuito de expurgar tais condicionantes dos níveis de ineficiência revelados no primeiro estágio. Mais precisamente, nessa segunda etapa, fragmentam-se os montantes de ineficiência em três componentes que os causam: as decorrentes de fatores ambientais, os ruídos estatísticos e a ineficiência gerencial propriamente dita. Por fim, no chamado terceiro estágio, os insumos e recursos empregados — ou produtos e resultados obtidos caso proceda-se uma análise orientada a estas variáveis — são ajustados de tal forma que passam a considerar os fatores exógenos e são submetidos novamente ao procedimento de *DEA*. Nesse quadrante, espera-se que o resultado da reavaliação procedida no último estágio demonstre, de forma mais apropriada, o desempenho dos entes estudados em função de sua capacidade gerencial, eis que se depuraram os dados dos mencionados efeitos externos e ruídos estatísticos. Trata-se, pois, de

uma parceria de técnicas não paramétricas e paramétricas⁴⁸ na avaliação de eficiência. A Figura 2-1 adiante demonstra o procedimento a ser adotado.

Figura 2-1: Abordagem em Três Estágios



Fonte: Elaboração própria.

A metodologia aqui descrita alterna-se entre dois tipos de orientação: para insumos e para produtos⁴⁹. No caso deste trabalho, optou-se pela orientação para insumos, eis que se elegeu serem os itens nos quais as unidades analisadas possuem algum grau de discricionariedade, se não no volume mínimo aplicado, ao menos, no seu gerenciamento e alocação. Ademais, à medida que se assume mais insumos serão despendidos para a produção de mais resultados, qualitativa e quantitativamente, a orientação para insumos faz-se mais coerente⁵⁰. A partir de tal opção, as descrições seguem, preferencialmente, essa linha. Inobstante a escolha, sempre que possível, e lembrado, será apresentada a versão de orientação para produtos, a qual será expressamente mencionada.

Adicionalmente, proceder-se-á ao exame da evolução dos níveis de eficiência das unidades ao longo do período por meio de índices de alteração de produtividade *Malmquist*.

2.1.Primeiro Estágio – Análise Envoltória dos Dados

Nessa primeira etapa, a *DEA* é aplicada a um conjunto de dados referentes aos insumos e outro conjunto de dados relativos aos produtos com o objetivo de avaliar o

⁴⁸ (AVKIRAN e ROWLANDS, 2008).

⁴⁹ Avkiran e Rowlands (2008) apresentam metodologia que aplica as duas versões para apuração do nível de eficiência.

⁵⁰ (FU e LU, 2006).

desempenho de cada unidade na minimização daqueles ou maximização dos últimos, a depender da orientação que se queira dar ao processo.

O conceito de eficiência econômica, iniciado por Farrell (1957), sói ser apartado em dois componentes. O primeiro — denominado eficiência técnica⁵¹ — cuida da capacidade de as firmas transformarem determinada combinação de insumos em produtos da maneira mais eficiente, com o mínimo possível daqueles e o maior nível destes. O segundo componente, a eficiência alocativa, chamada eficiência de preços pelo autor, retrata a habilidade de as firmas encontrarem a melhor combinação de insumos, dados os preços relativos, ou o maior nível de receitas. No contexto gerencial, a eficiência alocativa é definida como a escolha efetiva de insumos frente a seus preços com o objetivo de minimizar os custos de produção e a eficiência técnica diz respeito ao quão bem o processo produtivo converte insumos em produtos⁵². A eficiência produtiva ou econômica, pois, refere-se à condição pela qual ambas as anteriores são atendidas.

Sob o prisma da ineficiência, a técnica decorre do uso excessivo de insumos para a geração de determinado nível de produto ou, mudando a orientação, da deficiente criação de produtos para dado volume de insumos consumidos. A ineficiência alocativa, por sua vez, cuida da aplicação dos recursos em proporções distintas de sua relação de preços. Para melhor compreensão, o Apêndice A traz descrição mais detalhada da formulação das eficiências técnica e alocativa. Esta dissertação, além de limitar-se à orientação para insumos pelas razões retro referidas, fez uso tão somente do conceito de eficiência técnica em função de a natureza de insumos e produtos e das próprias unidades produtoras abordadas não comportarem informações precisas de preços e custos; opção também seguida, entre outros, por Herrera e Pang (2005).

Com base nesses conceitos, e relaxando o pressuposto de pesos iguais para insumos e produtos, que Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram medida de eficiência definida pela razão de múltiplos produtos e insumos ponderados denominada Análise Envoltória de Dados – *DEA*. A *DEA* é um método não paramétrico de programação linear com o qual se busca medir a eficiência relativa de unidades produtivas ou tomadoras de

⁵¹ Por meio da *DEA*, costuma-se, ainda, decompor a eficiência técnica em eficiências de escala e técnica pura. A primeira mediria a proporção entre a quantidade de insumos mais adequada à escala de produção e o montante desses insumos efetivamente usado pelas firmas para conseguir determinado nível de produção, e a segunda decorreria de decisões apropriadas dos gerentes (PADILLA-FERNANDEZ e NUTHALL, 2009).

⁵² (AVKIRAN e ROWLANDS, 2008).

decisão – *DMU*⁵³, cuja interação de seus diversos insumos e produtos tornaria as comparações mais complexas⁵⁴ caso a metodologia não fosse usada.

De fato, a abordagem não paramétrica é bastante flexível⁵⁵ e simplifica o processo de avaliação da relação entre insumos e produtos travada dentro das unidades. A eficiência de cada uma delas é estimada em relação a seus pares de forma que o ponto mais alto emergiria daquelas que apresentassem a maior relação entre o somatório ponderado dos produtos e o somatório ponderado dos insumos. As unidades que atendem a esse critério são consideradas eficientes e a integração desses pontos máximos que as representam delinea a fronteira de eficiência. O Apêndice B contém a descrição do processo de estimação por meio da *DEA*.

Formalmente, cada uma dessas *DMU_j*, onde $j = 1, \dots, n$, de determinado grupo de unidades, gera produtos em quantidades e variedades expressos em números reais e positivos denotados pelo vetor $y_{jr} = (y_{j1}, \dots, y_{jS}) \in \mathcal{R}_+^S$. Essa produção é realizada a partir de insumos vários, nos mesmos moldes, denotados pelo vetor $x_{ji} = (x_{j1}, \dots, x_{jM}) \in \mathcal{R}_+^M$. A partir do modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), o nível de eficiência da *DMU_j* é dado pela Eq.(2.1-1) que descreve problema de programação linear em forma *dual*.

$$\min \theta - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^N s_i^- + \sum_{r=1}^S s_r^+ \right]$$

s. a

$$\theta x_{ji} - \sum_{i=1}^N x_{ji} \lambda_j - s_i^- = 0$$

$$y_{jr} = \sum_{r=1}^S y_{jr} \lambda_j - s_r^+$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_r^+ \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$i = 1, \dots, N; r = 1, \dots, S; j = 1, \dots, M$$

Eq.(2.1-1)

O termo λ_j , que surge na Eq.(2.1-1) anterior, descreve um vetor de intensidade. É de notar que as unidades identificadas com λ_j positivo são aquelas tidas como eficientes e, às

⁵³ Do inglês *Decision Making Unit*.

⁵⁴ (WU, *et al.*, 2006)

⁵⁵ (GROSSKOPF, 1986).

demais, esse marcador é reduzido a zero a cada iteração. A primeira restrição define o limite inferior de insumos e a segunda exprime o limite superior dos produtos. O conjunto de soluções para todas as unidades constitui o contorno que envolve todas as observações, de onde deriva o nome da metodologia⁵⁶. Assim, a DMU_j é comparada às unidades eficientes e o parâmetro λ de cada uma delas reflete os pesos exatos assinalados em relação à DMU_j . Nesse formato, a classe de insumos e produtos das unidades eficientes ($\sum_{i=1}^N x_{ji}\lambda_j, \sum_{r=1}^S y_{jr}\lambda_j$) é a melhor combinação desses fatores. A solução θ para o problema retrata o menor grupo de insumos x_{ji} requeridos para que seja gerado o máximo de produtos y_{jr} e é definida como o grau de eficiência da unidade calculada pela técnica *DEA*.

Em síntese, a Análise Envoltória de Dados relaciona insumos e produtos, na busca do menor emprego daquele e a maior geração deste, impondo-se duas condições principais a serem satisfeitas. Primeiramente, que os fatores sejam ponderados de maneira que cada unidade é comparada com todas as outras e é limitada a não ser maior que a melhor relação observada. A segunda restrição estabelece que os pesos de insumos e produtos sejam estimados com o objetivo de atingir a maior relação possível para determinada unidade sem violação da primeira condição⁵⁷.

Os excessos de insumos consumidos no processo produtivo⁵⁸, para cada um deles, e que serão usados na etapa seguinte são descritos pela Eq.(2.1-2) seguinte.

$$s_{ji} = x_{ji} - X_i\lambda \quad j = 1, \dots, M; i = 1, \dots, N \quad \text{Eq.(2.1-2)}$$

O termo s_{ji} refere-se, pois, ao excesso de consumo do insumo i pela unidade j , que é dado pelo insumo x_{ij} efetivamente utilizado, excluindo-se a projeção ótima $X_i\lambda$ de recursos empregados, que denota o mínimo necessário para a produção alcançada. Esses *sobreconsumos* podem ser encarados, do ponto de vista das unidades tomadoras de decisão, como custos de oportunidade para geração daqueles produtos naquelas condições⁵⁹.

⁵⁶ (HERRERA e PANG, 2005).

⁵⁷ (BESSENT e BESSENT, 1979).

⁵⁸ Por simetria, para o caso de orientação para produto, a Eq.(2.1-2) transmuda para $s_{jr} = Y_r\lambda - y_{jr}$, em que são estimados os recuos de produção das unidades ineficientes.

⁵⁹ (LIU e TONE, 2008).

2.1.1. Análise Envoltória de Dados Múltipla

Quando se procede a levantamentos estatísticos, um dos requisitos mínimos para um estimador é que seja consistente, ou seja, ao passo em que determinada amostra cresce seu valor tenda para o valor do parâmetro. Os cálculos de eficiência, tanto no caso da *DEA* quando no caso do *FDH*, são tidos como consistentes⁶⁰. Para o caso, é especialmente válida a máxima de que mais informação é melhor que menos informação⁶¹. Afirmam Simar e Wilson (2008) que, no caso de estimação não paramétrica essa afirmação é mais que o *dobro da verdade*, é a *verdade exponencial*⁶². Com efeito, quando se incrementa a quantidade de insumos ou produtos utilizados no modelo, o número de observações deve aumentar em taxa exponencial de forma a manter o mesmo nível de consistência dos estimadores. Essa característica, não exclusiva das técnicas não paramétricas de estimação de eficiência, é conhecida como *maldição da dimensionalidade*. No tocante à abordagem adotada neste trabalho, o efeito resulta do fato de que maior número de insumos e produtos numa análise não paramétrica, em amostra de tamanho relativamente reduzido, provoca mais observações atingindo os limites de eficiência, o que reduz o poder discriminatório do método. As estimações do tipo *FDH* são particularmente afetadas pelo problema e a *DEA* um pouco menos em virtude da incorporação do pressuposto de convexidade⁶³.

É nesse sentido que o método tradicional de estimação dos graus de eficiência por meio da *DEA* não se conforma com o limitado número de unidades tomadoras de decisão como se constitui o universo utilizado nesta dissertação. Para contornar o problema, Stošić e Fittipaldi (2007) propõem a Análise Envoltória de Dados Múltipla – *MDEA*⁶⁴, na qual são selecionadas, de maneira sequencial, todas as combinações possíveis de insumos e produtos e seus subconjuntos para, em seguida, estimativas de *DEA* serem realizadas a cada escolha. O método torna infactível a seleção de determinado subconjunto de insumos e produtos que favoreça alguma unidade e, com isso, elimina a possibilidade do surgimento de unidades classificadas como eficientes sem legitimidade suficiente para isso. De acordo com os autores,

⁶⁰ (BECKER, 2008).

⁶¹ (SIMAR e WILSON, 2008).

⁶² Para ilustrar a extensão do caso, os autores descrevem a situação na qual inferência com dez mil observações e o número de insumos e produtos é igual ou maior que nove é menos acurada que o caso de amostra com dez observações e somente um insumo e um produto. De fato, dizem, haveria a necessidade de cem mil observações quando se utiliza nove insumos e produtos para se atingir o mesmo nível da amostra menor.

⁶³ (SIMAR e WILSON, 2000).

⁶⁴ Do inglês *Multiple Data Envelopment Analysis*.

o procedimento fornece espectros de eficiência para cada *DMU*, a partir dos quais os níveis de eficiência podem ser estimados⁶⁵.

Em caráter descritivo, seguindo sua exposição, primeiramente são identificados e selecionados, sucessivamente, todos os subconjuntos de $n \in \{1, 2, \dots, N\}$ insumos e $m \in \{1, 2, \dots, M\}$ produtos, o que possibilita formar $\binom{N}{n}$ combinações daqueles e $\binom{M}{m}$ destes. Em detalhe, há $\sum_{n=1}^N \binom{N}{n} = 2^N - 1$ escolhas possíveis para os insumos e, analogamente, $2^M - 1$ escolhas possíveis para os produtos. Como segundo passo, procede-se à *DEA* para todas as combinações de insumos e produtos geradas no momento anterior, acumulando-se os resultados. Dessa forma, são estabelecidas $\Psi \equiv (2^N - 1) \cdot (2^M - 1)$ combinações conjuntas e cada *DMU* recebe Ψ valores relativos aos níveis de eficiência. A média dos valores atribuídos a cada unidade é, pois, seu grau de eficiência *MDEA* e representaria a *mais justa* maneira de estimar o desempenho de dada *DMU* em comparação com seus pares, eis que o valor trás consigo todos os possíveis contextos de avaliação.

Como a amostra utilizada neste trabalho é relativamente reduzida e, em testes preliminares com a *DEA* convencional, mostrou resultados com excessivo número de unidades eficientes, caracterizando o problema descrito e indicando padecer da *maldição da dimensionalidade*, as avaliações serão realizadas pela técnica *MDEA*. Para tanto, foi utilizado *software* disponibilizado pelo professor Borko Stošić.

Doravante, as siglas *DEA* e *MDEA* são usadas como sinônimas quando se tratar dos procedimentos levados a cabo neste trabalho.

2.2.Segundo Estágio – Análise de Fronteira Estocástica

Em condições menos adversas, como, por exemplo, em regiões onde a taxa de alfabetização é maior, os alunos tendem a ser beneficiados pelo ambiente familiar mais favorável e, potencialmente, saírem-se melhor nos testes de proficiência. Ou seja, famílias com escolarização mais elevada, cientes dos benefícios gerados pelo maior nível de educação, manteriam número relativamente superior de crianças, e por mais tempo, nas escolas, afora o auxílio proporcionado pelos pais no processo de educação dos filhos. Dessa forma, espera-se que escolas localizadas em regiões mais bem escolarizadas mostrem níveis mais altos de

⁶⁵ Mello, Clímaco e Meza (2006) reportam o uso de metodologia, que denominam *MCDEA*, para estimação de desempenho de unidades tomadoras de decisão, por meio de avaliações cruzadas, como forma de incrementar sua discriminação e promover melhor distribuição dos multiplicadores para as variáveis.

resultados qualitativos e quantitativos em função desses *recursos adicionais* disponíveis às crianças da localidade⁶⁶. Ao não se considerar fatores externos como esse, a estimação do grau de eficiência dessas unidades receberia incremento em função do ambiente favorável em que operam e não decorrente da capacidade gerencial dos administradores das escolas — e, por extensão, dos governos — no manuseio dos recursos empregados em educação.

Do mesmo modo, mas no outro extremo, unidades federativas menos urbanizadas, nas quais, por exemplo, dificuldades de deslocamento e dispersão populacional dificultam o acesso dos alunos às escolas, encontrar-se-iam em circunstâncias desfavoráveis no emprego de recursos para o atingimento de resultados semelhantes de outras unidades que não possuem tais características. Por esse motivo, o alcance do mesmo nível de desempenho é feito a expensas de mais recursos pelas unidades prejudicadas, reduzindo seu nível de eficiência em relação às demais. Em resumo, unidades relativamente mais ineficientes, operando em ambientes desfavoráveis, teriam seu nível de eficiência deprimido além da sua real condição ou, equivalentemente, unidades relativamente mais eficientes vivenciando as mesmas condições externas não mostrariam seu verdadeiro grau de eficiência nos resultados apresentados nas avaliações.

A consideração dessas influências externas poderia ser adotada em um único estágio na avaliação dos níveis de eficiência por meio da *DEA*. Uma primeira solução seria levar em conta esses fatores de influência exógenos como forma de restrição no modelo⁶⁷ ou mesmo alterando as restrições existentes⁶⁸. Contudo, essa saída teria que, de pronto, estabelecer critérios acerca de cada variável e, para isso, ter prévio conhecimento de sua influência sobre o sistema, além de assumir-se em que direções esses fatores estariam atuando sobre o desempenho das unidades. Dessa maneira, faz-se necessário esse segundo estágio para identificar-se como as variáveis exógenas interferem no desempenho das *DMU* ao empregarem insumos no processo produtivo, ou, de forma alternativa, como se constitui a parcela ineficiente de insumos empregados ou de produtos não gerados encontrados na aplicação da *DEA* convencional.

O objetivo dessa etapa, pois, é decompor os resultados de ineficiência que emergem no estágio anterior em fatores de influências externas, ruídos estatísticos e

⁶⁶ (HANUSHEK, 1986).

⁶⁷ (BANKER e MOREY, 1986).

⁶⁸ (RUGGIERO, 1996b).

inabilidade gerencial no uso dos recursos, eis que aqueles descrevem uma combinação destes. Essa decomposição permitirá, no próximo estágio, ao isolar os três efeitos, ajustar os insumos originais, que estarão livres de influências fora do alcance das *DMU*, colocando-as em igualdade de condições para nova avaliação de grau de eficiência, desta feita, mais refinado.

Proposta independentemente por Aigner, Knox Lovell e Schmidt (1976) e Meeusen e Broeck (1977), também a partir do referencial de Farrel (1957), a Análise de Fronteira Estocástica envolve a especificação de função de produção (ou de custos) cuja forma inclui termo de erro composto por duas partes: uma delas relativa a ruídos estatísticos e outra referente à ineficiência técnica⁶⁹. Esta segunda trata-se de erro unilateral, sob controle das unidades produtivas e decorrentes de sua inabilidade no gerenciamento do processo produtivo. A primeira parte diz respeito a erro simétrico, com variação aleatória, que capta efeitos decorrentes de eventos além do controle dos administradores e próprios de relações empíricas. Essa composição pode ser compreendida como a representação da junção desses dois tipos de perturbação na trajetória das unidades. O modelo desenhado pelos autores segue a forma descrita pela Eq.(2.2-1) à frente⁷⁰.

$$y_j = f(x_j; \beta) + \varepsilon_j \quad j = 1, \dots, M \quad \text{Eq.(2.2-1)}$$

O termo y_j representa o vetor de produtos associado à unidade j e x_j , o vetor de insumos. O termo β é o vetor de parâmetros a ser estimado. Por fim, o termo de erro $\varepsilon_j \leq 0$ pode ser definido como $\varepsilon_j = v_j + u_j$, no qual v_j refere-se aos erros aleatórios que são assumidos independentes e identicamente distribuídos — $(v_j \sim N(0, \sigma_{v_j}^2))$ — e u_j , que representa a ineficiência técnica, retrata perturbação que se supõe não negativa e truncada em zero — $(u_j \sim N(\vartheta_j, \sigma_{u_j}^2))$, em que $\vartheta_j \geq 0$ — e independentemente distribuída em relação a v_j . Tanto ε_j quanto seus componentes v_j e u_j são também independentemente distribuídos em relação aos insumos x_j . Uma característica interessante do modelo revela-se no fato de que ele introduz o termo de erro que representa o ruído estatístico — erros de medição e choques exógenos — que está além do controle da unidade produtiva⁷¹ e decorre de eventos externos

⁶⁹ (GHORBANI, AMIRTEIMOORI e DEHGHANZADEH, 2010).

⁷⁰ Coelli *et al.* (2005) descrevem o modelo de função de produção de fronteira estocástica que toma a forma *Cobb-Douglas*, também adotada por Meeusen e Broeck (1977), $\ln q_i = \mathbf{x}_i' \beta + v_i - u_i$ ou $q_i = e^{\beta_0 + \beta_i x_i + v_i - u_i}$.

⁷¹ (WORTHINGTON, 2001).

favoráveis ou não. A perturbação u_i reflete a condição na qual a produção de cada firma deve situar-se sobre a fronteira $y_j = f(x_j; \beta) + v_j$ ou abaixo (ou acima) dela⁷². Qualquer desvio dessa fronteira, denotado por v_j , seria resultado de fatores sob o controle das unidades, tais como ineficiência técnica ou alocativa, esforço dos responsáveis pela produção, entre outros⁷³.

O formato que toma essa função, no contexto desta Abordagem em Três Estágios, tem interpretação distinta do modelo original, eis que não mais a variável dependente refere-se ao produto gerado pelas unidades. No caso, o termo dependente é o excesso de consumo de cada insumo estimado no primeiro estágio. Conforme proposto por Fried *et al.* (2002), o modelo é apresentado na Eq.(2.2-2) que segue.

$$s_{ji} = f^i(z_{jk}; \beta^i) + v_{ji} + u_{ji} \quad i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K \quad \text{Eq.(2.2-2)}$$

A variável dependente s_{ji} , estimada na etapa anterior conforme descrito pela Eq.(2.1-2), refere-se ao excesso de insumo i consumido pela unidade j para produção de determinado nível de resultado. O termo $f^i(z_{jk}; \beta^i)$ descreve a fronteira estocástica de excesso de gastos dada pelo vetor de parâmetros β^i incidentes sobre K variáveis externas observáveis, $z_{jk} = (z_{j1}, \dots, z_{jK})$, que, potencialmente, produzem efeitos sobre s_{ji} . Os elementos de β^i fornecem, pois, a contribuição de cada uma dessas variáveis sobre o montante de ineficiência no uso de cada insumo i .

Em outros termos, nessa conformação, o montante de ineficiência, medido pelo excesso de insumos empregados, é decomposto em três efeitos. O primeiro termo, denotado por $f^i(z_{jk}; \beta^i)$, cuida das influências externas — variáveis ambientais, conformações institucionais e sistemas regulatórios — que determinam o montante de ineficiência de cada unidade. O segundo, $v_{ji} \sim N(0, \sigma_{v_i}^2)$, descreve ruídos estatísticos porventura ocorridos ao tempo da ocorrência dos eventos ou da coleta dos dados. O último, $u_{ji} \sim N^+(\vartheta_i, \sigma_{u_i}^2)$ ⁷⁴, refere-

⁷² De acordo com Piacenza *et al.* (2006), o modelo assume a especificação temporal do termo relativo à ineficiência gerencial como $u_{jit} = u_{ji} e^{-\eta(t-T)}$, onde η é o parâmetro a ser estimado, t é o ano presente e T é o último ano do período avaliado.

⁷³ (AIGNER, KNOX LOVELL e SCHMIDT, 1976).

⁷⁴ Conforme Piacenza *et al.* (2006), para uma assunção alternativa de uma distribuição seminormal da ineficiência gerencial, o componente do termo de erro relativo ao item seria $u_{ji} \sim N^+(0, \sigma_{u_i}^2)$.

se à ineficiência propriamente dita, e pode ser entendido como a inabilidade gerencial ao aproveitar melhor os recursos disponíveis, ou, dada sua livre disposição assumida no modelo, ao utilizar a menor proporção desses recursos. Enfim, os parâmetros a serem estimados são β^i , ϑ_i , σ_{vi}^2 e σ_{ui}^2 , que podem variar livremente nas regressões dos i excessos de insumos, o que permite aos três tipos de fatores de influência — externos, gerenciais e ruídos estatísticos — exercerem distintos impactos sobre eles⁷⁵.

Em resumo, os impactos externos denotados pelo montante de ineficiência derivados do primeiro estágio e descrito na Eq.(2.1-2) são envolvidos pela fronteira delineada por $f^i(z_{jk}; \beta^i)$. Ao se considerar os ruídos estatísticos, a fronteira descreveria a trajetória $f^i(z_{jk}; \beta^i) + v_{ji}$, que seria o menor valor que os excessos de insumos poderiam ser reduzidos, em um ambiente caracterizado por z_{jk} e por v_{ji} e pelos parâmetros β^i e σ_{vi}^2 , para garantir determinado nível de produção, eis que a ineficiência no gerenciamento dos recursos empregados é $u_{ji} \geq 0$. A qualquer outro sobre-excesso de consumo, que porventura ocorra, é atribuído à ineficiência no manuseio e gerenciamento dos recursos e é capturado pelo termo u_{ji} , com os parâmetros ϑ_i e σ_{ui}^2 medindo a variabilidade entre essa ineficiência das *DMU* e os insumos⁷⁶.

Cabe aditar às avaliações outro parâmetro de interesse, denotado por $\gamma^i = \sigma_{ui}^2 / (\sigma_{vi}^2 + \sigma_{ui}^2)$. O parâmetro representa a proporção na variância total que é atribuída ao componente relativo à ineficiência gerencial⁷⁷. Quando $\gamma^i \rightarrow 1$, o impacto da ineficiência na administração dos recursos sobrepõe-se ao ruído estatístico no uso do insumo i para a determinação do excesso de sua utilização. E, ao contrário, quando $\gamma^i \rightarrow 0$, os erros de medição e fatores não esperados dominam a influência sobre os excessos de gastos⁷⁸. No caso de rejeição da fronteira, os autores propõem a utilização de equação do tipo *Tobit* para estimação dessa segunda etapa, conforme delineado em Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999).

⁷⁵ Fried *et al.* (2002) ressaltam que os componentes de erro podem não ser independentes e identicamente distribuídos, eis que os excessos de insumos utilizados são estimativas calculadas na primeira etapa por meio da DEA. Nesse caso, afirmam, talvez seja melhor proceder às estimativas dessa segunda etapa mediante *Regressões Aparentemente Não Relacionadas (SUR)* ou uma junção de *SFA* com *SUR*, permitindo que os componentes dos erros sejam correlacionados. Os autores refogem do tema e o delegam para outros pesquisadores; esta dissertação os acompanha e não se atreve a entrar nessa seara.

⁷⁶ (GLASS, *et al.*, 2006).

⁷⁷ (PIACENZA, *et al.*, 2006).

⁷⁸ (FRIED, *et al.*, 2002).

Ainda de acordo com Fried *et al.* (2002), ao menos duas *virtudes* decorrem da Análise de Fronteira Estocástica aplicada nesta etapa. A primeira delas é a desnecessidade do conhecimento da direção e da magnitude dos impactos gerados pelos fatores exógenos escolhidos sobre as variáveis correspondentes aos excessos de gastos dos insumos extraídos da primeira etapa. A segunda refere-se à capacidade de cada componente que amolda a estimativa exercer diferentes impactos sobre os excessos de insumos. Ademais, outra vantagem desse procedimento, é evitar o *sobrecarregamento* das estimativas procedidas no primeiro estágio⁷⁹.

O segundo estágio, pois, oferece os termos que servirão de base para o ajuste a ser procedido na fase seguinte. Primeiro, a estimativa do montante de ineficiência decorrente das circunstâncias vivenciadas pelas unidades produtivas, dado por $f^i(z_{jk}; \beta^i)$. Segundo, a parcela relativa às perturbações na trajetória dessa ineficiência ε_j , que, por sua vez é dividida entre a incapacidade dos gestores de geração de maiores quantidades de produto ou de consumo de menores quantidades de insumo, dada por u_{ji} , e ruídos estatísticos, denotados por v_{ji} .

Nesse sentido, antes de se passar à terceira etapa, é imprescindível que se proceda à separação do ruído estatístico da ineficiência atribuída à inabilidade gerencial vez que aquele, juntamente com a porção decorrente de influências ambientais, será usado para estimar o novo conjunto de valores para os insumos. O Apêndice C apresenta o procedimento para derivação dessas parcelas.

De posse desses parâmetros, passa-se à terceira e última etapa.

2.3. Terceiro Estágio – Ajuste e Nova Análise Envoltória de Dados

O objetivo desse estágio é reavaliar o desempenho das unidades tomadoras de decisão, desta feita, livres da influência de condições ambientais e de ruídos estatísticos expurgados por meio dos resultados auferidos na etapa anterior. A partir dessa depuração, os níveis de eficiência trazidos à tona representariam tão somente o desempenho gerencial das unidades produtivas.

A proposta é ajustar os níveis de insumos — quando de uma orientação nesse sentido — elevando-os para as unidades que se aproveitaram de ambientes favoráveis de forma que seu nível de eficiência seja retraído. Em sendo uma estimação orientada para

⁷⁹ (FU e LU, 2006).

produto, o ajuste ocorreria de forma similar, embora oposta, no qual o nível de produção das unidades operando em condições desfavoráveis seria elevado, aumentando seu grau de eficiência. A utilização de aumentos nos insumos ou nos produtos é adotada para que sejam evitadas situações nas quais unidades que operem em condições extremamente desfavoráveis tenham seus montantes rebaixados a tal ponto que se tornem negativos⁸⁰. Outra razão para o ajuste incremental, o que coloca as unidades na situação menos favorável encontrada na amostra, é que os valores estimados tornam-se, assim, objetivos a serem alcançados mesmo em condições mais adversas⁸¹. Esses ajustes permitem que os insumos originais, ou os produtos originais, sejam depurados de impactos benéficos ou prejudiciais no emprego dos recursos disponíveis e de algum elemento de sorte experimentado no período. Ao serem utilizados tais *pseudoinsumos* — ou *pseudoprodutos* — os novos níveis de ineficiência calculados nesta segunda rodada da *DEA*, líquidos dos efeitos externos, passariam a refletir não mais que as falhas decorrentes do mau gerenciamento dos recursos.

Nesse quadrante, o modelo considera que as unidades tomadoras de decisão operam em ambientes relativamente desfavoráveis e que experimentam algum grau de má sorte, também relativa, que não são captados nos cálculos do primeiro estágio. *Operar em ambientes desfavoráveis* significa que insumos adicionais estão sendo requeridos para produzir o mesmo nível de produtos ou menos produtos estão sendo gerados com determinado nível de insumos. Ou, dizendo o mesmo de forma alternativa, o que ocorre é que as unidades se defrontam com ambientes benéficos, relativamente, e os dados foram colhidos em momento e condições favoráveis, novamente de caráter relativo. Conforme citado, para se evitar que as correções levem a dados menores que zero, a forma alternativa é adotada. A razão de ordem prática para adoção da forma alternativa, também antes mencionada, seria descrever determinado grau de desempenho referencial que as unidades almejavam independentemente das condições externas⁸².

O procedimento de ajuste, basicamente, consiste em considerar tais fatores de influência externos, que emergem das estimativas procedidas na segunda etapa da metodologia, e reacomodar os insumos⁸³ conforme a Eq.(2.3-1) a seguir.

⁸⁰ (FRIED, *et al.*, 2002).

⁸¹ (FRIED, SCHMIDT e YAISAWARNG, 1999).

⁸² (WANG e HUANG, 2007).

⁸³ No caso de orientação para produto, a estimativa da retração ajustada seria dada por

$$x_{ji,t}^A = x_{ji,t} + \left[\max_j (z_{jk,t} \hat{\beta}^{i,t}) - z_{jk,t} \hat{\beta}^{i,t} \right] + \left[\max_j (v_{ji,t}) - v_{ji,t} \right] \quad \text{Eq.(2.3-1)}$$

$$i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T$$

Na Eq.(2.3-1) anterior, $x_{ji,t}^A$ representa o insumo i ajustado que foi estimado a partir do insumo observado $x_{ji,t}$. Como nesta dissertação trabalha-se com painel de dados relativo a período de quatorze anos, ao modelo proposto por Fried *et al.* (2002), foi incorporado o componente temporal t para comportar essa característica. O primeiro ajuste, $[\max_j (z_{jk,t} \hat{\beta}^{i,t}) - z_{jk,t} \hat{\beta}^{i,t}]$, relativo às variáveis concernentes às condições ambientais em que operam as *DMU*, atua no sentido de colocá-las em igualdade de condições quando do levantamento de sua eficiência relativa, alçando-as à menos favorável circunstância observada na amostra durante o período t . O segundo ajuste, $[\max_j (v_{ji,t}) - v_{ji,t}]$, por sua vez, conduz todas as unidades para a situação mais desafortunada encontrada, também no período t , em termos de ruídos estatísticos — erros de medição ou sorte —, na amostra⁸⁴.

Ao incrementar-se o excesso de consumo dos insumos pela equação Eq.(2.3-1) anterior, o total despendido pelas unidades deslocar-se-ia para a maior proporção, relativamente ao produto, encontrada, considerando as influências sobre o processo decorrentes das variáveis exógenas, e ao pior cenário decorrente de ruídos estatísticos. Nesse quadro, a unidade que enfrentou as mais desfavoráveis circunstâncias para aplicação dos insumos passaria pelo menor ajuste proporcional. Ao contrário, aquelas unidades que desfrutavam de ambientes mais favoráveis, teriam seus excessos de consumo elevados em maior extensão. Ao aumentar os insumos dessa maneira e manter o nível de produto, a vantagem porventura gozada pelas unidades em melhores condições, decorrente dos benefícios produzidos pelos fatores externos e mesmo em função de sorte, é absorvida⁸⁵. Ao fim e ao cabo, todas as firmas são alinhadas para serem seus níveis de eficiência reavaliados.

$$y_{jr,t}^A = y_{jr,t} + \left[z_{jk,t} \hat{\beta}^{r,t} - \min_j (z_{jk,t} \hat{\beta}^{r,t}) \right] + \left[v_{jr,t} - \min_j (v_{jr,t}) \right]$$

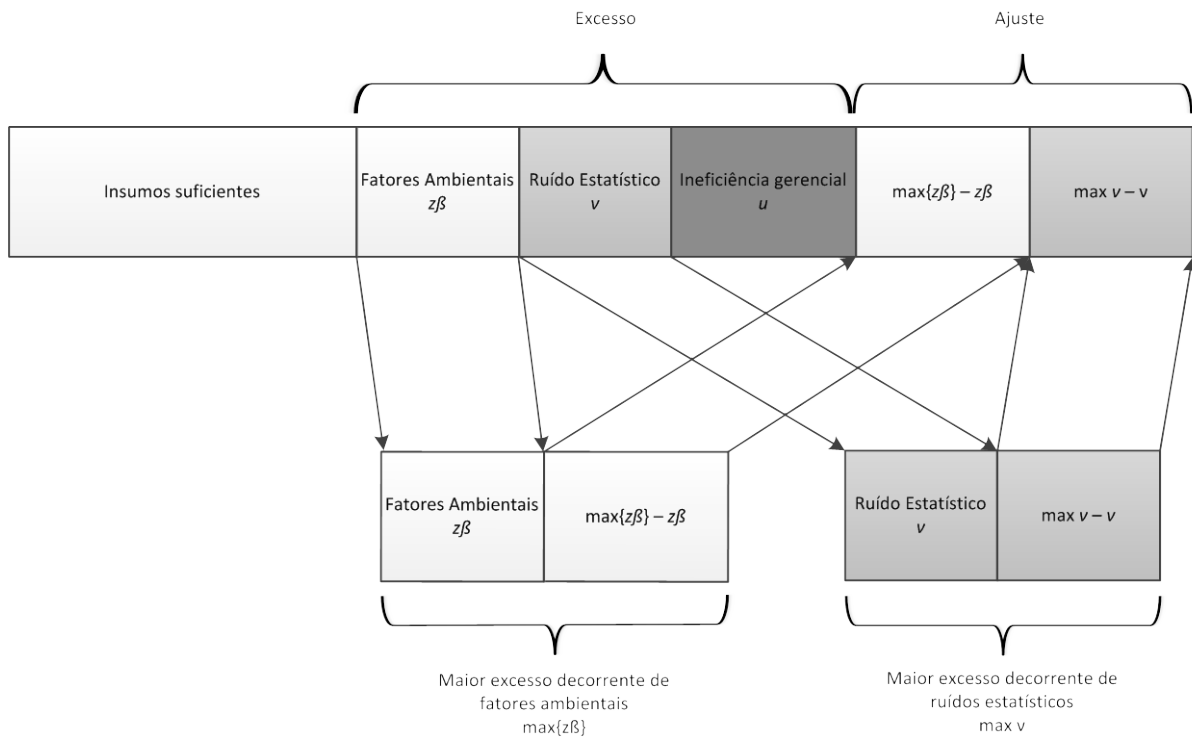
$$r = 1, \dots, S; j = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T$$

⁸⁴ (AVKIRAN e ROWLANDS, 2008).

⁸⁵ (HSU e HSUEH, 2009).

Em síntese, $x_{ji,t}^A$ representa o insumo ajustado ao menor impacto estocástico externo. O conjunto desse novo grupo de excessos, somados aos insumos mínimos suficientes para geração de determinado nível de produtos, capturam o verdadeiro efeito do inábil gerenciamento dos recursos⁸⁶. A Figura 2.3-1 adiante sumariza esse ajuste.

Figura 2.3-1: Ajuste dos insumos



Fonte: Elaboração própria.

De posse desse novo nível de *pseudoinsumos*, denotados por $x_{ji,t}^A$, o procedimento adotado no primeiro estágio é repetido com os insumos observados, $x_{ji,t}$, substituídos. O resultado obtido dessa reavaliação deve agora representar, exclusivamente, o grau de eficiência das unidades tomadoras de decisão decorrente de suas competências ao gerenciar os recursos empregados no processo produtivo.

2.4. Índices de alteração de produtividade Malmquist

Adicionalmente, em paralelo ao terceiro estágio, é calculada neste trabalho a evolução dos índices de produtividade total dos fatores empregados pelas unidades, por meio de funções de distância, citadas no Apêndice A desta dissertação. Tais funções permitem descrever tecnologias que utilizam múltiplos insumos e geram diversos produtos sem a necessidade de conhecimento de níveis de preços, baseadas somente em dados sobre

⁸⁶ (LIU e TONE, 2008).

quantidade de recursos consumidos e de resultados produzidos⁸⁷. Os índices de mudanças de produtividade *Malmquist* encontram-se entre essas funções que reúnem as propriedades necessárias para definição e construção de números índices usados para se estimar os níveis de eficiência e sua evolução durante o período analisado⁸⁸. Ademais, o cálculo dos índices *Malmquist* não exige sejam assumidas restrições relativas ao comportamento das unidades em análise, no sentido de serem maximizadoras de receitas ou minimizadoras de custo. Tais vantagens tornam a ferramenta particularmente adaptada para o emprego no setor público⁸⁹.

A técnica de estimação desses índices foi inicialmente proposta por Caves, Christensen e Diewert (1982) com o objetivo de medir as mudanças de produtividade entre dois períodos como a distância entre as fronteiras de cada um deles e determinada *DMU*. O Apêndice D detalha o modelo. Cebada, Chaparro e González (2009) sustentam que, como é construído sobre as bases da Análise Envoltória de Dados, a qual não requer maiores suposições além da convexidade, o modelo é especialmente atrativo para avaliação no contexto educacional, onde múltiplos insumos e produtos estão envolvidos e preços são desconhecidos ou difíceis de estimar.

Conforme Cooper, Seiford e Tone (2006), tais índices são estabelecidos pelo produto da mudança no nível de eficiência técnica e da evolução tecnológica. O primeiro termo refere-se ao grau das mudanças ocorridas na eficiência das *DMU*, para melhor ou para pior, de forma a alcançar as demais unidades. O segundo fator trata de alterações na posição da fronteira de eficiência e reflete inovações ou progresso ocorridos em determinado intervalo.

⁸⁷ (COELLI, *et al.*, 2005).

⁸⁸ Coelli *et al.* (1998) listam essas propriedades — boa parte delas também compartilhadas pelos índices de Fisher e de Törnqvist — para índices de preços P_{st} e de quantidades Q_{st} , a saber: positividade (os índices devem ser sempre positivos); continuidade (o índice é função contínua de preços e quantidades); proporcionalidade (se todas as quantidades ou os preços aumentam na mesma proporção, então também devem aumentar os índices); invariância dimensional (os índices de quantidade devem se independentes das unidades de medição de preços); teste reverso-temporal (para dois períodos s e t , $Q_{st} = 1/Q_{ts}$); teste de valor médio (os índices de quantidade e preços situam-se entre as respectivas mudanças mínimas e máximas da produtividade); teste de fator reverso (se a mesma fórmula for utilizada para o cálculo dos índices de preços e quantidades, o produto dos resultados deve ser igual ao valor de sua razão); transitividade (para três períodos, s , t e r , a comparação direta entre s e t produz o mesmo índice indiretamente por meio do período r , ou seja, $Q_{st} = Q_{sr} + Q_{rt}$).

⁸⁹ (SMITH e STREET, 2006).

3. Dados – Fontes, tratamento e descrição

O escopo temporal deste trabalho compreende o intervalo dos exercícios de 1995 a 2008. A escolha desse íterim deveu-se, preponderantemente, à maior disponibilidade, além da qualidade, dos dados com os quais se optou por utilizar. Outra razão decorre do fato de que, a partir de 1995, os dados relativos às notas dos alunos, fundamental variável para avaliação realizada, passaram a adotar metodologia que permite a comparabilidade dos testes aplicados em anos distintos.

No que diz respeito ao espaço estudado, foram consideradas as unidades federativas brasileiras, abarcando, em cada uma delas, os respectivos Municípios, e, entre elas, o Distrito Federal. Esta agregação deu-se em razão de não encontrar na literatura⁹⁰ estudos dessa natureza, na área dos ensinos fundamental e médio, nos quais a atuação de Estados e Municípios ocorre de maneira complementar, conforme estatui a Constituição da República, em seu art. 211. Tal junção torna possível seu cotejamento com o Distrito Federal, que congloba competência dessas duas esferas. As variáveis concernentes à União, todavia, não foram consideradas, eis que, além de serem direcionadas preponderantemente à educação superior, o resultado que aqui se busca pode ser auxiliar na definição de políticas nacionais de ensino afetas a este ente. De toda e qualquer sorte, nos ensinos médio e fundamental, o número de alunos matriculados em escolas federais, no âmbito dos bancos de dados consultados nesta dissertação, não chega a 0,3%.

Esse também é o motivo de os ensinos fundamental e médio serem objeto de avaliação neste trabalho. São as modalidades mais representativas das despesas educacionais e, tradicional e constitucionalmente, estão sob a tutela das esferas que aqui se avaliam.

Por certo, os gastos no setor educacional — assim como nas grandes áreas de atuação governamental — e, preponderantemente, aqueles referentes aos investimentos, exigem certo período de maturação, muitas vezes bastante longo, até que possam mostrar seus possíveis efeitos. Nada obstante, assume-se, neste trabalho, que as unidades que alocam, em determinada configuração, a parte comprometida de seus orçamentos nas ações referentes ao ensino, já o fazem dessa maneira costumeiramente. Tal se dá em virtude não só dos custos

⁹⁰ Zoghbi *et al.* (2009) avaliam o grau de eficiência das unidades federativas em conjunto a indicadores de desempenho correspondentes ao exercício de 2003. Usam os dados do Saeb para ensinos fundamental e médio como produtos, mas, no tocante aos insumos, olvidam as despesas municipais para construir a variável *gasto por aluno*. Brunet *et al.* (2006) também desconsideram os gastos municipais na composição dos insumos, embora nos produtos e resultados sejam apresentados indicadores estaduais e municipais, e argumentam que as despesas estaduais preponderam.

financeiros decorrentes de alterações nas condutas educacionais, como também do desgaste político que essas modificações podem provocar. Isso, sem falar da relativa rigidez dos orçamentos públicos⁹¹. Ou seja, por característica própria desses agentes, espera-se não haver significativas mudanças na condução das políticas voltadas para a área educacional — em especial naquelas que envolvem o emprego de recursos — que justifiquem a adoção de um lapso temporal à análise da eficiência⁹². Sendo assim, consideraram-se as despesas realizadas em determinado exercício como representativas dos anos precedentes.

Para análise da relação entre os insumos educacionais e os produtos acadêmicos, é essencial que se empregue adequadas medidas de resultado. A heterogeneidade de produtos decorrentes do processo educativo, diferentemente das quantidades homogêneas geradas em outros setores, torna sua medição tarefa complexa. Com efeito, educação é um serviço que transforma quantidades fixas de insumo, que são os indivíduos, em outros com as mais diversas qualidades⁹³. Contudo, conforme Farrell (1957), a heterogeneidade dos fatores não acarreta maiores perturbações caso seja distribuída uniformemente. Isso seria problemático se houvesse diferenças de qualidade de fatores entre as unidades⁹⁴. Espera-se que, como as fontes das avaliações aqui procedidas, usualmente, possuem caráter nacional, tal problema não afete os resultados. Verdade seja, é uma limitação do trabalho e um risco que se corre.

De outra face, alguns ajustes fizeram-se necessários. Pelo fato de a metodologia aplicada ser sensível à presença de lançamentos destoantes ou extremos, tomou-se o cuidado de, a cada extração, promover sua depuração. Envidaram-se esforços nesse sentido com o objetivo de, pela própria natureza dos dados, evitar-se que as referências fossem baseadas em valores não factíveis⁹⁵. Muitas das verificações e depurações das informações coletadas foram realizadas por meio do pacote *outliers*⁹⁶ do *software R*. Observações extremas

⁹¹ (FARIA, JANNUZZI e SILVA, 2008).

⁹² Ouellette e Vierstraete (2004) propõem interessante método para lidar com o que eles chamam de insumos quasi-fixos para avaliação de mudanças tecnológicas e de eficiência. É interessante procedimento que há de ser mais bem investigado, adaptado para uso em *DEA* e, lamentavelmente, não será usado nesta dissertação. Segundo os autores, essa categoria de insumos seria caracterizada por não poderem ser livremente ajustados, que é um dos pressupostos da *DEA*. O aspecto é particularmente importante para aplicação nas atividades do setor público, na medida em que os insumos utilizados costumam apresentar valores grandes e volumosos e as tomadas de decisão envolverem mais custosos e complexos procedimentos burocráticos, tornando o ajuste no curto prazo tarefa, praticamente, impossível. O problema da rigidez no gerenciamento dos insumos no setor público é uma limitação para o gestor e deve, em importante medida, afetar sua eficiência.

⁹³ (HANUSHEK, 1986).

⁹⁴ (HERRERA e PANG, 2005).

⁹⁵ (KANE e STAIGER, 2002).

⁹⁶ (KOMSTA, 2010).

significativas ao nível de 5% foram rejeitadas, em conformidade com critérios e tabelas constantes de Grubbs (1950). Identificou-se que parte dessas observações decorria de erro de lançamento e, quando possível, procedeu-se à correção⁹⁷.

Outro tratamento realizado referiu-se aos dados faltantes. Na persecução do equilíbrio do painel de dados construído, essencial para aplicação da metodologia adotada⁹⁸, e de não se abrir mão de outras variáveis consideradas indispensáveis na composição do modelo, os dados faltantes relativos a essas variáveis no intervalo estudado foram calculados por meio de interpolação cúbica *spline*⁹⁹. Esse tratamento, também usado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para estimativas dos anos intercensitários, considera os pontos existentes de uma série e os pondera por meio de coeficientes de polinômios cúbicos usados para o preenchimento dos dados faltantes¹⁰⁰.

Para auxiliar nessa interpolação, foram ainda usadas informações para além do período analisado neste trabalho, inclusive, quando já divulgados, de 2009. O procedimento ocorreu por meio do pacote *signal*¹⁰¹ do *software* estatístico *R*. O método foi utilizado, em especial, para o exercício de 2000, vez que algumas variáveis escolhidas inexitem nesse ano, eis que são calculadas a partir de *microdados* da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do IBGE, que não vai a campo em anos de Censo. Outras informações inexistentes referem-se àquelas variáveis que são produzidas em caráter bianual. Também foi

⁹⁷ Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999) sugerem a exclusão de potenciais valores extremos por meio de avaliação gráfica (*boxplot*) das razões de insumos e produtos. Tal avaliação, embora realizada nesta dissertação para conhecimento de uma e outra variável, não foi usada com esse propósito.

⁹⁸ Kao e Liu (2007) propõem modelagem capaz de lidar com dados faltantes evitando-se a exclusão de *DMU* cujas informações estão incompletas.

⁹⁹ Descrição mais detalhada do processo de interpolação cúbica *spline* é apresentada em Press *et al.* (1992).

¹⁰⁰ Estes coeficientes moldam curva que passa em cada ponto da série com comportamento não errático e sem quebra de continuidade. Disso resulta uma curva mais suavizada que outras técnicas de interpolação. Matematicamente, a interpolação cúbica *spline*, $S_3(x)$, é uma função segmentada polinomial contínua no seguinte formato:

$$S_3(x) = \begin{cases} s_1(x) & \text{se } x_1 \leq x < x_2 \\ s_2(x) & \text{se } x_2 \leq x < x_3 \\ \vdots & \\ s_{n-1}(x) & \text{se } x_{n-1} \leq x < x_n \end{cases}$$

onde s_i é um polinômio de terceiro grau definido por

$$s_i(x) = a_i(x - x_i)^3 + b_i(x - x_i)^2 + c_i(x - x_i) + d_i, \quad i = 1, 2, \dots, n-1$$

de tal forma que as duas primeiras derivadas são sempre contínuas.

¹⁰¹ (SHORT, 2010).

adotado esse procedimento para dados manifestamente discrepantes e que foram descartados; e nos casos em que as informações ainda não tinham começado a ser produzidas.

Os valores orçamentários utilizados neste trabalho, que compõem contas de resultado, passaram por atualização pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Médio – IPCA-Médio conforme metodologia adotada pelo Tribunal de Contas do Distrito Federal e foram trazidos a preços de 2008. Obtidos junto ao Banco Central a partir de informações oriundas do IBGE, o Apêndice E arrola estes fatores de correção.

Em feitas essas considerações, cabe definir o grupo de produtos ou resultados que podem ser gerados e medidos em todas as unidades e o conjunto de insumos ou recursos empregados que indiquem contribuir positivamente para sua produção e produtividade¹⁰².

3.1. Insumos e Recursos

Os gastos em educação soem ser adotados como a principal variável de insumo na avaliação da eficiência no setor de ensino. Nesta dissertação, contudo, julgou-se ser esse item redundante na medida em que o emprego desses valores em bens adquiridos e outras despesas em educação seriam usados como insumos. A informação, todavia, não foi descartada. Em verdade, conferiu-se a ela relevante papel de influência sobre os resultados na área educacional e seu detalhamento será apresentado a seu tempo em tópico adiante.

Destarte, quatro variáveis relativas aos recursos empregados em educação, segregadas por unidade federativa, foram incluídas nesta dissertação: salário médio pago aos professores por hora de aula ministrada; número total de professores; quantidade de funcionários lotados nas escolas; e variável referente à infraestrutura das instituições de ensino a seguir pormenorizada.

A quantidade de computadores em funcionamento nas escolas e bibliotecas ou salas de leitura construídas serviram de alternativa para retratar estoque físico de capital e os gastos no grupo de natureza de despesa Investimentos feitos pelos governos na área de educação. A escolha desses dois componentes para gerar a variável deveu-se a suas características distintas, nomeadamente dos diferentes custos unitários e prazos de durabilidade, entrada em funcionamento e promoção de resultados. As informações advieram dos *microdados*¹⁰³ do Censo Escolar da Educação Básica, disponíveis no sítio do Instituto

¹⁰² (BESSENT e BESSENT, 1979).

¹⁰³ Há de se atentar para o expressivo número de erros nos dicionários dos *microdados* do Censo Escolar, em especial nos anos de 2000, 2002 e 2008, ao se reproduzir as consultas.

Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Inep, autarquia vinculada ao Ministério da Educação, e o índice construído compõe-se da quantidade dos dois itens por unidade federativa, sendo o primeiro na proporção de 13,8% das somas defrontadas. A adoção desse percentual segue o total encontrado ao longo da série de forma que equivalessem ambas as somas. Não estavam disponíveis informações sobre esses dois componentes em 1995 e 1996. Para esses dois anos os dados foram extrapolados. Não foram encontrados indicativos de que houvesse valores discrepantes ou erros de medição na amostra analisada em número de bibliotecas ou salas de leitura por Estado, o que levou a dar por consistentes os valores contidos nos bancos de dados e críveis os dados coletados. Contudo, no caso dos equipamentos de informática, irromperam algumas escolas com o quantitativo de máquinas bastante acima do padrão das demais instituições, do número de salas de aula informado e do valor encontrado no ano anterior. Esses excessos foram descartados com o uso do pacote *outliers*, conforme procedimento descrito. A variável foi nominada *InfEs*.

O Censo Escolar, de periodicidade anual e âmbito nacional, é realizado com a colaboração das secretarias de educação de Estados, Distrito Federal e Municípios e coordenado pelo Inep. As informações coletadas abrangem o ensino regular — educação infantil e ensinos fundamental e médio —, educação especial e educação de jovens e adultos de escolas urbanas e rurais, públicas e privadas. São coligidos dados sobre os estabelecimentos, matrículas, funções docentes, movimento e rendimento escolar, com vistas a traçar panorama da educação básica e servir de *referência para a formulação de políticas públicas e execução de programas na área da educação*¹⁰⁴. Entre esses, incluem-se as transferências de recursos públicos na forma de merenda e transporte escolar, distribuição de livros e uniformes, implantação de bibliotecas e instalação de energia elétrica. Seria esse o motivo de alguns entes fraudarem os números do Censo Escolar conforme noticiado¹⁰⁵. Nada obstante, assumiram-se como corretas as informações constantes dos Censos Escolares e, espera-se, caso haja inconsistências ou algum viés que prejudiquem as análises, possam ser detectados durante o exame dos dados.

¹⁰⁴ Conforme informação disponível em <http://www.inep.gov.br/basica/censo/default.asp> em consulta realizada em 29.08.10.

¹⁰⁵ Ver, por exemplo, “Nova Iguaçu: MP investiga fraude em censo escolar” em <http://noticias.terra.com.br/brasil/noticias/0,,O12895184-E1994.00-Nova+Iguacu+MP+investiga+fraude+em+censo+escolar.html> (acesso em 20.07.10), “Censo escolar de 2007 registra redução de 2,9 milhões nas matrículas” em <http://oglobo.globo.com/educacao/mat/2007/11/13/327152708.asp> (acesso em 20.07.10) e “Prefeitura de Timon é acusada de fraudar censo escolar” em <http://180graus.brasilportais.com.br/geral/prefeitura-de-timon-e-acusada-de-fraudar-censo-escolar-318279.html> (acesso em 21.07.10).

O número de professores, *Prof*, dos ensinos fundamental e médio da rede pública foi extraído também dos *microdados* do Censo Escolar. Foram procedidas todas as investigações de praxe e não foram encontradas discrepâncias ou faltas nesses dados.

Da mesma forma, obteve-se o número de funcionários, *Func*, que excluem professores e auxiliares de educação, lotados nas escolas. Nesse caso, dois lançamentos — São Paulo, em 1995, e Paraná, em 1996 — mostraram-se inconsistentes e foram calculados em proporção às demais unidades no ano seguinte.

Para o salário dos professores por hora de aula ministrada, as informações advieram dos *microdados* do Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb, que será detalhado no Apêndice G e no tópico seguinte. Nesse caso, promoveu-se mencionado tratamento de interpolação no tocante aos dados faltantes, eis que essa contagem é feita em frequência bianual. Um passo a mais foi dispensado a essa variável, nominada *SalH*, na medida em que foram encontrados dados discrepantes nas informações coligidas. Para expurgar esses casos utilizou-se o pacote *outliers* do *software* estatístico *R*, conforme antes exposto.

A descrição das variáveis usadas como insumo no modelo adotado encontra-se na Tabela 3.3-1 mais adiante junto às variáveis de produto e as consideradas exógenas.

3.2. Produtos e Resultados

A avaliação dos benefícios gerados a partir dos recursos aplicados em educação deu-se por indicadores quantitativos e qualitativos. No quadrante quantitativo, a principal variável adotada foi o número geral de matrículas nos ensinos fundamental e médio. Ademais, como forma de medir-se, não apenas numericamente, mas também a qualidade do sistema como um todo, as variáveis relativas ao total de aprovados e à soma dos alunos em idade adequada para a série que estão matriculados foram inseridas entre os produtos. Para se avaliar a qualidade do ensino, as notas médias dos alunos dos ensinos fundamental e médio em Língua Portuguesa e Matemática foram utilizadas.

No Brasil, a forma global de mensurar esse desempenho é por meio das informações contidas no Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb e na Prova Brasil, que são mantidos e coordenados pelo Inep e adotam metodologia que permite promover comparações de testes aplicados em anos diferentes. O Apêndice F apresenta considerações sobre o Saeb e a Prova Brasil e sua metodologia. As informações, utilizadas para avaliação qualitativa de resultados dos recursos empregados em educação, partiram diretamente de

extrações realizadas nos *microdados*¹⁰⁶ do Saeb e da Prova Brasil, além de sinopses estatísticas para os anos de 2007, no caso do 3º ano do ensino médio, e dos três grupos investigados, para o exercício de 2009; todos os bancos podem ser acessados no sítio do Inep na *Internet*.

Para cada ano disponível, eis que os testes são bianuais, e dentro do escopo temporal deste trabalho — além dos dados de 2009 utilizados de forma auxiliar — limitaram-se os resultados apresentados às escolas municipais e estaduais, incluindo as distritais, da rede pública. Nesse sentido, foram descartadas as notas referentes às escolas federais e particulares. Também se excluiu pequeno número de escolas pertencentes a municípios que apresentaram falhas em outras variáveis — despesas realizadas nas funções Educação e Cultura, por exemplo, tratadas adiante. Essa exclusão, por seu tamanho reduzido, não causou interferências no resultado geral. Os resultados dos alunos de 4ª e 8ª séries do ensino fundamental e do 3º ano do ensino médio de escolas públicas estaduais e municipais das provas aplicadas em 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005 e 2007 foram interpolados e não foram encontradas inconsistências nos dados ou discrepância de valores. Tampouco, em comparação com dados do Censo Escolar dos respectivos anos, identificaram-se escolas com número de alunos menor que dez¹⁰⁷; critério esse utilizado para não aplicação das provas do Saeb em determinado estabelecimento de ensino.

Os resultados colhidos foram agregados em duas disciplinas — Matemática e Língua Portuguesa — e constituiu-se nota média dos alunos, por unidade federativa, reunindo os resultados das 4ª e 8ª séries do ensino fundamental e do 3º ano do ensino médio. As variáveis foram nomeadas *Saeb_Mat* e *Saeb_Port*.

Variável usada como produto, o número de matrículas nos ensinos fundamental e médio proveio dos *microdados* dos Censos Escolares da Educação Básica. A variável foi nomeada *Matric* e não foram realizadas maiores transformações nos dados além de eliminar aquelas provenientes de municípios excluídos em função de falhas em outras coletas.

¹⁰⁶ Há de se atentar para o número expressivo de erros nos dicionários dos *microdados* do Saeb e da Prova Brasil, ao se reproduzir as consultas.

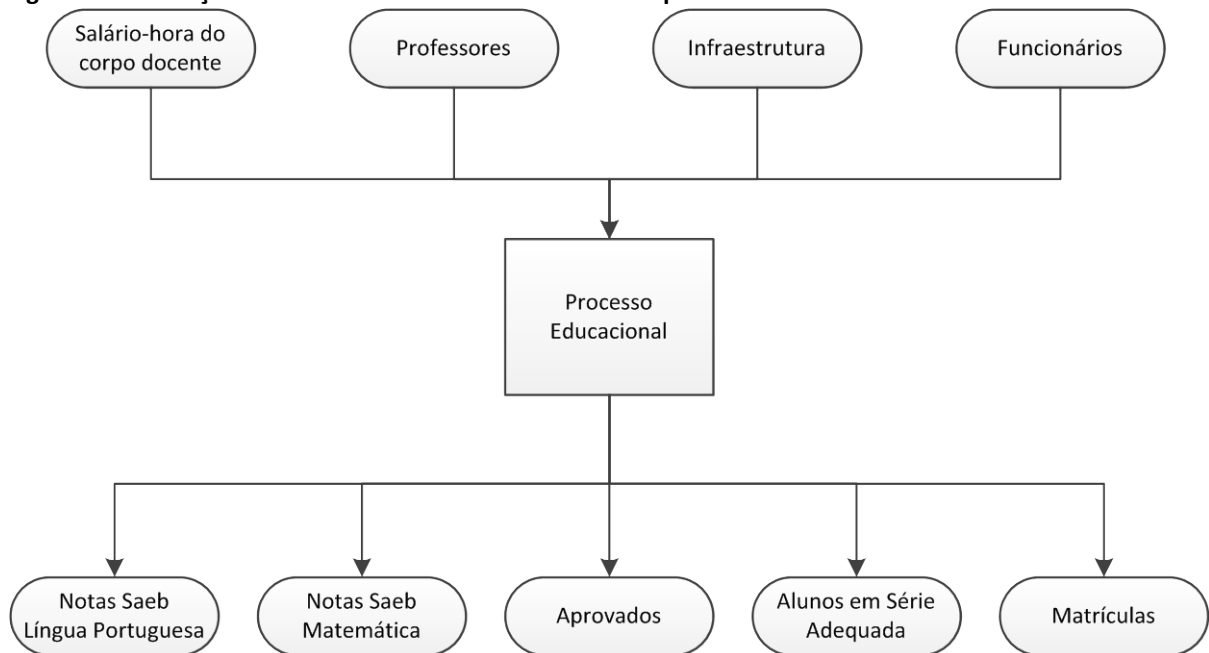
¹⁰⁷ Franco (2008) afirma haver “quase 13%” de escolas, em cinco anos de aplicação de provas do Saeb, compreendidos no período 1997-2005, que dispunham de dados sobre o desempenho dos alunos de 4ª série e que, no Censo Escolar, tinham número de matrículas igual a zero. Essa falha não foi detectada neste trabalho. A propósito, em procedimento de preparação, limpeza e verificação de consistência nos mesmos bancos de dados, estudo do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional – Cedeplar (2005) alerta para, mesmo após esse tratamento, a utilização das informações com determinada cautela, em especial em relação à variável identificadora da escola e do aluno.

Outra variável utilizada neste trabalho como produto dos recursos empregados no processo educacional, o número de alunos aprovados originou-se também dos *microdados* dos Censos Escolares da Educação Básica e tiveram o mesmo tratamento da anterior. A nomenclatura escolhida foi *Aprov.*

Por fim, a última variável utilizada como produto, também advinda dos Censos Escolares e nomeada *NoDist*, é composta pelo quantitativo de alunos em idade apropriada para a série em que está matriculado. Foram considerados não defasados ou sem distorção idade/série aqueles alunos que estavam matriculados em até dois anos de idade além da série na qual deveriam estar. De acordo com o Inep (2006), há, em sistema educacional seriado, adequação teórica entre a idade do aluno e a série em que deveria estar alocado. No Brasil, o ingresso no ensino fundamental, cuja duração é, normalmente, de oito anos (nove, no modelo ampliado), deve-se dar aos sete anos (seis, na nova formatação). O indicador de distorção idade/série adotado pelo Instituto, presente em alguns dos anos do Censo Escolar, permite avaliar o percentual de alunos, em cada série, com idade superior à idade recomendada. Esse indicador, que considera o ano t de realização do Censo e a série k na qual o aluno está matriculado, cuja idade adequada é de i anos, é expresso pelo quociente do número de alunos que, no ano t , completam $i + 2$ anos ou mais (nascimento antes de $t - [i + 1]$) e a matrícula total da série k . O critério utilizado para identificar os alunos nessa condição leva em conta que os nascidos em $t - [i + 1]$, completam $i + 1$ anos em t e, assim sendo, em algum momento desse ano ainda permaneciam com a idade i . Por isso, consideram-se esses alunos com a idade adequada para a série. Para o ensino médio, considerou-se a idade de entrada aos quinze anos. Não se utilizou como fonte, nesta dissertação, o indicador calculado de Censos Escolares que o tinha disponível, mas procedeu-se ao próprio levantamento a partir dos *microdados*.

A Tabela 3.3-1, constante do tópico seguinte, descreve essas cinco variáveis usadas como produto em conjunto às variáveis de insumo e às variáveis exógenas. A Figura 3.2-1 a seguir resume a relação de recursos ou insumos e produtos ou resultados utilizados na análise do processo educacional, por meio da *DEA*, neste trabalho.

Figura 3.2-1: Relação de recursos e resultados adotados no processo educativo



Fonte: Elaboração própria.

3.3. Variáveis exógenas

Além dos recursos empregados, que estão, potencialmente, sob controle das unidades tomadoras de decisão, e resultados obtidos no processo educacional, busca-se ainda avaliar o quanto fatores externos às atividades de educação, embora ligadas a elas, podem afetar o desempenho das unidades e estão, de uma forma ou de outra, fora do alcance dos gestores públicos. Sete variáveis foram empregadas: proporção de matrículas das unidades federativas em relação à contagem nacional, despesas realizadas nas funções Educação e Cultura por alunos matriculados, coeficiente de Gini, proporção de matrículas em escolas particulares frente ao total, renda domiciliar por indivíduo, taxa de analfabetismo em pessoas acima de quinze anos e taxa de urbanização. Outras duas variáveis qualitativas (*dummies*) estão presentes: a primeira refere-se ao FCDF e a segunda diz respeito ao Fundeb e ao Fundef.

Como variável que comporta o tamanho das unidades federativas e sua população, foram escolhidas matrículas contidas em cada Estado e Distrito Federal em relação ao total nacional por ano, nominada *MatrRel*. A população residente foi preterida em razão das dificuldades em se estimar os estratos etários de interesse, especialmente em função do quantitativo de alunos em distorção idade/série que apresenta número relativamente grande. Ademais, entendeu-se essa variável contabilizar melhor o perfil populacional para os interesses deste trabalho, em vista, ainda, do encaminhamento dado rumo à universalização do ensino nos níveis aqui estudados. As informações, colhidas nos *microdados* do Censo

Escolar do período em análise utilizadas anteriormente, foram calculadas, ano a ano, dividindo-se o número de matrículas da unidade pelo total de matrículas do Brasil.

As despesas das unidades nas funções Educação e Cultura, não consideradas como insumo neste trabalho, são incluídas como variável exógena em razão de as unidades estarem, em larga medida, tolhidas em sua faculdade de dimensionar esses recursos¹⁰⁸. A Constituição da República, em seus art. 212 e art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, c/c a Lei nº 9.394/96 e a Lei nº 11.494/07, preceitua percentuais mínimos de aplicação em Manutenção e Desenvolvimento do Ensino e no Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação – Fundeb. Essa proteção, estabelecida pelo legislador como forma de garantir que recursos mínimos sejam aplicados em educação, estabelece que, pelo menos, 25% da arrecadação de impostos e transferências de impostos de Estados e respectivos Municípios e Distrito Federal devam ser destinados à área. O limite mínimo estabelecido para a União é de 18% (BRASIL, 1988). Por essa razão, jogou-se não serem as despesas em educação variáveis de insumo, mas um indicativo de riqueza dos entes avaliados.

Os dados relativos aos gastos governamentais de Estados e Municípios e Distrito Federal na área de educação, partiram das bases de dados da Secretaria do Tesouro Nacional – STN. Foram consideradas as despesas realizadas nas funções Educação e Cultura. Tal junção deu-se em razão de a função Cultura, até 2001, estar agregada à Educação. Por esse motivo, a partir desse exercício, somaram-se os valores relativos a ambas as rubricas. De modo semelhante, houve de se considerar o conjunto dos níveis de ensino. Embora o foco do trabalho sejam os ensinos médio e fundamental, não foi possível proceder a esse detalhamento em razão da indisponibilidade de registros por subfunções nos anos iniciais coletados. A desagregação dos dados por subfunção somente está particularizada nas bases de dados da STN a partir do exercício de 2004. Assim, os valores representam variável alternativa para os gastos específicos desses níveis. Cabe observar que a representatividade da função Cultura, entre 2002 e 2008, situou-se em 3,2% no conjunto das duas funções. No segundo caso, os ensinos profissional e superior, a educação infantil, de jovens e adultos e especial e as demais subfunções, alcançaram a proporção de 38,7% do grupo no período em que se pôde discriminá-las.

¹⁰⁸ Uma saída interessante para esse problema seria a adoção do diferencial entre as despesas realizadas e o percentual mínimo estabelecido constitucionalmente. Contudo, obteve-se a informação de que boa parte dos entes federados, principalmente os mais pobres, executa o valor mínimo exigido, frequentemente menos que isso e, nesses casos, a variável seria reduzida a zero, ou assumiria valores negativos, em diversas delas.

Os dados contábeis dos municípios constam da base Finanças Públicas do Brasil – Finbra, que dispõe de informações relativas às despesas por função de 1996 em diante. Relativamente aos gastos municipais de 1995, calculou-se o montante do ano na mesma proporção aos gastos realizados nos Estados ocorridos no exercício seguinte. O número de municípios abrangidos oscilou entre 4,5 mil, em 1995, a 5,1 mil, em 2008, distribuídos pelos 26 Estados. Em todos os anos pesquisados, sobressaíram municípios cujas despesas nas funções em tela eram nulas, e que, portanto, não afetavam o resultado global de cada unidade analisada, e aqueles que, em relação à população local, apresentavam valores expressivamente baixos. Acredita-se esses serem municípios novos cujos orçamentos ainda estavam sendo executados em suas antigas matrizes. De qualquer sorte, tais entes foram descartados da análise nessas e noutras variáveis cuja pormenorização pôde-se dar ao nível municipal.

No limite superior, em geral, não foram encontradas significativas divergências dos gastos em relação à população que sugerissem a existência de dados inconsistentes ou discrepantes, à exceção de dois Municípios — não os mesmos — em 1999, 2000 e 2001, nos quais os valores estavam multiplicados por cem e foram acertados. No caso de localidades sem lançamento do contingente populacional, procedeu-se à comparação com municípios próximos no mesmo Estado e, por serem relativamente compatíveis, não se descartaram suas informações.

Outra verificação deu-se no conjunto dos municípios por unidade federativa, quando se detectaram alguns Estados com execução relativamente reduzida, nomeadamente Amapá, Roraima e Maranhão. Em investigação de cada um dos lançamentos percebeu-se que alguns Municípios não constavam da lista em determinados anos. A título de ilustração, entre 1996 e 1999, a capital Macapá, cuja realização nas funções Educação e Cultura sói responder por cerca de 60% das despesas dos municípios do Amapá, não está presente na base consultada nesses anos. Para corrigir o problema, inseriram-se dados proporcionais aos demais municípios em exercícios próximos. A averiguação e correção ocorreram em todas as unidades federativas, tomando-se o cuidado de não se deslembrar do fenômeno de criação de municípios ocorrida no período.

Feitos esses expurgos e ajustes, aceitou-se como suficientemente coerente a classificação da despesa e corretos os registros contábeis dessas esferas, em que pese saber-se que tais apontamentos possam não apresentar interpretação uniforme por Estados e

Municípios¹⁰⁹. Cumpre observar que o grupo excluído representou 0,28% da quantidade dos Municípios e os valores em todas as variáveis a eles pertencentes também não impactaram o resultado geral. No que diz respeito à soma das receitas correntes desses municípios excluídas no processo, a título de dar a dimensão do despojo, o percentual foi de 0,15%.

Os dados relativos às despesas realizadas em ambas as funções — Educação e Cultura — no âmbito das unidades federativas advieram diretamente do sítio da STN na *Internet*, colhidos durante a elaboração deste trabalho¹¹⁰. Nesse caso, e por sua natureza, não se encontrou valores que indicassem haver discrepância ou erro nos lançamentos e não houve afastamento de informação. A representatividade das despesas realizadas pelos Estados no período em análise situou-se em 54,5% do conjunto dos gastos com os Municípios nessas funções.

Impende ressaltar, ainda, que os dispêndios realizados nas funções Educação e Cultura consideram — ou deveriam considerar — os gastos do grupo de despesa Pessoal e Encargos Sociais. Este, por sua vez, congloba a folha de pagamento de professores e funcionários de escolas. Por essa razão, dois novos ajustes fizeram-se necessários: a inclusão do Fundo Constitucional do Distrito Federal – FCDF e as despesas de servidores da área de educação da União referentes aos extintos territórios do Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, a estes cedidos.

Especificamente em relação à unidade que abriga a capital do País, os recursos aplicados em educação, tradicionalmente, recebem o reforço de valores oriundos da União que, basicamente, custeiam a folha de pagamento de profissionais da área. Por sua peculiaridade de localização, de ser sede do Governo Federal e de exigir sejam atendidas diversas demandas de serviços e infraestrutura especiais, o Distrito Federal sempre contou com aportes de recursos federais para garantir sua sustentabilidade. Até a Constituição de 1988, esse ente, frequentemente, dependia de desgastantes negociações para que o Governo central fizesse os repasses. Este os fazia de forma discricionária, eis que não havia normatização relativa a prazos e valores a serem transferidos. Com o advento da Lei Maior, o Distrito Federal passou a ter garantido, expressamente, o compromisso de a União promover seu suporte financeiro, por meio de fundo próprio¹¹¹. Até o exercício de 2002, os recursos

¹⁰⁹ (ALMEIDA, 2001).

¹¹⁰ Última consulta para conferência dos dados deu-se em julho de 2010.

¹¹¹ É de competência da União, segundo o art. 21, inciso XIV, com redação dada pela Emenda Constitucional nº 19/98, organizar e manter as polícias civil e militar e o corpo de bombeiros militar do Distrito Federal, bem

eram regularmente transferidos ao Governo do Distrito Federal, que, por seu turno, promovia sua incorporação ao respectivo orçamento e os executava por meio de sistema próprio, o Sistema Integrado de Gestão Governamental – Siggo. Com a instituição do Fundo pela Lei nº 10.633/02, com vigência a partir de 2003, ao arrepio¹¹² de seu art. 4º, os recursos passaram a ser executados diretamente pelo Ministério da Fazenda no âmbito do Sistema de Integrado de Administração Financeira do Governo Federal – Siafi. De uma maneira ou de outra, os valores relativos ao montante que deveria ser repassado e vem sendo empregado no custeio da folha dos profissionais de ensino no Distrito Federal foram acrescidos ao total empregado nas funções Educação e Cultura dessa unidade. Os números tiveram origem nos Relatórios Analíticos e Pareceres Prévios sobre as Contas do Governo do Distrito Federal – RAPP dos respectivos exercícios e podem ser também obtidos no Siafi.

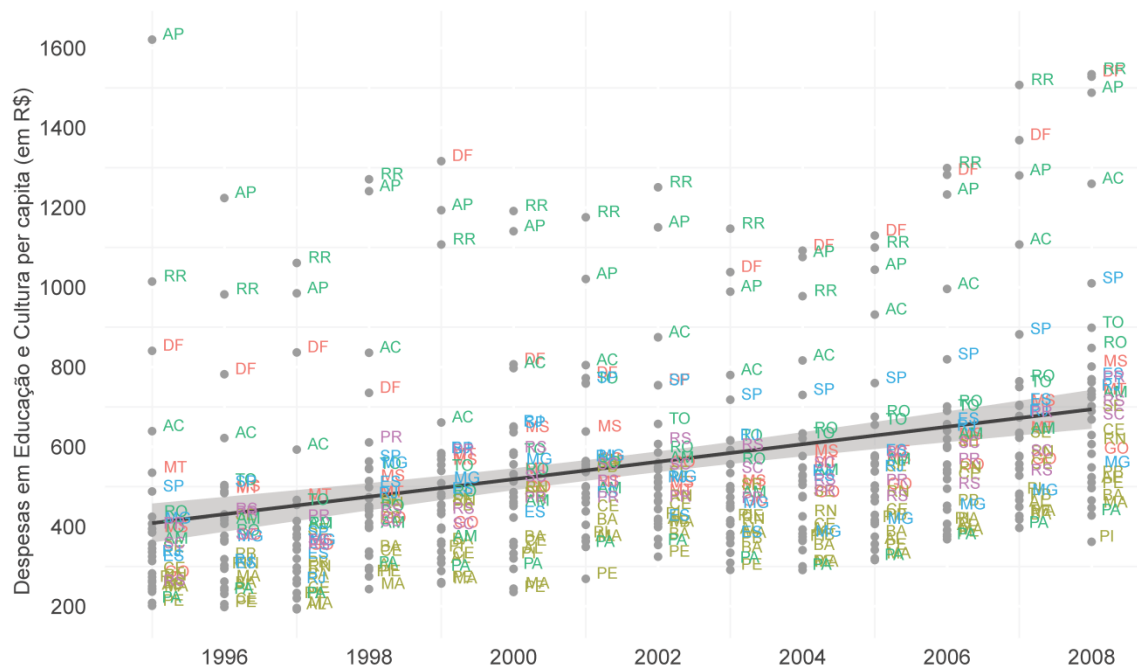
Semelhante ocorreu com os antigos territórios, cuja soma relativa ao custeio de professores cedidos àquelas unidades foram acrescentadas às despesas nas funções Educação e Cultura dos respectivos Estados. Os dados provieram de duas fontes: o Boletim Estatístico de Pessoal produzido pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e de informações colhidas junto à STN. Quanto a esses números, cabe ressaltar duas adaptações que tiveram de ser realizadas em função da indisponibilidade dos dados: para o exercício de 1995, as informações referem-se, de fato, de maio de 1995 a abril de 1996, e, em relação ao exercício de 1996, os números são de fevereiro daquele ano a janeiro de 1997.

Por fim, somadas as despesas em Educação e Cultura de cada um dos 26 Estados com seus Municípios e do Distrito Federal e ponderando-se pelo número de matrículas obtidas anteriormente, gerou-se a variável *EducCult*. Em geral, os gastos, em números corrigidos, apresentaram crescimento ao longo do período analisado — por volta de 7,5% ao ano. O montante realizado no estado de São Paulo supera em larga margem os demais. Contudo, em termos *per capita*, o Distrito Federal e os extintos territórios de Amapá e Roraima, que recebem expressivos recursos federais na área de educação e possuem baixo contingente populacional relativo, passam a superar as outras unidades. O Gráfico 3.3-1 adiante mostra esse indicador no período analisado.

como prestar assistência financeira para a execução de serviços públicos, por meio de fundo próprio, deixando de caracterizar-se como transferência voluntária (BRASIL, 1988).

¹¹² O art. 4º da Lei nº 10.633/02 reza que os recursos correspondentes ao FCDF devem ser entregues ao GDF até o quinto dia de cada mês, a partir de janeiro de 2003, à razão de duodécimos (BRASIL, 2002).

Gráfico A-1: Despesa *per capita* nas funções Educação e Cultura, por unidade federativa – 1995/2008



Fontes: STN, RAPP, IBGE e Boletim Estatístico de Pessoal.

A propósito, no tocante à população estimada de Estados e Municípios, empregada como auxiliar no levantamento supracitado e em outras apurações ao longo do trabalho, os dados provieram do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Utilizou-se a Projeção da População para o Período 1980-2050, com revisão de 2008, colhida no sítio do instituto na *Internet*.

Adicionalmente, foi criada variável qualitativa (*dummy*) para marcar a instituição do FCDF a partir de 2003 no Distrito Federal e foi nominada *FCDF*.

Da mesma maneira, foi constituída variável binária relativa à vigência do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério – Fundef e do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica – Fundeb. O Fundef, estabelecido em 1996 com autorização dada pela Emenda Constitucional nº 14/96 e implantado pela Lei nº 9.424/96 para vigorar a partir de 1998 com validade de dez anos, vinculava parte das receitas de todas as esferas para aplicação no ensino fundamental e criava mecanismos para que os gastos em educação efetivamente atingissem seu alvo. O Fundef era formado por 15% dos recursos estaduais e municipais relativos aos Impostos sobre Circulação de Mercadorias e Serviços e sobre Produtos Industrializados, transferidos em proporção à exportação desses bens; aos Fundos de Participação dos Estados e dos Municípios; e às compensações financeiras pagas pela União em função da Lei

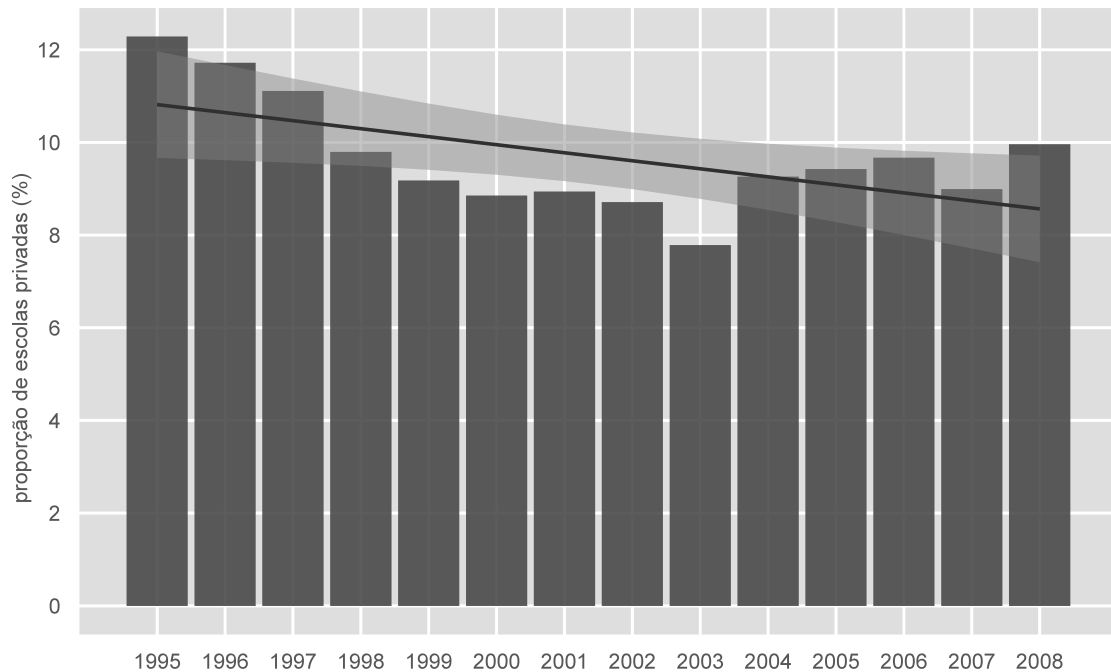
Complementar nº 87/96. A citada norma instituidora do Fundo estabelecia valor mínimo nacional de gasto por aluno e sua distribuição feita pelo número de matriculados do ensino fundamental em cada rede. Assim, quando o valor correspondente ao percentual dessas receitas não fosse suficiente para atingir o mínimo estabelecido, haveria complementação por parte da União. Dessa forma, na prática, não houve geração de *dinheiro novo*, apenas maior detalhamento do mínimo previsto na Constituição da República e estipulação de sua fonte. Com a aprovação da Emenda Constitucional nº 53/06, a *subvinculação* das receitas passou para até 20% e o universo abrangido foi ampliado para toda a educação básica¹¹³, passando a denominação para Fundeb, com duração de quatorze anos a partir de 2007. A variável dicotômica criada foi nominada *FundeFB*¹¹⁴.

Com o intuito de se captar influências decorrentes de competitividade no modelo, conforme sugere Wößmann (2007), usou-se a proporção de matrículas em instituições particulares em relação ao total de matrículas dos ensinos fundamental e médio, excluindo-se dessa soma, as escolas federais. A média geral do País, no período em análise, foi de 9,6% das crianças frequentando a rede particular de ensino, que vem reduzindo ao longo da série e pode ser acompanhada no Gráfico 3.3-2 adiante.

¹¹³ A distribuição dos recursos do Fundeb é feita com base no número de alunos da educação básica quantificados no Censo Escolar do ano anterior. A divisão entre Estados e Municípios obedece aos respectivos âmbitos de atuação prioritária estabelecidos pelo art. 211 da Constituição da República, quais sejam, os primeiros recebem de acordo com o número de alunos dos ensinos fundamental e médio e os últimos, conforme o número de alunos da educação infantil e ensino fundamental. Para o Distrito Federal, como sói ocorrer, aplicou-se a regra referente a estados e municípios conjuntamente, conforme parágrafo único do art. 1º da Lei nº 9.394/96 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB.

¹¹⁴ Cumpre registrar que foram realizadas avaliações separadas em relação a cada um dos Fundos. Os resultados, contudo, não se mostraram diferentes de quando são adotados em conjunto. Por simplicidade, fez-se, pois, uso de uma única variável indicativa da vigência dos Fundos.

Gráfico A-2: Proporção de matrículas em escolas particulares frente ao total – 1995/2008



Fonte: Censos Escolares da Educação Básica de 1995 a 2008.

O Rio de Janeiro é o Estado com maior proporção de alunos matriculados nas escolas particulares — 19,9%, em média — seguido pelo Distrito Federal com 18,7%. Na outra extremidade, Roraima é a unidade com a menor proporção — 2,3%¹¹⁵. As informações originaram-se do Censo Escolar e a variável foi denominada *MatrPart*.

A taxa de urbanização foi incluída como variável exógena com o objetivo de identificar se as facilidades criadas pela concentração encontrada nas cidades proporcionam condições favoráveis no uso dos recursos educacionais. Os dados provieram das planilhas relativas aos Indicadores Sociais do IBGE e foi chamada de *Urb*. Alguns anos não estão presentes nesses bancos e os dados relativos à taxa de urbanização dos Estados da região Norte, exceto Tocantins, estavam agregados no período anterior a 2003. As faltas foram preenchidas por interpolação cúbica *spline*, também utilizada pelo IBGE em suas estimativas populacionais. Serviram como auxiliares para esses cálculos tabelas relativas ao Censo de 1991.

Duas variáveis buscam identificar as influências do ambiente familiar sobre o nível de eficiência das unidades federativas no aproveitamento dos recursos empregados em

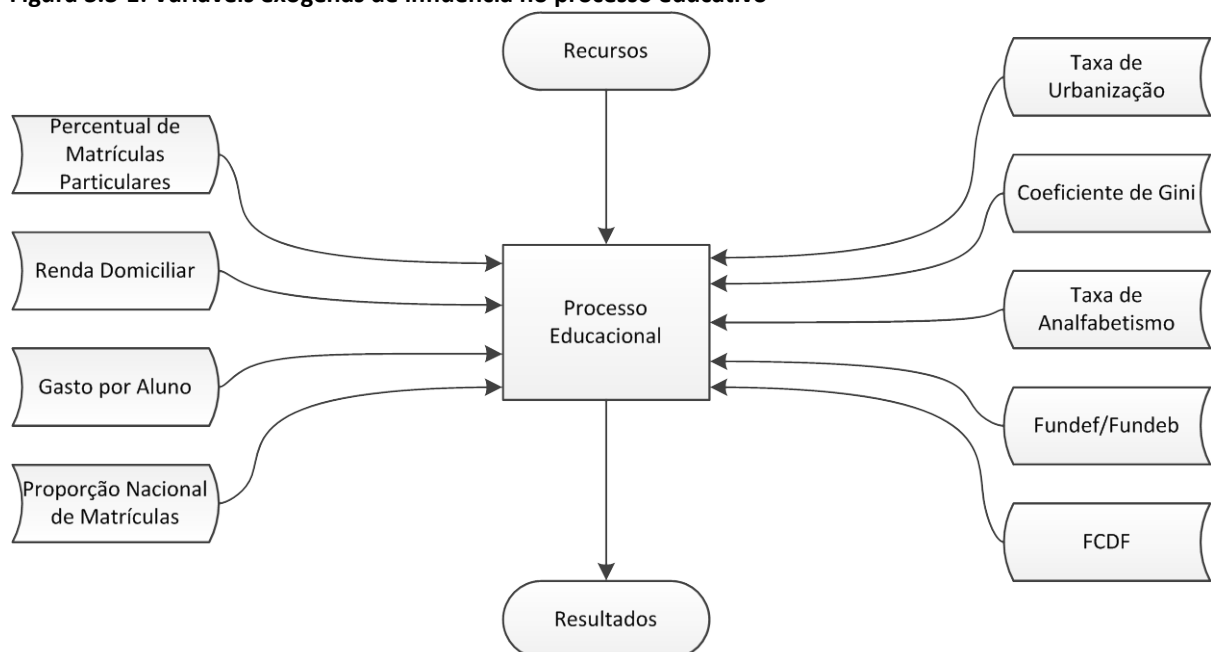
¹¹⁵ Curi e Menezes Filho (2010) encontram proporções pouco maiores, em dados provenientes da Pnad para o exercício de 2006, que as aqui descritas, embora as diferenças entre as unidades federativas, ao que tudo indica, sejam semelhantes.

educação: a renda domiciliar mensal por indivíduo, *RenDom*, e a taxa de analfabetismo em pessoas com mais de quinze anos, *Analf*. Ambas as variáveis são apontadas pela literatura como fatores que exercem importante papel sobre o desempenho escolar de estudantes e o que se quer, nesse ponto, é avaliar como agem sobre o gerenciamento dos insumos no processo educativo. Os dados já estavam coligidos pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea e foram coletados no sítio do instituto em junho de 2010. A renda domiciliar estava em números de outubro de 2008, portanto não careciam de serem deflacionados. Entretanto, não se dispunham das informações do último ano da série, que foram extrapoladas. Às duas faltavam ainda as informações do exercício de 2000 pelas razões já expostas, que foram devidamente interpoladas.

Por fim, a última variável exógena que se incluirá no modelo é o coeficiente de Gini, que é comumente usado para medir o nível de desigualdade de rendas e também empregado para avaliação de desigualdade de riquezas. O nome adotado para a variável é *Gini*, proveio do Ipea e foi interpolada no exercício de 2000.

O Figura 3.3-1 adiante mostra as variáveis exógenas escolhidas que, supõe-se, atuem sobre o processo educativo.

Figura 3.3-1: Variáveis exógenas de influência no processo educativo



Fonte: Elaboração própria.

A descrição das variáveis de insumo, produto e exógenas usadas neste trabalho são apresentadas na Tabela 3.3-1 seguinte.

Tabela 3.3-1: Variáveis de insumo, produto e exógenas – 1995/2008

Variável	Descrição	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Fonte
Insumos						
<i>Prof</i>	Número de professores em atividade	61.854	66.073	3.162	352.252	Censo Escolar
<i>Func</i>	Número de funcionários lotados nas escolas	46.602	43.385	3.251	247.711	Censo Escolar
<i>SalH</i>	Salário médio dos professores por hora de aula ministrada	10,67	3,27	3,65	21,98	Saeb e Prova Brasil
<i>InfEs</i>	Número de bibliotecas e computadores nas escolas	2.474	3.904	86	33.465	Censo Escolar
Produtos						
<i>Saeb_Mat</i>	Notas Saeb em Matemática	210,25	12,81	186,75	246,84	Saeb e Prova Brasil
<i>Saeb_Port</i>	Notas Saeb em Língua Portuguesa	205,89	13,11	180,17	248,77	Saeb e Prova Brasil
<i>Aprov</i>	Total de alunos aprovados	1.031.103	1.229.767	46.658	6.548.591	Censo Escolar
<i>NoDist</i>	Número de alunos em idade adequada para a série em que se encontra matriculado	400.062	429.984	23.268	2.226.047	Censo Escolar
<i>Matric</i>	Quantidade de matrículas	1.383.489	1.475.714	65.848	7.312.212	Censo Escolar
Variáveis Exógenas						
<i>RenDom</i>	Renda domiciliar mensal por indivíduo	493,87	196,82	214,31	1.370,87	Ipea
<i>EducCult</i>	Despesas nas funções Educação e Cultura por alunos matriculados	2.432,54	1.271,08	739,35	9.829,43	STN e Censo Escolar
<i>MatrRel</i>	Matrículas proporcionais ao total nacional por ano (%)	3,70	3,96	0,20	21,86	Censo Escolar
<i>MatrPart</i>	Proporção de matrículas em escolas privadas (%)	11,04	5,74	1,14	34,30	Censo Escolar
<i>Urb</i>	Taxa de urbanização (%)	77,09	10,21	50,46	98,21	IBGE
<i>Gini</i>	Coefficiente de Gini (x100)	56,42	3,88	42,56	65,60	Ipea
<i>Analf</i>	Taxa de analfabetismo - pessoas com idade acima de 15 anos (%)	15,14	8,68	1,59	36,37	Ipea
<i>FundeFB</i>	Fundef e Fundeb	.	.	.	.	STN
<i>FCDF</i>	Fundo Constitucional do Distrito Federal	.	.	.	.	RAPP

Fonte: Elaboração própria.

4. Resultados

Quatro insumos ou recursos e cinco produtos ou resultados foram utilizados para esta Abordagem em Três Estágios. Como insumos, as variáveis escolhidas foram: número de professores em atividade – *Prof*, quantidade de funcionários não docentes lotados nas escolas – *Func*, salário dos professores por hora de aula ministrada – *SalH* e um indicador relativo a infraestrutura criado a partir de combinação de computadores adquiridos e bibliotecas construídas – *InfEs*. Em relação aos produtos, as variáveis foram: notas do Saeb em Língua Portuguesa – *Saeb_Mat* e Matemática – *Saeb_Port*, número de matrículas – *Matr*, quantidade de alunos em idade adequada para a série em que estão matriculados – *NoDist* e total de aprovados – *Aprov*. Parte da literatura pertinente aponta a necessidade de haver correlação positiva entre os primeiros e seus consequentes. Testes preliminares procedidos na amostra avaliada, de fato, revelam essa relação. A Tabela 3.3-1 a seguir apresenta matriz de correlação entre as variáveis de recursos e resultados empregadas nesta dissertação.

Tabela 4-1: Matriz de correlação anual cruzada de insumos e produtos

	<i>Prof</i>	<i>Func</i>	<i>SalH</i>	<i>InfEs</i>
<i>Saeb_Mat</i>	0,2871	0,2306	0,3571	0,5458
<i>Saeb_Port</i>	0,2996	0,2463	0,4089	0,5416
<i>Matr</i>	0,9868	0,9651	0,1419	0,8726
<i>NoDist</i>	0,9591	0,9141	0,1371	0,9455
<i>Aprov</i>	0,9881	0,9569	0,1830	0,8933

Fonte: Elaboração própria com auxílio do pacote *psych*¹¹⁶ do *software* estatístico R.

Ademais, para entender as inter-relações entre os dados conduziram-se, inicialmente, algumas regressões sem maiores pretensões analíticas. Nessas regressões, em número de cinco, com os produtos como variáveis dependentes, serviram os insumos de independentes. Os resultados encontram-se na Tabela G-1 do Apêndice G desta dissertação.

Bessent e Bessent (1979) exigem que, entre as variáveis usadas como insumos e produtos, deve haver relações conceituais e empíricas positivas. Procedem, para amostra por eles estudada, a regressões nas quais encontram coeficientes de determinação assaz altos

¹¹⁶ (REVELLE, 2010).

($R^2 > 0,90$)¹¹⁷. Tal nível não foi encontrado nesta dissertação, embora a média dos coeficientes de determinação tenha chegado a 0,25. A bem da verdade, algumas variáveis apresentaram coeficientes relativamente baixos. Contribuiu para esse resultado o fato de o painel de dados utilizado aqui possuir natureza bastante distinta do modelo adotado por Bessent e Bessent (1979). Entre essas diferenças, acredita-se, o que mais contribuiu para o resultado foi a composição estar baseada em dados de quatorze anos e as notas do Saeb apresentarem trajetória decrescente ao longo do período.

A seguir, seguem os resultados julgados mais relevantes de cada etapa e alguns ensaios de interpretação.

4.1.Primeiro estágio – MDEA Convencional

Cumprir esclarecer, de pronto, que o modelo utilizado nesta etapa inicial para calcular o desempenho das unidades federativas no emprego recursos em educação é orientado para insumos baseado em retornos constantes de escala. Modelos que utilizam retornos variáveis de escala não se adaptam muito bem à metodologia, eis que os índices *Malmquist*, calculados nesta dissertação, falham ao capturar a mudança de produtividade de diferentes fontes além de mudanças tecnológicas e eficiência técnica¹¹⁸.

Para os testes do primeiro estágio, procedidos por meio da *MDEA*, o grau de eficiência geral dos Estados e seus Municípios e do Distrito Federal, em conjunto, situou-se próximo de 0,77¹¹⁹. A Tabela 4.1-1 seguinte sumariza os resultados por ano.

¹¹⁷ Bessent e Bessent (1979) não esclarecem como foi conseguido esse índice. Cumprir registrar ainda que os dados utilizados pelos autores referem-se a um corte transversal.

¹¹⁸ (COELLI, *et al.*, 2005).

¹¹⁹ Os resultados dos níveis de eficiência por unidade federativa no período avaliado, já em conjunto com os dados relativos ao terceiro estágio, encontram-se na Tabela H-1 do Apêndice H desta dissertação.

Tabela 4.1-1: Distribuição dos Índices de Eficiência MDEA – 1995/2008

Ano	Média	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
1995	0,7247	0,5615	0,6687	0,7218	0,7726	0,8855
1996	0,7326	0,6029	0,6782	0,7303	0,7938	0,8741
1997	0,7477	0,5843	0,6917	0,7479	0,7941	0,8722
1998	0,7525	0,5996	0,7187	0,7614	0,7940	0,8905
1999	0,7645	0,6204	0,7370	0,7679	0,8166	0,8874
2000	0,7788	0,6290	0,7448	0,7882	0,8361	0,8856
2001	0,7786	0,6407	0,7451	0,7850	0,8351	0,8906
2002	0,7895	0,6305	0,7548	0,7990	0,8533	0,9020
2003	0,7982	0,6335	0,7727	0,8109	0,8566	0,9132
2004	0,7951	0,6242	0,7672	0,8059	0,8525	0,9180
2005	0,8030	0,6135	0,7737	0,8255	0,8554	0,9124
2006	0,8044	0,6159	0,7631	0,8123	0,8652	0,9075
2007	0,7989	0,6120	0,7516	0,8197	0,8635	0,8911
2008	0,7851	0,6713	0,7466	0,7751	0,8534	0,8972

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que a média geral apresentou trajetória crescente no intervalo analisado, quando partiu de 0,72, em 1995, para chegar, em 2008, a 0,79. Contribuiu para boa parte desse crescimento o maior incremento ocorrido nas eficiências mínimas — de 0,56 para 0,67 —, embora a trajetória tenha sido de estabilidade ao longo do período — em torno de 0,60 — com maior aumento no último ano da série. No extremo oposto, os índices de eficiência máximos mostraram comportamento mais estável, com inexpressivo aumento, variando de 0,89 para ligeiramente abaixo de 0,90.

Com base nos valores dos quartis do grau de eficiência ao longo dos anos, promoveu-se a separação em quatro grupos de unidades federativas. Seu posicionamento é mostrado no Gráfico 4.1-1 adiante.

Gráfico A-1: Grau de Eficiência Médio – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria com base nas médias geométricas de todo o período para cada unidade.

O primeiro grupo, que se mostrou mais ineficiente nesse primeiro estágio e congloba Distrito Federal, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, apresenta média de eficiência, para todo o período analisado, de 0,69. O segundo grupo, logo acima desse, atingiu a média global de eficiência de 0,76 e é formado por Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Tocantins. O grupo seguinte abarca Acre, Amazonas, Amapá, Ceará, Pará, Pernambuco, Rondônia e Santa Catarina, com média de eficiência em torno de 0,81. O grupo mais eficiente no uso de recursos para promoção de resultados em relação aos demais, cujo índice situou-se em 0,86, inclui Alagoas, Bahia, Maranhão, Roraima e São Paulo.

Esta unidade, São Paulo, mostrou-se como a mais eficiente entre as demais, apresentando nível médio, no período em tela, de 0,87. A média geral de todas as unidades está bastante aquém desta — dez pontos base menor — que, na amostra e período selecionados, adotaria a melhor prática no emprego de recursos na área de educação. O desvio padrão calculado situou-se no patamar de 7,3%. Esses dois parâmetros revelam situação que indicaria haver suficiente espaço para melhoria do nível de aproveitamento

desses recursos e, assim, incrementar o desempenho geral ao trazer as unidades com menor grau de eficiência para mais próximo dos padrões adotados por aquelas de melhor nível¹²⁰.

Ainda entre as unidades mais eficientes, são de destacar Roraima, Alagoas e Maranhão, cujos níveis de eficiência ao longo do período situaram-se em 0,87, 0,84 e 0,84, respectivamente. Esse resultado decorre, preponderantemente, dos baixíssimos níveis de alguns insumos que essas unidades consomem. Cabe comparar os resultados com alguns indicadores como professores por aluno, infraestrutura e funcionários por instituição de ensino, taxas de alunos em idade adequada para a série em que se encontram e de aprovados. Roraima, por exemplo, caracteriza-se por quantidade significativa de professores em relação ao número de alunos que possui, enquanto Alagoas, no mesmo quesito, apresenta um dos índices mais baixos. No tocante à infraestrutura disponível por escola, o estado do Maranhão é aquele que descreve o índice mais baixo.

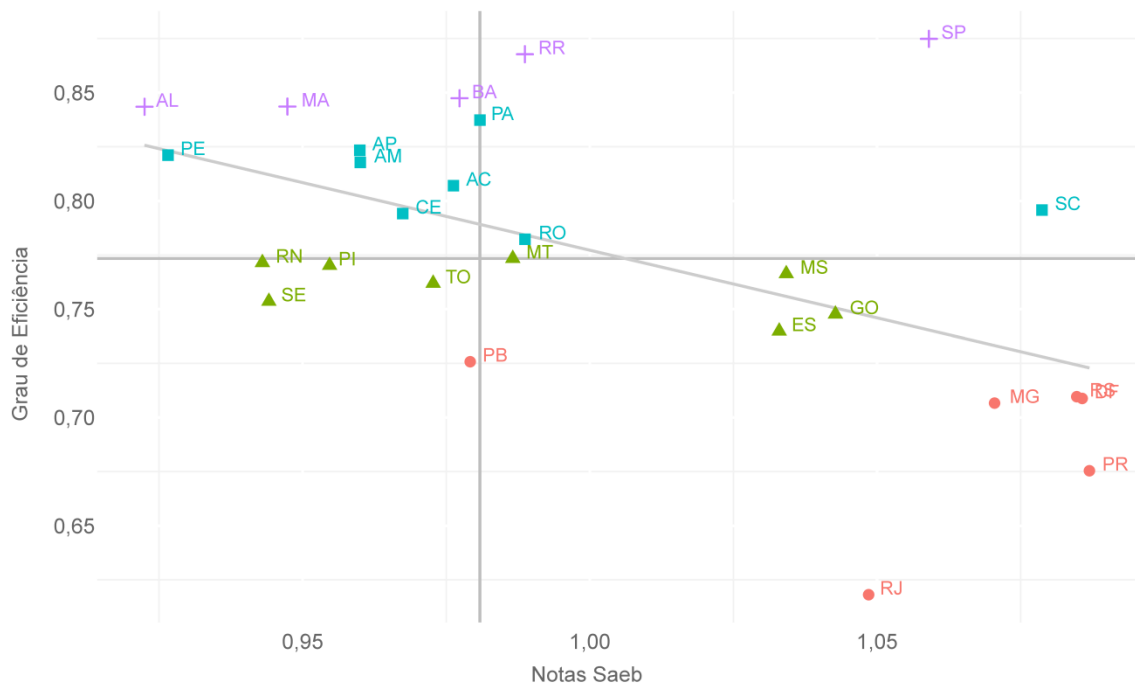
Na outra ponta, a unidade com menor nível de eficiência no período foi o Rio de Janeiro. Prejudicou o nível de eficiência desta unidade federativa as volumosas quantidades de professores e funcionários, sem a correspondente compensação em notas do Saeb em Língua Portuguesa e Matemática e nos resultados quantitativos (número de alunos matriculados em séries na idade adequada, matrículas totais e quantidade de aprovados).

Outras unidades que merecem menção pelo baixo nível de eficiência são Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Distrito Federal. Essas unidades se destacam pela alta concentração do indicador de infraestrutura por escola e de professores por aluno, apesar de todas as três apresentarem excelentes notas médias no Saeb e nos outros indicadores de resultado.

É digno de nota o fato de as unidades consideradas mais eficientes nesta etapa não necessariamente serem aquelas que apresentam melhores notas no Saeb. Com efeito, à exceção de São Paulo, as demais unidades federativas com melhores níveis de eficiência não se situam entre os melhores resultados nas provas do Saeb. E o contrário é verdadeiro: a maior parte das unidades com melhores notas encontram-se no quadrante inferior do grau de eficiência. O Gráfico 4.1-2 seguinte demonstra essa inesperada relação.

¹²⁰ (FRIED, *et al.*, 2002).

Gráfico A-2: Graus de eficiência médios e notas do Saeb médias por unidade federativa – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: as notas do Saeb foram normalizadas pela média.

A relação antagonista reproduzida no Gráfico 4.1-2 anterior também é encontrada no cotejamento do nível de eficiência apresentado na primeira etapa e outros indicadores. Por exemplo, confrontação com o número de professores por aluno mostra também ser inversa. O Gráfico I-1 constante do Apêndice I descreve o movimento desses itens. Outros confrontos entre os graus de eficiência emergentes deste estágio e outros indicadores — taxas de aprovação e de adequação da idade de alunos para a série em que se encontram matriculados, número de funcionários e o indicador de infraestrutura por escola — mostraram-se igualmente interessantes. Todos apresentam relação negativa como a descrita no Gráfico 4.1-2 anterior, o que vai de encontro à boa parte da literatura que trata do tema, e também estão constantes do Apêndice I — Gráfico I-2, Gráfico I-3, Gráfico I-4 e Gráfico I-5.

Contudo, cabe lembrar que o excesso no uso de recursos revelado nessa primeira etapa representa nível de ineficiência cuja composição reflete não só a inabilidade gerencial da unidade em si, como também interferências decorrentes de fatores exógenos, que usualmente estão fora do controle dos gestores, além dos ruídos estatísticos. A proposta, pois, é depurar esse excesso, controlando para as variáveis exógenas no estágio seguinte¹²¹. Nesse

¹²¹ (WANG e HUANG, 2007).

sentido, os níveis de eficiência obtidos nessa etapa não devem ser considerados confiáveis¹²², ou ao menos não retratam com fidedignidade o desempenho das unidades, eis que não foram levadas em conta influências externas que podem afetar sua atuação. Em outras palavras, os resultados podem estar penalizando unidades eficientes que operam em ambientes e momentos desfavoráveis e premiando unidades ineficientes que porventura se vejam em circunstâncias mais favoráveis.

4.2.Segundo estágio – Efeitos dos Condicionantes Externos

Preliminarmente, foi construída matriz de correlação anual de insumos em relação às variáveis exógenas, eis que, como observam McCarty e Yaisawarng (1993), se houver forte correlação entre esses fatores, a alegação de que as duas primeiras fases incorporam, cada uma, tipos diferentes de entradas, controláveis e incontroláveis, torna-se *insustentável*. Nesse sentido, os níveis de eficiência estimados na primeira etapa já refletiriam os efeitos de ambas as categorias de variáveis. Os resultados das correlações são apresentados na Tabela 4.2-1 que, em conjunto, mostram não ser o caso da amostra escolhida, à exceção da variável exógena referente à matrícula proporcional em relação a três dos insumos, como era esperado.

Tabela 4.2-1: Matriz de correlação cruzada anual de insumos e variáveis exógenas – 1995/2008

	<i>RenDom</i>	<i>EducCult</i>	<i>MatrRel</i>	<i>MatrPart</i>	<i>Urb</i>	<i>Gini</i>	<i>Analf</i>	<i>FundeFB</i>	<i>FCDF</i>
<i>Prof</i>	0,0520	-0,2913	0,9868	0,3230	0,1395	-0,1156	-0,0623	.	-0,2350
<i>Func</i>	-0,0021	-0,3025	0,9652	0,4088	0,1237	-0,0063	0,0342	.	-0,2098
<i>SalH</i>	0,5572	0,6470	-0,1259	-0,1130	0,4763	-0,2996	-0,6231	.	0,3273
<i>InfEs</i>	0,3638	-0,0368	0,8731	0,3779	0,3752	-0,2690	-0,3508	.	-0,1721

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Fried *et al.* (2002), uma das vantagens da abordagem em três estágios, especificamente nesta segunda etapa, é a desnecessidade de se assumir, de antemão, as direções nas quais os fatores exógenos influenciam a ineficiência das unidades tomadoras de decisão. Por essa razão, não se cria, nesse momento, qualquer expectativa sobre como se conduzirão os efeitos. Por certo, a literatura que trata do tema assume uma e outra relação para cada uma delas e é com base nesses trabalhos que alguma ideia se faz do padrão de comportamento das variáveis estudadas neste momento.

¹²² (PIACENZA, *et al.*, 2006).

O propósito do segundo estágio é quantificar e testar os efeitos das variáveis externas sobre os excessos de gastos relativos aos recursos empregados em educação, obtidos usando a *MDEA* na primeira fase. Quatro regressões são testadas, uma para cada variável correspondente ao excesso de recursos consumidos.

A Tabela 4.2-1 mais à frente apresenta o resultado da *SFA* relativa aos fatores externos em relação ao excesso de consumo de cada recurso pelas 27 unidades tomadoras de decisão no período de quatorze anos compreendido pelos exercícios de 1995 a 2008. Os resultados, de modo geral, sugerem haver influência estatisticamente significativa das variáveis externas escolhidas sobre o grau de ineficiência, medido pelo excesso de consumo dos recursos. Entre cinco e oito dessas variáveis mostraram-se estatisticamente significantes sobre cada um dos excessos de insumos utilizados como variáveis dependentes. Ademais, quando assim o são, mostraram exercer influências, na maior parte das vezes, consistentes¹²³, medidas pelos sinais de seus coeficientes, entre as quatro equações aplicadas.

O parâmetro γ , que deve situar-se entre zero e um¹²⁴, indica se a ineficiência técnica estimada nas regressões é estocástica e se representa adequadamente o conjunto de valores avaliados pela *SFA*. O valor desse parâmetro capta a parte da distância das unidades da fronteira explicada pela ineficiência gerencial¹²⁵. Os valores encontrados pelas estimativas realizadas situaram-se entre 0,70 e 0,96 e mostraram-se todos estatisticamente significativos. Esses resultados indicam que a variância do nível de ineficiência em relação ao excesso de insumo é componente importante da variância do termo de erro e, nesse sentido, os afastamentos das unidades da prática mais eficiente não se deve exclusivamente a fatores aleatórios¹²⁶. Ou seja, parte do excesso de cada insumo despendido pelas unidades pode ser atribuída à inabilidade dos gestores em lidar com ambientes adversos e outra parcela, devido a alguma influência decorrente de fatores não esperados ou sorte¹²⁷. O grau de significância e

¹²³ (FRIED, *et al.*, 2002).

¹²⁴ De acordo com Coelli *et al.* (2005), se o parâmetro apresentar valor nulo — $\gamma = 0$ —, todos os afastamentos da fronteira devem-se a ruídos estatísticos e, no caso de $\gamma = 1$, os afastamentos da fronteira ocorrem por causa de ineficiência técnica, conforme já mencionado quando da discussão da metodologia na seção 2.2 desta dissertação.

¹²⁵ (DIAZ e SANCHEZ, 2008).

¹²⁶ (COELLI, *et al.*, 2005).

¹²⁷ (GLASS, *et al.*, 2006).

os valores encontrados também revelam que a estimação por meio da *SFA* seria a representação mais apropriada¹²⁸ para o conjunto de dados utilizados.

Ademais, os indicadores da razão de verossimilhança, *LR*, mostraram-se expressivamente acima dos valores críticos, rejeitando a hipótese de que as variáveis adotadas não contribuiriam para explicar os níveis de ineficiência, ou seja, de que $\gamma = 0$; e também rejeitando que os erros de medição e fatores não esperados dominam a influência sobre os excessos de gastos. Dessa forma, a ineficiência gerencial não pode ser negligenciada¹²⁹.

Há de se acautelar, preliminarmente, para a interpretação dos parâmetros apresentados na Tabela 4.2-1 seguinte. Se o parâmetro for positivo, indica que o fator tem influência intensificadora sobre o montante de insumos despendidos em excesso pelas unidades no item a ele vinculado para atingir determinado nível de resultado. Ao contrário, se o parâmetro for negativo, implica sua influência ser no sentido de reduzir o excesso despendido pelo ente também naquele item. Sob outro prisma, em se encontrando parâmetro positivo as unidades que possuem relativamente mais daquele fator externo estão enfrentando piores condições para aproveitamento do insumo e devem ser aliviadas desse encargo para serem comparadas em igualdade de condições. E, se o parâmetro for negativo, as unidades com maior proporção daquela variável exógena estariam encontrando ambientes menos adversos para usufruir do insumo em questão. A interpretação, pois, não deve descurar da relação inversa no manuseio desses resultados da segunda etapa.

¹²⁸ (DIAZ e SANCHEZ, 2008).

¹²⁹ (PIACENZA, *et al.*, 2006).

Tabela 4.2-2: Resultados da segunda etapa

Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes (excesso de gastos)			
	<i>InfEs</i> ^(k)	<i>Func</i> ^(k)	<i>Prof</i> ^(k)	<i>SalH</i>
Constante	1,8286 ** (0,728)	16,0605 *** (3,431)	28,3335 *** (3,575)	-2,6247 *** (0,993)
<i>RenDom</i> ^(k)	0,8606 ** (0,381)	-0,1971 (1,816)	-1,6108 (2,213)	0,6463 (0,490)
<i>EducCult</i> ^(k)	0,2711 *** (0,042)	1,3210 *** (0,318)	1,8121 *** (0,177)	0,1654 ** (0,077)
<i>MatrRel</i>	11,1828 *** (0,922)	158,6139 *** (1,168)	247,9114 *** (1,006)	-3,0153 *** (1,021)
<i>MatrPart</i>	1,0139 (0,989)	34,2444 *** (3,008)	13,7304 *** (3,295)	3,5922 *** (0,990)
<i>Urb</i>	-0,9181 (0,641)	-1,2749 (2,396)	-9,6296 *** (3,678)	1,2225 (0,879)
<i>Gini</i>	-1,5667 ** (0,722)	13,3284 *** (1,858)	24,1950 *** (1,561)	9,2234 *** (1,237)
<i>Analf</i>	-0,5358 (0,839)	-11,1347 *** (1,373)	-5,3888 ** (2,382)	-2,5451 ** (1,025)
<i>FundeFB</i> ^(q)	0,1269 * (0,070)	-0,4210 (0,434)	0,3996 (0,441)	0,1620 (0,119)
<i>FCDF</i> ^(q)	-1,2088 *** (0,196)	-10,6100 *** (1,065)	-10,3148 *** (1,249)	-2,5279 *** (0,454)
σ^2	0,4139 *** (0,102)	101,0942 *** (1,004)	202,8882 *** (1,006)	0,9654 *** (0,227)
γ	0,7866 *** (0,033)	0,9271 *** (0,005)	0,9642 *** (0,003)	0,7006 *** (0,047)
Log-verossimilhança	-135,81	-969,04	-987,25	-357,79
Teste LR	326,61	556,18	760,33	195,90

Notas:1) Os parênteses contêm os desvios-padrão;

2) ***, ** e * indicam os níveis de significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente;

3) O sobrescrito ^(k) denota que a variável foi dividida por mil e o sobrescrito ^(q) representa variável qualitativa (*dummy*);

4) $n = 27$, $T = 14$ e $N = 378$.

O coeficiente relativo à renda domiciliar, *RenDom*, mostrou-se significativo — a 5% — apenas no caso de excesso de gastos em infraestrutura, apresentando relação positiva com esse item. No restrito espaço proporcionado a partir da análise isolada dessa variável e da amostra utilizada, o resultado sugere que usuários dos serviços educacionais, tanto estudantes como suas famílias, demandam a reprodução do que é encontrado em suas casas. Ou seja, famílias com rendas maiores tendem a possuir maior quantidade de bens, como computadores e livros, por exemplo, e parecem querer encontrar nas escolas ambientes aproximados. Mera (1973) relata o fenômeno e lembra que a demanda por bens públicos está relacionada não só às preferências das comunidades, mas também à sua capacidade de pagar por ela. Dessa forma, as instituições e governos despendem recursos desproporcionalmente acima do resultado que se pode produzir na satisfação dessa demanda.

Sem embargo, a literatura relativa aos efeitos de ambiente familiar caracterizado por melhores condições socioeconômicas sobre os resultados em educação aponta, frequentemente, relação positiva e significativa¹³⁰. Nesse sentido, unidades federativas com maior renda domiciliar por indivíduo, que pode ser indicativo de melhores condições familiares a depender da distribuição de renda, gerariam resultados mais robustos em educação e, de consequência, na primeira etapa, menor excessos de gastos ou nível de ineficiência entre as unidades. De fato, na amostra, há correlação positiva entre a renda domiciliar e o desempenho dos alunos: os coeficientes de correlação de postos de *Spearman*, ρ , ano a ano, entre esse fator externo e as notas no Saeb de Matemática e Português foi de 0,71 para ambas. Contudo, não foi suficiente para projetar as notas, no perfil de agregação proposto neste trabalho, a tal magnitude que proporcionasse redução no grau de ineficiência das unidades no período. Com as demais variáveis de excesso de gastos de insumos, a renda domiciliar mostrou-se muito pouco significativa, o que indica o nível de renda não contribuir substancialmente para o aumento ou redução do nível de ineficiência no emprego desses insumos. De forma semelhante ocorreu com as correlações com as variáveis de resultado cujos valores, embora positivos, foram menores: 0,03, 0,06 e 0,20, para número de matrículas, total de aprovados e quantidade de alunos na série adequada para a idade, nessa ordem.

Quanto a essas variáveis, Vasconcellos (2005), em avaliação de dados de 1991 a 1999 do Brasil excluindo-se a região Norte, revela que estimativas por variáveis instrumentais não mostram nenhuma relação entre a renda domiciliar e a frequência dos

¹³⁰ (HANUSHEK, 1986) e (RUGGIERO, 1996a).

alunos¹³¹, o que impactaria diretamente nos resultados quantitativos e qualitativos. Kenny (2004) aponta outra possibilidade que pode estar contribuindo para esse resultado: quando a renda domiciliar é maior, as famílias buscam, em maior proporção, a rede privada de ensino. Tal condição pode, virtualmente, provocar algum grau de esvaziamento da estrutura já construída da rede pública de ensino, criando situações de maior ociosidade dessas instituições, e, portanto, ineficiência nos resultados quantitativos, ou mesmo nos qualitativos, na medida em que, espera-se, alunos em melhores condições migrem para as escolas particulares. Os dados coletados para esta dissertação mostram que as unidades federativas de maior renda domiciliar e maiores gastos por aluno são aquelas que igualmente possuem maior proporção de alunos matriculados nas redes privadas. Curi e Menezes Filho (2010) encontram o mesmo resultado e concluem ser a renda domiciliar um dos principais determinantes da decisão familiar de matricular os filhos nas escolas privadas, juntamente com a oferta de escolas públicas, o custo da educação no Estado e a região de moradia.

Outra variável correspondente ao ambiente familiar, a taxa de analfabetismo, *Analf*, de pessoas maiores de quinze anos de idade apresentou coeficientes negativos em relação a todos os excessos de recursos despendidos no período em análise e, em três deles — quantidade de funcionários, professores e o salário-hora destes —, com algum grau de significância estatística. Esse resultado indica serem unidades federativas com maior proporção de pessoas nessa condição estarem em situação mais favorável para aproveitamento desses profissionais. Krueger e Lindahl (2000) encontram resultados como esses, não esperados na área de educação, e apontam, como interpretação, evidências de retornos maiores obtidos da escolarização compulsória de alunos oriundos de ambientes familiares menos favorecidos e sugerem que essas crianças se beneficiam mais de investimentos em capital humano. Uma possível justificativa seria o espaço para desenvolvimento e possibilidade de alcançar unidades federativas cujos níveis de alfabetização estejam mais avançados. Inobstante tais achados, Afonso e Aubyn (2005) deslindam razões suficientes para afirmar que o nível educacional dos pais é altamente correlacionado com os resultados em educação. A mesma relação é apontada, entre outros, por Wößmann (2007) e Hanushek (2002). Entretanto, fato é que, nas unidades federativas com menores taxas de analfabetismo, o ambiente favorável, que porventura seja proporcionado pelas famílias a seus membros em idade escolar, não produz resultados com

¹³¹ Segundo a autora, a correlação comumente encontrada entre renda familiar e frequência escolar representaria o efeito de variáveis não observadas, tais como habilidades e preferências familiares.

intensidade suficiente para superar excesso de recursos alocados na contratação de professores e funcionários das escolas. Cumpre informar, que, entre os países da América Latina, o Brasil surge como um dos países com menores taxas de alunos por professor. É o que constata levantamento relativo aos anos de 1965 e 1990 feito por Sampaio de Sousa (1998)¹³².

No caso das despesas governamentais nas funções Educação e Cultura por aluno matriculado, *EducCult*, os coeficientes mostraram-se significativos para todas as quatro variáveis relativas ao excesso de gastos de recursos. E para todas elas a relação foi positiva. Esse resultado implica as despesas realizadas aumentarem a porção ineficiente dos insumos consumidos pelas unidades, o que pode ser sinal de que os gestores, em geral, gastam mal; e quanto mais despendem os governos, maior é o desperdício de recursos. Esse resultado remete às conclusões de Hanushek (2002) retro mencionadas. De acordo com o autor, as evidências de que os gastos por estudante levam à melhoria dos resultados apresentados por escolas ou governos no tocante à educação, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, mostram pouco vigor. Afirma ainda que, ao avaliar resultados de uma série de estudos, em apenas 27% deles, os gastos por alunos mostraram-se positivos e estatisticamente significantes. E, indo além, revela que 7% desses mesmos estudos sugerem que os aumentos dessa relação prejudicaria o desempenho dos estudantes. Efetivamente, no grupo em análise nesta dissertação, as despesas realizadas nas funções Educação e Cultura por estudante apresentam coeficientes de correlação ambíguos em relação às variáveis de resultado adotadas no modelo. É negativa, quando se trata de número de matrículas, de aprovados e de alunos na série adequada, e positiva em relação às notas obtidas em Língua Portuguesa e Matemática. Sobre as variáveis quantitativas parece estar atuando algum tipo de economia de escala, pelo qual o custo por aluno reduz-se à medida que aumenta seu número. Fato é que, neste quesito, os efeitos dos resultados qualitativos, medidos pelos testes do Saeb e da Prova Brasil, embora positivos, foram superados pelos efeitos negativos advindos dos resultados quantitativos. Enfim, relativamente aos recursos empregados em infraestrutura, contratação de professores e funcionários das escolas, salário do corpo docente e as notas no Saeb, os gastos governamentais em Educação e Cultura por estudante, no que toca à amostra coletada,

¹³² É de se notar, nada obstante, que, conforme disposto no relatório *Regards sur l'éducation* (2010), o Brasil encontra-se atrás somente do México, em pesquisa feita para o exercício de 2007 entre 34 nações — maior parte da OCDE — quando se trata do número de alunos por professor do ensino fundamental. Cumpre observar que o universo pesquisado é formado por países com pirâmide etária e características do sistema educacional bastante distintas do Brasil. Nesse sentido, a comparação há de ser ponderada.

aumenta o montante de ineficiência no setor, criando entraves para melhor aplicação desses recursos. Outra hipótese a ser considerada é o fato de, como se veem obrigados a gastar o percentual mínimo de 25% da arrecadação de impostos e transferências de impostos de Estados e respectivos Municípios e Distrito Federal, os gestores públicos não encontram suficientes incentivos para fazê-lo de forma mais eficiente.

Quando à proporção de matrículas relativas, *MatrRel*, que indica o tamanho de cada unidade no aspecto de quantidade de alunos matriculados frente aos demais Estados, os valores mostraram-se positivos e significativos para os excessos de consumo relativos à infraestrutura, ao número de professores e à quantidade de funcionários das escolas. Contudo, o coeficiente correspondente ao salário por hora de aula ministrada, também estatisticamente significativo, apresentou sinal negativo. Tal resultado aponta serem menos ineficientes, em termos do valor pago aos professores, os Estados mais populosos e, conseqüentemente, com maior número de alunos, em função de estarem vivenciando condições mais favoráveis para o emprego desses recursos. Entretanto, essas mesmas unidades, em função do maior número de alunos matriculados, despendem quantidade excessiva, em relação aos resultados obtidos, na contratação de profissionais da área, na construção de bibliotecas e na compra de equipamentos de informática. Ou, dito de outra forma, encontram maiores dificuldades em aplicar mais eficientemente esses recursos e os despendem em maiores proporções para obtenção do mesmo resultado atingido por Estados que não possuem a mesma característica. O achado encontra-se em consonância com estudo de Toma (2004) no qual afirma que as taxas de evasão escolar nas grandes áreas metropolitanas dos Estados Unidos excedem a proporção de graduados entre os pobres e as minorias populacionais, o que deprime os resultados em educação.

Nessa linha, Oates (1988) descreve fenômeno, o qual denomina *efeito zoológico*, caracterizado pela relação positiva de localidades mais populosas com provisão de mais ampla e variada matriz de serviços públicos, eis que governos arvoram para si diversidade crescente de atividades à medida que as populações aumentam. Por essa razão, o *pacote* com maior gama de serviços oferecido pelas administrações de cidades maiores, não suficientemente compensados pelas economias de escala, implicaria maiores custos por habitante. No contexto educacional, instituições de ensino em grandes municípios, sobretudo nas metrópoles, proveriam maior variedade de bens e serviços, como, por exemplo, piscinas e computadores com acesso à *Internet*, que, com menor frequência, estão presentes em escolas de pequenas localidades. Sobre o assunto, Breton (1965) cita que, depois de determinado

ponto, a relação entre os gastos públicos por membro das comunidades e o tamanho das mesmas é positiva e significativa, eis que populações maiores detêm os meios para lograr maior quantidade e diversidade de benefícios. Mera (1973) acrescenta que os gastos mais elevados por pessoa em cidades maiores devem ser atribuídos, em maior medida, à disposição dos cidadãos dessas localidades de pagarem mais por tais serviços do que às deseconomias de escala. O *efeito zoológico*, pois, ajuda a explicar o emprego menos eficiente de recursos encontrado nesta dissertação, nomeadamente número de professores e funcionários e infraestrutura, em Estados de maior população. Daí decorreria o coeficiente positivo dessas variáveis.

Resultado oposto foi encontrado em relação à taxa de urbanização, *Urb*, das unidades federativas, na qual somente uma variável mostrou-se significativa: quantidade de professores em atividade. O sinal do coeficiente encontrado mostrou-se negativo, ao contrário da variável independente anterior. Tal resultado indica que Estados com maior grau de urbanização mostram-se em situação mais favorável na utilização da mão de obra dos professores para produzir resultados. De fato, parece natural a relação de cidades possuírem maiores escolas e maior concentração de alunos, propiciarem a ocorrência desse fenômeno, além das facilidades de acesso proporcionadas por essa característica. Em verdade, a taxa de professores por aluno mostrou relação positiva em comparação com a taxa de urbanização, com o coeficiente de correlação atingindo o valor de 0,34. E a relação entre a taxa de urbanização e o tamanho das escolas medido pelo número de alunos por unidade de ensino, também positiva, mostrou-se bastante alta, alcançando o coeficiente de correlação de 0,77.

No que toca à proporção de matrículas de alunos em escolas particulares em relação às matrículas em instituições públicas estaduais e municipais, *MatrPart*, os resultados mostraram-se estatisticamente significativos e positivos em relação aos excessos no uso de insumos em três variáveis: número de professores, quantidade de funcionários nas escolas e salário de professores. A teoria econômica sugere que escolas particulares tendem a aumentar o nível de eficiência do sistema escolar como um todo, em função do ambiente competitivo proporcionado, que promoveria incentivos para redução de custos e conduziria à busca de resultados qualitativos mais robustos ¹³³. Os dados coletados para o Brasil entre 1995 e 2008 em agregação por unidade federativa, mostram que os entes estariam enfrentando condições menos favoráveis no aproveitamento dos recursos quanto maior a proporção de escolas

¹³³ (WÖBMANN, 2007).

particulares existentes. As correlações entre a proporção de matrículas no setor privado em relação ao setor público e as variáveis de resultado foram positivas e alcançaram o valor médio de 0,27. Hoxby (1994) declara que, na verdade, ao enfrentar a competitividade proporcionada por escolas privadas, as instituições similares mantidas por recursos públicos tendem a aumentar o nível de qualidade do ensino. Por outro lado, Shleifer (1998) lembra que os incentivos para redução de custos e para produção de resultados por escolas dirigidas por servidores públicos são bastante tênues, o que, *sem surpresa*, resultou na *explosão de custos educacionais* verificada nos últimos anos. No mesmo diapasão, Waldo (2006) conclui, em estimativas feitas com quatro modelos para avaliação de eficiência educacional, que coeficientes relativos à competição de escolas particulares em relação às unidades públicas não são significantes.

Os parâmetros associados ao coeficiente de Gini, *Gini*, mostraram-se estatisticamente significativos nas quatro regressões. Em três delas, referentes ao número de professores em atividade, à quantidade de funcionários nas escolas e ao salário pago aos primeiros por hora de aula ministrada, a relação é positiva. Isso significa que, quanto mais desigual é a distribuição de renda nas unidades federativas, maior a parcela de recurso consumida ineficientemente pelo ente, ou, dito ainda de outra forma, que a unidade federativa encontrou, no período em análise, condições menos favoráveis ao emprego desses três recursos e os gastou em excesso para atingir determinado nível de resultado. Quanto ao montante de ineficiência relativo à infraestrutura, o coeficiente, significativo a 5%, mostrou relação negativa, denotando que as unidades federativas mais desiguais — cujo coeficiente de Gini é maior — são também aquelas que menos gastam, de forma ineficiente, quando da aquisição de equipamentos de informática e da construção de bibliotecas. Em outras palavras, nessas unidades o ambiente no período em tela foi propício para aplicação desses recursos. Tal resultado encontra-se em linha com o disposto, no mesmo item, para a renda domiciliar, em se supondo os Estados em que esse item é maior sejam também aqueles menos desiguais¹³⁴.

A variável dicotômica referente ao Fundef e ao Fundeb apresentou significância apenas nos excessos gastos em infraestrutura, ao nível de 10%. O coeficiente para o item apresentou-se positivo, indicando que a adoção desses Fundos, a partir de 1998, aumentou a parcela ineficiente de despesas nesse insumo. O resultado também pode ser explicado pela

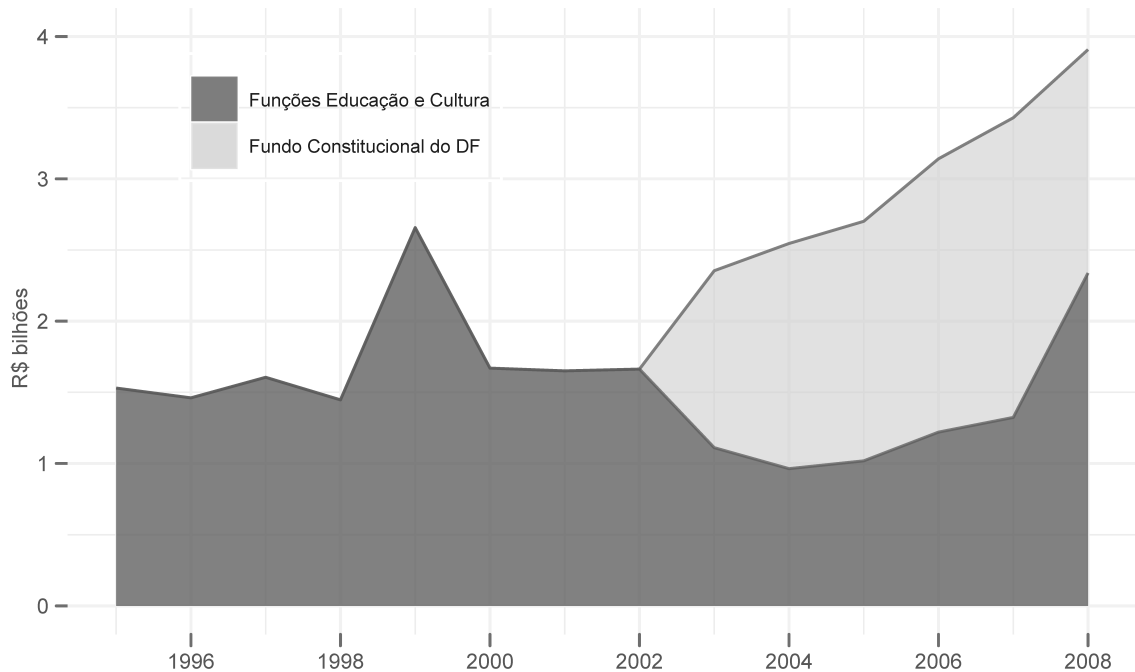
¹³⁴ Na amostra analisada, os Estados com maior renda são, de fato, os menos desiguais. A correlação entre o coeficiente de Gini e a renda domiciliar por indivíduo foi de $-0,43$.

falta de políticas de apoio associadas à implantação das vinculações de fontes e dos limites mínimos de distribuição desses recursos exigidos em suas normas instituidoras¹³⁵. Conforme anteriormente dito, não houve injeção de novos recursos com a implantação do Fundef e, no período analisado, essa mudança parece não mostrar grandes influências sobre o nível de eficiência das unidades federativas no emprego de insumos em educação. Estudos acerca do Fundef citam incremento de matrículas a partir de 1999, segundo ano de sua vigência, bem assim na taxa de aprovação em paralelo à redução na taxa de abandono escolar; contudo, reportam também aumento no número de professores contratados. Franco (2008), em análise aos efeitos da entrada em vigor do Fundef sobre vários indicadores de rendimento e fluxo escolar, usando modelo de diferenças em diferenças, encontrou resultados positivos em diversos deles. Entretanto, ao utilizar as escolas particulares como grupo de controle, vários desses resultados inverteram suas estimativas, o que estaria em acordo com os achados desta dissertação.

A segunda variável binária, referente ao Fundo Constitucional do Distrito Federal – FCDF, gerou coeficientes bastante significativos para os quatro excessos de gastos de recursos em educação avaliados e a relação mostrada foi negativa para todos eles. Infere-se, dessa forma, que a implantação do FCDF, a partir de 2003, criou ambiente propício para os gastos em educação reduzindo o montante despendido ineficientemente. Tal resultado contraria a avaliação consensual de que valores distribuídos a esferas mais próximas à efetiva execução seriam melhores aplicados. Ao contrário, em entrevistas realizadas ao longo dos últimos anos com diversos gestores das áreas de saúde, segurança e educação, que são as áreas beneficiadas pelos recursos da União destinados, preponderantemente, para o pagamento de pessoal, fica claro que a situação melhorou significativamente a partir da entrada em vigor do Fundo. A visão geral é de que, desde que foi transferido para o controle da União, não houve mais a necessidade de negociações para garantir o montante destinado a cada uma dessas áreas e o critério técnico passou a prevalecer. Logicamente, essa percepção é favorecida pelo maior fluxo de recursos a partir de 2003 que, não necessariamente, tiveram origem na criação do Fundo. Com efeito, a partir daquele ano, os recursos destinados à área de educação mostraram expressivo e crescente aumento, como pode ser percebido no Gráfico 4.2-1 que segue e mostra despesas realizadas nas funções Educação e Cultura no Distrito Federal discriminadas pelos valores advindos do Tesouro local e montante executado pela União.

¹³⁵ (HANUSHEK, 1989).

Gráfico A-1: Despesas realizadas nas funções Educação e Cultura no Distrito Federal e FCDF – 1995/2008



Fontes: Siggo e Siafi.

Como afeta o uso dos recursos em educação com grande significância, avaliações que não considerem a instituição do FCDF, como foi realizado no primeiro estágio, provavelmente incorrerão em viés. E o mesmo vale para as demais variáveis, eis que todas elas mostraram alguma relevância em, ao menos um dos excessos de gastos de insumos empregados em educação.

4.3. Terceiro estágio – MDEA com Insumos Ajustados

Os novos *pseudodados* relativos aos insumos, gerados a partir dos resultados oriundos do segundo estágio, por meio da Eq.(2.3-1), apresentaram a configuração mostrada na Tabela 4.3-1 adiante. Vale compará-la à Tabela 3.3-1 que mostra a descrição dos valores originais utilizados como insumo no modelo. Os números foram inflados pelo ajuste promovido, em média, em 110,1%.

Tabela 4.3-1: Variáveis usadas como insumo ajustadas – 1995/2008

Variável	Descrição	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<i>Prof</i>	Número de professores em atividade	132.390,9	54.402,9	80.866,2	398.765,5
<i>Func</i>	Número de funcionários lotados nas escolas	96.190,0	36.082,1	56.559,2	283.684,5
<i>SalH</i>	Salário médio dos professores por hora de aula ministrada	15,4	2,7	9,6	23,8
<i>InfEs</i>	Número de bibliotecas e computadores nas escolas	6.858,5	3.567,0	3.912,4	37.080,9

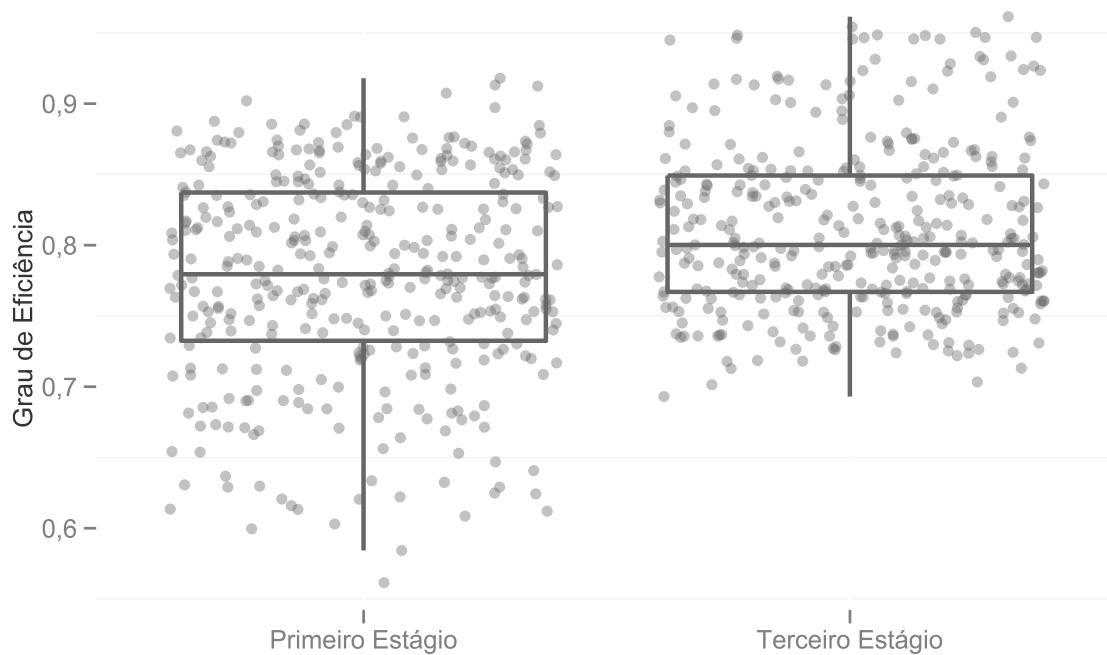
Fonte: Elaboração própria.

Após proceder a depuração dos dados relativos aos excessos de insumos de forma a colocar todas as unidades tomadoras de decisão em igualdade de condições para que fosse refeita a avaliação do grau de eficiência por meio da *MDEA*, os resultados mostraram realidade significativamente diferente daquela encontrada no primeiro estágio. Os novos resultados desta terceira etapa medem agora a eficiência das unidades sem a influência externa de variáveis ambientais, fatores regulatórios e ruídos estatísticos calculados a partir das estimativas procedidas na segunda etapa. O nível de eficiência agora revelado representa a redução factível nos insumos se as unidades atuassem nas piores condições encontradas em cada ano na amostra selecionada¹³⁶.

A Tabela H-1 constante do Apêndice H descreve esses resultados lado a lado daqueles medidos antes da depuração. No grupo como um todo, o nível de eficiência aumentou para 0,81, que representou incremento de 4,4% frente à média de todas as unidades no período avaliado encontrada no primeiro estágio. A dispersão dos graus apurados declinou de 7,3% para 5,9%. Esses movimentos são demonstrados no Gráfico 4.3-1 a seguir.

¹³⁶ (FRIED, SCHMIDT e YAISAWARNG, 1999).

Gráfico 4.3-1: Níveis de eficiência – Primeiro e Terceiro Estágios



Fonte: Elaboração própria.

O incremento na eficiência média geral indica que, sem controlar para variáveis externas, o prejuízo causado às unidades que atuam sob circunstâncias menos favoráveis excede os benefícios daquelas que operam em melhores condições. Além disso, a redução verificada na dispersão do grau de eficiência relativa informa sobre duas forças atuantes¹³⁷: a primeira diz respeito aos entes beneficiados por ambientes mais favoráveis que tinham sua estimativa artificialmente elevada. Nesse caso, nem todas as unidades federativas apresentavam tão bom desempenho no emprego dos recursos em educação quanto a avaliação inicial indicava. A segunda refere-se às unidades federativas cujas condições vivenciadas eram mais desfavoráveis e que estavam sendo avaliadas com maior rigor. Diferentemente dos anteriores, esses entes, que inicialmente foram classificados em níveis de eficiência relativamente baixos, estavam, de fato, fazendo melhor emprego dos recursos disponíveis em condições que os deprimiam nessa tarefa. Com a remoção da influência das variáveis que condicionavam a atuação de ambos os conjuntos de unidades, pois, a dispersão diminuiu.

Com efeito, o corrente delineamento proveniente da aplicação da *MDEA* nesse terceiro estágio apresenta feição completamente diversa da estrutura anterior. Algumas técnicas estatísticas permitem comprovar que a mudança entre os níveis de eficiência das

¹³⁷ (HSU e HSUEH, 2009).

duas etapas não foi aparente. Sugerido por Hsu e Hsueh (2009), o teste *t* par a par é um desses procedimentos. O resultado encontrado¹³⁸ — $t = 6.6217$ — rejeitou a hipótese nula de que a diferença das médias entre as variáveis seria igual a zero, com significância menor que 1%. Glass *et al.* (2006) propõem o teste de *Wilcoxon*, cujo valor aqui alcançado¹³⁹ chegou a 24.201, também com significância bastante expressiva, indicando que os dois conjuntos de dados são distintos. Por fim, Fried, Schmidt e Yaisawarng (1999) e Fried *et al.* (2002) calculam o coeficiente τ de *Kendall* para medir a associação existente entre os resultados dos dois estágios. O valor encontrado¹⁴⁰ na comparação dessas duas séries nesta dissertação foi $\tau = -0,023$, que não rejeita a hipótese nula de que os graus de eficiência do primeiro e terceiro estágios são independentes.

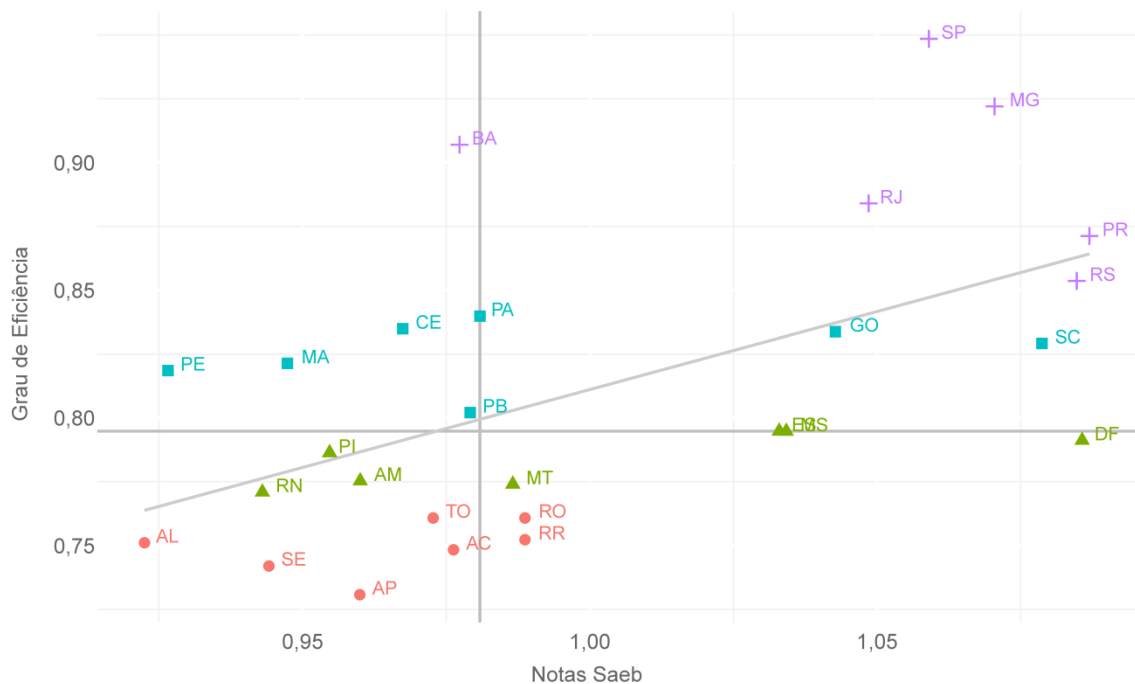
Impende também reavaliar a relação entre as notas conjuntas do Saeb e os níveis de eficiência das unidades administrativas nos mesmos moldes do Gráfico 4.1-2 levados a cabo com os números calculados anteriormente e que apresentavam posição contraposta. O padrão nesse ponto apresenta relação compatível com o esperado, com as unidades federativas de melhores notas no Saeb também se revelando as mais eficientes. O Gráfico 4.3-2 adiante mostra esse novel desenho.

¹³⁸ (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

¹³⁹ (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

¹⁴⁰ (MCLEOD, 2009).

Gráfico 4.3-2: Graus de eficiência médios e notas do Saeb médias por unidade federativa – 1995/2008

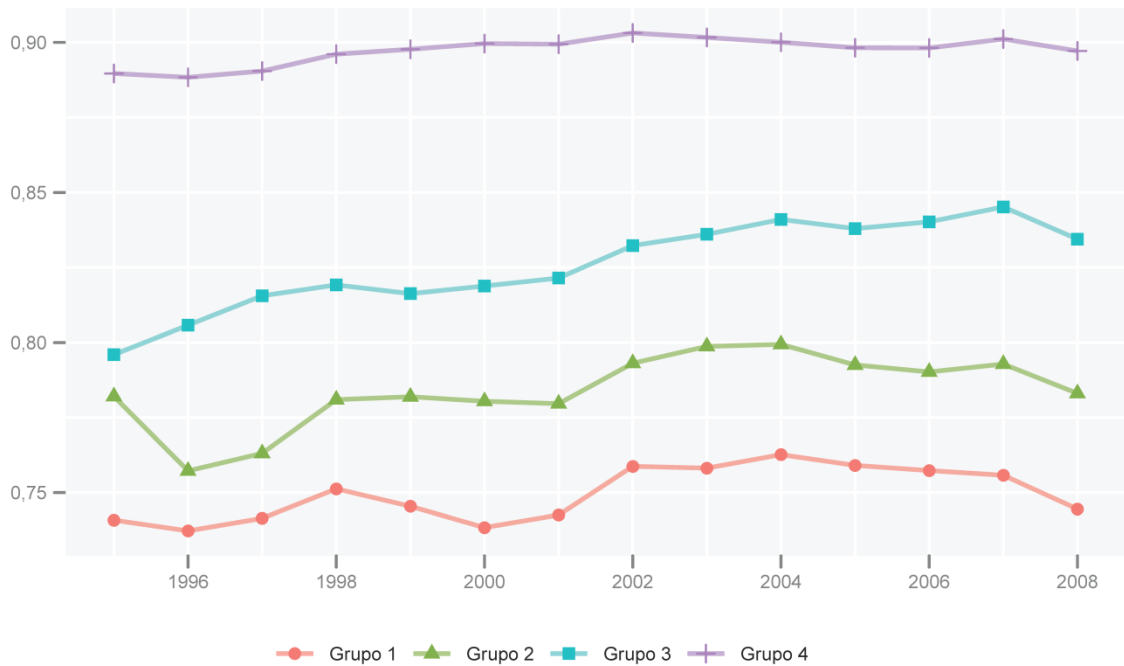


Fonte: Elaboração própria.

Foram também repetidas as avaliações gráficas relativas aos demais indicadores — taxas de aprovação e de alunos na idade adequada para a série em que se encontram matriculados, número de funcionários e o indicador de infraestrutura criado para este trabalho por escola — procedidas sobre os números resultantes da primeira avaliação com a *MDEA*. Os resultados deste terceiro estágio encontram-se no Apêndice J — Gráfico J-1, Gráfico J-2, Gráfico J-3, Gráfico J-4 e Gráfico J-5 — e sua comparação com aqueles constantes do Apêndice I mostra o quadro inteiramente distinto de quando os valores estavam sob influência dos condicionantes externos e do ruído estatístico.

Os grupos, apartados no primeiro estágio em função dos quartis dos graus de eficiência, possuem novos membros. No primeiro grupo, dos menos eficientes, encontram-se, nesta fase, Acre, Alagoas, Amapá, Rondônia, Roraima, Sergipe e Tocantins. No seguinte, foram dispostos Amazonas, Distrito Federal, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Piauí e Rio Grande do Norte. Ficaram classificados no terceiro grupo Ceará, Goiás, Maranhão, Pará, Paraíba, Pernambuco e Santa Catarina. Por fim, entre os mais eficientes, estão Bahia, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. O Gráfico 4.3-3 a seguir mostra o comportamento desses quatro grupos ao longo do período analisado.

Gráfico 4.3-3: Grau de Eficiência Anual por Grupo – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Conforme sugerem Liu e Tone (2008), o aumento na média do grau de eficiência e o estreitamento do desvio são consistentes com a teoria de *aprendizagem pela prática* de Arrow (1962). Na primeira fase, em razão da maior dispersão, as unidades, aparentemente, não estariam aprendendo a partir das experiências anteriores próprias e de seus pares, eis que os níveis de desempenhos medidos apresentavam-se mais sensíveis a alterações circunstanciais. Após controlar para ruídos estatísticos e influências externas ao processo educacional, a redução verificada na variabilidade das estimativas e o aumento nos graus de eficiência indicou que as unidades estavam, de fato, adquirindo conhecimento com fulcro na experiência — própria e advinda das demais. Esse fenômeno é particularmente percebido no Grupo 3 em relação ao Grupo 4: no período analisado ocorre encurtamento da distância entre os dois grupos de 9,4 pontos percentuais em 1995 para a média de 5,9 pontos percentuais nos três últimos anos.

Todos os grupos apresentaram algum crescimento dos índices, embora tenham sido bem mais estáveis que as trajetórias constatadas antes dos ajustes dos insumos. O Grupo 3, logo abaixo do mais eficiente, foi o que apresentou incremento mais expressivo nos níveis de eficiência. A trajetória do grupo, que saiu de 0,80 para terminar a série em 0,83, apresentou, mais precisamente, crescimento de 4,8% no período. Contribuiu para tal incremento a elevação verificada no estado do Maranhão, cujo nível de eficiência partiu de

0,75 para, em 2008, chegar a 0,86. Há que se lembrar que o Maranhão fazia parte do Grupo 4, no qual se encontram os mais eficientes, em razão, especialmente, dos baixíssimos níveis de insumos empregados.

Outra mudança que vale comentar diz respeito às unidades federativas que se mostravam nos extremos na primeira avaliação. O caso mais notável é do Rio de Janeiro, cujo grau de eficiência médio no emprego dos recursos em educação situava-se em 0,62 e era a unidade de maior ineficiência do grupo. Após a expurgação promovida a partir dos resultados do segundo estágio, essa unidade passou a estar entre aquelas mais eficientes, com grau médio no período analisado ultrapassando a marca de 0,88. Contribuíram para o salto de desempenho do Rio de Janeiro, em termos de eficiência relativa entre os resultados encontrados nos primeiro e terceiro estágios, os expressivos montantes de despesas realizadas nas funções Educação e Cultura. Estes cresceram de forma acentuada, mesmo em termos reais, em especial no intervalo de 1997 a 2001, sem correspondente contrapartida das demais variáveis. Nesse sentido, pelo exposto na apresentação dos resultados do segundo estágio, as circunstâncias criadas para aplicação dos recursos viram-se prejudicadas (maiores demandas, menor incentivo para redução de gastos, entre outros). Assim, mais insumos tiveram de ser despendidos pela unidade para produzir o mesmo nível de resultados que outras que não enfrentaram as mesmas condições.

De modo distinto, o Distrito Federal, também integrante do grupo de menor eficiência no primeiro estágio, não modificou em tal medida seu desempenho. A despeito de possuir volumosos recursos empregados na área e apresentar forte incremento a partir da vigência do FCDF em 2003, além da elevada renda domiciliar, 131,8% acima da média verificada nos Estados, não conseguiu demonstrar a melhora verificada pelo Rio de Janeiro. Limitou o movimento ascendente do ente a atuação das demais variáveis externas, nomeadamente a alta taxa de urbanização, 18,1 pontos percentuais acima da média, e a própria instituição do FCDF. Apesar disso, entre o primeiro e o terceiro estágio, o nível de eficiência passou de 0,71 para 0,79, evoluindo para o grupo imediatamente acima dos menos eficientes. Como as notas do Saeb mantiveram-se relativamente constantes ao longo dos anos avaliados no Distrito Federal e as demais variáveis de resultado apresentaram débil incremento, a unidade pouco modificou seu grau de eficiência — crescimento de 0,63 pontos base — nos quatorze anos compreendidos entre os exercícios de 1995 e 2008. Há de se lembrar, ainda, que o Distrito Federal já apresentava elevados resultados em educação mesmo

antes dessas modificações ocorridas em 2003, o que dificultaria seu incremento, a partir de determinado ponto.

Outras unidades federativas, que nos resultados do primeiro estágio causavam surpresa por sua posição relativa, eram os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná. Além de maiores gastos por aluno e maior renda domiciliar por indivíduo, esses Estados viveram situação desfavorável para o emprego de recursos em função do contingente de alunos — em especial Minas Gerais, que só perde para São Paulo na quantidade proporcional de matrículas. E, de outro modo, mas atuando na mesma direção, como apresentaram baixa taxa de analfabetismo em relação às outras unidades da federação, as circunstâncias para aplicação de insumos educacionais não foi tão favorecida. Dessa maneira, dois movimentos agiram no sentido de impulsionar o grau de eficiência desses Estados. Primeiramente, os insumos originais foram inflados, em maior proporção, em função das piores condições de atuação em razão do número de matrículas proporcionais. Em segundo lugar, as baixas taxas de analfabetismo verificadas nessas unidades fizeram com que os excessos de insumos estimados não reduzissem tanto o ajuste procedido quanto em outros Estados com maiores quantidades de pessoas analfabetas em relação à sua população. Enfim, após os ajustes, essas unidades passaram a compor o grupo das mais eficientes.

No outro extremo, cabe menção ao extinto território de Roraima, cujo grau de eficiência mostrava-se como um dos mais altos na primeira etapa, alcançando o valor médio de 0,87 no período. As reavaliações procedidas colocaram a unidade federativa em posição bastante baixa, jogando-a ao grupo dos mais ineficientes, com grau de 0,75. O mesmo ocorreu com o estado de Alagoas que se encontrava do grupo dos mais eficientes e passou a integrar o de menor nível.

Há de convir que identificar esses e outros Estados como mais eficientes, como o fazem alguns trabalhos consultados durante a confecção desta dissertação e conforme encontrado quando da aplicação da *MDEA* no primeiro estágio, parece ser ingenuidade. Com efeito, a aplicação da *DEA*, em sua versão mais simples — com uso de insumos e produtos originais —, quando há influências de variáveis externas e em ambientes heterogêneos, não mostra maiores utilidades práticas, além da produção de informações para adoção do segundo estágio da metodologia ora empregada. Por certo, o uso quantidades expressivamente inferiores de recursos em relação aos demais Estados, com produção de resultados, que, frequentemente, dependem de políticas definidas nacionalmente e, assim, não apresentam proporcionais discrepâncias, converter-se-á em níveis de eficiência mais altos. Contudo, tais

resultados claramente não condizem com a realidade gerencial das administrações desses locais, como mostram os relacionamentos dos níveis de eficiência com alguns indicadores, como as notas do Saeb e taxas de aprovação e de adequação idade/série. É nesse sentido que a Abordagem em Três Estágios, ao controlar o modelo para variáveis externas e ruídos estatísticos, apresenta resultados em harmonia com as evidências, situando as unidades federativas em posições mais apropriadas.

Um dos principais inconvenientes da aplicação da *DEA* em modo convencional, que a metodologia aqui adotada consegue superar, é a heterogeneidade de ambientes em que operam as 27 unidades federativas. Em vista da presença de diferentes fatores exógenos, que não são considerados no modelo tradicional, a estimação simplificada pode levar a resultados imprecisos e não confiáveis¹⁴¹ na avaliação dos níveis de eficiência no emprego dos recursos em educação, como se pôde demonstrar.

As diversas modificações ocorridas podem ser acompanhadas no Apêndice K por meio do Figura K-1, que o integra. O Gráfico 4.3-4 adiante justapõe os níveis de eficiência médios de primeiro e terceiro estágios por unidade federativa, mostrando o percentual de insumo necessário para garantir o montante de resultados alcançados e os excessos despendidos.

¹⁴¹ (PIACENZA, *et al.*, 2006).

Gráfico 4.3-4: Graus de eficiência médios das unidades federativas – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

No que se relaciona às unidades que mantiveram inalterada sua posição relativa, situação considerável mostra o estado de São Paulo. Este ente teve seu grau de eficiência aumentado e posicionou-se mais uma vez como a unidade federativa mais eficiente no uso dos recursos atinentes à área educativa. Fato é que o aumento geral verificado nos níveis de eficiência entre as duas etapas, após controlar o modelo para variáveis externas, foi considerado significativo. E São Paulo é um bom exemplo desse aumento.

A esse propósito, Mancebón-Torrubia *et al.* (2010), ao avaliar comparativamente escolas públicas e privadas subsidiadas, usando a *DEA*, chegam a encontrar que, após

descontar as características dos alunos e as ineficiências locais, as melhores notas encontradas nas últimas não são suficientes para afirmar que sejam mais eficientes que as instituições mantidas e operadas pelo governo. Resultados de avaliação de Lu e Fu (2006) apontam na mesma direção, pelos quais, após considerar condicionantes externos, escolas públicas ultrapassam no nível de eficiência registrado pelas unidades privadas, que, em verdade, chegam a apresentar decréscimo após o ajuste dos dados a partir de resultados de segundo estágio¹⁴². Essa avaliação comparativa entre as duas redes de ensino é matéria de especial interesse, mas deixa-se para futuros exercícios.

A produtividade total dos fatores das unidades federativas no período, medida pelo índice de eficiência técnica e pelo índice de mudanças tecnológicas, integrantes do índice *Malmquist*, apresentou retração média de 2,3% ao ano. Esse desempenho só não foi pior em função do aumento, embora pouco expressivo, de 0,1%, relativo ao índice de eficiência técnica anual, que mede o movimento relativo das unidades em relação à fronteira. A contração geral média de 2,2% revelada ao longo dos anos no tocante à mudança tecnológica pode ser entendida como incapacidade crescente de ajustar os recursos a nível que aperfeiçoe sua utilização para geração de resultados. A próxima Tabela 4.3-2 dispõe o grau de eficiência associado a esses índices por unidades federativas agrupadas conforme critério supra nos quatorze anos da série.

¹⁴² No modelo avaliado pelos autores, o nível de eficiência passa de 0,807 no primeiro estágio para 0,895 no terceiro. Ao contrário, as escolas privadas declinam de 0,873 para 0,866 entre as duas rodadas.

Tabela 4.3-2: Eficiência e Índices *Malmquist* médios, por unidade federativa – 1995/2008

Unidades Federativas	Eficiência 1995	Índices Malmquist		
		Produtividade Total dos Fatores	Eficiência Técnica	Mudança Tecnológica
Grupo 1	0,7413	0,9797	1,0004	0,9793
AC	0,7553	0,9838	1,0018	0,9821
AL	0,6930	0,9756	1,0055	0,9702
AP	0,7261	0,9824	0,9991	0,9833
RO	0,7370	0,9840	1,0033	0,9808
RR	0,7606	0,9810	0,9970	0,9840
SE	0,7366	0,9717	0,9984	0,9732
TO	0,7804	0,9792	0,9976	0,9816
Grupo 2	0,7822	0,9781	1,0001	0,9780
AM	0,7647	0,9775	1,0029	0,9747
DF	0,7907	0,9829	1,0006	0,9823
ES	0,7935	0,9837	1,0001	0,9836
MS	0,7964	0,9786	0,9983	0,9803
MT	0,7959	0,9751	0,9999	0,9752
PI	0,7604	0,9733	1,0009	0,9724
RN	0,7737	0,9758	0,9980	0,9778
Grupo 3	0,7964	0,9780	1,0036	0,9745
CE	0,7910	0,9811	1,0049	0,9764
GO	0,8265	0,9765	0,9988	0,9777
MA	0,7540	0,9724	1,0103	0,9624
PA	0,8013	0,9709	1,0047	0,9664
PB	0,7783	0,9803	1,0026	0,9778
PE	0,7944	0,9781	1,0041	0,9741
SC	0,8292	0,9867	1,0000	0,9866
Grupo 4	0,8905	0,9733	1,0006	0,9726
BA	0,8762	0,9643	1,0016	0,9627
MG	0,9235	0,9698	1,0008	0,9691
PR	0,8746	0,9818	0,9997	0,9821
RJ	0,8659	0,9681	1,0005	0,9676
RS	0,8414	0,9854	1,0018	0,9836
SP	0,9614	0,9703	0,9994	0,9709
Geral	0,7993	0,9774	1,0012	0,9762

Fonte: Elaboração própria.

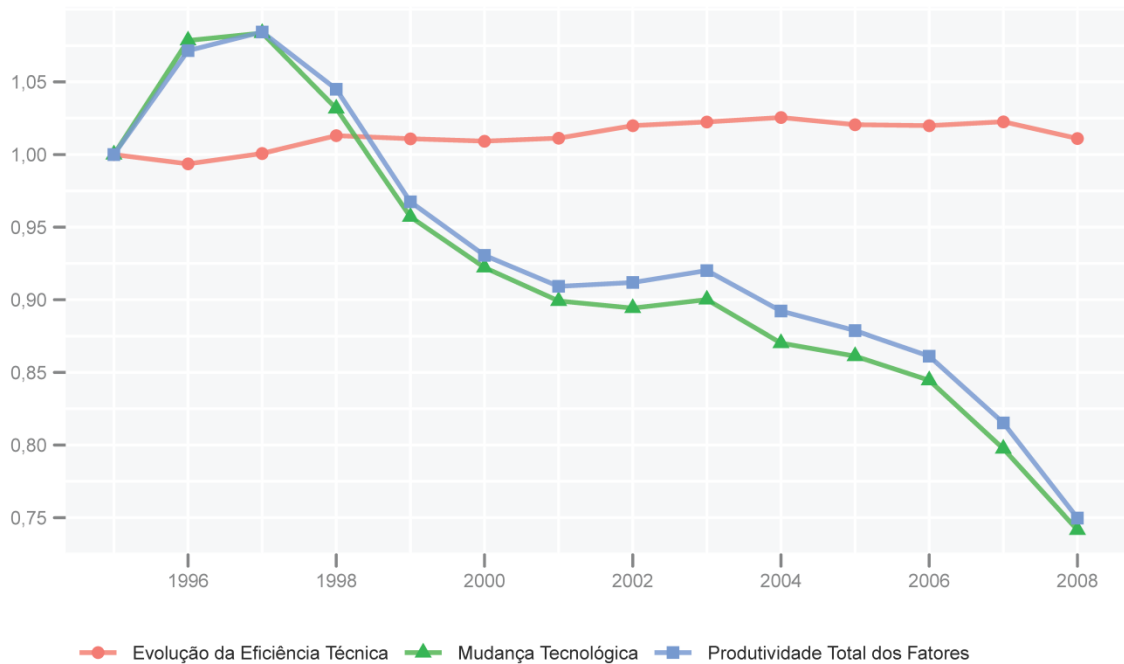
Nota: Médias geométricas dos índices *Malmquist*

Essas mudanças tecnológicas, marcadas pela regressão na amostra selecionada, significam que houve deslocamentos, para dentro, da fronteira de eficiência. E os modestos crescimentos no índice de eficiência técnica sugerem movimentos em direção à fronteira. Fato é que as primeiras prevaleceram e as unidades, em geral, mostraram relativa semelhança entre si nas alterações ocorridas.

No acumulado, a redução na produtividade geral dos fatores foi muito expressiva. Entre 1995 e 2008, esse índice perdeu um quarto de seu valor. Percebe-se, no Gráfico 4.3-5 adiante, que mostra as mudanças ocorridas nos dois componentes da produtividade total dos fatores e no próprio índice ao longo do período em questão, que a evolução técnica permaneceu expressivamente estável, compatível com o comportamento apresentado

anteriormente na aplicação da *MDEA* em terceiro estágio. A mudança tecnológica, de outro lado, apresentou flutuações mais acentuadas e dominou os movimentos verificados na produtividade total.

Gráfico 4.3-5: Índices de alteração de produtividade *Malmquist* – evolução acumulada – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: 1995=1.

É de destacar que a queda decorrente da mudança tecnológica, que puxa para baixo a produtividade geral dos fatores, coincide com a entrada em vigor do Fundef, em 1998, e acentua-se em 2007 e 2008, anos que estão sob a vigência do Fundeb. Sempre no terreno das conjecturas, esse movimento pode indicar as vinculações procedidas no âmbito desses fundos estarem provocando duas categorias de influências, ambas negativas. De um lado, desincentivos para melhoria da produtividade, na medida em que os recursos a serem empregados pelas unidades federativas são externamente fixados, o que desvincula os gestores da busca por melhores práticas no uso de recursos. De outro lado, o administrador público vê-se tolhido de parte importante de sua competência para gerir os recursos a serem aplicados em educação e, como está mais próximo das realidades locais, de poder melhor alocá-los em áreas que conhece com mais propriedade. Apesar de essas influências serem plausíveis, não foram detectadas na aplicação da *SFA* no segundo estágio, no qual a variável dicotômica relativa ao Fundeb e Fundef mostrou-se pouco significativa, o que careceria de averiguação mais rigorosa e específica.

Outra ocorrência coincidente com a expressiva variação negativa dos índices de produtividade total dos fatores *Malmquist* é a atuação governamental relativa ao Programa de Erradicação do Trabalho Infantil – Peti, criado em 1996 e formalizado em 2000 pela Portaria nº 2.917/00 do Ministério da Previdência e Assistência Social. Entre as diretrizes do Programa está a inserção e permanência na escola de crianças oriundas de famílias de baixa renda com objetivo de reduzir o trabalho infantil *em atividades perigosas, insalubres, penosas ou degradantes nas zonas urbanas e rurais* e incrementar sua escolaridade. Para que seja beneficiado, é necessário que crianças e adolescentes possuam matrícula e frequência escolar mínima de 75%. Os impactos do Programa sobre o incremento no montante de matrículas verificada no período e na redução das notas no Saeb também ocorrida merece maior aprofundamento. Sua contribuição para a queda dos índices de produtividade constatada neste trabalho é passo seguinte que se deixará para avaliações vindouras.

5. Conclusão

Esta dissertação estimou os níveis de eficiência relativos de Estados e seus respectivos Municípios e Distrito Federal no emprego de recursos nos ensinos fundamental e médio entre 1995 e 2008. Para tanto, fez uso da chamada Abordagem em Três Estágios. Introduzida por Fried *et al.* (2002), a metodologia extrapola a simples avaliação baseada na minimização de insumos e maximização de produtos e considera influências externas e ruídos estatísticos que possam afetar o desempenho das unidades tomadoras de decisão, de forma a obter-se resultado mais refinado de seu grau de eficiência. A técnica consiste em aplicar-se a análise envoltória de dados – *DEA*, à maneira tradicional, num primeiro momento, para, a partir dos resultados, desagregar o montante de ineficiência estimado, por meio da análise de fronteira estocástica – *SFA*, em três componentes: o decorrente de fatores exógenos ao processo, o segundo advindo de movimentos aleatórios, tais como sorte e erros de medida, e, por fim, a ineficiência no gerenciamento dos recursos propriamente dita. Em terceiro estágio, com os dados ajustados mediante os resultados obtidos na segunda fase, nova rodada da *DEA* é procedida para chegar ao nível de ineficiência atribuído tão somente à inabilidade dos agentes na condução do processo produtivo.

O quadro delineado pelos resultados do último estágio, no painel de dados construído para este trabalho, mostrou-se significativamente diverso daquele encontrado quando da *DEA* é dirigida da forma convencional. Várias unidades federativas que se mostravam como muito eficientes em relação às demais no primeiro estágio passaram a compor o grupo das mais ineficientes, após fatores externos, que pudessem prejudicar ou facilitar a atuação dos agentes no uso dos recursos aplicados em educação, serem controlados. E o mesmo ocorreu — desta feita, em direção oposta — com alguns Estados considerados relativamente ineficientes na avaliação no primeiro estágio, que, em verdade, estavam atuando em condições pouco favoráveis e, nesse sentido, não geravam resultados compatíveis com sua capacidade.

Mais especificamente quanto aos resultados obtidos nesta dissertação, após expurgar as influências decorrentes de variáveis ambientais e ruídos estatísticos, Estados das regiões Sul e Sudeste dominaram o grupo das mais eficientes. No grupo dos entes mais ineficientes, prevaleceram aqueles da região Norte e alguns da região Nordeste. Entre as variáveis usadas para promover o ajuste, que condicionam a atuação das unidades federativas no emprego de recursos em educação, todas apresentaram alguma significância estatística e o

modelo mostrou adequar-se bem para explicação do montante de ineficiência oriundo das estimações realizadas no primeiro estágio. Ou seja, os dados avaliados neste trabalho evidenciam a existência de influências de fatores externos na gestão eficiente dos insumos empregados pelos administradores públicos na área educacional.

Na amostra analisada, a renda domiciliar individual mostrou que, à medida que aumenta, eleva o nível de ineficiência dos gastos em infraestrutura. Na mesma direção atuam os gastos nas funções Educação e Cultura por aluno, que também desfavorecem a utilização de mão de obra (corpo docente e funcionários) e os salários dos professores para produção de melhores resultados. A proporção de matrículas em relação ao total nacional, usado como medida do tamanho populacional dos Estados, e o percentual de alunos de escolas particulares também exerceram influência semelhante aos gastos em Educação e Cultura. Sobre o comportamento desses itens parece atuar o chamado *efeito zoológico* de Oates (1988), pelo qual administrações de localidades mais populosas ofereceriam maior gama de serviços, incorrendo em maiores custos por pessoa.

De modo diverso, taxas de analfabetismo maiores mostram criar ambiente propício para aplicação de recursos em educação, eis que atuaram como redutoras do montante de ineficiência nas estimativas procedidas. Da mesma maneira agiu a taxa de urbanização no tocante ao número de professores em atividade.

Quanto aos níveis de desigualdade, nos Estados com maior concentração de renda, o ambiente criado mostrou-se menos adequado para a geração de resultados em relação ao quantitativo de professores e funcionários e ao salário dos primeiros. Relativamente à variável correspondente à infraestrutura, todavia, os entes mais desiguais mostraram condições mais favoráveis para aplicar esses recursos.

A implantação do Fundo Constitucional do Distrito Federal, a partir de 2003, gerou circunstância estatisticamente significativa e favorável para o uso dos recursos em educação. O mesmo não se pode dizer da entrada em vigor do Fundef, que, mais tarde, foi substituído pelo Fundeb. Embora não seja tão significativo para explicar os montantes de ineficiência no emprego das variáveis de insumo adotadas no modelo, o período de vigência desses Fundos coincidiu com expressiva queda na produtividade total dos fatores, verificada pelos índices *Malmquist*. Não se quer dizer que a vinculação de receitas e maior controle sobre a distribuição dos mínimos exigidos para gastos em educação, conforme configuração de suas normas instituidoras, são necessariamente ruins. Em verdade, reconhecem-se tais

Fundos como avanço na política de financiamento educacional no País. Contudo, há de se verificar se as regras adotadas e as políticas de apoio ao emprego desses recursos não estão na raiz de fatores geradores de ineficiência.

A despeito da influência de todas essas variáveis sobre o gerenciamento dos recursos empregados em educação, as estimativas procedidas na segunda etapa informaram que o componente relativo à ineficiência gerencial não pode ser negligenciado.

Ao considerar essas variáveis exógenas, com a Abordagem em Três Estágios, evitou-se penalizar Estados que fazem uso de boas práticas administrativas que estivessem operando em ambientes adversos e premiar os ineficientes, que vivenciaram circunstâncias favoráveis no período em análise.

Cumprir observar que avaliações de eficiência em educação, que façam uso de insumos e produtos semelhantes aos adotados nesta dissertação, vão encontrar, logicamente, os Estados brasileiros menos desenvolvidos e que despendem menos na área, entre as mais eficientes. Não há dúvida de que, em se tratando da *DEA*, *os dados falam por si* e unidades federativas que apresentarem a utilização de insumos em baixíssimo montante e produção que, embora reduzida, não se diferencia em mesma proporção, como é o caso de alguns dos Estados avaliados, serão consideradas eficientes. É ao que leva a interpretação ingênua dos números e, por certo, não é sempre que a intuição caminha em mesma direção e sentido dos resultados empíricos. Contudo, atribuir a algumas unidades federativas o grau máximo de eficiência, apesar de possuírem indicadores desfavoráveis, tais como notas inferiores no Saeb, baixa taxa de aprovação e alta proporção de alunos em distorção idade/série, sem maiores investigações, sugere descuido no trato da matéria. É nesse quadrante que a consideração da influência de condicionantes exógenas, que fogem ao controle dos agentes públicos, é crucial para a medição acurada do nível de eficiência dos Estados, em conjunto com os Municípios que os integram, e do Distrito Federal. Nesta dissertação, esses e outros indicadores, que, em primeiro estágio, mostravam relação não intuitiva no que se refere ao nível de eficiência, passaram a apresentar, nos números do terceiro estágio, reação mais concordante com o esperado.

Inobstante a superioridade mostrada pela metodologia em relação às técnicas tradicionais de estimação de eficiência, os resultados aqui encontrados não devem ser considerados definitivos. A devida prudência exige sejam confirmados e aprofundados. Nesse sentido, a dissertação não se propõe, e está muito além de seu escopo, determinar realocações

de recursos aplicados em educação, com objetivo de atingir maior nível de desempenho por parte dos entes aqui analisados. Ao se identificar entes eficientes, tampouco se quer estabelecer modelos de administração educacional pública. As unidades federativas assim consideradas retratam não mais que aquelas que tiveram sucesso em realizar mais com menos no período em tela. E as características das variáveis disponíveis não permitem afirmar que, ao passo em que o fizeram de forma eficiente, elas também tenham realizado melhor.

Ademais, em um País com realidades tão diversas, a cada Estado, para não dizer a cada Município, cumpre estabelecer a melhor procedimento para aplicação de recursos em educação que atendam as necessidades específicas de cada local.

Contudo, àqueles entes que apresentaram maior grau de ineficiência, conhecer dessas informações permite inferir que há maneiras de alcançar melhores resultados a partir da mesma quantidade de recursos empregados. E aos gestores nacionais, a identificação de subunidades ineficientes possibilita o estabelecimento de prioridades. A metodologia adotada pode ajudar na melhor percepção dos locais carentes de maior atenção e na determinação de onde se devem envidar maiores esforços quando da elaboração de políticas nacionais de ensino. Entender a natureza dos níveis de eficiência (e, conseqüentemente, de ineficiência) das unidades federativas é essencial para o estabelecimento dessas políticas e adoção de seus critérios.

Além disso, as técnicas apresentadas e utilizadas para avaliação do desempenho de Estados e Distrito Federal podem ser empregadas como parte do controle qualitativo e do processo de elaboração e execução dos orçamentos e como gatilho para investigações mais detalhadas das complexas relações do sistema educacional público. Dessa forma, espera-se que o trabalho possa servir de ponto de partida para avaliações cada vez mais completas da eficiência relativa não somente dos gastos em educação pública, mas também de outras áreas de atuação governamental.

A inclusão de outros condicionantes externos — qualificação do corpo docente, programas assistenciais que exigem ou não contrapartida na área de educação, entre outros — estaria entre os avanços no modelo no sentido de colocar os Estados em condições equitativas para, então, obter-se graus de eficiência mais acertados. O mesmo vale para as variáveis de insumo e produto, as quais podem e devem ser ajustadas, como, por exemplo, o indicador de infraestrutura, para melhor retratar a realidade vivenciada nas unidades federativas. O aprimoramento da avaliação passaria, ainda, pela utilização de técnicas mais sofisticadas para

lidar de maneira eficiente com os dados extremos e erros de medição, como o fazem Sampaio de Sousa e Stošić (2005); por experimentar novas metodologias, tais como a orientação concomitante para insumos e para produtos, conforme sugestão de Avkiran e Rowlands (2008), e o uso da Medição Baseada em Excessos – *SBM*¹⁴³, em acordo com Liu e Tone (2008); e, para os índices de produtividade *Malmquist*, por adotar o desenvolvimento sequencial proposto por Shestalova (2003). São pontos que se espera atender em futuros trabalhos.

Enfim, a Abordagem em Três Estágios tem potencial para produzir ricos e interessantes resultados. Foi o que ocorreu a partir da aplicação da metodologia no painel de dados construído para este trabalho. E cada uma das variáveis escolhidas, tanto de insumos e produtos como de influência externa, faz jus a análises mais pormenorizadas, bem assim cada uma das unidades federativas. Com efeito, todas elas mereceriam dissertações individuais para avaliar seus efeitos, movimentos e níveis de eficiência.

¹⁴³ Do inglês *Slacks-based Measure*.

Referências

- ABASSI, A.; MOGHADAS, Z. Comparing Performance of Educational System of World's Continents: A Fuzzy Three-Stage DEA Model. **International Mathematical Forum**, v. 58, p. 2885-2900, May 2010.
- ABRAHÃO, J. Financiamento e Gasto Público da Educação Básica e Comparações com Alguns Países da OCDE e América Latina. **Revista Educação e Sociedade**, Campinas, v. 26, n. 92, p. 841-858, outubro 2005.
- ADAM, A.; DELIS, M.; KAMMAS, P. **Public sector efficiency: leveling the playing field between OECD countries**. University Library of Munich. Germany. 2009. (MPRA Paper 16493).
- ADKINS, L. C.; MOOMAW, R. L. The impact of local funding on the technical efficiency of Oklahoma schools. **Economics Letters**, v. 81, n. 1, p. 31-37, October 2003.
- AFONSO, A.; AUBYN, M. S. **Cross-country Efficiency of Secondary Education Provision: a Semi-parametric Analysis with Nondiscretionary Inputs**. European Central Bank. [S.l.]. 2005. (494).
- AFONSO, A.; SCHUKNECHT, L.; TANZI, V. **Incoming Distribution Determinants and Public Spending Efficiency**. Department of Economics at the School of Economics and Management (ISEG), Technical University of Lisbon. [S.l.]. 2008.
- AIGNER, D. J.; KNOX LOVELL, C. A.; SCHMIDT, P. **Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models**. The Rand Corporation. Santa Monica. 1976. (P-5649).
- ALMEIDA, I. C. Gastos com educação no período de 1994 a 1999. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 82, n. 200/201/202, p. 137-198, janeiro 2001.
- ARROW, K. J. The Economic Implications of Learning by Doing. **The Review of Economic Studies**, v. 29, n. 3, p. 155-173, June 1962.
- AVKIRAN, N. K.; ROWLANDS, R. How to better identify the true managerial performance: State of the art using DEA. **Omega**, v. 36, n. 2, p. 317-324, April 2008.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scales Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, September 1984.
- BANKER, R. D.; MOREY, R. C. The use of categorical variables in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 32, n. 12, p. 1613-1627, December 1986.
- BANKER, R. D.; NATARAJAN, R. Statistical Tests Based on DEA Efficiency Scores. In: COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. 2nd. ed. [S.l.]: Kluwer, v. 71, 2004. Cap. 11, p. 299-321.

BEATON, A.; ALLEN, N. L. Interpreting Scales Through Scale Anchoring. **Journal of Educational Statistics**, n. 17, p. 191-204, 1992.

BECKER, D. **Public-Sector Efficiency and Interjurisdictional Competition: an Empirical Investigation**. Universität Rostock - Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät - Institut für Volkswirtschaftslehre. Rostock. 2008. (Working Paper 101).

BESSENT, A. M.; BESSENT, E. W. **Determining the Comparative Efficiency of Schools through Data Envelopment Analysis**. Texas University at Austin Center of Cybernetic Studies. Austin. 1979. (Research Report CCS 361).

BJUREK, H.; KJULIN, U.; GUSTAFSSON, B. Efficiency, Productivity and Determinants of Inefficiency at Public Day Care Centers in Sweden. **The Scandinavian Journal of Economics**, v. 94, n. Supplement, p. S173-S187, 1992.

BLANK, J. L. T.; VALDMANIS, V. A modified three-stage data envelopment analysis. **The European Journal of Health Economics**, v. 50, p. 65-72, February 2005.

BONAMINO, A.; FRANCO, C. Avaliação e Política Educacional: O Processo de Institucionalização do Saeb, Rio de Janeiro, n. 108, p. 101-132, novembro 1999.

BOURDON, J. **La mesure de l'efficacité scolaire par la méthode de l'enveloppe : test des filières alternatives de recrutement des enseignants dans le cadre du processus Education pour tous**. HAL. [S.l.]. 2009.

BRADFORD, D. F.; MALT, R. A.; OATES, W. E. The Rising Cost of Local Public Services: Some Evidence and Reflections. **National Tax Journal**, v. XXII, n. 2, p. 185-202, June 1969.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça: RMS nº 5590/95 - DF - 6ª Turma. **Diário de Justiça - Seção I**, Brasília, 10 junho 1996. 20395.

BRASIL. **Lei nº 10.633/02**: de 27.12.02 Institui o Fundo Constitucional do Distrito Federal – FCDF, para atender o disposto no inciso XIV do art. 21 da Constituição Federal. Brasília: Diário Oficial da União, de 30.12.02, 2002.

BRETON, A. Scale Effects in Local and Metropolitan Government Expenditures. **Land Economics**, v. 41, n. 4, p. 370-372, November 1965.

BRUNET, J. F. G. et al. **Estados Comparados por Funções do Orçamento – Uma Avaliação da Eficiência e Efetividade dos Gastos Públicos Estaduais**. Prêmio Ipea-Caixa. Brasília. 2006.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, November 1982.

CEBADA, E. C.; CHAPARRO, F. P.; GONZÁLEZ, D. S. **Comparing Public-Private School Management Through a New Educational Malmquist Index Approach**. XVII Encuentro de Economía Pública 2010. Murcia: [s.n.]. 2009.

CEDEPLAR. **Avaliação de Desempenho: Fatores Associados 1999 a 2003**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring Efficiency of Decision Making Units. **European Journal of Operational Research**, v. 3, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. **Management Science**, v. 27, p. 668-697, June 1981.

COELLI, T. J. et al. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2nd. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2005.

COELLI, T.; BATTESE, G. E.; RAO, D. S. P. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**. 2nd. ed. New York: Springer-Verlag, 2006.

CURI, A. Z.; MENEZES FILHO, N. A. Determinantes dos Gastos com Educação no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 40, n. 1, p. 1-39, abril 2010.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito Administrativo**. 14^a. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

DIAZ, M.; SANCHEZ, R. Firm size and productivity in Spain: a stochastic frontier analysis. **Small Business Economics**, v. 30, n. 3, p. 315-323, March 2008.

DIOS-PALOMARES, R.; PAZ, J. M. M.; PLEITE, F. M. C. **Variables de entorno en el análisis de eficiencia. Un método de tres etapas con variables categóricas**. Centro de Estudios Andaluces. [S.l.]. 2004. (78).

ENGERT, F. The Reporting of School District Efficiency: The Adequacy of Ratio Measures. **Public Budgeting, Accounting and Financial Management**, v. 8, n. 2, p. 247-271, Summer 1996.

FAÇANHA, L. O.; MARINHO, A. **Instituições de Ensino Superior Governamentais e Particulares: Avaliação Comparativa de Eficiência**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro. 2001. (Texto para Discussão nº 813).

FÄRE, R. et al. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. **The American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, March 1994.

- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S. Nonparametric tests of regularity, Farrell efficiency, and goodness-of-fit. **Journal of Econometrics**, v. 69, n. 2, p. 415-425, October 1995.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S. Two Perspectives on DEA: Unveiling the Link between CCR and Shephard. **Journal of Productivity Analysis**, v. 17, p. 41-47, 2002.
- FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, J. S. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 155-177, Janeiro 2008.
- FARRELL, J. The Measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, p. 11, 1957.
- FØRSUND, F. R.; SARAFOGLOU, N. **On the Origins of Data Envelopment Analysis**. Oslo University, Department of Economics. Oslo. 2000. (24/2000).
- FØRSUND, F. R.; SARAFOGLOU, N. On the Origins of Data Envelopment Analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 17, n. 1, p. 23-40, 2002.
- FRANCO, A. M. P. **Os determinantes da qualidade da educação no Brasil: 2008**. Tese (Doutorado em Economia). São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2008.
- FRIED, H. O.; KNOX LOVELL, C. A.; SCHMIDT, S. S.; YAISAWARNG, S. Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 17, p. 154-174, 2002.
- FRIED, H. O.; KNOX LOVELL, C. A. S. S. **The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth**. [S.l.]: Oxford University Press, 2008.
- FRIED, H. O.; SCHMIDT, S. S.; YAISAWARNG, S. Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency. **Journal of Productivity Analysis**, v. 12, p. 249-267, 1999.
- FU, T.-T.; HUANG, M.-Y. **Measuring the Performance and Relative Efficiency of Departments in the College of Commerce using DEA**. Forth Workshop on Knowledge Economy and Electronic Commerce. [S.l.]: [s.n.]. 2006. p. 42-62.
- FU, T.-T.; LU, Y.-H. **Heterogeneous Output Quality and Efficiency Evaluation of Polytechnic Higher Education Institutions via DEA**. Taipei Productivity Conference. Taipei: [s.n.]. 2006.
- FUENTE, A. D. L. **Das Humankapital in der wissensbasierten globalen Wirtschaft**. Beschäftigung und Europäischer Sozialfonds. [S.l.]. 2003. (Referat A.1).
- GHORBANI, A.; AMIRTEIMOORI, A.; DEHGHANZADEH, H. A Comparison of DEA, DFA and SFA Methods using Data from Caspian Cattle Feedlot Farms. **Journal of Applied Sciences**, v. 10, n. 14, p. 1455-1460, June 2010.

- GLASS, J. C. et al. A 'technically level playing-field' profit efficiency analysis of enforced competition between publicly funded institutions. **European Economic Review**, v. 50, n. 6, p. 1601-1626, August 2006.
- GONZÁLEZ, D. S. La evaluación de la eficiencia y la productividad en las escuelas: una alternativa a la metodología DEA. **Revista de Economía Pública**, 177, abril 2006. 57-82.
- GROSSKOPF, S. The Role of the Reference Technology in Measuring Productive Efficiency. **The Economic Journal**, v. 96, n. 382, p. 499-513, June 1986.
- GROSSKOPF, S. et al. On the Determinants of School District Efficiency: Competition and Monitoring. **Journal of Urban Economics**, v. 49, p. 453-478, 2001.
- GRUBBS, F. E. Sample Criteria for testing outlying observations. **The Annals of Mathematical Statistics**, 21, n. 1, 1950. 27-58.
- HANUSHEK, E. A. The Economics of Schooling: Production and Efficiency in Public Schools. **Journal of Economic Literature**, v. 24, n. 3, p. 1141-1177, Setembro 1986.
- HANUSHEK, E. A. Expenditures, Efficiency, and Equity in Education: The Federal Government's Role. **The American Economic Review**, v. 79, n. 2, p. 46-51, 1989.
- HANUSHEK, E. A. Interpreting Recent Research on Schooling in Developing Countries. **World Bank Research Observer**, v. 10, n. 2, p. 227-246, August 1995.
- HANUSHEK, E. A. **Publicly Provided Education**. National Bureau of Economic Research. Cambridge. 2002. (Working Paper 8799).
- HARBISON, F.; MYERS, C. A. **Educação, Mão-de-Obra e Crescimento Econômico**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1965.
- HERRERA, S.; PANG, G. Efficiency of Public Spending in Developing Countries: An Efficiency Frontier Approach. **Policy Research Working Paper Series**, The World Bank, 2005.
- HOXBY, C. M. **Does Competition Among Public Schools Benefit Students and Taxpayers?** National Bureau of Economic Research. [S.l.]. 1994. (4979).
- HSU, F.-M.; HSUEH, C.-C. Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach. **Evaluation and Program Planning**, v. 32, n. 2, p. 178-186, May 2009.
- HU, Y.; ZHANG, Z.; LIANG, W. Efficiency of primary schools in Beijing, China: an evaluation by data envelopment analysis. **International Journal of Educational Management**, v. 23, n. 1, p. 34-50, 2009.
- INEP. **Pisa 2000 - Relatório Nacional**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília. 2001.

INEP. Glossário de Termos, variáveis e indicadores educacionais. **EDUDATABRASIL - Sistema de Estatísticas Educacionais**, 2006. Disponível em:

<<http://www.edudatabrasil.inep.gov.br/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2010.

INEP. **Saeb 2005 – Primeiros Resultados**: Médias de desempenho do SAEB/2005 em perspectiva comparada. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Ministério da Educação, 2007.

INEP. **Microdados do SAEB - 2005**: Manual do Usuário. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Ministério da Educação, 2008.

JACOBS, R. Alternative methods to examine hospital efficiency: Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis. **Health Care Management Science**, Heslington, v. 4, p. 103-115, February 2001.

JONDROW, J. et al. On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. **Journal of Econometrics**, v. 19, n. 2-3, p. 233-238, August 1982.

KANE, T. J.; STAIGER, D. O. The Promise and Pitfalls of Using Imprecise Scholl Accountability Measures. **Journal of Economics Perspectives**, v. 16, n. 4, p. 91-114, Fall 2002.

KAO, C.; LIU, S.-T. Data Envelopment Analysis with Missing Data: A Reliable Solution Method. In: ZHU, J.; COOK, W. C. **Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis**. 1st. ed. New York: Springer, 2007. Cap. 16, p. 291-304.

KENNY, L. W. Public Schools. In: ROWLEY, C. K.; SCHNEIDER, F. **The Encyclopedia of Public Choice**. 1st. ed. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, v. I, 2004. p. 459-461.

KLEIN, R. Utilização da Teoria da Resposta ao Item no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB). **Ensaio**, v. 40, n. 11, p. 283-296, julho 2003.

KOMSTA, L. **outliers**: Tests for outliers. R package version 0.13-3. ed. [S.l.]: CRAN, 2010.

KRUEGER, A. B.; LINDAHL, M. **Education for Growth: Why and For Whom?** National Bureau of Economic Research. [S.l.]. 2000. (7591).

LASSNIGG, L. et al. **Ökonomische Bewertung der Struktur und Effizienz des österreichischen Bildungswesens und seiner Verwaltung**. Institut für Höhere Studien. Wien. 2007.

LAU, L. J.; JAMISON, D. T.; LOUAT, F. F. **Education and productivity in developing countries : an aggregate production function approach**. The World Bank. [S.l.]. 1991. (612).

- LIN, L.-C.; TSENG, L.-A. **Application of DEA and SFA on the Measurement of Operating Efficiencies for 27 International Container Ports**. Eastern Asia Society for Transportation Studies. [S.l.]: [s.n.]. 2005. p. 592-607.
- LINS, M. P. E.; ALMEIDA, B. F.; BARTHOLO, R. . J. Avaliação de desempenho na pós-graduação utilizando a Análise Envoltória de Dados: o caso da Engenharia de Produção. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, Rio de Janeiro, julho 2004. 41-56.
- LIU, J.; TONE, K. A multistage method to measure efficiency and its application to Japanese banking industry. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 42, n. 2, p. 71-91, June 2008.
- MANCEBÓN-TORRUBIA, M.-J. et al. **Efficiency of public and publicly-subsidized high schools in Spain. Evidence from PISA 2006**. University Library of Munich, Germany. München. 2010. (21165).
- MANDL, U.; DIERX, A.; ILZKOVITZ, F. **The effectiveness and efficiency of public spending**. European Commission - Directorate-General for Economic and Financial Affairs. Brussels. 2008. (Economic Papers 301).
- MAYSTON, D. **Efficiency and Effectiveness in Public Services: Outstanding Problems of Performance Measurement**. Congress on Public and Private Sectors in Public Finance. Helsinki: [s.n.]. 2002.
- MCCARTY, T. A.; YAISAWARNG, S. Technical Efficiency in New Jersey School Districts. In: FRIED, H.; KNOX LOVELL, C. A.; SCHMIDT, S. S. **The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications**. Oxford: Oxford University Press, 1993. Cap. 10, p. 453-459.
- MCLEOD, A. I. **Kendall: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test**. R package version 2.1. [S.l.]: CRAN, 2009.
- MEEUSEN, W.; BROECK, J. V. D. University Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, June 1977.
- MELLO, J. C. C. B. S.; CLÍMACO, J. C.; MEZA, L. A. **Índice de Eficiência MCDEA**. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Goiânia: [s.n.]. 2006.
- MERA, K. On the Urban Agglomeration and Economic Efficiency. **Economic Development and Cultural Change**, v. 21, n. 2, p. 309-324, January 1973.
- MORAES, A. **Direito Constitucional**. 6^a. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- MUÑIZ, M. A. Separating managerial inefficiency and external conditions in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 143, p. 625-643, 2002.

OATES, W. E. On the Measurement of Congestion in the Provision of Local Public Goods. **Journal of Urban Economics**, v. 24, n. 1, p. 85-94, July 1988.

OCDE. **PISA 2006: Les compétences en sciences, un atout pour réussir**. Paris: Organisation de Coopération et de Développement Économiques, v. 1 et 2, 2007.

OCDE. **Regards sur l'Éducation 2010: Les Indicateurs de l'OCDE**. Paris: Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 2010.

ONDRICH, J.; RUGGIERO, J. Efficiency measurement in the stochastic frontier model. **European Journal of Operational Research**, v. 129, n. 2, p. 434-442, March 2001.

ONDRICH, J.; RUGGIERO, J. Outlier detection in data envelopment analysis: an analysis of jackknifing. **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, p. 342-346, 2002.

OUELLETTE, P.; VIERSTRAETE, V. Technological change and efficiency in the presence of quasi-fixed inputs: A DEA application to the hospital sector. **European Journal of Operational Research**, v. 154, p. 755-763, 2004.

OUELLETTE, P.; VIERSTRAETE, V. **Malmquist indexes with quasi-fixed inputs: an application to school districts in Québec**. Département d'Économie de la Faculté d'administration à l'Université de Sherbrooke. Sherbrooke. 2008. (08-25).

PADILLA-FERNANDEZ, M. D.; NUTHALL, P. L. Technical Efficiency in the Production of Sugar Cane in Central Negros Area, Philippines: An Application of Data Envelopment Analysis. **J ISSAAS**, v. 15, n. 1, p. 77-90, May 2009.

PASTOR, J. M. Credit Risk and Efficiency in the European Banking System: A Three-Stage Analysis. **Applied Financial Economics**, v. 12, n. 12, p. 895-911, December 2002.

PIACENZA, M. et al. **Regulatory and Environmental Effects on Public Transit Efficiency - A Mixed DEA-SFA Approach**. Institute for Economic Research on Firms and Growth. Moncalieri. 2006. (13).

PO, R.-W.; GUH, Y.-Y.; YANG, M.-S. A new clustering approach using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 199, p. 276-284, 2009.

PÕLDARU, R.; ROOTS, J. Modeling Milk Cost in Estonia: A Stochastic Frontier Analysis Approach. **Journal of Agricultural Science**, v. XX, n. I, p. 25-33, 2009.

PRESS, W. H. P. et al. **Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

PRITCHETT, L.; FILMER, D. What Educational Production Functions Really Show: A Positive Theory of Education Spending. **Economics of Education Review**, 18, n. 1795, Abril 1999. 223-239.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. 2010.

RAY, S. C. **Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

REVELLE, W. **psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research**. R package version 1.0-90. ed. Evanston: CRAN, 2010.

RUGGIERO, J. Efficiency of Educational Production: An Analysis of New York School Districts. **The Review of Economics and Statistics**, v. 78, n. 3, p. 499-509, August 1996a.

RUGGIERO, J. On the measurement of technical efficiency in the public sector. **European Journal of Operational Research**, v. 90, n. 3, p. 553-565, May 1996b.

RUGGIERO, J. Efficiency estimation and error decomposition in the stochastic frontier model: A Monte Carlo analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 115, n. 3, p. 555-563, June 1999.

RUGGIERO, J. Performance Evaluation in Education: Modeling Educational Production. In: COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. 2nd. ed. [S.l.]: Kluwer, v. 71, 2004. Cap. 12, p. 323-348.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C. Efficiency and equity aspects of social spending in selected countries of Latin America and East Asia: a comparative approach. **Brazilian Journal Of Applied Economics**, v. 2, n. 3, 1998.

SAMPAIO DE SOUSA, M. D. C.; CRIBARI-NETO, F.; STOŠIĆ, B. D. Explaining DEA Technical Efficiency Scores in an Outlier Corrected Environment: The Case of Public Services in Brazilian Municipalities. **Brazilian Review of Econometrics**, v. 25, n. 2, p. 287-313, November 2005.

SAMPAIO DE SOUSA, M. D. C.; STOŠIĆ, B. Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting Nonparametric Frontier Measurements for Outliers. **Journal of Productivity Analysis**, v. 24, p. 157–181, 2005.

SCHALIN, J. **State Investment in Universities: Rethinking the Impact on Economic Growth**. The John Willian Pope Center. Raleigh. 2010.

SCHMANDT, H. J.; STEPHENS, G. R. Local Government Expenditure Patterns in the United States. **Local Government Expenditure Patterns in the United States**, v. 39, n. 4, p. 397-406, November 1963.

SHAPIRO, H. Economies of Scale and Local Government Finance. **Land Economics**, v. 39, n. 2, p. 175-186, May 1963.

SHESTALOVA, V. Sequential Malmquist Indices of Productivity Growth: An Application to OECD Industrial Activities. **Journal of Productivity Analysis**, n. 19, p. 211-226, 2003.

SHLEIFER, A. State versus Private Ownership. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 12, n. 4, p. 133-150, Autumn 1998.

- SHORT, T. **signal**: Signal processing. R package version 0.6-1. ed. [S.l.]: CRAN, 2010.
- SILVA, J. A. **Curso de Direito Constitucional Positivo**. 29. ed. São Paulo: Malheiros, 2007.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art. **Journal of Productivity Analysis**, v. 13, p. 49-78, 2000.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: Recent Developments and Perspectives. In: FRIED, H. O.; KNOX LOVELL, C. A.; SCHMIDT, S. S. **The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth**. [S.l.]: Oxford University Press, 2008. Cap. 4, p. 421-521.
- SMITH, P. Model misspecification in Data Envelopment Analysis. **Annals of Operations Research**, v. 73, n. 0, p. 233-252, October 1997.
- SMITH, P. C.; STREET, A. **Analysis of Secondary School Efficiency: Final Report**. Department for Education and Skills. London. 2006. (788).
- SOUZA, G. S. **Funções de Produção: Uma Abordagem Estatística com o Uso de Modelos de Encapsulamento de Dados**. Embrapa. Brasília. 2003. (Texto para Discussão 17).
- STOŠIĆ, B. D.; FITTIPALDI, I. P. **Multiple Data Envelopment Analysis: The Blessing of Dimensionality**. [S.l.]. 2007.
- TOMA, E. F. Education and The State. In: ROWLER, C. K.; SCHNEIDER, F. **The Encyclopedia of Public Choice**. 1st. ed. [S.l.]: Kluwer Accademic Publishers, v. I, 2004. p. 183-185.
- TORTOSA-AUSINA, E. Bank Cost Efficiency and Output Specification. **Journal of Productivity Analysis**, v. 18, n. 3, p. 199-222, November 2002.
- TYAGI, P.; YADAV, S. P.; SINGH, S. P. **Efficiency analysis of schools using DEA: A case study of Uttar Pradesh state in India**. International Data Envelopment Analysis Society. Kanpur: [s.n.]. 2009.
- VASCONCELLOS, L. A Relação entre Frequência Escolar e Renda Familiar no Brasil — 1981-1999. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 35, n. 2, p. 267-296, agosto 2005.
- VIANNA, H. M. Fundamentos de um Programa de Avaliação Educacional. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 28, p. 23-38, julho 2003.
- WALDO, S. **Competition and Public School Efficiency in Sweden**. Lund University, Department of Economics. Lund. 2006. (7).
- WANG, E. C.; HUANG, W. Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. **Research Policy**, v. 36, n. 2, p. 260-273, March 2007.

WARNING, S. **Steuerung von Schulen des Zweiten Bildungswegs (Schulen für Erwachsene) in Hessen - Effizienzmessung mit der Data Envelopment Analyse (DEA)**. Institut für Arbeitsrecht und Arbeitsbeziehungen in der Europäischen Gemeinschaft. Trier. 2005.

WICKMAN, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. New York: Springer, 2009.

WORTHINGTON, A. An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education. **Education Economics**, v. 9, n. 3, p. 245-268, 2001.

WÖBMAN, L. **Fundamental Determinants of School Efficiency and Equity: German States as a Microcosm for OECD Countries**. Institute for the Study of Labor. München. 2007. (2880).

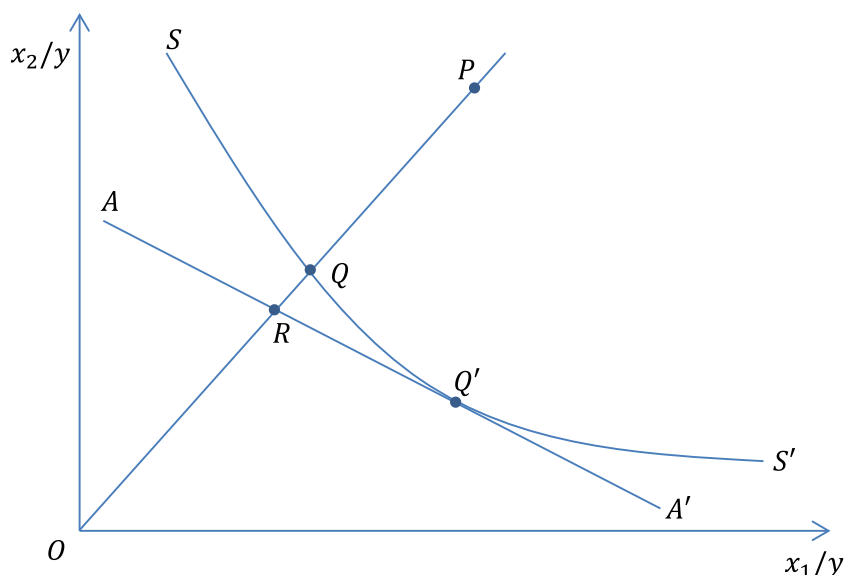
WU, T. et al. **Multi-stage DEA as a Measurement of Progress in Environmentally Benign Manufacturing**. The 16th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. Limerick: FAIM. 2006. p. 221-228.

ZOGHBI, A. C. P. *et al.* Mensurando o Desempenho e a Eficiência dos Gastos Estaduais em Educação Fundamental e Média. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 785-809, outubro-dezembro 2009.

Apêndice A

Em sua formulação acerca das medidas de eficiência, Farrell (1957) estipula que a eficiência técnica trata do sucesso de dada firma, em relação a um grupo de organizações correlatas, na máxima produção a partir de determinado nível de insumos. O Gráfico A-1, que segue, similar àquele empregado pelo autor para descrever a eficiência técnica, demonstra como unidades produtivas, operando em retornos constantes de escala e utilizando dois insumos — x_1 e x_2 —, geram o produto y .

Gráfico A-1: Eficiências técnica, alocativa e econômica no uso de insumos



Fonte: Farrell (1957), com adaptações.

A *isoquanta* SS' representa a função eficiente de produção para várias combinações de insumos empregados com vistas a dar origem a uma unidade de produto¹⁴⁴. O ponto P constitui certa proporção dos fatores x_1 e x_2 utilizada por determinada unidade produtiva para produção de y . A unidade representada por Q também faz uso de igual proporção e, por esse motivo, ambos os pontos situam-se no mesmo raio que parte da origem. Entretanto, a primeira o faz em quantidades superiores de insumos e, em função de situar-se sobre a curva eficiente SS' , a segunda descreve uma firma que alcança o mínimo de consumo daquela combinação de insumos que redundam em y . Ou seja, Q utiliza somente a parcela OQ/OP de ambos os insumos, razão que expressaria a eficiência técnica relativa da firma P .

¹⁴⁴ Assume-se, na construção dessa *isoquanta*, que a tecnologia utilizada é conhecida, quando, na prática ela deve ser estimada a partir dos dados da amostra coletada (COELLI, *et al.*, 2005).

Sob outro prisma, o segmento QP/OP demonstraria a ineficiência técnica da firma P . Nesse sentido, o quociente das extensões radiais de unidades que utilizam a mesma combinação de insumos retrataria o grau de eficiência daquela menos eficiente em relação à unidade mais eficiente, cujo valor indicativo assume o valor máximo: 1 ou 100%.

A propósito, Fried, Knox Lovell e Schmidt (2008) apresentam a chamada função distância relativa ao insumo de Shephard, a qual, adaptando-se para o espaço descrito no Gráfico A-1 acima, pode ser dada por¹⁴⁵:

$$D(y, x_i) = \frac{OP}{OQ}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(A-1)}$$

Desse modo, a eficiência das unidades, pois, pode ser medida pelo inverso da função de distância de Shephard¹⁴⁶:

$$F(x_i, y) = \frac{1}{D(y, x_i)} = \frac{OQ}{OP}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(A-2)}$$

A eficiência alocativa, por seu turno, diz respeito a proporções ótimas de insumos nas quais a razão para cada par de x_1 e x_2 é igual à taxa de seus respectivos preços dada pela reta AA' . Nesse caso, a combinação de insumos eleita pelas firmas, em seu maior nível de eficiência — eficiência econômica —, situa-se numa proporção tal que reflete aquela de menor custo, dado os preços relativos dos insumos. Graficamente, essa condição sucederia no ponto Q' , no qual a inclinação da curva de combinação eficiente de insumos, SS' — sua taxa de substituição técnica marginal —, toca a reta que representa a restrição orçamentária AA' ¹⁴⁷. A eficiência alocativa pode, pois, ser medida pelo quociente OR/OQ . Desse modo, tanto a unidade Q quanto Q' apresentam a máxima eficiência técnica relativa, porém somente a segunda possui também a alocativa, resultando em eficiência econômica, dada por OR/OQ . E a ineficiência alocativa relativa da unidade Q pode ser medida pela razão RQ/OQ . A eficiência econômica de P , por fim, em relação à firma representada pelo ponto Q' , deduz-se por $OQ/OP \times OR/OQ = OR/OP$. Em suma, duas fontes de ineficiência atuam sobre a firma

¹⁴⁵ (GROSSKOPF, *et al.*, 2001).

¹⁴⁶ A descrição dessa relação entre o modelo orientado para insumos de Farrell (1957) e a função distância de insumo de Shephard encontra-se em Färe e Grosskopf (2002).

¹⁴⁷ (HERRERA e PANG, 2005).

P: a primeira é a ineficiência técnica na forma de desperdício no uso de recursos e a segunda refere-se à ineficiência alocativa quando esta seleciona a combinação inapropriada, em relação aos preços, desses recursos¹⁴⁸; ambas produzem sua ineficiência econômica, produtiva ou global que é a medida de quão longe o ponto observado encontra-se do menor custo e mais adequado uso dos insumos¹⁴⁹.

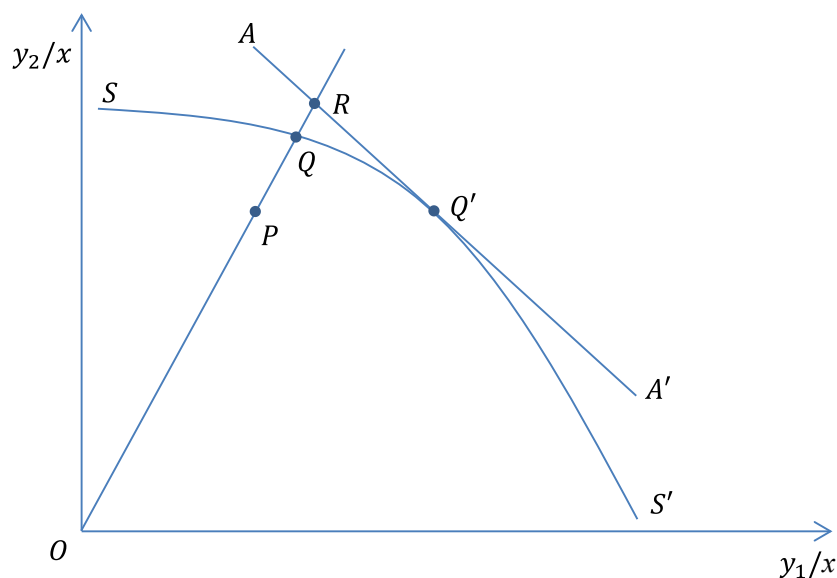
É de destacar que a representação de eficiência acima fez uso de tecnologia de retornos constantes de escala. Consoante diretriz de Coelli *et al.* (2005), para adaptar-se a outras modalidades haveria de se alterar os eixos de x_1/y e x_2/y para x_1 e x_2 e assumir que a *isoquanta* representa o limite inferior da combinação de insumos associada à geração de determinado nível de produto.

De modo semelhante à estimação de eficiência orientada para a minimização dos insumos, pode-se deduzir a eficiência econômica — técnica e alocativa — em relação à produção. Com efeito, trata-se, de certa forma, de espelho da situação supra e é representada no Gráfico A-2 adiante, no qual os produtos y_1 e y_2 são obtidos por meio da utilização de um único insumo x e o pressuposto de tecnologia baseada em retornos constantes de escala são mantidos. Nesse caso, as medidas de eficiência são dadas por OP/OQ , para a eficiência técnica relativa da firma *P*, e por OQ/OR como medida da eficiência alocativa. O nível de eficiência produtiva, enfim, infere-se por $OP/OQ \times OQ/OR = OP/OR$.

¹⁴⁸ (RAY, 2004).

¹⁴⁹ (GROSSKOPF, 1986).

Gráfico A-2: Eficiências técnica, alocativa e econômica na geração de produtos



Fonte: Coelli, Rao, *et al.* (2005), com adaptações.

A unidade Q é tecnicamente eficiente, eis que se situa sobre a curva SS' que, no Gráfico A-2 anterior, indica o limite superior de possibilidade produtiva dos bens y_1 e y_2 . A firma P , de maneira distinta, posicionada abaixo desse limite mostra uma firma que produz ineficientemente. A distância entre os pontos representantes das unidades P e Q denota a ineficiência técnica daquela e significa o montante em que a produção poderia ser expandida sem que fossem requeridos quaisquer aumentos do insumo x .

Já o segmento que separa Q e R representa a ineficiência alocativa ou de receitas, análogo ao definido por Coelli *et al.* (2005), vez que demonstra o quão Q poderia auferir a mais caso produzisse a combinação estabelecida por Q' . Esta posição descreve o ponto no qual a curva de possibilidades de produção SS' toca a reta de restrição de receitas AA' ¹⁵⁰.

¹⁵⁰ (SMITH e STREET, 2006)

Apêndice B

Acompanhando a exposição em Banker Charnes e Cooper (1984), a tecnologia T_i é definida por:

$$T_j = \left\{ (x_{ji}, y_{jr}) : x_{ji} \text{ pode produzir } y_{jr} \right\} \quad \text{Eq.(B-1)}$$

Em consonância com Färe e Grosskopf (2002), as seguintes condições, que satisfazem as propriedades tradicionais de funções de produção, são assumidas:

- Primeiro, T é um conjunto fechado;
- Segundo, produtos não podem ser produzidos sem a utilização de insumos, ou seja, $(x_{ji}, y_{jr}) \in T$ e $x_{ji} = 0$, logo $y_{jr} = 0$;
- Terceiro, há a possibilidade de livre descarte, tanto de insumos quanto de produtos: $(x_{ji}, y_{jr}) \in T$, $x' \geq x_{ji}$ e $y' \leq y$ implica $(x', y') \in T$;
- Finalmente, $L(y_{jr}) = \{x_{ji} : (x_{ji}, y_{jr}) \in T\}$ é convexo para cada $y_{jr} \in \mathcal{R}_+^S$, que significa que o conjunto de requerimentos de insumos $L(y_{jr})$ contém em si todos e cada um dos vetores de produtos.

A função distância de Shephard, descrita na Eq.(2.1-1), que representa a máxima contração de insumos, mantida a produção de y , é dada, nesse contexto, por:

$$D(y_{jr}, x_{ji}) = \sup \left\{ \lambda : \left(\frac{x}{\lambda}, y \right) \in L(y) \right\} \quad \text{Eq.(B-2)}$$

Em harmonia ao disposto por Grosskopf *et al.* (2001), o conjunto formado pela Eq.(B-1) e pela Eq.(B-2) satisfaz, suficientemente, as propriedades de praxe, como homogeneidade de grau um para insumos, convexidade para os produtos, concavidade e não decrescimento para insumos. A partir de tecnologias T_i de cada DMU_j , são gerados os pontos que demarcam, em seus máximos ou mínimos, a depender da orientação, a fronteira de eficiência a ser identificada pela *DEA*.

De acordo com o proposto por Charnes, Cooper and Rhodes (1978), e nesse sentido chamada CCR, ponderados pelos pesos μ_r e v_i , a seguinte relação estabelece a eficiência da DMU_j ¹⁵¹:

$$\max_{\mu, v} h_j = \frac{\sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr}}{\sum_{i=1}^N v_i x_{ji}}$$

s. a

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr}}{\sum_{i=1}^N v_i x_{ji}} &\leq 1, j = 1, \dots, M \\ \mu_r &\geq \varepsilon, r = 1, \dots, S \\ v_i &\geq \varepsilon, i = 1, \dots, N \\ \varepsilon &> 0 \end{aligned} \quad \text{Eq.(B-3)}$$

Nesse modelo, a cada interação, uma DMU é avaliada em relação ao desempenho observado das demais, com o objetivo de encontrar os mais favoráveis coeficientes de ponderação μ_r e v_i que maximizem a razão, ou seja, sua eficiência relativa. As restrições impõem a condição de que a taxa de eficiência será menor ou igual a 1 ($0 \leq h_j \leq 1$) e, quando esta for atingida, será a DMU considerada relativamente eficiente.

Contudo, outra restrição faz-se necessária para evitar que um número infinito de soluções seja apresentado, ou seja, se μ_r e v_i são soluções para a Eq.(B-3), também o são $\alpha\mu_r$ e αv_i , $\forall \alpha > 0$. Promove-se, pois, a imposição de condição de que o numerador ou o denominador da função objetivo assumam o valor unitário.

Nessa nova contextualização, ao maximizar a função objetivo na Eq.(B-3), o problema recai sobre a magnitude do numerador ou do denominador e não em relação a seus valores individuais.

Destarte, o procedimento equivale a fixar o numerador igual à unidade e minimizar o denominador, por exemplo.

¹⁵¹ O desenvolvimento adiante segue, no que coube, às descrições de Herrera e Pang (2005) e Cooper, Seiford e Tone (2006).

Essa transformação converte o modelo em um problema de programação linear orientado para insumo¹⁵²:

$$\min_v g_j \equiv \sum_{i=1}^M v_i x_{ji} \quad \text{ou} \quad \max_v h_j \equiv \frac{1}{\sum_{i=1}^M v_i x_{ji}}$$

s. a

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr} &= 1 && \text{Eq.(B-4)} \\ \sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr} - \sum_{i=1}^N v_i x_{ji} &\leq 0, \quad j=1, \dots, M \\ -\mu_r &\leq -\varepsilon, \quad r=1, \dots, S \\ -v_i &\leq -\varepsilon, \quad i=1, \dots, N \\ \varepsilon &> 0 \end{aligned}$$

Sob essas condições, o objetivo torna-se minimizar os insumos ponderados por unidade de produto. Esse conjunto pode ser descrito em sua forma *dual*, em que $\sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr} = 1 \Rightarrow \theta$; $\sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr} - \sum_{i=1}^N v_i x_{ji} \leq 0 \Rightarrow \lambda_j$; $-\mu_r \leq \varepsilon \Rightarrow s_r^+$; e, $-v_i \leq \varepsilon \Rightarrow s_i^-$. com a configuração descrita pela Eq.(2.1-1) mencionada quando da descrição do primeiro estágio da metodologia adotada nesta dissertação.

Cabe destacar que a Eq.(2.1-1) descreve modelo com retornos constantes de escala. Para outras situações, Banker, Charnes e Cooper (1984) modificaram o problema de forma a considerar retornos variáveis de escala, acrescentando restrição de convexidade $\sum_{j=1}^M \lambda_j = 1$.

¹⁵² Acompanhando a diretriz de Po, Guh e Yang (2009), no caso de orientação para produto, o problema seria:

$$\begin{aligned} \max_{\mu} p_j &\equiv \sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr} \\ \text{s.a} \\ \sum_{i=1}^N v_i x_{ji} &= 1; \quad \sum_{r=1}^S \mu_r y_{jr} - \sum_{i=1}^N v_i x_{ji} \leq 0, \quad j=1, \dots, M \\ -\mu_r &\leq -\varepsilon, \quad r=1, \dots, S; \quad -v_i \leq -\varepsilon, \quad i=1, \dots, N \\ \varepsilon &> 0 \end{aligned}$$

Apêndice C

Para levar a efeito o procedimento de separação do ruído estatístico das influências ambientais, segue-se Jondrow *et al.* (1982), que forneceram os meios para estimar os níveis de ineficiência, com base nos valores esperados, a partir dos resíduos observados, assumindo distribuições específicas¹⁵³ para ambos os termos de erro. Baseados nessa orientação, Ondrich e Ruggiero (2001) descrevem como estimar u_{ji} , por exemplo, no caso de o ruído estatístico ser normalmente distribuído e o termo de ineficiência seguir uma distribuição seminormal, conforme Eq.(C-1) seguinte.

$$E[u_{ji} | \varepsilon_{ji}] = \frac{\sigma_i \lambda}{(1 + \lambda^2)} \left[\phi\left(\frac{\varepsilon_{ji} \lambda}{\sigma_i}\right) \Phi\left(\frac{-\varepsilon_{ji} \lambda}{\sigma_i}\right) - \frac{\varepsilon_{ji} \lambda}{\sigma_i} \right] \quad \text{Eq.(C-1)}$$

Onde $\sigma_i^2 = \sigma_{vi}^2 + \sigma_{ui}^2$, $\lambda = \sigma_{ui}/\sigma_{vi}$, $\varepsilon_{ji} = v_{ji} + u_{ji}$, Φ representa a função distribuição acumulada normal padrão e ϕ é a densidade também da distribuição normal. Voltando à descrição de Fried *et al.* (2002), os estimadores condicionais do termo representativo da ineficiência gerencial, $E[u_{ji} | \varepsilon_{ji}]$, expostos na Eq.(C-1) anterior, permitem derivar, residualmente, por meio da Eq.(2.2-2), o valor do ruído estatístico, conforme segue¹⁵⁴.

$$\hat{E}[v_{ji} | \varepsilon_{ji}] = s_{ji} - z_{jk} \hat{\beta}^i + \hat{E}[u_{ji} | \varepsilon_{ji}] \quad \text{Eq.(C-2)}$$

$i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K$

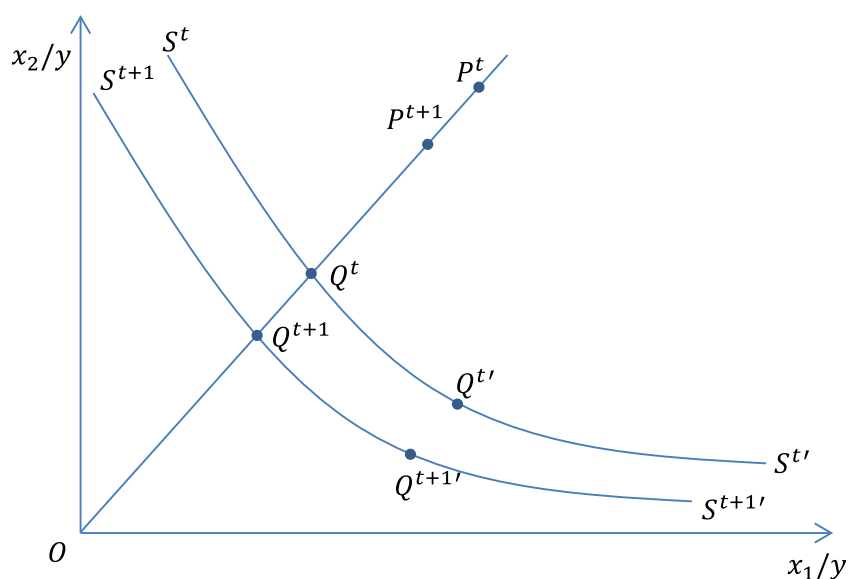
¹⁵³ (RUGGIERO, 1999).

¹⁵⁴ É de notar que a partir desse ponto termo $f^i(z_{jk}; \beta^i)$ passa a $z_{jk} \beta^i$ para caracterizar a forma linear adotada. Conforme Glass *et al.* (2006), a imposição de linearidade ao modelo descrito por Fried *et al.* (2002) faz-se necessária à medida que a especificação logarítmica exigiria que os excessos de insumos a serem utilizados fossem maiores que zero — $s_{ji} > 0$ — o que eliminaria as observações nas quais alguma unidade tomadora de decisão atingisse o máximo de eficiência.

Apêndice D

O Gráfico D-1 seguinte é similar ao Gráfico A-1 e considera dois períodos de tempo, t e $t + 1$. A nova *isoquanta* $S^{t+1}S^{t+1'}$ representa a função eficiente de produção com o uso de várias combinações dos insumos x_1 e x_2 , no segundo período, para geração de uma unidade de produto y também nesse período.

Gráfico D-1: Alteração de produtividade – Índice *Malmquist*



Fonte: Ouellette e Vierstraete (2008), com adaptações.

Seguindo instrução de Herrera e Pang (2005)¹⁵⁵, a partir da função distância descrita na Eq.(A-1), pode-se definir o quão longe está a unidade P da unidade Q na produtividade de y , no período t , como $D^t(y^t, x_i^t) = OP^t/OQ^t$ e, similarmente, no período $t + 1$, como $D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1}) = OP^{t+1}/OQ^{t+1}$. O índice de produtividade *Malmquist* requer a definição da função distância em dois diferentes períodos de tempo e pode ser descrita como a maior mudança — retração ou expansão — no uso de insumos que tornem o nível de produção (y^{t+1}, x_i^{t+1}) factível no período t . Essa função é descrita pela Eq.(D-1) adiante.

¹⁵⁵ Além de (FÄRE, *et al.*, 1994), que é orientada para produto, descrições mais detalhadas sobre o índice de produtividade de Malmquist podem ser encontradas, entre outros, em (RAY, 2004), (COOPER, SEIFORD e TONE, 2006) e (COELLI, *et al.*, 2005).

$$D^t(y^{t+1}, x_i^{t+1}) = \frac{OP^{t+1}}{OQ^t}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(D-1)}$$

Ou, alternativamente, a função distância em $t + 1$ pode ser definida como a mudança máxima requerida para tornar a produção (y^t, x_i^t) realizável e é descrita na Eq.(D-2) seguinte.

$$D^{t+1}(y^t, x_i^t) = \frac{OP^t}{OQ^{t+1}}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(D-2)}$$

Como o índice de produtividade de *Malmquist* é definido pela razão das duas distâncias¹⁵⁶, pode-se computá-lo em relação ao nível tecnológico encontrado em t ou em $t + 1$ conforme apresentado nas Eq.(D-3) e Eq.(D-4) seguintes.

$$M_0^t = \frac{D^t(y^{t+1}, x_i^{t+1})}{D^t(y^t, x_i^t)}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(D-3)}$$

$$M_0^t = \frac{D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1})}{D^{t+1}(y^t, x_i^t)}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(D-4)}$$

Como forma de serem evitadas escolhas arbitrárias de um ou outro período como referência, Färe *et al.* (1994) sugerem a média geométrica de ambas conforme a Eq.(D-5) à frente.

$$M_0(y^{t+1}, x_i^{t+1}, y^t, x_i^t) = \sqrt{\left(\frac{D^t(y^{t+1}, x_i^{t+1})}{D^t(y^t, x_i^t)} \frac{D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1})}{D^{t+1}(y^t, x_i^t)} \right)}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(D-5)}$$

Tal relação pode ser reescrita como a Eq.(D-6) seguinte.

$$M_0(y^{t+1}, x_i^{t+1}, y^t, x_i^t) = \frac{D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1})}{D^t(y^t, x_i^t)} \sqrt{\left[\frac{D^t(y^{t+1}, x_i^{t+1})}{D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1})} \frac{D^t(y^t, x_i^t)}{D^{t+1}(y^t, x_i^t)} \right]}, \quad i = 1, 2 \quad \text{Eq.(D-6)}$$

¹⁵⁶ (COELLI, *et al.*, 2005).

O primeiro termo da Eq.(D-6) anterior, $D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1})/D^t(y^t, x_i^t)$, retrata a mudança na eficiência relativa entre os dois períodos, t e $t + 1$. Esse termo denota a alteração nas retrações ou expansões de insumo efetiva ou observada e a potencial. Incrementos de eficiência no uso de recursos entre os períodos contribuem para que os índices de produtividade de *Malmquist* assumam valores maiores que a unidade e o contrário, caso haja deteriorações no nível de eficiência. Por sua vez, a média geométrica descrita pelo segundo termo, $\sqrt{\{[D^t(y^{t+1}, x_i^{t+1})/D^{t+1}(y^{t+1}, x_i^{t+1})] \times D^t(y^t, x_i^t)/D^{t+1}(y^t, x_i^t)\}}$, captura as mudanças tecnológicas entre os dois períodos t e $t + 1$ e comporta-se como o termo anterior: maior que a unidade quando de avanços tecnológicos e menores que um nos retrocessos. É de notar que, caso não haja mudanças nos insumos e produtos entre os períodos, ou seja, $x_i^t = x_i^{t+1}$ e $y^t = y^{t+1}$, não haverá alterações de produtividade e o índice se igualará à unidade — $M(y^{t+1}, x_i^{t+1}, y^t, x_i^t) = 1$. Nesse caso, os componentes se compensam e, não necessariamente, serão iguais a um.

Apêndice E

Tabela E-1: Números índices e índices de correção monetária – 1995/2008

Mês	1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%
Janeiro	266,40	1,70	324,95	1,34	355,46	1,18	372,30	0,71	378,42	0,70	411,93	0,62	436,32	0,57
Fevereiro	269,12	1,02	328,29	1,03	357,24	0,50	374,01	0,46	382,40	1,05	412,46	0,13	438,33	0,46
Março	273,29	1,55	329,44	0,35	359,06	0,51	375,28	0,34	386,60	1,10	413,37	0,22	439,99	0,38
Abril	279,93	2,43	333,59	1,26	362,22	0,88	376,18	0,24	388,77	0,56	415,10	0,42	442,54	0,58
Mai	287,41	2,67	337,66	1,22	363,71	0,41	378,06	0,50	389,93	0,30	415,15	0,01	444,36	0,41
Junho	293,90	2,26	341,68	1,19	365,67	0,54	378,14	0,02	390,67	0,19	416,10	0,23	446,67	0,52
Julho	300,84	2,36	345,47	1,11	366,47	0,22	377,68	(0,12)	394,93	1,09	422,80	1,61	452,61	1,33
Agosto	303,82	0,99	346,99	0,44	366,40	(0,02)	375,76	(0,51)	397,14	0,56	428,34	1,31	455,78	0,70
Setembro	306,82	0,99	347,51	0,15	366,62	0,06	374,93	(0,22)	398,38	0,31	429,32	0,23	457,05	0,28
Outubro	311,15	1,41	348,56	0,30	367,46	0,23	375,01	0,02	403,12	1,19	429,93	0,14	460,85	0,83
Novembro	315,72	1,47	349,67	0,32	368,09	0,17	374,56	(0,12)	406,95	0,95	431,30	0,32	464,12	0,71
Dezembro	320,65	1,56	351,32	0,47	369,67	0,43	375,79	0,33	409,39	0,60	433,85	0,59	467,14	0,65

Mês	2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%	nº índice	%
Janeiro	469,56	0,52	537,50	2,25	578,92	0,76	621,81	0,58	657,26	0,59	676,90	0,44	707,77	0,54
Fevereiro	471,26	0,36	545,94	1,57	582,45	0,61	625,48	0,59	659,95	0,41	679,87	0,44	711,24	0,49
Março	474,08	0,60	552,65	1,23	585,19	0,47	629,30	0,61	662,79	0,43	682,39	0,37	714,65	0,48
Abril	477,88	0,80	558,01	0,97	587,36	0,37	634,77	0,87	664,18	0,21	684,10	0,25	718,58	0,55
Mai	478,88	0,21	561,42	0,61	590,35	0,51	637,88	0,49	664,85	0,10	686,01	0,28	724,26	0,79
Junho	480,89	0,42	560,57	(0,15)	594,54	0,71	637,75	(0,02)	663,45	(0,21)	687,93	0,28	729,62	0,74
Julho	486,61	1,19	561,69	0,20	599,95	0,91	639,35	0,25	664,71	0,19	689,58	0,24	733,49	0,53
Agosto	489,78	0,65	563,60	0,34	604,09	0,69	640,44	0,17	665,04	0,05	692,82	0,47	735,54	0,28
Setembro	493,30	0,72	568,00	0,78	606,09	0,33	642,68	0,35	666,44	0,21	694,07	0,18	737,45	0,26
Outubro	499,76	1,31	569,65	0,29	608,75	0,44	647,50	0,75	668,64	0,33	696,15	0,30	740,77	0,45
Novembro	514,86	3,02	571,58	0,34	612,96	0,69	651,06	0,55	670,71	0,31	698,80	0,38	743,44	0,36
Dezembro	525,67	2,10	574,56	0,52	618,23	0,86	653,40	0,36	673,93	0,48	703,97	0,74	745,52	0,28

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
Número índice de dezembro de 1992: 1,00.

Quadro E-1: Índices de atualização monetária – 1995/2008

<u>CONTAS PATRIMONIAIS - IPCA</u>		<u>CONTAS DE RESULTADO - IPCA-MÉDIO</u>	
De dez/1995 para dez/2008:		De 1995 para 2008:	
$\frac{745,52}{320,65} = 2,3250$		$\frac{8.742,34}{3.529,06} = 2,47724$	
De dez/1996 para dez/2008:		De 1996 para 2008:	
$\frac{745,52}{351,32} = 2,1221$		$\frac{8.742,34}{4.085,15} = 2,14003$	
De dez/1997 para dez/2008:		De 1997 para 2008:	
$\frac{745,52}{369,67} = 2,0167$		$\frac{8.742,34}{4.368,08} = 2,00142$	
De dez/1998 para dez/2008:		De 1998 para 2008:	
$\frac{745,52}{375,79} = 1,9839$		$\frac{8.742,34}{4.507,69} = 1,93943$	
De dez/1999 para dez/2008:		De 1999 para 2008:	
$\frac{745,52}{409,39} = 1,8211$		$\frac{8.742,34}{4.726,70} = 1,84957$	
De dez/2000 para dez/2008:		De 2000 para 2008:	
$\frac{745,52}{433,85} = 1,7183993$		$\frac{8.742,34}{5.059,64} = 1,7279$	
De dez/2001 para dez/2008:		De 2001 para 2008:	
$\frac{745,52}{467,14} = 1,5959388$		$\frac{8.742,34}{5.405,75} = 1,6172$	
De dez/2002 para dez/2008:		De 2002 para 2008:	
$\frac{745,52}{525,67} = 1,4182298$		$\frac{8.742,34}{5.862,53} = 1,4912$	
De dez/2003 para dez/2008:		De 2003 para 2008:	
$\frac{745,52}{574,56} = 1,2975576$		$\frac{8.742,34}{6.725,17} = 1,2999$	
De dez/2004 para dez/2008:		De 2004 para 2008:	
$\frac{745,52}{618,23} = 1,2059013$		$\frac{8.742,34}{7.168,90} = 1,2195$	
De dez/2005 para dez/2008:		De 2005 para 2008:	
$\frac{745,52}{653,40} = 1,1409825$		$\frac{8.742,34}{7.661,41} = 1,1411$	
De dez/2006 para dez/2008:		De 2006 para 2008:	
$\frac{745,52}{673,93} = 1,1062273$		$\frac{8.742,34}{7.981,94} = 1,0953$	
De dez/2007 para dez/2008:		De 2007 para 2008:	
$\frac{745,52}{703,97} = 1,0590231$		$\frac{8.742,34}{8.272,60} = 1,0568$	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE e do Relatório Analítico e Parecer Prévio sobre as Contas do Governo do Distrito Federal – Exercício de 2008.

Apêndice F

De acordo com a Portaria nº 931/05, que alterou a configuração do sistema, o Saeb compõe-se de dois processos: a Avaliação Nacional da Educação Básica, também conhecida por Saeb, que, por amostragem das redes de ensino, examina as gestões dos sistemas educacionais, e a Avaliação Nacional do Sistema Escolar, chamada Prova Brasil, que realiza pesquisa mais detalhada e extensa, com enfoque em cada unidade de ensino. Seu objetivo é a produção de informações que devem servir de subsídios para formulação de políticas públicas educacionais, com vistas à melhoria da qualidade da educação e a construção de séries históricas de forma a permitir a comparabilidade entre anos e períodos escolares¹⁵⁷. Ademais, busca avaliar os níveis de ensino, reduzir as desigualdades no acesso ao sistema educacional e contribuir para o desenvolvimento de *cultura avaliativa que estimule a melhoria dos padrões de qualidade e equidade da educação brasileira e adequados controles sociais de seus resultados*¹⁵⁸.

Aplicadas bianualmente, as avaliações promovidas no âmbito do Saeb coletam informações sobre o desempenho acadêmico dos alunos de 4ª e 8ª séries do ensino fundamental (atuais 5º e 9º ano) e do 3º ano do ensino médio por meio de testes de Língua Portuguesa e Matemática¹⁵⁹, com o objetivo de divisar sua proficiência nessas disciplinas. Em conjunto aos testes, são administrados questionários a alunos, professores e diretores, com o intuito de delinear as características da escola e do corpo docente em associação ao perfil socioeconômico dos estudantes. Tais informações permitiriam *acompanhar a evolução do desempenho e dos diversos fatores associados à qualidade e à efetividade do ensino ministrado nas escolas*¹⁶⁰.

Conforme consta do texto de divulgação dos resultados do Saeb – 2005¹⁶¹, até 1993, utilizara-se a chamada Teoria Clássica de Testes para elaboração dos instrumentos de

¹⁵⁷ Maior aprofundamento acerca dos procedimentos estatísticos e da metodologia de apuração dos resultados adotados na avaliação levada a cabo no Saeb pode ser encontrado em Beaton e Allen (1992), Klein (2003), Vianna (2003) e Inep (2007).

¹⁵⁸ Portaria nº 931/05 do Ministério da Educação, DOU Nº 55, terça-feira, 22.03.05. p. 17 seção 1.

¹⁵⁹ Em 1997, além de Língua Portuguesa e Matemática, foram aplicadas provas de Ciências para os alunos da 4ª e 8ª séries do ensino fundamental e de Biologia, Física e Química aos alunos do 3º ano do ensino médio. Em 1999, além dessas avaliações, os alunos das três séries avaliadas passaram também por provas de História e Geografia.

¹⁶⁰ (INEP, 2007).

¹⁶¹ (INEP, 2007).

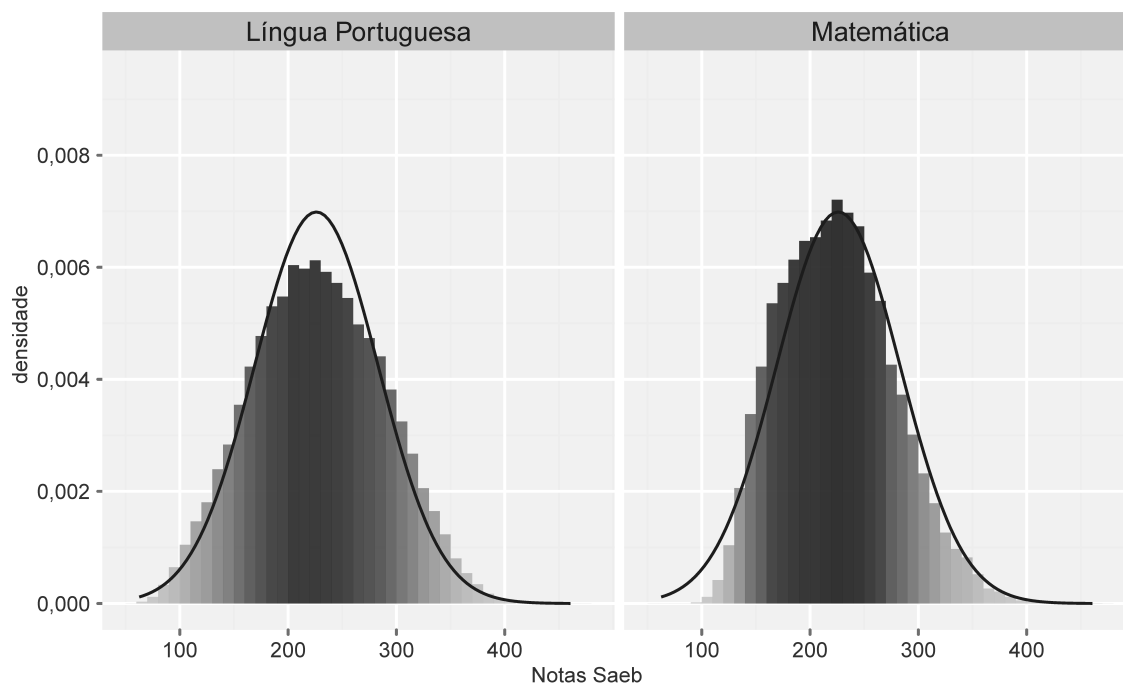
avaliação, atribuição de escores e exame de resultados; metodologia que, contudo, impede a comparação de apurações de um ano e outro. A partir de 1995, passou-se a utilizar a Teoria de Resposta ao Item para avaliar o desempenho dos alunos e aquilatar sua proficiência. Por meio dessa técnica, diferentemente da anterior, os resultados não são afetados pela dificuldade de cada teste, eis que mede o comportamento do avaliado ante as questões e não pelo número de respostas corretas. Dada suas características, a técnica permite a comparação de alunos, estimação da distribuição de proficiências da população total ou por estratos e o monitoramento dos progressos do sistema educacional¹⁶². Dessa forma, em função de critérios e padrões estabelecidos, além do foco em cada questão e não na prova como um todo, mesmo testes diferentes permitem a comparabilidade das séries históricas de resultados¹⁶³.

De acordo com o Inep (2008), amostras estratificadas por zona, localização e rede de ensino derivam de extrações *rigorosamente* aleatórias e probabilísticas que consideram todo o conjunto de alunos matriculados no sistema educacional do País, o que permitiria relacionar os resultados amostrais com as características da população de referência. Busca-se contemplar este universo, numa sequência de três etapas — seleção de município, de escolas e, por fim, de turma — com supedâneo na proporção de alunos matriculados. Sustenta, ainda, que a avaliação aplica-se a todos os alunos das turmas selecionada e, automaticamente, professores e diretores são selecionados para responder a questionários.

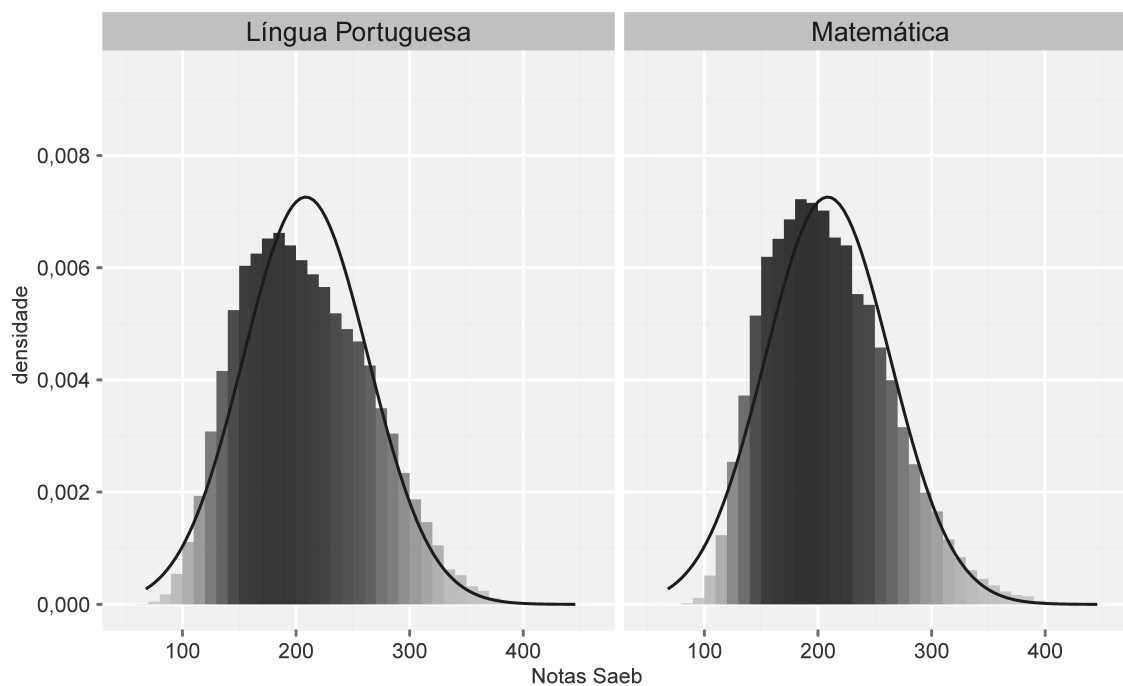
Os histogramas a seguir descrevem a configuração dos resultados do Saeb, em Língua Portuguesa e Matemática, para os dos alunos de 4^a e 8^a séries do ensino fundamental e do 3^o ano do ensino médio de escolas públicas estaduais e municipais das provas aplicadas em 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005 e 2007; neste último ano, apenas do ensino fundamental.

¹⁶² (KLEIN, 2003).

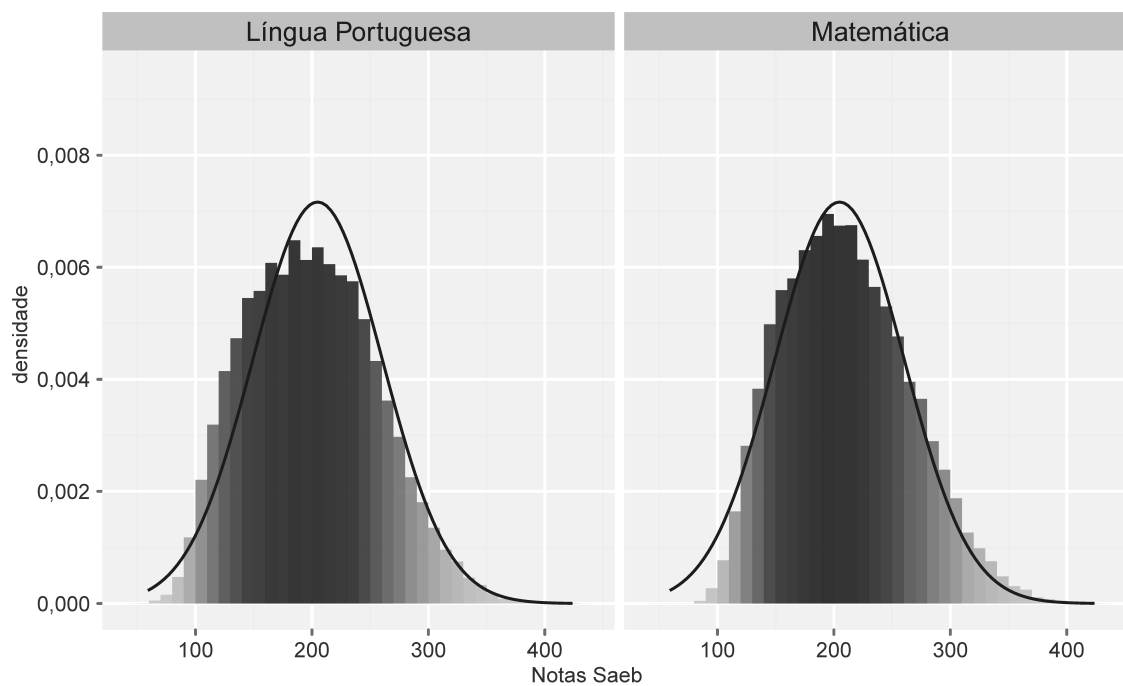
¹⁶³ (VIANNA, 2003).

Gráfico F-1: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 1995

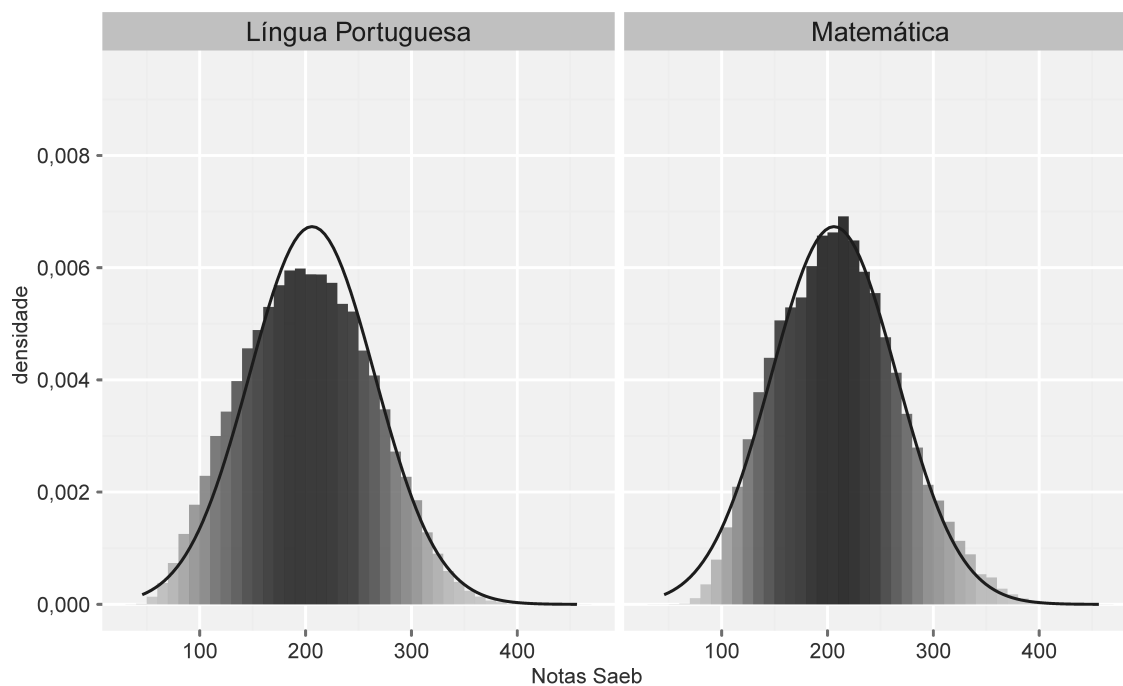
Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* do Saeb.

Gráfico F-2: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 1997

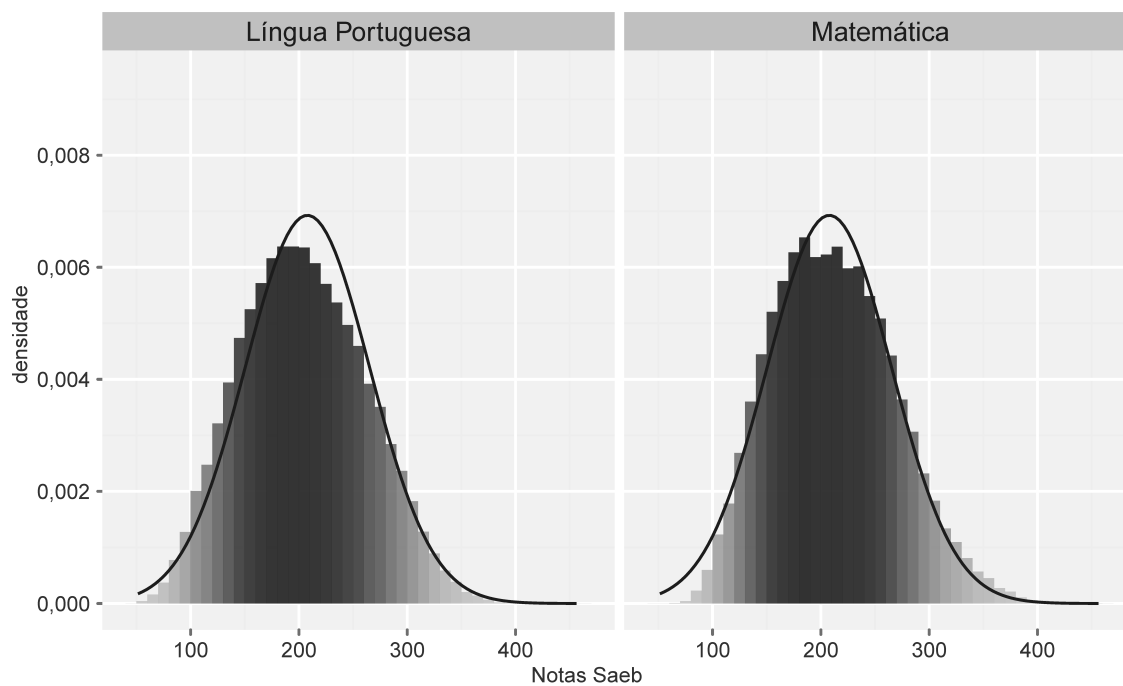
Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* do Saeb.

Gráfico F-3: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 1999

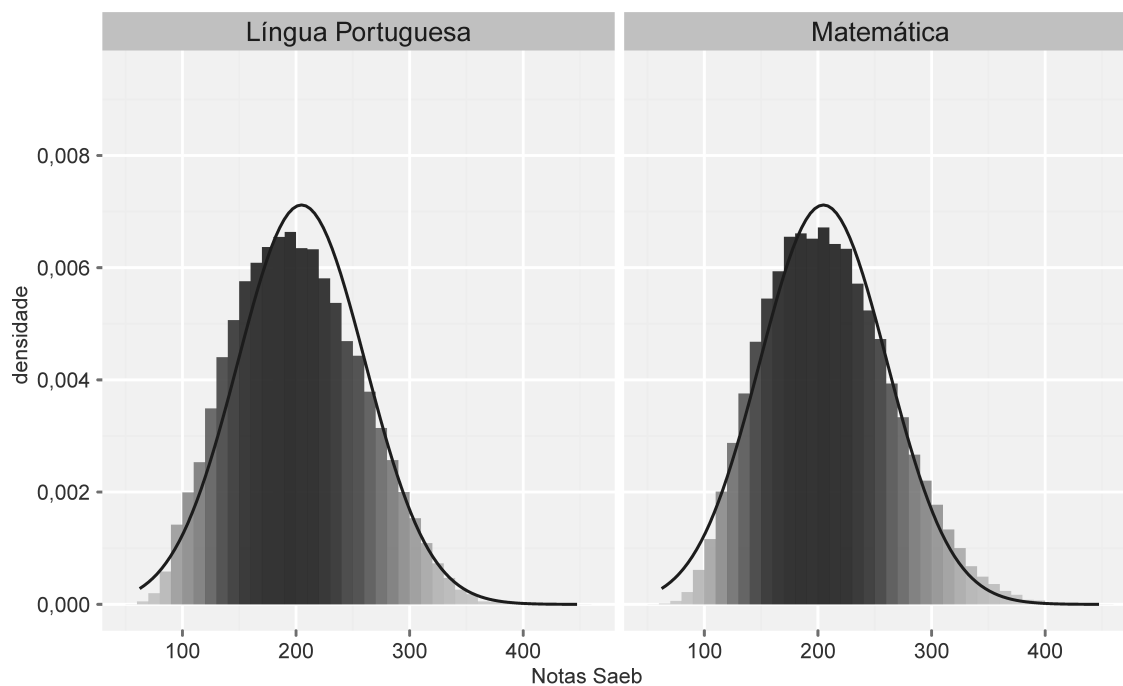
Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* do Saeb.

Gráfico F-4: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 2001

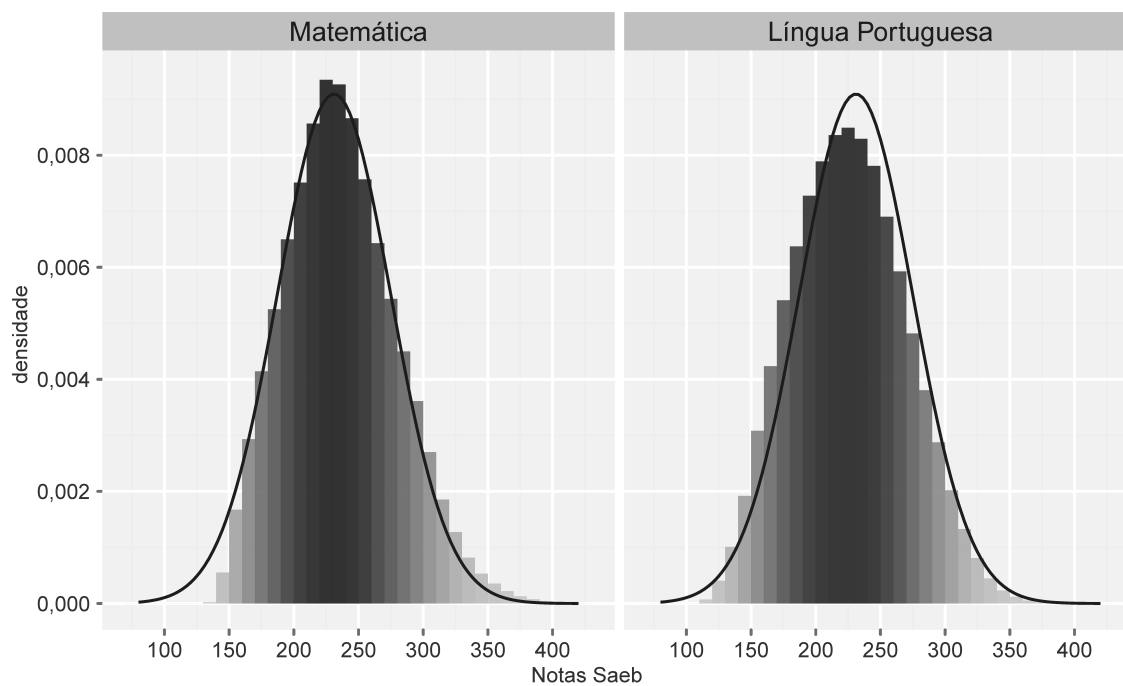
Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* do Saeb.

Gráfico F-5: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 2003

Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* do Saeb.

Gráfico F-6: Notas do Saeb dos ensinos fundamental e médio - 2005

Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* do Saeb.

Gráfico F-7: Notas do Saeb do ensino fundamental - 2007

Fonte: Elaboração própria a partir dos *microdados* da Prova Brasil.

Apêndice G

Tabela G-1: Estimação com mínimos quadrados ordinários – insumos e produtos – 1995/2008

Variáveis Independentes (Insumos)	Variáveis Dependentes (Produtos)				
	<i>Aprov</i>	<i>Matr</i>	<i>NDist</i>	<i>Saeb_Mat</i>	<i>Saeb_Port</i>
Constante	4,06E+05 *** (7,2E+04)	5,66E+05 *** (6,6E+04)	8,05E+04 (8,3E+04)	221,1659 *** (3,231)	234,3104 *** (4,329)
<i>Prof</i>	8,6877 *** (1,579)	15,5742 *** (1,434)	0,8786 (1,819)	-1,40E-04 ** (7,0E-05)	-3,32E-04 *** (9,4E-05)
<i>Func</i>	-0,9956 (1,249)	-4,2850 *** (1,134)	9,1633 *** (1,438)	-7,56E-05 (5,6E-05)	-1,24E-04 * (7,5E-05)
<i>SalH</i>	2,15E+04 *** (4,0E+03)	1,70E+04 *** (3,6E+03)	2,15E+04 *** (4,6E+03)	0,1726 (0,177)	-0,4660 * (0,237)
<i>InfEs</i>	-38,4143 (6,200)	-51,4866 *** (5,631)	-15,1980 ** (7,142)	-2,24E-04 (2,8E-04)	1,14E-03 *** (3,7E-04)
R^2 (within)	0,2136	0,3552	0,3527	0,1717	0,1527
<i>F</i>	23,5682	47,7828	47,2669	17,9816	15,6393
n	27	27	27	27	27
T	14	14	14	14	14

Fonte: Elaboração própria.

Apêndice H

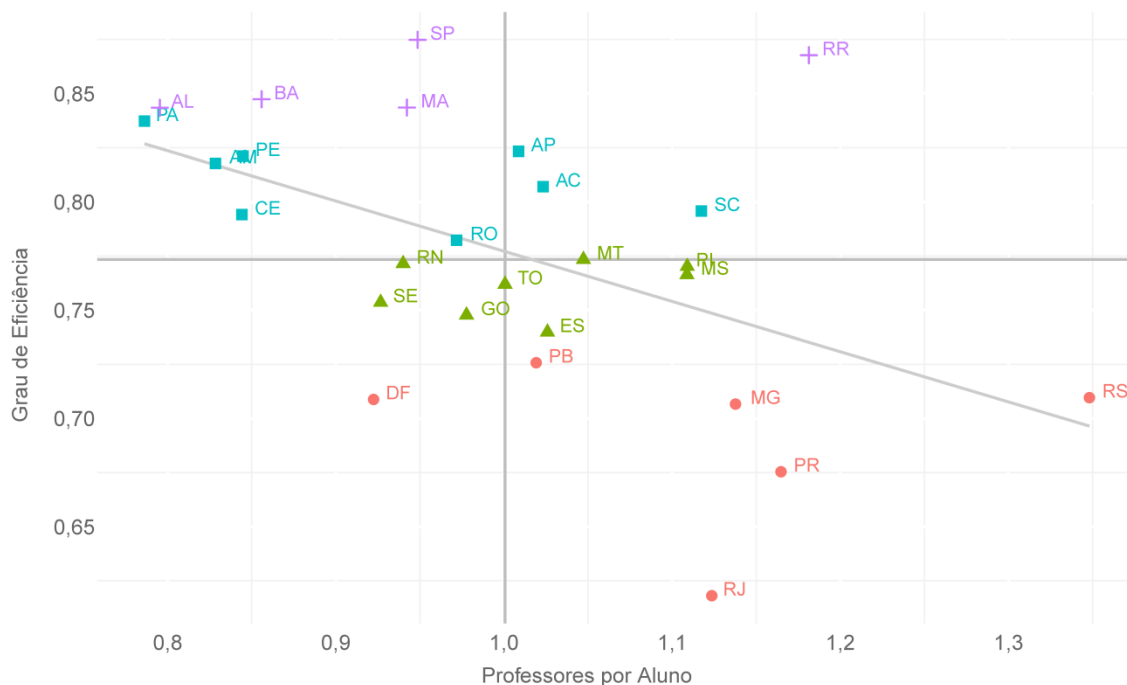
Tabela H-1: Níveis de eficiência das unidades federativas no emprego de recursos nos ensinos fundamental e médio – 1995/2008

Unidade Federativa	1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008			
	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o	1o	3o		
AC	0,762	0,755	0,769	0,743	0,771	0,736	0,766	0,743	0,753	0,735	0,792	0,725	0,763	0,724	0,832	0,736	0,850	0,736	0,852	0,761	0,844	0,770	0,843	0,772	0,856	0,773	0,861	0,773		
AL	0,717	0,693	0,712	0,713	0,782	0,731	0,782	0,739	0,820	0,728	0,860	0,736	0,891	0,756	0,902	0,779	0,913	0,790	0,918	0,789	0,912	0,779	0,907	0,775	0,891	0,772	0,843	0,744		
AM	0,738	0,765	0,734	0,736	0,734	0,748	0,730	0,773	0,817	0,777	0,845	0,762	0,827	0,753	0,852	0,782	0,859	0,796	0,864	0,800	0,861	0,786	0,859	0,787	0,885	0,800	0,871	0,794		
AP	0,798	0,726	0,804	0,703	0,790	0,718	0,777	0,752	0,801	0,768	0,836	0,765	0,827	0,753	0,845	0,736	0,834	0,701	0,777	0,713	0,847	0,726	0,865	0,730	0,867	0,726	0,867	0,718		
BA	0,854	0,876	0,841	0,880	0,857	0,894	0,891	0,917	0,877	0,916	0,872	0,916	0,866	0,917	0,863	0,919	0,862	0,919	0,825	0,914	0,833	0,910	0,840	0,913	0,831	0,913	0,761	0,895		
CE	0,722	0,791	0,713	0,821	0,726	0,830	0,764	0,824	0,791	0,815	0,806	0,818	0,812	0,824	0,814	0,843	0,811	0,850	0,817	0,854	0,851	0,854	0,873	0,861	0,866	0,864	0,775	0,842		
DF	0,622	0,791	0,603	0,762	0,653	0,768	0,621	0,792	0,637	0,799	0,672	0,798	0,690	0,796	0,708	0,797	0,738	0,792	0,749	0,794	0,795	0,794	0,812	0,795	0,838	0,803	0,851	0,797		
ES	0,743	0,794	0,681	0,747	0,684	0,755	0,719	0,787	0,748	0,802	0,779	0,805	0,779	0,798	0,745	0,800	0,780	0,805	0,767	0,817	0,774	0,819	0,741	0,807	0,722	0,801	0,707	0,795		
GO	0,669	0,827	0,719	0,835	0,747	0,843	0,755	0,846	0,740	0,842	0,745	0,839	0,745	0,831	0,757	0,834	0,779	0,836	0,777	0,837	0,775	0,831	0,762	0,827	0,751	0,832	0,755	0,814		
MA	0,793	0,754	0,791	0,765	0,810	0,785	0,838	0,796	0,842	0,806	0,849	0,817	0,845	0,827	0,853	0,843	0,836	0,846	0,849	0,849	0,859	0,845	0,869	0,853	0,885	0,863	0,897	0,862		
MG	0,613	0,923	0,681	0,923	0,692	0,927	0,684	0,924	0,671	0,928	0,679	0,931	0,684	0,931	0,708	0,934	0,723	0,923	0,766	0,906	0,770	0,905	0,763	0,902	0,750	0,917	0,727	0,933		
MS	0,818	0,796	0,818	0,805	0,827	0,806	0,835	0,802	0,790	0,781	0,778	0,772	0,751	0,775	0,761	0,795	0,772	0,809	0,738	0,814	0,723	0,808	0,729	0,799	0,709	0,787	0,698	0,779		
MT	0,773	0,796	0,757	0,724	0,753	0,727	0,728	0,767	0,768	0,785	0,777	0,777	0,753	0,763	0,758	0,777	0,776	0,786	0,777	0,780	0,789	0,772	0,800	0,785	0,820	0,806	0,803	0,795		
PA	0,764	0,801	0,804	0,818	0,826	0,834	0,809	0,842	0,836	0,839	0,830	0,831	0,835	0,827	0,861	0,844	0,867	0,853	0,868	0,857	0,855	0,847	0,850	0,849	0,868	0,866	0,855	0,851		
PB	0,654	0,778	0,629	0,789	0,673	0,798	0,705	0,798	0,720	0,786	0,723	0,791	0,732	0,802	0,755	0,813	0,773	0,815	0,768	0,818	0,759	0,812	0,776	0,811	0,770	0,813	0,747	0,805		
PE	0,767	0,794	0,794	0,802	0,783	0,803	0,794	0,800	0,807	0,793	0,829	0,802	0,835	0,811	0,863	0,819	0,857	0,818	0,858	0,838	0,870	0,848	0,866	0,849	0,836	0,847	0,750	0,838		
PI	0,683	0,760	0,669	0,753	0,747	0,763	0,791	0,776	0,816	0,783	0,803	0,795	0,810	0,805	0,806	0,814	0,811	0,811	0,774	0,807	0,793	0,800	0,799	0,792	0,752	0,785	0,748	0,769		
PR	0,630	0,875	0,678	0,873	0,647	0,874	0,625	0,876	0,632	0,867	0,654	0,863	0,666	0,862	0,684	0,867	0,696	0,867	0,696	0,867	0,717	0,873	0,724	0,875	0,747	0,875	0,698	0,879	0,671	0,872
RJ	0,562	0,866	0,608	0,853	0,584	0,854	0,600	0,871	0,620	0,884	0,629	0,890	0,641	0,889	0,631	0,895	0,634	0,897	0,624	0,903	0,613	0,901	0,616	0,901	0,612	0,903	0,690	0,871		
RN	0,720	0,774	0,730	0,776	0,748	0,778	0,753	0,770	0,763	0,749	0,762	0,756	0,764	0,769	0,783	0,787	0,814	0,792	0,807	0,784	0,823	0,771	0,809	0,767	0,786	0,768	0,747	0,754		
RO	0,713	0,737	0,709	0,745	0,726	0,754	0,697	0,760	0,713	0,753	0,788	0,747	0,810	0,752	0,831	0,772	0,842	0,779	0,825	0,774	0,825	0,767	0,824	0,769	0,849	0,775	0,827	0,769		
RR	0,867	0,761	0,855	0,761	0,860	0,763	0,864	0,767	0,887	0,759	0,886	0,731	0,874	0,729	0,873	0,766	0,866	0,769	0,870	0,766	0,868	0,749	0,867	0,742	0,858	0,741	0,853	0,732		
RS	0,671	0,841	0,677	0,855	0,729	0,852	0,761	0,846	0,740	0,849	0,690	0,856	0,685	0,855	0,685	0,861	0,686	0,860	0,671	0,859	0,677	0,852	0,700	0,853	0,772	0,849	0,807	0,862		
SC	0,712	0,829	0,792	0,813	0,794	0,817	0,794	0,830	0,802	0,833	0,803	0,834	0,803	0,828	0,799	0,830	0,809	0,835	0,806	0,835	0,827	0,829	0,812	0,832	0,811	0,834	0,785	0,830		
SE	0,664	0,737	0,656	0,736	0,689	0,737	0,727	0,737	0,739	0,724	0,785	0,719	0,785	0,732	0,775	0,755	0,774	0,767	0,826	0,773	0,832	0,765	0,813	0,751	0,752	0,739	0,762	0,722		
SP	0,885	0,961	0,874	0,950	0,872	0,946	0,864	0,945	0,865	0,946	0,872	0,946	0,876	0,947	0,881	0,947	0,881	0,946	0,879	0,948	0,880	0,948	0,876	0,947	0,864	0,949	0,880	0,954		
TO	0,769	0,780	0,780	0,763	0,767	0,753	0,739	0,761	0,737	0,752	0,767	0,747	0,752	0,753	0,773	0,768	0,781	0,769	0,769	0,764	0,779	0,758	0,772	0,763	0,757	0,766	0,728	0,756		

Fonte: Elaboração própria.

Apêndice I

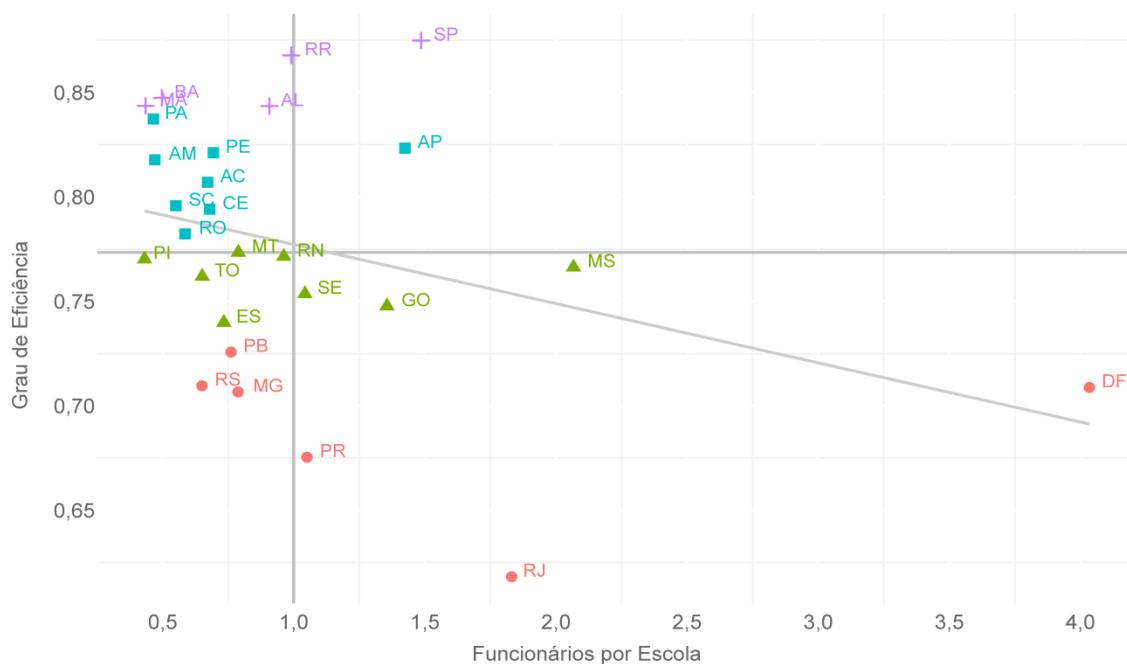
Gráfico I-1: Graus de eficiência médios e número de professores por aluno médio – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: o número de professores por aluno foi normalizado pela média.

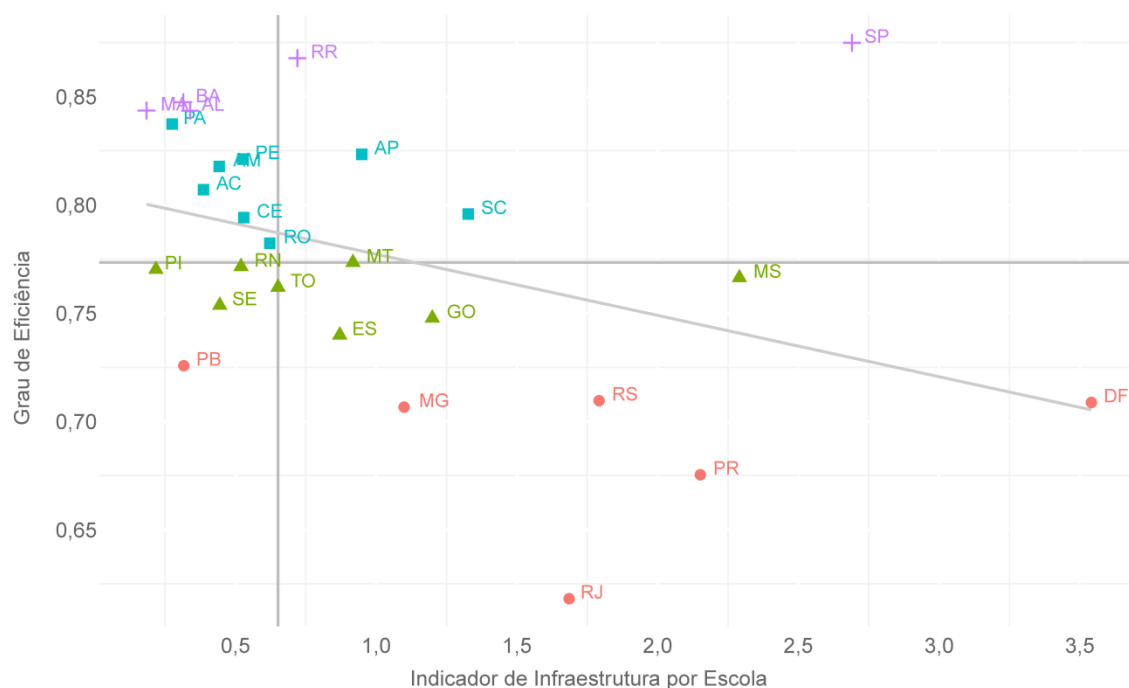
Gráfico I-2: Graus de eficiência médios e número de funcionários por escola médio – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: o número de funcionários por escola foi normalizado pela média.

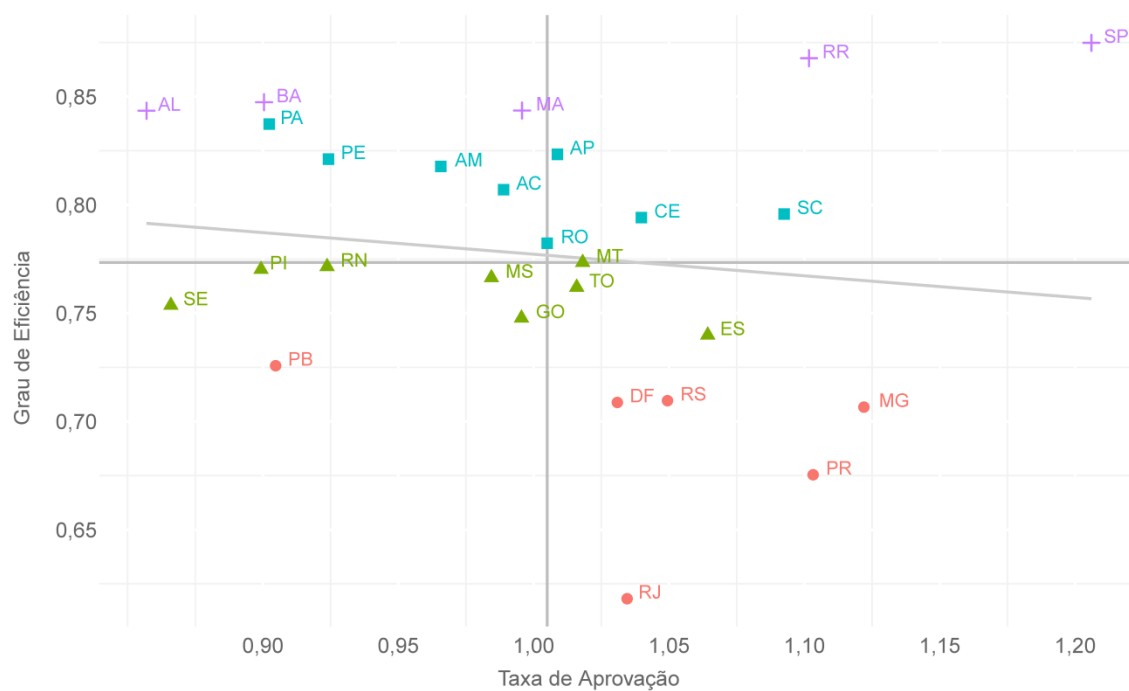
Gráfico I-3: Graus de eficiência médios e indicador de infraestrutura por escola médios – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: os indicadores de infraestrutura por escola foram normalizados pela média.

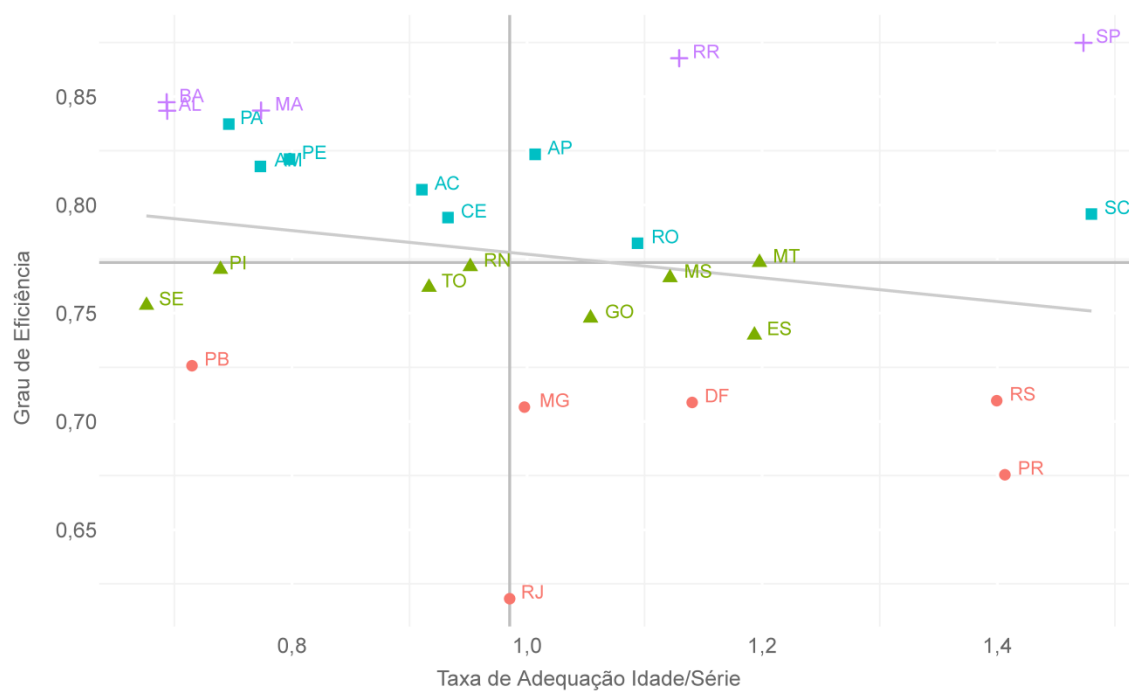
Gráfico I-4: Graus de eficiência médios e taxa de aprovação média – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: as taxas de aprovação foram normalizadas pela média.

Gráfico I-5: Graus de eficiência médios e taxas de adequação idade/série médias – 1995/2008

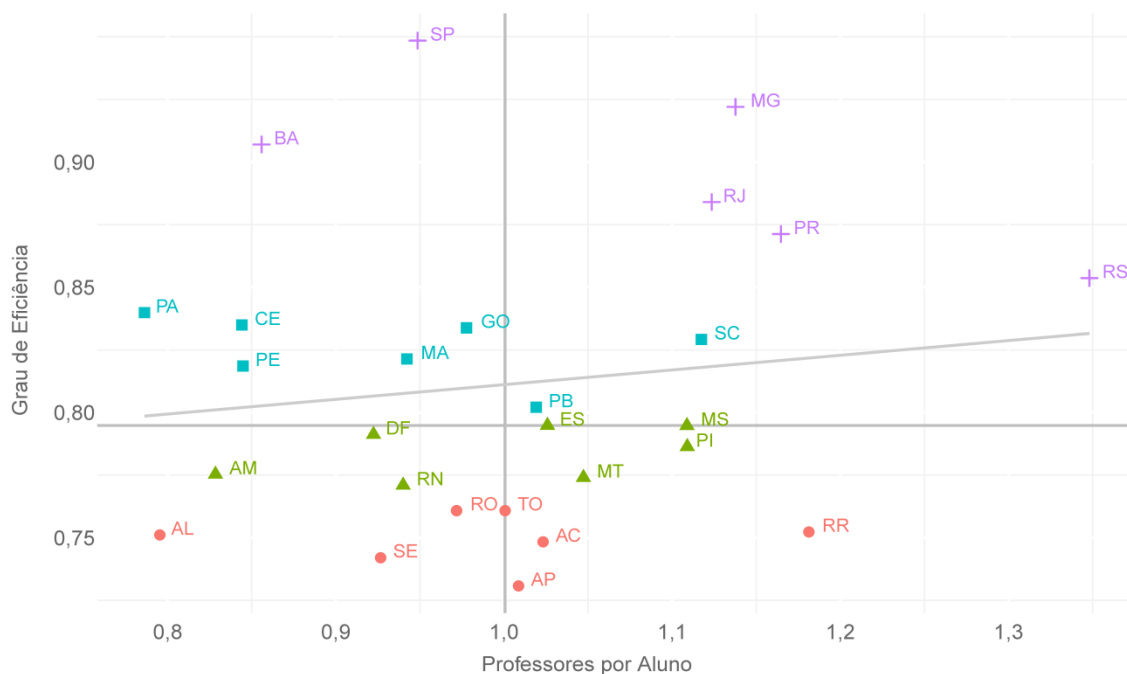


Fonte: Elaboração própria.

Nota: as taxas de adequação idade/série foram normalizadas pela média.

Apêndice J

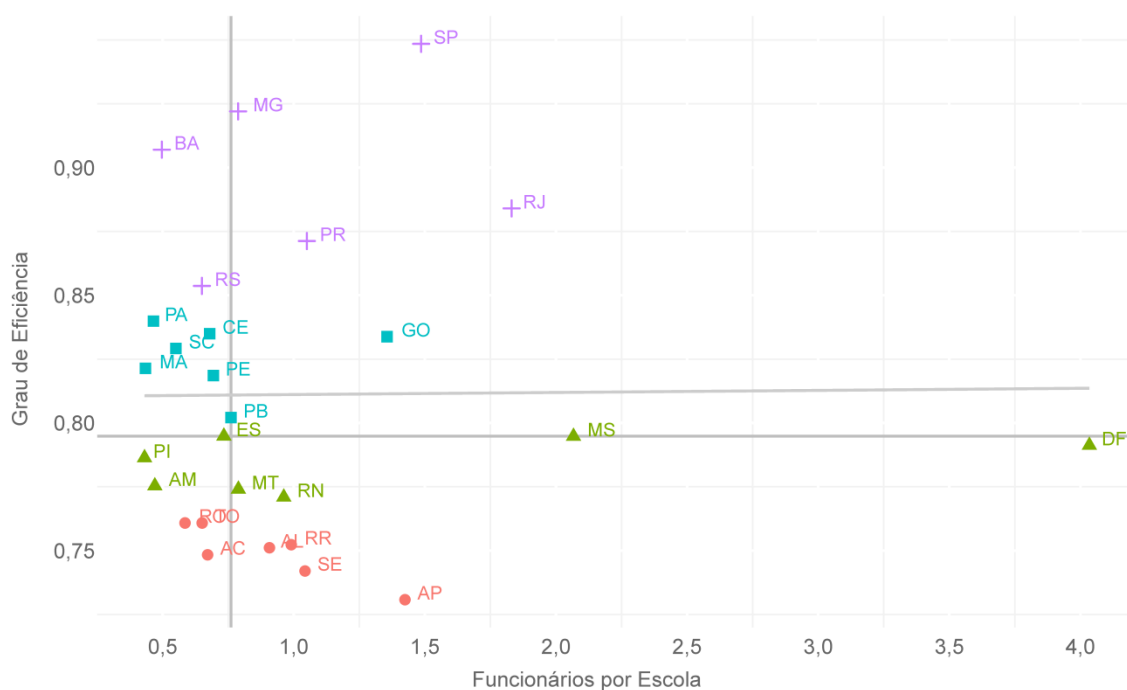
Gráfico J-1: Graus de eficiência médios e número de professores por aluno médio – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: o número de professores por aluno foi normalizado pela média.

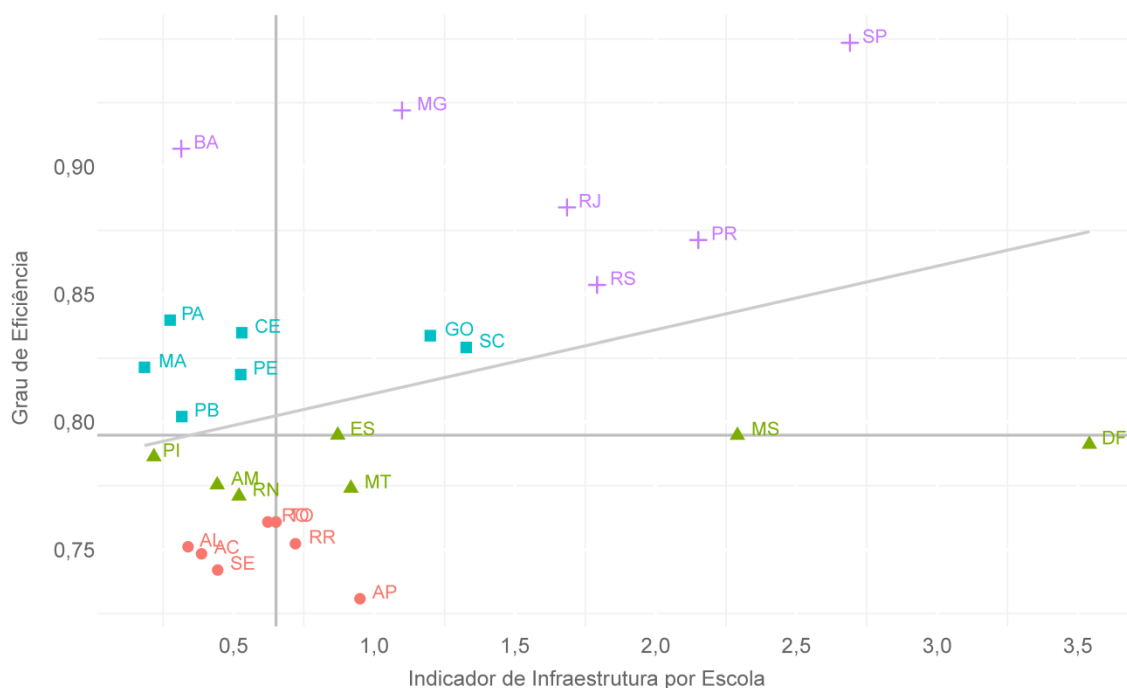
Gráfico J-2: Graus de eficiência médios e número de funcionários por escola médio – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: o número de funcionários por escola foi normalizado pela média.

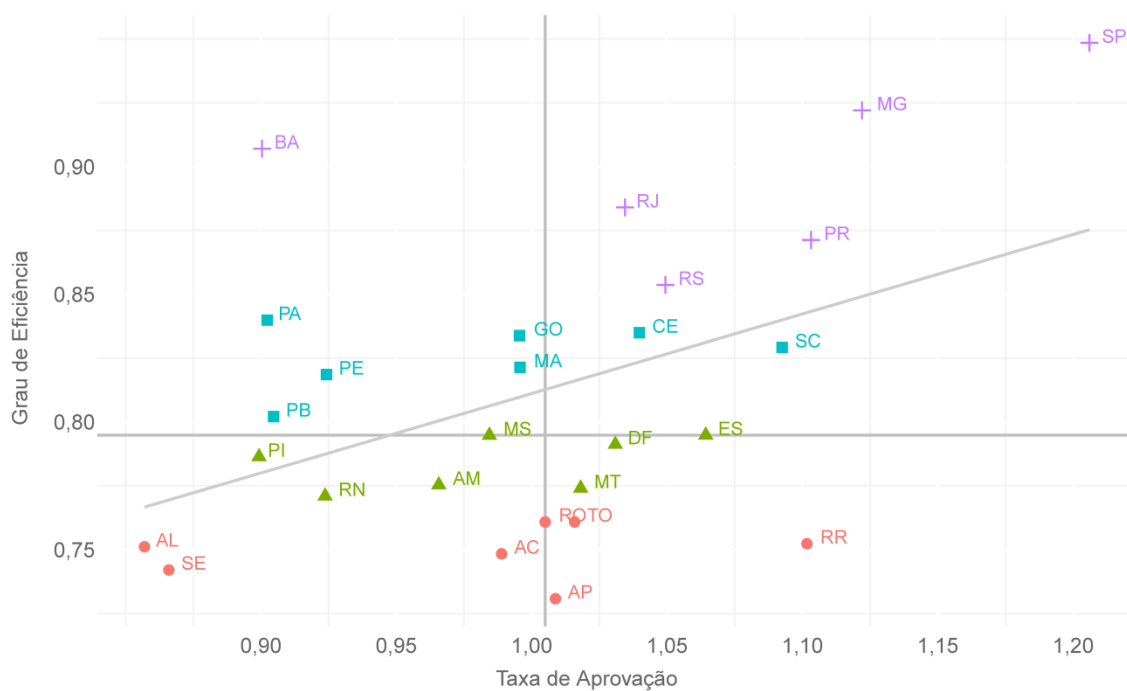
Gráfico J-3: Graus de eficiência médios e indicador de infraestrutura por escola médio – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: os indicadores de infraestrutura por escola foram normalizados pela média.

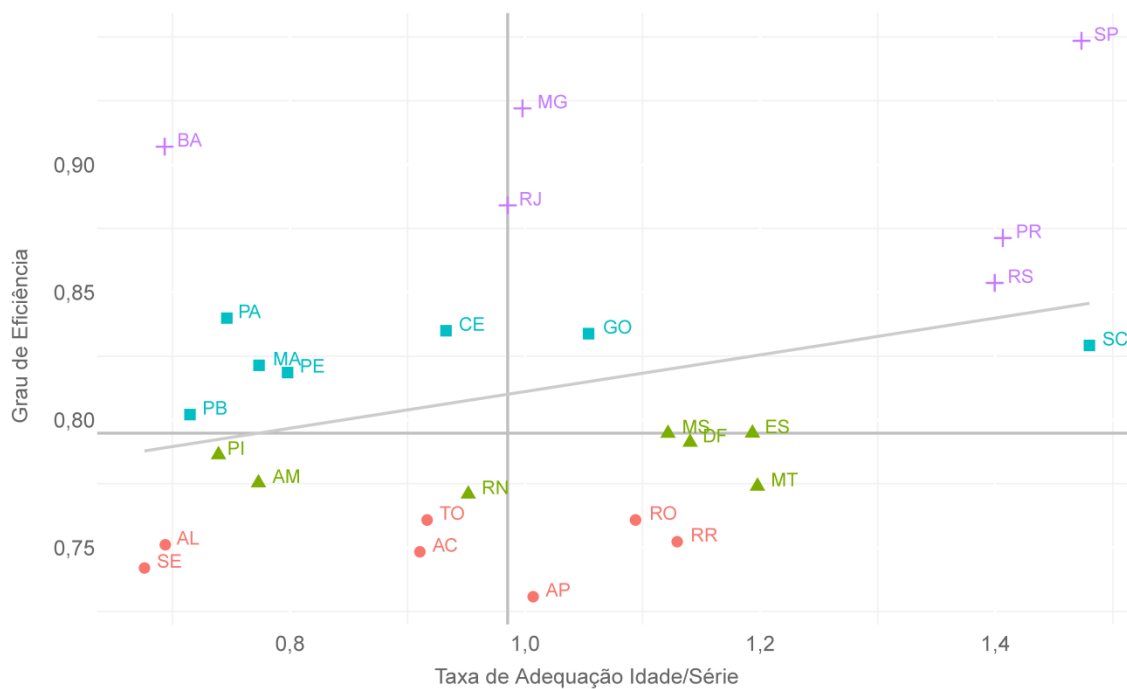
Gráfico J-4: Graus de eficiência médios e taxa de aprovação média – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.

Nota: as taxas de aprovação foram normalizadas pela média.

Gráfico J-5: Graus de eficiência médios e taxa de adequação idade/série média – 1995/2008

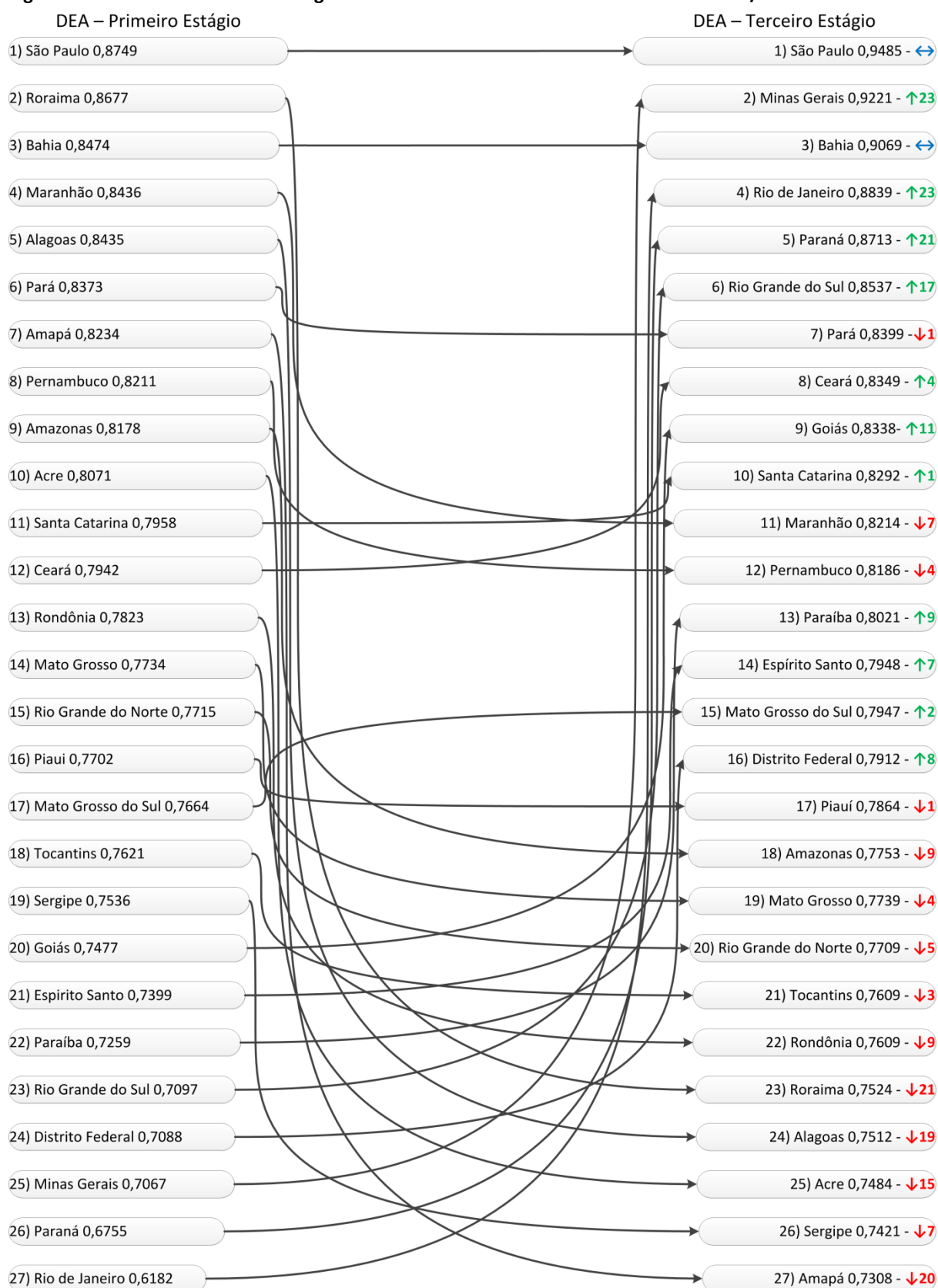


Fonte: Elaboração própria.

Nota: as taxas de adequação idade/série foram normalizadas pela média.

Apêndice K

Figura K-1: Movimento relativo dos graus de eficiência das unidades federativas – 1995/2008



Fonte: Elaboração própria.