CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

THIAGO HENRIQUE OLIVEIRA SILVA

ABORDAGEM DEA PARA MEDIR A EFICIÊNCIA DAS INSTITUIÇÕES PERTENCENTES À REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

BELO HORIZONTE
2021

THIAGO HENRIQUE OLIVEIRA SILVA

ABORDAGEM DEA PARA MEDIR A EFICIÊNCIA DAS INSTITUIÇÕES PERTENCENTES À REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

Linha de pesquisa: Processos decisórios em arranjos organizacionais

Orientadora: Prof.ª Dra. Elisangela Martins de Sá

BELO HORIZONTE
2021

Silva, Thiago Henrique Oliveira
S586a Abordagem DEA para medir a eficiência das instituições pertencentes à rede federal de educação profissional, científica e tecnológica / Thiago Henrique Oliveira Silva. – 2021.
183 f.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração.
Orientadora: Elisângela Martins de Sá.
Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

1. Institutos federais de educação, ciência e tecnologia – Avaliação – Teses. 2. Ensino profissional – Teses. 3. Análise de envoltória de dados – Teses. 4. Escolas – Organização e administração – Teses. 5. Testes e medições educacionais – Teses. I. Sá, Elisângela Martins de. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título.

CDD 370.113

Elaboração da ficha catalográfica pela bibliotecária Jane Marangon Duarte, CRB 6º 1592 / Cefet/MG

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - NG

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 20 / 2021 - PPGA (11.52.13)

Nº do Protocolo: 23062.055199/2021-17

Belo Horizonte-MG, 10 de dezembro de 2021.

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO do Senhor Thiago Henrique Oliveira Silva. No dia 10 de dezembro de 2021, às 14h00min, reuniu-se em videoconferência a Banca Examinadora de dissertação designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Administração do CEFET-MG para julgar o trabalho final intitulado "**Abordagem DEA para Medir a Eficiência das Instituições Pertencentes à Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica**", requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Processos e Sistemas Decisórios em Arranjos Organizacionais**. Abrindo a sessão, a Senhora Presidente da Banca, Profa. Dra. Elisangela Martins de Sá, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa do aluno. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final: Aprovação. O resultado final foi comunicado publicamente ao aluno pela Senhora Presidente da Banca. Nada mais havendo a tratar, a Senhora Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

(Assinado digitalmente em 10/12/2021 17:56)
ELISANGELA MARTINS DE SA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCSA (11.56.04)
Matrícula: 2228059

(Assinado digitalmente em 14/12/2021 11:04)
FELIPE DIAS PAIVA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCSA (11.56.04)
Matrícula: 1671067

(Assinado digitalmente em 13/12/2021 12:25)
MAGNO SILVÉRIO CAMPOS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 067.206.276-35

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp informando seu número: **20**, ano: **2021**, tipo: **ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**, data de emissão: **10/12/2021** e o código de verificação: **ff3a3ca22b**

A Deus, a minha esposa e aos meus pais.

Agradecimentos

A Deus sempre em primeiro lugar porque dele e por ele são todas as coisas. Para mim, agradecer a Deus mais do que nunca foi algo tão certo, puro e verdadeiro, uma vez que durante todo o curso, muito mais foram as incertezas do que as certezas, cenários e projeções pandêmicas que não pareciam ter fim. Mas, aqui estou, com saúde e fôlego de vida para agradecer por tudo o que ele fez por mim, e por todos aqueles que estiveram ao meu redor nesse período.

A minha amada, companheira, amiga e querida esposa Yasmim que sempre acreditou em mim e que nunca pois a prova a minha capacidade e determinação para alcançar este objetivo tão desejado. Aos meus amados pais que mesmo não entendendo o porquê de tantas renúncias, finais de semana e noites estudando, oraram e incondicionalmente nunca duvidaram da minha capacidade. E claro, ao Chicó meu gato de estimação, que durante toda a jornada se fazia presente, ora miando por comida ou parando em frente ao monitor do computador me "alertando" que era hora de parar e descansar.

A minha orientadora, a professora Dra. Elisangela, que durante toda a jornada laborou com afinco para transferir todo o seu conhecimento, mas sempre respeitando os meus limites, aspirações e motivações. Com ela aprendi que é possível transladar todo desafio acadêmico, por mais difícil e desafiador que pareça. Ao IFMG que me proporcionou um período de tempo para que eu pudesse me dedicar aos estudos, despertando novamente em mim o desejo de estreitar os laços e conciliar os resultados produzidos na academia com o ambiente de trabalho. Ao CEFET-MG, mais especificamente ao PPGA, na figura da coordenação do programa, corpo docente e técnico administrativo que durante o curso disponibilizaram toda a estrutura necessária para que eu pudesse produzir conhecimento e por conseguinte concluir com êxito meus estudos.

A CAPES que mesmo em um cenário desafiador e insólito de recursos tem disponibilizado espaço para que novos alunos possam adentrar em instituições públicas de ensino de qualidade como o CEFET-MG. Agradeço fortemente os professores Dr. Felipe e Dr. Magno que enriqueceram esta pesquisa com comentários pertinentes, técnicos e de uma riqueza de conteúdo que foram fundamentais para a conclusão dessa pesquisa.

Por fim, agradeço a todos os colegas da turma 2020, que mesmo separados durante praticamente todo o curso devido a pandemia, se mostraram sempre solistas, participantes e engajados com o meu crescimento, amadurecimento e aperfeiçoamento enquanto aluno, profissional e ser humano.

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

(Eclesiastes 3:1)

Resumo

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) tem abrangência nacional e é composta por 64 instituições, dentre elas, as Escolas Técnicas Vinculadas, os Institutos Federais de Educação, os Centros Federais de Educação e o Colégio Pedro II. A RFEPCT oferece ensino nas mais diversas modalidades, de forma gratuita e acessível a toda a sociedade. Nesse sentido, a fim de manter esse ensino acessível e com qualidade a todas as regiões em que a RFEPCT está presente, nota-se um interesse cada vez maior por parte da administração pública de medir a eficiência das suas unidades vinculadas. Dessa maneira, esta pesquisa teve por objetivo propor uma abordagem objetiva utilizando-se da Análise de Componentes Principais (ACP) para a seleção das variáveis de entrada e saída e da Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência da RFEPCT na perspectiva dos indicadores educacionais da Plataforma Nilo Peçanha (PNP), do Índice de Governança e Gestão (IGG) e do Índice Geral de Curso (IGC) das instituições de ensino vinculadas a RFEPCT. Cabe destacar a possibilidade de utilização dos resultados aqui postulados para apoio na tomada de decisão dos gestores a nível estratégico e tático tais como reitores, pró reitores, diretores gerais e demais diretores sistêmicos das instituições vinculadas à RFEPCT. Em relação aos métodos utilizados, esta pesquisa foi aplicada, uma vez que propôs uma abordagem objetiva sobre uma problemática real no âmbito educacional. Ademais, a mesma foi quantitativa uma vez que mensurou de forma numérica a eficiência das unidades vinculadas a RFEPCT. No tocante aos fins, esta pesquisa foi descritiva, pois buscou identificar, registrar e analisar as características do objeto estudado. Como meio, foi feito uma pesquisa documental acerca dos dados provenientes do indicador do Tribunal de Contas da União (TCU) denominado IGG, do IGC do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e dos indicadores educacionais presentes na PNP oriundos do Ministério da Educação (MEC). A partir dos resultados foi possível selecionar variáveis com alta capacidade explicativa, não redundantes e que contemplasse áreas importantes a serem monitoradas na educação como recursos orçamentários, qualidade dos cursos, governança e gestão. Além disso, a partir da mensuração da eficiência foi possível apontar o IFRN como a única Unidade Tomadora de Decisão (UTD) eficiente e principal referência no que tange a adoção de boas práticas de eficiência. Ademais, a partir de uma perspectiva regionalizada, verificou-se que as UTDs localizadas nas regiões sudeste e sul foram as que obtiveram as melhores posições no ranqueamento. Em contrapartida, de maneira geral, as regiões norte, nordeste e centro-oeste não obtiveram bons resultados de eficiência. Uma atenção maior se dá para as UTDs localizadas na região norte, principalmente em virtude dos resultados alcançados nos indicadores e devido a dispersão geográfica a ser atendida pelas UTDs. Destarte, após a comparação do ranqueamento proposto nessa abordagem com o Índice de eficiência acadêmica (IEA), foi possível verificar diferenças significas nas posições alcançadas pelas UTDs, validando a DEA como uma técnica mais completa, robusta e com maior confiabilidade no que tange ao ranqueamento das UTDs vinculadas a RFEPCT, podendo inclusive ser inserida na PNP para auxiliar na tomada de decisão dos gestores educacionais. Além disso, recomenda-se a não utilização do IEA como critério para ranqueamento ou a adoção da DEA para tal objetivo.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, Eficiência, Indicadores de gestão educacional, Rede Federal de Educação.

Abstract

The Federal Network of Professional, Scientific and Technological Education (FNPSTE) has a national coverage and is composed of 64 institutions, among them, its Technical Schools, the Federal Education Institutes, the Federal Education Centers and Colégio Pedro II. FNPSTE offers education in the most diverse modalities, free of charge and accessible to all of society. In this sense, in order to keep this education accessible and with quality to all regions where the FNPSTE is present, there is a growing interest on the part of the public administration to measure the efficiency of its units. Thus, this research aimed to propose an objective approach using Principal Component Analysis (PCA) for the selection of input and output variables and Data Envelopment Analysis (DEA) to measure the efficiency of FNPSTE from the perspective of educational indicators from the Nilo Peçanha Platform (NPP), the Governance and Management Index (GMI) and the General Course Index (GCI) of educational institutions of FNPSTE. It is worth highlighting the possibility of using the results postulated here to support decision-making by managers at a strategic and tactical level, such as rectors, pro-rectors, general directors and other systemic directors of FNPSTE institutions. Regarding the methods used, this research was applied, as it proposed an objective approach to a real problem in the educational field. Furthermore, it was quantitative since it measured numerically the efficiency of the FNPSTE units. With regard to the purposes, it was descriptive, as it sought to identify, record and analyze the characteristics of the studied object. As a means, a documentary research was carried out on data from the indicator of the Federal Court of Accounts (FCA) called IGG, from the IGC of the National Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira (NIES) and the educational indicators present in the NPP from the Ministry of Education (MEC). From the results, it was possible to select variables with high explanatory capacity, non-redundant and that contemplated important areas to be monitored in education, such as budget resources, quality of courses, governance and management. In addition, from the measurement of efficiency, it was possible to point out the IFRN as the only efficient Decision Making Unit (DMU) and the main reference regarding the adoption of good efficiency practices. Furthermore, from a regionalized perspective, it was found that the DMUs located in the southeast and south regions were the ones that obtained the best ranking positions. On the other hand, in general, the North, Northeast and Midwest regions did not obtain good efficiency results. Greater attention is given to the DMUs located in the northern region, mainly due to the results achieved in the indicators and due to the geographic dispersion to be attended by the DMUs. Thus, after comparing the ranking proposed in this approach with the Academic Efficiency Index (AEI), it was possible to verify significant differences in the positions reached by the DMUs, validating the DEA as a more complete, robust and more reliable technique with regard to ranking of the DMUs linked to FNPSTE, and may even be included in the PNP to assist in decision-making by educational managers. In addition, it is recommended not to use the AEI as a ranking criterion or to adopt the DEA for this purpose.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Efficiency, Educational Management Indicators, Federal Education Network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Expansão da Rede Federal 32
Figura 2 - Macro fluxo para coleta, validação e disseminação dos dados da PNP 36
Figura 3 - Macrofluxo do relatório de acompanhamento 49
Figura 4 - Elementos de uma UTD 56
Figura 5 - Fronteira de eficiência de uma UTD 57
Figura 6 - Orientação voltada para entrada e saída 58
Figura 7 - Comparação de eficiências entre modelos CCR e BCC 62
Figura 8 - Diferença entre eficiências técnica e escala 63
Figura 9 - Comparação entre a fronteira padrão DEA e a fronteira invertida 66
Figura 10 - Fluxo de etapas para utilização nos dados originais 78
Figura 11 - Fluxo de detecção de problemas para a tomada de decisão 81
Figura 12 - A utilização da DEA no processo decisório 83
Figura 13 - Estrutura social dos principais autores 86
Figura 14 - Fluxo para a abordagem DEA 108
Figura 15 - Resultado da matriz de correlação com α destacado 112
Figura 16 - Análise de radar das eficiências 123
Figura 17 - Eficiência regionalizada - sudeste 125
Figura 18 - Eficiência regionalizada – sul 128
Figura 19 - Eficiência regionalizada - norte 130
Figura 20 - Eficiência regionalizada - nordeste 133
Figura 21 - Eficiência regionalizada – centro oeste 135
Figura 22 - Comparativo DEA x PNP 137
Figura 23 - Ícone para download do SIAD 3.0 158
Figura 24 - Ícone para download do SIAD 3.0 158
Figura 25 - Tela de carregamento inicial do SIAD 159
Figura 26 - Entrada manual dos dados 159
Figura 27 - Entrada automática dos dados 160
Figura 28 - Entrada de dados 161
Figura 29 - Matriz de dados 162
Figura 30 - Tela principal SIAD 162
Figura 31 - Edição das UTDs e variáveis 163

Figura 32 - Informações sobre o software SIAD 164
Figura 33 - Código R (correlação) 165
Figura 34 - Boxplot do resultado da correlação posto-ordem de Spearman 171
Figura 35 - Correlação de postos de Spearman 173

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelos de avaliação educacional no Brasil 28
Quadro 2 - Aspectos para elaboração de sistemas de indicadores 29
Quadro 3 - Marcos históricos da Educação Profissional no Brasil 30
Quadro 4 - Indicadores da Plataforma Nilo Peçanha (PNP) 37
Quadro 5 - Atribuição de valores as categorias das respostas IGC 2018 50
Quadro 6 - Cálculo do IGC 53
Quadro 7 - Modelo de programação fracionária CCR 59
Quadro 8 - Modelo de programação CCR entrada 59
Quadro 9 - Modelo de programação CCR saída 60
Quadro 10 - Modelo de programação BCC 61
Quadro 11 - Comparação entre os modelos de orientação de saída e entrada no modelo CCR 64
Quadro 12 - Comparação matemática entre as orientações de saída e entrada no modelo BCC 64
Quadro 13 - Teste de normalidade 71
Quadro 14 - Comparativo entre testes de normalidade 71
Quadro 15 - Comparativo entre os tipos de correlação 73
Quadro 16 - Teste de hipóteses de correlação 74
Quadro 17 - Seleção das componentes principais 77
Quadro 18 - Abordagens para seleção de variáveis 80
Quadro 19 - Pesquisa em bases 85
Quadro 20 - DEA aplicado na RFEPCT 88
Quadro 21 - Resumo da pesquisa 94
Quadro 22 - Estrutura da pesquisa 95
Quadro 23 - Instituições pertencentes a RFEPCT 99
Quadro 24 - Fluxo operacional 99
Quadro 25 - Variáveis de entrada e saída selecionadas 120
Quadro 26 - Níveis de eficiência 124
Quadro 27 - Teste de hipóteses de normalidade 170
Quadro 28 - Teste de hipóteses de correlação 170

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Números da expansão da rede 33
Tabela 2 - Análise de indicadores sociais, educacionais e econômicos dos municípios beneficiados com a instalação dos Institutos Federais 33
Tabela 3 - Pesos por componentes e dimensões 52
Tabela 4 - Parâmetros de conversão do IGC em faixa 54
Tabela 5 - Escala de correlação 74
Tabela 6 - Teste de normalidade 109
Tabela 7 - Resultados da matriz de correlação sem o α de 5% 111
Tabela 8 - Resultados da matriz de correlação com α < 5% 112
Tabela 9 - Componentes selecionados para as variáveis de entrada 115
Tabela 10 - Coeficientes da ACP de correlação das componentes com menor poder explicativo das variáveis de entrada 115
Tabela 11 - Estatística univariada das variáveis de entrada 116
Tabela 12 - Correlação entre autovalores e coeficientes – variáveis de entrada 117
Tabela 13 - Correlação das variáveis originais 117
Tabela 14 - Componentes selecionados para as variáveis de saída 117
Tabela 15 - Coeficientes da ACP de correlação das componentes com menor poder explicativo das variáveis de saída 118
Tabela 16 - Correlação entre autovalores e coeficientes – variáveis de saída 118
Tabela 17 - Correlação das variáveis originais – variáveis de saída 119
Tabela 18 - Ranqueamento de eficiência da RFEPCT 122
Tabela 19 - Indicadores da PNP 126
Tabela 20 - UTDs de referências -sudeste 127
Tabela 21 - Indicadores da PNP 129
Tabela 22 - UTDs de referências -sul 129
Tabela 23 - Comparativo entre UTDs 130
Tabela 24 - UTDs de referências -norte 131
Tabela 25 - UTDs de referências -nordeste 134
Tabela 26 - UTDs de referências -centro oeste 135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	*Análise de Componentes Principais*
ANAO	*Australian National Audit Office*
BCC	*Banker Charnes Cooper*
CC	*Conclusão por Ciclo*
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CCR	*Charnes Cooper e Rhodes*
COSO	*Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*
CPC	Conceito Preliminar de Curso
CRS	*Constant Return of Scale*
DEA	Análise Envoltória de Dados
DMU	*Decision Making Units*
EC	Evasão por Ciclo
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE)
GCM	Gasto Corrente por Matrícula
IDD	Indicador de Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IE	Instituição de Ensino
IEA	Índice de Eficiência Acadêmica
IFAC	*International Federation of Accountants*
ICGGPS	*Independent Commission for Good Governance in Public Services*
IGOVPUB	Índice de governança pública
IGC	Índice Geral de Cursos
IGG	Índice integrado de governança e gestão pública
IGOVPESS	Índice de gestão de pessoas
IGOVTI	Índice de gestão de TI
IGOVCONTR	Índice de gestão de contratações
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MEC	Ministério da Educação
NPM	*New Public Management*
NIDD	Nota do Indicador de Diferença entre os Desempenhos
NT	Nota Técnica

OPM	*Office for Public Management*
PDI	Plano de Desenvolvimento Institucional
PNP	Plataforma Nilo Peçanha
PPL	Programação Linear
RAP	Relação de Alunos por Professor
RFEPCT	Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica
SIAD	Sistema Integrado de Apoio à Decisão
SIAFI	Sistema Integrado de Administração Financeira
SIAPE	Sistema Integrado de Administração de Pessoal
SETEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
SISTEC	Sistema Informações da Educação Profissional e Tecnológica
SINAES	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
TCU	Tribunal de Contas da União
UTD	Unidade Tomadora de Decisão
VRS	*Variable Return of Scale*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18

1.1 Contextualização do tema 18

1.2 Problema 19

1.3 Objetivos 20

1.3.1 Objetivo geral 20

1.3.2 Objetivos específicos 21

1.4 Justificativa 21

1.5 Organização da pesquisa 24

2 REFERENCIAL TEÓRICO 25

2.1 Eficiência nas organizações 26

2.2 Eficiência na administração pública 26

2.3 Eficiência na educação 27

2.4 A educação profissional no Brasil 30

2.4.1 A RFEPCT 31

2.4.2 A Plataforma Nilo Peçanha (PNP) 34

2.4.3 Indicadores da Plataforma Nilo Peçanha (PNP) 36

2.5 Governança e gestão 46

2.5.1 O que é Governança? 46

2.5.2 Governança na Administração Pública no Brasil 47

2.5.3 Relatório de governança e gestão do TCU 48

2.6 Indicadores de qualidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) 51

2.6.1 Conceito Preliminar de Curso (CPC) 51

2.6.2 Índice Geral de Cursos (IGC) 53

2.7 Análise Envoltória de Dados (DEA) 54

2.7.1 Modelo CCR – Retorno constantes de escala 58
2.7.1.1 Orientação para a entrada 58
2.7.1.2 Orientado para a saída 60
2.7.2 Modelo BCC – Orientado para entrada e saída 60
2.7.3 Comparativo entre os modelos CCR e BCC 62
2.7.4 Modelos DEA de fronteira invertida, índice composto e normalizado 65
2.7.5 Armadilhas DEA 66
2.7.6 Limitações da DEA 68
2.8 Seleção das variáveis de entrada e saída 69
2.8.1 Teste de hipótese de normalidade 70
2.8.2 Coeficientes de correlação 72
2.8.3 Análise de componentes principais (ACP) 74
2.8.4 Abordagens para seleção de variáveis a partir da ACP 79
2.9 A aderência da DEA no processo decisório da RFEPCT 80
2.10 Pesquisas relacionadas 83
2.10.1 DEA na educação - Mundo 83
2.10.2 DEA na educação - Brasil 86
3 METODOLOGIA 91
3.1 Caracterização da pesquisa 91
3.2 Percurso metodológico 93
3.3 Estrutura da pesquisa 95
3.4 Coleta de dados - Plataforma Nilo Peçanha (PNP) 96
3.5 Coleta de dados - Indicadores do TCU 96
3.6 Coleta de dados - Indicadores do INEP 97
3.7 A população da pesquisa– seleção das UTDs 98
3.8 Seleção das variáveis de entrada e saída 99
3.9 Escolha dos modelos e análise dos dados 102

3.10 – Sistema Integrado de Apoio à Decisão - SIAD 105

3.11 Software *R e Past Estatística* 106

3.12 – Fluxo para a abordagem DEA 107

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 109

4.1 Seleção das variáveis 109

4.2 Mensuração da eficiência relativa das UTDs vinculadas a RFEPCT 120

4.2.1 Análise regionalizada da eficiência, alvos e referências 124

4.3 Comparação do ranqueamento de eficiência DEA com os resultados do IEA da PNP 136

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 138

REFERÊNCIAS 141

APÊNDICE 158

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

Em um mundo cada vez mais conectado, globalizado e em constantes mudanças, espera-se que a educação exerça um protagonismo estrutural, fortalecedor e que trabalhe aspectos e competências para o desenvolvimento e crescimento individual do ser humano, onde de posse desse protagonismo, possa contribuir de forma efetiva para o crescimento de toda a sociedade.

Corroborando com este protagonismo da educação, e a partir das primeiras escolas de artífices do Brasil, foi criada em 2008 a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), presente nas cinco regiões do Brasil, com campi e unidades administrativas dispostas em 653 cidades, ofertando cursos nas modalidades de ensino técnico integrado, subsequente, concomitante, graduações nas áreas de licenciatura, tecnologia e bacharelados e programas de especialização *lato sensu* e *stricto sensu* nas mais diversas áreas do conhecimento. Ademais, a rede conta ainda com 64 instituições de ensino, dentre Escolas Técnicas Vinculadas, Institutos Federais de Educação, Centros Federais de Educação e Colégio Pedro II, atendendo assim mais de três milhões de alunos (PNP, 2020).

Além desse protagonismo, cabe destacar o fato de a educação ser um direito essencial conforme elencado no artigo 6º da Constituição Federal da República de 1988, onde tal direito, torna-se premissa básica para o desenvolvimento de uma nação e por conseguinte do próprio indivíduo como um ser humano ativo e participativo de uma sociedade em constantes mudanças. Nesse sentido, Joaquim (2009, p.35) apresenta a educação como algo universal e de fundamental importância para o funcionamento de toda a sociedade.

Por sua vez, no que tange ao fortalecimento da educação, mais especificamente em relação aos aspectos internos de gestão das instituições de ensino, verifica-se o interesse pela implementação e utilização de indicadores que possam mensurar os resultados acadêmicos, orçamentários, financeiros, de gestão de pessoas, prestação de contas, transparência, conformidade dentre outros. Schwartzman (1997) traz a importância em se disponibilizar indicadores confiáveis para as universidades, por sua vez, Monteiro (2008) enaltece a figura do gestor público como aquele com a difícil competência de produzir mais utilizando menos recursos.

Logo, a busca pela eficiência na administração pública não é algo novo. Ribeiro (1997, p.5) há mais de 20 anos já apresentava conceitos acerca de uma administração gerencial que atentasse para uma gestão com maior flexibilidade, criatividade, voltada para inovações, e orientada para a obtenção de resultados por meio da análise de indicadores de desempenho. Neste sentido, Hood (1995) traz uma perspectiva de eficiência em um panorama de adaptação de conceitos privados para o setor público chamada de *New Public Management (NPM*).

A administração pública a partir de meados da década 1980 elencou discussões a respeito da reforma gerencial, bem como o seu interesse em debater alternativas que almeja se uma maior eficiência e resultados por parte dos órgãos e agentes públicos naquela época. Ainda nesta temática, porém, a partir dos anos 1990 e mais especificamente na educação, Marinho (1996) aborda a quantificação da eficiência na educação, afirmando que a avaliação das instituições públicas de ensino superior no Brasil é candente, e que há uma preocupação notória da sociedade, imprensa e principalmente dos agentes governamentais com a qualidade do ensino ofertado.

Nesse sentido, a Análise Envoltória de Dados (DEA) proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) se apresenta como uma metodologia capaz de medir a eficiência relativa das Unidades Tomadoras de Decisão (UTDs), do inglês *Decision Making Units* (DMUs). Tal metodologia tem por premissa a partir da seleção de variáveis de entrada e saída, apontar as unidades mais eficientes, alvos e benchmarking (referência) para as unidades menos eficientes.

Assim, esta pesquisa propõe uma abordagem objetiva com base na DEA para medir a eficiência das unidades vinculadas à RFEPCT. Esta abordagem foi aplicada utilizando dados do ano de 2018, tendo em vista a manutenção da homogeneidade entre as UTDs vinculadas a RFEPCT, prevista pela DEA, bem como a disponibilidade e a quantidade necessária de indicadores utilizados como variáveis de entrada e saída, já que alguns destes indicadores são divulgados a cada dois ou três anos.

1.2 Problema

Verifica-se desde a criação da RFEPCT, um processo de expansão dos seus campi em todo o território nacional. Junto a isto, observa-se também uma maior oferta de cursos nas mais diversas modalidades, o aprimoramento e prospecção de projetos de pesquisas, a ampliação de parcerias extensionistas junto à população e empresas bem como a

estruturação de corpo técnico docente e administrativo visando atender as especificidades e exigências de cada região do Brasil (BRASIL, 2008).

Nesse movimento expansionista, indica-se então a necessidade de se aprimorar toda a estrutura responsável por gerenciar a RFEPCT. Por consequência disto, tem se notado a busca por melhores práticas de gestão, estruturação de indicadores, implantação de ferramentas de tecnologia da informação, aprimoramento de pessoal e, por conseguinte, a mensuração da eficiência das instituições vinculadas a RFEPCT na perspectiva dos indicadores de gestão educacional das unidades vinculadas à RFEPCT.

Ademais, mais especificamente em relação a relevância na mensuração da eficiência das instituições vinculadas a RFEPCT na perspectiva dos indicadores de gestão educacional no dia a dia das Instituições Federais de Ensino (IFEs) aqui denominadas de UTDs vinculadas a RFEPCT, há exemplos no âmbito interno e externo. No âmbito interno, têm se o setor de gestão de pessoas que espera resultados mais eficientes dos colaboradores por meio do acompanhamento de metas e resultados oriundos dos Planos de Desenvolvimento Institucional (PDI). Por sua vez, no âmbito externo, ocorrem as auditorias de órgãos de controle visando a implantação e aprimoramento de programas e políticas de transparência, governança e conformidade. Além disso, ocorre também a visão da gestão escolar, que busca a maximização dos seus resultados no tocante a eficiência acadêmica e pedagógica.

A fim de elucidar mais claramente este problema de pesquisa, Marinho (1996), aponta que estudos sobre instituições de ensino superior pautam três aspectos fundamentais, sendo: I) estrutura física, II) cultural, mais especificamente seus aspectos no processo decisório e III) os aspectos condicionados ao seu desempenho. Portanto, esta pesquisa considera como problemática fundamental a ser analisada e respondida:

Quais as contribuições para a tomada de decisão das instituições vinculadas à RFEPCT ao medir a sua eficiência utilizando a DEA?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Propor uma abordagem objetiva com base na DEA para medir a eficiência das instituições vinculadas a RFEPCT na perspectiva dos indicadores de gestão educacional, afim de identificar as contribuições para a tomada de decisão dos gestores educacionais.

1.3.2 Objetivos específicos

- Selecionar as variáveis de entrada e saída por meio da análise componentes principais (ACP);
- Medir a eficiência relativa das Instituições Federais de Ensino vinculadas a RFEPCT utilizando a DEA para o ano de 2018, bem como ranquear e identificar as UTDs mais eficientes e apontar as metas e referências para as UTDs ineficientes;
- Comparar os resultados apresentados pela DEA com o índice de eficiência acadêmico publicado pela Plataforma Nilo Peçanha (PNP) para o ano 2018.

1.4 Justificativa

Demonstra-se cada vez mais a procura por alternativas que possam contribuir para uma tomada de decisão mais assertiva tanto da instituição como também dos seus gestores. Neste sentido, Marinho (1996, p. 4) aponta como promissora a utilização da DEA para medir a eficiência na educação.

Tal caráter promissor, ocorre primeiramente no que tange a proposição de um modelo quantitativo que agrupe os dados, meça a eficiência das UTDs, aponte as unidades mais eficientes para servirem como referências para as menos eficientes e apoie os gestores e instituições nas tomadas de decisão de forma mais eficiente, segura e transparente.

Ademais, Marinho (1996) ao utilizar a DEA para medir a eficiência da UFRJ demonstrou que apesar de ser um ambiente complexo e com muitas variáveis qualitativas, é possível obter resultados confiáveis no que tange a mensuração da eficiência educacional.

Neste sentido, a relevância dessa pesquisa se deve primeiramente ao fato da importância em se medir a eficiência das instituições pertencentes à RFEPCT, tendo em vista a capilaridade, complexidade, importância no cenário educacional no Brasil e as influência que essas instituições de ensino representam junto às comunidades ao qual estão inseridas.

Outro aspecto vem ao encontro do postulado por Majada (2019), que traz como fator limitante nas pesquisas sobre DEA aplicadas na RFEPCT, a escolha subjetiva das variáveis de entrada e saídas. A autora aponta que os critérios adotados são estipulados pelo próprio pesquisador, uma vez que não há consenso na literatura acerca de quais são as melhores variáveis de entrada e saída a serem utilizadas na avaliação de eficiência do setor educacional (Majada, 2019).

Assim, ainda que já abordado na literatura, porém, incipiente no que tange a RFEPCT, esta pesquisa procedeu com a escolha das variáveis de entrada e saída da DEA de maneira

objetiva utilizando-se da análise de componentes principais (ACP). Cabe destacar, que tal seleção atende a duas premissas. A primeira no sentido de retirar o caráter subjetivo por parte do pesquisador na escolha das variáveis de entrada e saída. Já a segunda, vem em consonância ao preconizado por autores como Norman e Stoker (1991), Jenkins e Anderson (2003), Jubran (2006), Adler e Yazhemsky (2010), Cook, Tone e Zhang e Zhu (2020) que alertam para o fato de que a forte correlação entre as variáveis de entrada e saída podem impactar nos resultados apresentados pela DEA, principalmente no que concerne a inserção de variáveis redundantes. Neste sentido, objetivou-se mitigar tal axioma por meio da ACP conforme postulado por Zhang e Zhu (2020), Liang *et al*. (2009), Abdi e Williams (2010), Adler e Yazhemsky (2010).

Outra característica desta pesquisa é no tocante a comparação do modelo DEA proposto com os resultados do indicador de eficiência acadêmica da Plataforma Nilo Peçanha (PNP), que abarca métricas de evasão, retenção e conclusão dos alunos em um determinado ciclo escolar. Tal comparação é válida uma vez que este indicador tem por objetivo verificar se as instituições de ensino têm alcançado bons resultados de permanência e conclusão dos alunos nos cursos ofertados.

Outro ponto relevante diz respeito a coleta dos dados educacionais, de governança e de qualidade uma vez que até 2017, ano de criação da PNP, as pesquisas utilizavam os dados provenientes de fontes diversas. Furtado (2014) afirma que os dados vinham de páginas dos próprios institutos federais, e quando não encontrados, eram buscados nas páginas do Tribunal de Contas da União (TCU). Observa-se ainda que, as pesquisas até aquele momento, possuem uma base de consulta limitada proveniente apenas de páginas dos próprios órgãos pesquisados e que em muitos casos não considera nas amostras as demais instituições vinculadas a RFEPCT como os Centro Federais de Educação (CEFETs), Escolas Técnicas Vinculadas (ETVs) e Colégio Pedro II (CPII).

Dessa maneira, esta pesquisa extraiu os dados de três ambientes consolidados e oficiais, sendo a RFEPCT/SETEC responsável pela PNP, o TCU pelo Índice de Governança e Gestão (IGG), e o INEP pelo Índice Geral de Curso (IGC). Portanto, foi possível trazer maior confiabilidade, conformidade e acurácia nas informações e resultados aqui propostos.

Mais especificamente em relação a PNP, Leite (2019) traz em suas considerações finais e pesquisas futuras a possibilidade de utilização dos indicadores provenientes da PNP, visto o rigor metodológico utilizado, principalmente no que tange a coleta de dados. O autor sugere ainda a utilização de dados posteriormente a 2017, tendo em vista as constantes atualizações da PNP. Além disso, Salim (2020) ratifica o apontamento de Leite (2019) acerca da importância

da utilização dos dados da PNP para pesquisas futuras, a fim de averiguar ganhos oriundos do uso dessa plataforma (Salim 2020, p.150).

Ainda em relação a fonte para a coleta de dados, Queiroz (2018) comenta a dificuldade em se obter os dados de todos os institutos pertencentes a RFEPCT, o que por sua vez, nesta pesquisa, ao se utilizar a PNP para coleta dos dados da RFEPCT, foi possível obter um número representativo de amostras pesquisadas.

Por fim, no que cabe a delimitação do período desta pesquisa, a mesma foi compreendida pelo ano de 2018, tendo em vista a disponibilidade e quantidade necessária de indicadores utilizados como variáveis de entrada e saída, bem como a manutenção da homogeneidade entre as UTDs vinculadas a RFEPCT, prevista pela DEA.

Além disso, mais especificamente em relação aos indicadores, o recorte se deu fundamentalmente devido à disponibilidade do indicador IGG, que apesar de ser produzido anualmente pelo TCU, verificou-se que a sua divulgação tem ocorrido a cada dois ou três anos. Ademais, até a data de extração dos dados desta pesquisa, constava como dados validados e disponíveis apenas os resultados de 2014, 2017 e 2018.

Já em relação a PNP, denota-se que a primeira divulgação consolidada da RFEPCT nesta plataforma ocorreu em 2018 referente aos resultados de 2017, sendo pertinente a sua adoção a partir desse ano, devido principalmente a confiabilidade da metodologia usada na divulgação, bem como no tocante a disponibilidade integral dos dados. Já o IGC, é divulgado anualmente, porém, para que se pudesse obter um resultado de eficiência fidedigno à realidade das instituições em um período específico no tempo, optou-se por utilizar os resultados concernentes ao ano de 2018.

Já no que tange a homogeneidade, verificou-se que RFEPCT ainda que presente em diferentes regiões do Brasil e sujeitas em tese às mesmas prerrogativas e sujeições oriundas do governo federal no tocante a produtos e insumos, coube considerar que algumas instituições vinculadas a RFEPCT possuíam um escopo de atuação diferente o que poderia influenciar nos resultados da eficiência. Tais instituições são as Escolas Técnicas Vinculadas que são vinculadas às universidades federais e o Colégio Pedro II, que oferecem apenas a modalidade técnico integrado, e que por conseguinte apresentariam uma estrutura de pessoal, financeira e de gestão acadêmica e pedagógica diferentes dos Institutos Federais de Educação e dos CEFETs.

1.5 Organização da pesquisa

Esta pesquisa está dividida em seis capítulos, onde o segundo capítulo traz o referencial teórico que apresenta aspectos essenciais para o entendimento e cumprimento dos objetivos, principalmente por inserir conceitos sobre eficiência nas organizações, administração pública e educação.

Ainda no que tange ao referencial, é apresentado uma síntese acerca da RFEPCT, da PNP, sobre governança e gestão do TCU bem como acerca dos indicadores de qualidade elencados pelo INEP. Ademais, é postulado também a seleção das variáveis de entrada e saída, os principais conceitos sobre a ACP e DEA, a aderência da DEA a processos decisórios, e por fim, as pesquisas relacionadas a DEA na educação no mundo e no Brasil, almejando demonstrar os resultados e contribuições dessa metodologia.

Por sua vez, o Capítulo 3 apresenta a metodologia, tendo como ponto de partida a caracterização da pesquisa como sendo aplicada, quantitativa, descritiva e bibliográfica uma vez que se pretendeu pesquisar, analisar e descrever quantitativamente os procedimentos utilizados para se medir a eficiência das unidades vinculadas à RFEPCT. Além disso, nesse capítulo é apresentado o percurso metodológico, a estrutura da pesquisa, a forma de coleta de dados da PNP, TCU e INEP, os critérios para a seleção das UTD e das variáveis de entrada e saída, bem como a escolha do modelo e orientação DEA utilizados.

Por conseguinte, são apresentados os *softwares* utilizados e um fluxo detalhado para utilização desta pesquisa.

Por fim, os Capítulos 4 e 5 trazem respectivamente os resultados desta pesquisa, as considerações finais e o apontamento de sugestões de pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 2.1 são abordados os conceitos iniciais sobre eficiência nas organizações empresariais e em sistemas produtivos, a fim de contextualizar o leitor desse conceito a partir de uma visão das organizações. Posteriormente, na Seção 2.2 é dado continuidade na conceituação de eficiência, porém, na ótica da administração pública. Já a Seção 2.3 apresenta a busca pela eficiência no âmbito educacional, evidenciando os desafios e oportunidades em se discutir este conceito na educação.

Na Seção 2.4 é apresentado a educação profissional no Brasil, onde em suas subseções são elencadas informações sobre a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), e os objetivos e indicadores da PNP. Por sua vez, a Seção 2.5 apresenta conceitos de governança como um conjunto de medidas que visa mitigar os riscos e incertezas inerentes aos negócios tanto nas organizações quanto nas instituições. Além disso, é visto ainda nesta seção, as principais características e tipicidades da governança na administração pública, bem como os indicadores provenientes dos relatórios de governança e gestão produzidos pelo TCU.

A Seção 2.6 traz uma visão geral sobre os principais indicadores de qualidade do INEP, composto neste referencial pelo CPC e IGC.

Já a Seção 2.7 apresenta os modelos clássicos CCR e BCC com orientação para entrada e saída bem como um comparativo entre estes dois modelos. Ademais, as subseções 2.7.4, 2.7.5 e 2.7.6 apresentam o modelo DEA Invertido, as armadilhas DEA, bem como as limitações da DEA, respectivamente.

Por conseguinte, a Seção 2.8 apresenta algumas técnicas de seleção de variáveis de entrada e saída, e em suas subseções é verificado conceitos sobre teste de hipótese, normalidade, coeficientes de correlação e a ACP como método estatístico e matemático para a redução e posteriormente a seleção das variáveis de entrada e saída.

Em sequência, a Seção 2.9 apresenta a aderência da DEA no processo decisório da RFEPCT, trazendo premissas sobre processos decisórios bem como a proposição de um paralelo entre os modelos de decisões clássicos de Simon (1965), estágios de solução de problemas de Dewey (1953) e a DEA.

Por fim, a Seção 2.10 apresenta pesquisas relacionadas à aplicação da DEA na educação no Brasil e no mundo.

2.1 Eficiência nas organizações

Em um contexto empresarial que dentre outros objetivos tem por primazia a maximização dos lucros e resultados bem como a busca pela excelência operacional, torna-se notória as discussões sobre a importância da adoção de padrões de eficiência a serem atingidos por todos os envolvidos naquele ambiente organizacional. Castro (2006) apresenta a eficiência voltada para os aspectos internos das organizações, ou seja, para as atividades que são suporte para as atividades fins. Já Minayo (2011) apresenta a eficiência como a busca pela otimização dos recursos disponíveis.

Mariano (2007) tem uma visão sobre eficiência mais voltada para os sistemas produtivos, dentro de um contexto binário, ou seja, para ele, tal medida além de ser adimensional é sempre um valor 0 ou 1. O autor deixa em evidência que ao se usar tal métrica, o resultado pode ser apenas eficiente ou não eficiente, atingiu ou não atingiu a meta, alcançou ou não alcançou os resultados previstos. Por sua vez os autores Lovell, Fried e Schimidt (1993) ratificam esse horizonte de eficiência em sistemas produtivos tendo em vista os resultados alcançados pelas unidades produtivas.

Porter (2003) apresenta uma analogia entre eficiência e competitividade, trazendo, por conseguinte uma relação direta de proporcionalidade. Para ele, quanto menor for a eficiência, menor será a sua capacidade competitiva. Stoner e Freeman (1995) afirmam que o entendimento proposto por Peter Drucker é de que a eficiência é simplesmente fazer a coisa certa.

Por conseguinte, Daft (1999) limita a eficiência à mera execução de trabalhos internos na organização. Já, Megginson *et al.* (1998) evidenciam que a eficiência de uma maneira geral tem por objetivo a busca pela mensuração dos resultados no ambiente organizacional.

Logo, esta pesquisa se baseia na ótica de uma eficiência equilibrada, pois apesar de partir de um paradigma funcionalista que tem como premissa a utilização de indicadores para quantificar, analisar e controlar a eficiência, espera-se, contudo, contribuir para uma maior transparência no atingimento de resultados por parte das UTDs, aperfeiçoamento da gestão pública, melhor alocação dos recursos públicos, construção de uma agenda de diálogo e maior proximidade entre as UTDs, bem como a busca por uma maior qualidade na educação a ser ofertada a sociedade.

2.2 Eficiência na administração pública

Ao se buscar o entendimento desses conceitos aplicados em um ambiente organizacional ou sistema produtivo, verifica-se que as aplicações não se restringem apenas às organizações

que tenham como principal objetivo a maximização dos lucros e entrega de resultados, mas também às instituições públicas.

Nesse sentido, mais especificamente a partir da década de 80 no Brasil, foi introduzido o termo *New Public Management (NPM)* que basicamente almejava estabelecer na administração pública instrumentos até então adotados majoritariamente na iniciativa privada. Pieranti, Rodrigues e Peci (2008) atribuíram à *NPM* uma abordagem de eficiência na administração pública a partir de três pilares. O primeiro referente à utilização de saberes gerenciais privados na administração pública, o segundo acerca da redução da máquina administrativa, e por fim, as responsabilidades dos agentes políticos.

Desse modo, o que se observou ao longo do tempo foram alguns desdobramentos como os apontados por Peters e Pierre (1998) e Pieranti (2006) que consiste prioritariamente na valorização da competitividade. Logo, o foco era apenas nos resultados oriundos principalmente do corte de gastos e estruturas governamentais enxutas.

Contudo, nota-se a partir dessa busca pela eficiência na administração pública bem como no interesse em se realizar mudanças na forma de gerenciá-la, começaram a surgir primeiramente no âmbito jurídico, arcabouços legais, que tinham como premissa consolidar tais práticas no setor público. Um exemplo foi a emenda constitucional presente no art.37, caput da Constituição Federal que denota a obrigação de se tratar a eficiência como um princípio expresso e regedor das ações não só no aspecto da união, estados e municípios, mas também dos servidores públicos, demonstrando assim a relevância e caráter fundamental dessa temática.

Ainda no campo do direito, Meirelles (2002) corrobora elucidando acerca de uma eficiência que preze pela presteza, perfeição e rendimento funcional. Ademais, ampliando essa definição, Moraes (2002) traz um olhar de dever da administração pública no que tange à eficiência, inclusive evocando adjetivos de transparência, participação e atitudes imparciais desta para com a sociedade.

Assim, essa necessidade de fluidez nos serviços públicos tem sido a tônica nas últimas décadas, principalmente a partir de cenários cada vez mais desafiadores e constantes de crises econômicas e políticas no Brasil.

2.3 Eficiência na educação

No âmbito da administração pública, mais especificamente no que cabe à educação, Hanushek e Luque (2002) trazem o entendimento de que ser eficiente na educação não é tarefa fácil, uma vez que a educação gera resultados diversificados e com qualidades distintas quando comparado com seus pares tanto na iniciativa privada quanto na própria administração pública.

Contudo, ainda que complexo, é possível elucidar que as discussões sobre a eficiência na educação também não é algo novo, como exemplo, é possível citar as discussões oriundas do final de 1950, que já traziam naquela época a necessidade de se buscar melhores resultados e qualidade para o setor (Braghini, 2005 p.1).

A partir deste resgate histórico, Neiva (1988) corrobora ainda apresentando os primeiros relatórios que objetivaram o monitoramento dessas instituições por meio da publicação de relatórios anuais, que tinham como resultado esperado demonstrar a situação do ensino superior na época. Por conseguinte, da mesma maneira como ocorreu com a administração pública influenciada pelo contexto no *NPM* na década de 80*,* Dias, Horiguela e Marchelli (2006) esclarecem que a busca pela eficiência na educação se deu um pouco depois a partir da década de 90 por meio da adoção de políticas neoliberais.

Mais especificamente em 2001, há de se mencionar como resultados oriundos dessas políticas voltadas para controle, resultado e eficiência, foi a criação do Plano Nacional da Educação – PNE, que tem como objetivo primordial centralizar e difundir uma política de metas, indicadores e controle na educação.

Atualmente, tais discussões perpassam tanto pelo ensino básico quanto pelo ensino superior, onde é possível verificar instrumentos que buscam a mensuração de resultados dos agentes provedores da educação. Ademais, o Quadro 1 apresenta métricas que buscam o controle e monitoramento por parte do estado no que tange a eficiência na educação.

Quadro 1 - Modelos de avaliação educacional no Brasil

Item	**Modelo de avaliação**	**Objetivos**
1	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e Prova Brasil	Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Estudos Anísio Teixeira (INEP/MEC). Almeja avaliar a qualidade da educação básica no Brasil a partir de provas e formulário socioeconômico.
2	Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)	Processo avaliativo composto por provas separadas por área de conhecimentos, sendo a principal forma de ingresso ao ensino superior no Brasil.
3	Exame Nacional de Desempenho do Ensino Superior (ENADE)	Tem por meta avaliar o desempenho dos alunos da graduação.
4	Índice de Desenvolvimento de Educação Básica (IDEB)	Também criado pelo INEP e tem por premissa além de medir a qualidade por meio do cálculo de alguns parâmetros, também estabelece metas para o ensino básico no Brasil.

Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

Indo além da temática de eficiência voltada apenas para o desempenho, Bertolin (2009) apresenta a eficiência num contexto mais pedagógico, buscando enaltecer o conjunto entre o

resultado e a aprendizagem dos alunos. Segundo o autor, não basta apenas pensar em desempenho, mas é necessário entender como se dá essa dualidade em se medir apenas o desempenho sem levar em consideração o aprendizado.

Ainda em relação à educação, Bertolin (2009) introduziu críticas e reflexões do que ele chama de mecanismos de mercado ou *managerialismo*. Para ele, a proposição de tais conceitos na educação mesmo que de forma gradativa, mas progressiva tem por objetivo retirar da educação seu status de bem público para um mero serviço comercial.

Em contraponto a esta abordagem, Johnstone (1998) se posicionou de forma divergente de Bertolin ao afirmar que a educação não pode ser tratada somente como um bem público, justamente por ter um objetivo finalístico que almeja atender às necessidades da iniciativa privada, enfatizando consequentemente a busca por resultados.

Ainda nessa dicotomia, Bertolin (2009) elenca, sobre a sua ótica, quatro premissas necessárias para se medir a eficiência que, de maneira aplicada, ocorre por meio da elaboração de indicadores que têm por objetivo monitorar e controlar a eficiência das instituições de ensino conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Aspectos para elaboração de sistemas de indicadores

Fatores	**Aspectos**
I	O conceito de qualidade em educação superior (ES) como I) eficácia, II) diversidade, III) relevância e IV) equidade.
II	Os modelos de indicadores sistêmicos estruturados em aspectos de I) entradas, II) processos e III) resultados.
III	Os indicadores e aspectos de avaliação propostos pelos organismos internacionais.
IV	Os aspectos socioculturais e econômicos do Brasil.

Fonte: Adaptado de Bertolin (2009)

Outro fator importante para esta discussão acerca da mensuração da eficiência na educação diz respeito ao contexto que a educação no Brasil tem vivenciado em termos de escassez, contingenciamentos e cortes de recursos públicos nos últimos anos.

Assim, a literatura corrobora para essa dicotomia, ao evidenciar que a mensuração da eficiência no âmbito educacional é complexa. Contudo, é latente o interesse de todos que a educação ofertada seja de qualidade e que traga resultados concretos para toda a sociedade. Logo, a definição de eficiência nas organizações, na administração pública e na educação apresentadas nessa primeira parte seguiu uma ordem didática a fim de corroborar para um entendimento no que tange a relação entre eficiência e a mensuração de resultados e desempenho em óticas diferentes.

2.4 A educação profissional no Brasil

Após a contextualização sobre eficiência, é apresentado neste referencial uma breve apresentação acerca da educação profissional no Brasil, passando mais especificamente pelos principais marcos históricos, uma visão panorâmica da sua distribuição no Brasil, uma abordagem sobre a PNP e por fim os indicadores para avaliação quantitativa da RFEPCT.

A história da educação profissional no Brasil tem seus primórdios datados a partir de 23 de setembro de 1909 através do decreto nº 7.566 promulgado pelo então presidente da república Nilo Peçanha, que através de tal documento institui nas capitais dos estados da federação as chamadas Escolas de Aprendizes Artífices (EAA).

Os objetivos dessas escolas eram oferecer o ensino profissionalizante de forma gratuita, com qualidade e acessível a todos. No art. 2º do referido documento menciona-se como objetivo basilar a formação inicial de operários e contramestres com cunho prático e técnico aos menores que pretendiam aprender um ofício.

Nesse sentido, Da Costa (2016), elucida que a educação profissional e tecnológica tem por princípios além da formação técnica profissional, o de instruir bem como afastar os jovens da violência e da criminalidade. Ainda nesse contexto histórico e evolutivo da educação profissional no Brasil, verifica-se alguns marcos necessários que cabem destaque conforme apresentados pelo Quadro 3.

Quadro 3 - Marcos históricos da Educação Profissional no Brasil *(continua)*

Marcos históricos da Educação Profissional no Brasil		
Ano	**Marcos**	**Acontecimentos**
1909	Criação de 19 Escolas de aprendizes artífices.	Implementadas a princípio somente nas capitais do Brasil, restringia idades no acesso em no mínimo 10 e no máximo 13 anos, porém com todos os custos por conta da união.
1937	Transformação da "Escola de Aprendizes Artífices" para "Liceus Industriais".	A partir desse momento são ofertadas vagas de ensino profissional para todos os ramos e graus.
1942	De "Liceus Industriais" passa-se a se chamar "Escolas Industriais e Técnicas".	
1959	São criadas as primeiras "Escolas Técnicas Federais".	
1967	Ocorre o surgimento das primeiras "Escolas Agrícolas".	Verifica-se a partir desse ponto a interiorização das "Escolas Técnicas Federais".
1978	Criação dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs).	Observa-se uma equiparação das escolas técnicas com as universidades no tocante a oferta de cursos superiores.
1990	Unificação de escolas técnicas e agrotécnicas e CEFETs.	Tal unificação compõem o Sistema Nacional de Educação Tecnológica.

2008	Instituição da Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica (RFEPCT).	Compõem a Rede: I. Institutos Federais; II. CEFETRJ e CEFETMG; III. Escolas Técnicas vinculadas às universidades federais; IV. Colégio Pedro II.

Fonte: Adaptado de Herbig (2018) *(concluído)*

Logo, a fim de valorizar a educação profissional no Brasil, a Lei nº 11.741/2008 trouxe o contexto de integração ao dizer que o ensino profissionalizante passa a integrar os diferentes níveis e modalidades de educação, bem como as dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia.

Ainda relativo às legislações que foram basilares para a construção da RFEPCT tem se o Decreto n.º 2.208, de 17 de abril de 1997, que institui o Programa de Expansão da Educação Profissional (PROEP), que além do objetivo de expandir a modalidade de educação profissional no Brasil também almejava integrar o ensino com trabalho, ciência e tecnologia.

Assim, a partir de 2008 com a criação da RFEPCT foi possível verificar uma concreta expansão das escolas técnicas. Ademais, a Lei nº 11.195 marcou a primeira expansão da RFEPCT, tendo, por conseguinte, uma maior abrangência no que tange a oferta de cursos e níveis conforme preconizados pela Lei n.º 11.741/2008, que estabelece: I) formação inicial e continuada, II) educação profissional técnica de nível médio e III) educação profissional tecnológica de graduação e pós-graduação.

Ainda nesse panorama de expansão, todavia mais especificamente entre 2007 e 2011 ocorreu paralelamente à ampliação da RFEPCT a oferta do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC), ratificando assim a capilaridade e atingimento da RFEPCT em todas as regiões do Brasil

Por fim, desde a promulgação das Escola de Artífices em 23 de setembro de 1909, até a integração em 2008 das escolas técnicas constituindo a RFEPCT, há uma busca contínua pela emancipação não só da formação técnica e científica, mas também de todas as formas de ensino, tendo como cerne uma formação de qualidade, prática e voltada a atender tanto às demandas do mercado profissional quanto na formação de indivíduos mais críticos e reflexivos junto a sociedade.

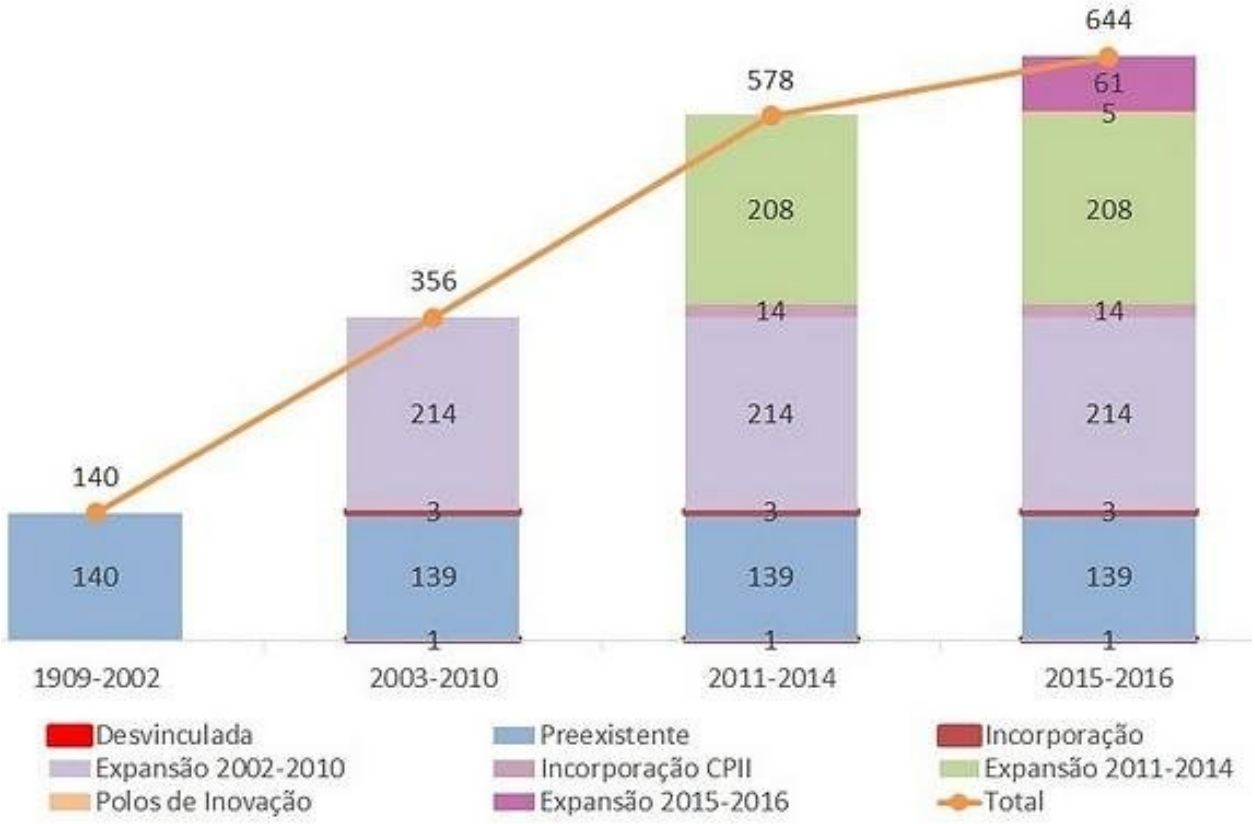
2.4.1 A RFEPCT

A partir da contextualização histórica da educação profissional, cabe agora estabelecer alguns marcos históricos necessários para se entender a composição, abrangência, expansão e homogeneidade da RFEPCT no Brasil. O primeiro marco ocorreu em 1990 com a união das

escolas técnicas, agrárias e CEFETs, constituindo o chamado sistema nacional de educação tecnológica, estrutura que permitiu não só a busca por objetivos comuns, mas também o fortalecimento da educação profissional no Brasil.

O segundo marco, já mais recente, ocorreu em 2008 com a criação da RFEPCT por meio de uma estrutura que integrou as escolas pertencentes ao sistema nacional com os institutos federais de educação criados pela Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008 tendo ao longo desses mais de doze anos papel preponderante na expansão dos ensinos técnicos e superiores em todo o Brasil conforme Figura 1.

Figura 1 - Expansão da Rede Federal



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Expansao-da-Rede-Federal-de-Educacao-Profissional-Cientifica-e-Tecnologica-em_fig1_321438931 Acesso em: 24/06/2020

Considerando a última expansão da rede ocorrida entre 2015 a 2016 tem-se a distribuição consolidada no ano de 2020, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Números da expansão da rede

Unidades	Cursos	Matrículas	Ingressantes	Concluintes	Vagas	Inscritos
653	10.889	1.023.303	443.682	203.612	496.333	2.011.411

Fonte: Adaptado de http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/2020.html Acesso em: 28/06/2020

Destaca-se que dos 653 campi pertencentes à rede, 92,82% são institutos federais de educação, 3,59% CEFETs, 1,94% Escolas Técnicas vinculadas e 1,66% representado pelo Colégio Pedro II.

Com números expressivos na ordem de mais de dois milhões de matriculados nas instituições vinculadas a rede até 2020, é possível imaginar diversos impactos da RFEPCT nas regiões do Brasil em que ela está presente, como de ordem política, econômica, social, cultural e, principalmente, na formação de alunos nos mais diversos níveis de ensino.

Nesse panorama de impactos junto à comunidade, cabe citar o estudo apresentado por Oliveira (2017), que faz um comparativo entre indicadores da educação superior e básica e de indicadores sociais, antes e depois da instalação dos institutos pertencentes à RFEPCT nos municípios, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de indicadores sociais, educacionais e econômicos dos municípios beneficiados com a instalação dos Institutos Federais

Indicadores	Antes da RFEPCT		Depois da RFEPCT	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Nota do ENEM	-0,515	1,805	-0,201	0,99
IDEB	4,348	1,371	4,694	1,506
PIB per capita	9642	10048	13346	13598
População	23652	49077	23550	47626
Óbito	125,7	280,8	135,1	285
IFDM Emprego e Renda	0,451	0,144	0,463	0,144
IFDM Educação	0,623	0,139	0,699	0,123
IFDM Saúde	0,622	0,178	0,689	0,155
Taxa desocupação maiores de 18 anos	6,818	3,645	5,816	3,921
Taxa analfabetismo maiores de 25 anos	23,99	13,62	21,76	12,87
Porcentagem pessoas ocupadas com EM[1]	26,7	9,309	31,24	9,738

Fonte: Adaptado de Oliveira (2018)

A partir dos resultados dos indicadores elencados na Tabela 2 , nota-se dois resultados importantes em relação ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Verifica-se que a partir da chegada da RFEPCT houve um aumento médio nas notas dos alunos de 60,97% no ENEM, e de 7,96% no IDEB. Destaca-se ainda a formação completa que a rede fornece aos seus egressos por meio da

formação técnica profissionalizante integrada ao ensino médio, indo ao encontro do preconizado por Frigotto (2016), que questiona uma formação que desvincule o ensino médio do técnico. Para ele, uma formação que seja composta apenas pela qualificação técnica é apenas uma pedagogia de competências que tem apenas o objetivo de formar mão de obra para o mercado, dando voz apenas às qualificações do que ele chama de "empregabilidade" e da "trabalhabilidade".

Por fim Nascimento, Cavalcanti e Ostermann (2020) destacam três pilares fundamentais para o bom ou mau desempenho das escolas pertencentes à rede sendo, I) o nível socioeconômico, II) adequação de formação docente e III) condições de trabalho docentes. Nesse sentido, espera-se por parte do governo federal, mais especificamente em relação a rede federal, a partir de todo este contexto de expansão vivenciado desde as primeiras escolas técnicas até a formulação e consolidação das instituições de ensino, um aprimoramento nas suas práticas de gestão culminando em maior eficiência para a rede e, consequentemente, melhores resultados para a sociedade.

Assim, nesse cenário de busca pela eficiência, surge em 2018 a PNP, que tem por premissa ser responsável pelo tratamento, agrupamento e pela divulgação das informações de toda a RFEPCT por meio de indicadores educacionais.

2.4.2 A Plataforma Nilo Peçanha (PNP)

A busca por maior transparência e eficiência trouxeram para a administração pública ferramentas que buscam um maior rigor no que tange ao controle das ações desenvolvidas pelos agentes públicos, cabendo citar aqui os indicadores abarcados pela PNP, responsável pela divulgação dos resultados da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC).

A PNP tem esse nome em homenagem ao Ex. Presidente da República Nilo Peçanha (1909-1910), e teve como marco inicial o ano de 2017 por meio da publicação da portaria que instituiu o Grupo de Trabalho (GT), que teve como premissa o estudo, planejamento e execução de indicadores da Rede Federal (PNP, 2020).

Já em 2018, ocorreu a primeira publicação estatística da plataforma em ambiente virtual tendo como referência os dados do ano de 2017, cabendo aqui destacar que esta primeira publicação foi um passo importante para a consolidação e propagação dos dados da rede bem como um maior envolvimento e transparência das instituições a ela vinculada.

No ano de 2020, a plataforma publicou a sua terceira edição, reforçando assim seu objetivo de fomentar não só a divulgação dos dados em uma plataforma única e consolidada, mas de levar para a sociedade informações úteis, relevantes, de simples visualização e

operacionalização e principalmente transparente, conforme postulado na própria PNP (SETEC/MEC, 2020).

Posposto a esses pressupostos abarcados pela PNP, a mesma disponibiliza ainda um referencial metodológico a fim de esclarecer todo o percurso feito até se chegar na divulgação dos dados. A PNP esclarece ainda que o conteúdo gerado a partir dos resultados da plataforma tem por objetivos além de transmitir resultados estatísticos, trazer maiores questionamentos acerca da qualidade educacional dos cursos bem como de uma maior inclusão social.

Ressalta-se ainda que os resultados apresentados por ela não são meros censos educacionais abarcados por legislações, ou pelo somatório dos resultados apresentados pela RFEPCT e pelo INEP.

Assim, a concepção teórica-metodológica da PNP está fundamentada em três pilares sendo eles: I) a coleta de dados, II) a validação das informações e III) a disseminação dos resultados.

Ainda que toda pesquisa censitária necessariamente passe por essas três etapas, cada uma não necessariamente ocorre da mesma maneira. Por exemplo, no que tange a PNP, a coleta de dados ocorre por meio do preenchimento de formulários estruturados elaborados especificamente para atender a essa demanda.

Porém, nota-se ainda muitos casos de falhas, inconsistência nos dados, falta de padrão, dentre outros, cabendo então na etapa de validação, a realização do tratamento desses dados a fim de disponibilizá-los de forma limpa, clara, bem como a atender os requisitos estabelecidos.

A partir desse tratamento, é feito o carregamento e posteriormente a disseminação dos dados, que de forma estruturada, almeja transmitir informações relevantes e pertinentes a toda a comunidade acadêmica e a população em geral.

A fim de esclarecer ainda mais essa etapa metodológica de divulgação dos dados, a Figura 2 apresenta um macro fluxo que envolve as três etapas citadas. Cabendo mencionar que cada atividade presente nas etapas, são pré-requisitos para as demais, influenciando assim no cronograma de divulgação dos resultados para o público externo.

Figura 2 - Macro fluxo para coleta, validação e disseminação dos dados da PNP



Fonte: Plataforma Nilo Peçanha (2020)

Ademais, a partir deste fluxo de divulgação dos dados feito pela plataforma, exige-se o cumprimento de uma série de etapas fundamentais, que por sua vez irão transmitir aos pesquisadores e demais interessados nas informações uma confiabilidade maior para se trabalhar com tais dados.

2.4.3 Indicadores da Plataforma Nilo Peçanha (PNP)

Em relação aos indicadores da PNP, tem-se como premissa que tais métricas busquem medir os resultados da RFEPCT, e a partir daí, avaliar e propor medidas de tomada de decisão no ambiente organizacional. Contudo, mais especificamente em relação aos indicadores da PNP, cabe dizer que a constituição desses se deu a partir dos trabalhos elaborados pelo GT, que tinha como principal objetivo estratégico o alinhamento com as políticas de gestão e metas da SETEC.

A partir desse pressuposto, o Quadro 4 apresenta os indicadores presentes na PNP, segmentados pelo ano da base de dados, que diz respeito à quando esses dados foram produzidos pelas unidades vinculadas à rede e consolidadas no sistema SISTEC. A coluna ano de divulgação se refere à quando as informações consolidadas foram disponibilizadas pela PNP para o público em geral. Ademais, a coluna legislação, objetivo e equação dizem respectivamente a base legal utilizada para se criar as metas estabelecidas para os indicadores presentes na PNP, um esclarecimento acerca da equação postulada, e a memória de cálculo utilizada para se criar cada indicador.

Quadro 4 - Indicadores da Plataforma Nilo Peçanha (PNP) *(continua)*

Ano da base de dados	**Ano da divulgação**	**Indicadores**	**Polaridade/ meta**	**Objetivo**	**Equações**
2017; 2018 e 2019.	2018; 2019 e 2020.	Matrícula Equivalente (ME).	Quanto maior melhor.	Este indicador converte a quantidade de Matrículas em Matrículas Equivalentes.	$Meq = (MxFECHxFECxFNC)$ (1) Meq – Matrículas equivalentes; M – Total de Matrículas; FECH - Fator de Equiparação de Carga Horária; FEC -Fator de Esforço de Curso; FNC - Fator de Nível de Curso.
		Percentual de Matrículas Equivalentes em cursos técnicos (MECT).	Quanto mais próximo do centro da meta melhor.	Este indicador mede o percentual de matrículas equivalentes vinculadas a Cursos Técnicos.	$Meq\ (\%) = \frac{MeqCT}{Meq} x\ 100$ (2) Meq (%) – Matrículas equivalentes em percentual; MeqCT – Matrículas equivalentes nos cursos técnicos; Meq – Matrículas equivalentes.
		Matrículas Equivalentes em cursos de formação de professores (MECFP).	Quanto mais próximo do centro da meta melhor.	Este indicador mede o percentual de matrículas equivalentes vinculadas à formação de professores.	$Meq\ (\%) = \frac{MeqFP}{Meq} x\ 100$ (3) Meq (%) – Matrículas equivalentes em percentual; MeqFP – Matrículas equivalentes em formação de professores; Meq – Matrículas equivalentes.

		Matrículas Equivalentes em Educação de Jovens e Adultos (EJA).	Quanto mais próximo do centro da meta melhor.	Este indicador mede o percentual de matrículas equivalentes nos cursos de Formação Inicial e Continuada de Trabalhadores (FIC) e cursos de educação profissional técnica de nível médio contemplados no programa nacional de integração da educação profissional com a educação básica na modalidade PROEJA.	$Meq\ (\%) = \frac{MeqEJA}{Meq} x\ 100$ (4) Meq (%) – Matrículas equivalentes em percentual; MeqEJA – Matrículas equivalentes em educação de Jovens e Adultos; Meq – Matrículas equivalentes.
		Relação de Inscritos por Vagas (RIV).	Quanto maior melhor.	Este indicador mede a relação entre a quantidade de candidatos inscritos e a quantidade de vagas disponibilizadas.	$RIV = \frac{I}{V}$ (5) RIV – Relação de Inscritos por Vaga; I – Total de Inscritos; V – Total de Vagas disponibilizadas.
		Taxa de Evasão (TE).	Quanto menor melhor.	Este indicador mede o percentual de matrículas que perderam o vínculo com a instituição no ano de referência sem a conclusão do curso em relação ao total de matrículas.	$Ev\ (\%) = \frac{Ev}{M} x\ 100$ (6) Ev (%) – Evadidos em percentual; Ev – Total de Evadidos; M – Total de Matrículas.

				Para este cálculo é empregado o conceito de matrícula e não de matrícula equivalente.	
		Conclusão por Ciclo (CC).	Quanto maior melhor.	Resultado da soma entre a Quantidade de alunos "Formados" (alunos que concluíram com êxito todos os componentes curriculares do curso no ano de referência fazendo jus à certificação), e a Quantidade de alunos "integralizados em fase escolar" (alunos que concluíram a Carga Horária das unidades curriculares e ainda não podem receber a certificação por não terem concluído componentes como Estágio, TCC e ENADE), considerando apenas as matrículas vinculadas a	$CCiclo\ (\%) = \frac{CCiclo}{MCiclo} x\ 100$ (7) CCiclo (%) – Concluintes no ciclo em percentual; CCiclo – Total de Concluintes no ciclo; M – Total de Matrículas no ciclo.

				ciclos de matrícula com término previsto para o ano anterior ao ano de referência.	
		Evasão por Ciclo (EC).	Quanto menor melhor.	alunos que perderam vínculo com a instituição antes da conclusão do curso considerando apenas as matrículas vinculadas a ciclos de matrícula com término previsto para o ano anterior ao ano de referência.	$EvCiclo\ (\%) = \frac{EvCiclo}{MCiclo} x\ 100$ (8) EvCiclo (%) – Evadidos no ciclo em percentual; EvCiclo – Total de Evadidos no ciclo; MCiclo – Total de Matriculados no ciclo.
		Retenção por Ciclo (RC).	Quanto menor melhor.	alunos que permaneceram matriculados por período superior ao tempo previsto para a integralização de um curso (acrescido de um ano) considerando as matrículas vinculadas a ciclos de matrícula com término previsto para o ano anterior ao ano de referência.	$Rciclo\ (\%) = \frac{Rciclo}{MCiclo} x\ 100$ (9) Rciclo (%) – Retidos no ciclo em percentual; Rciclo – Total de Retidos no ciclo; Mciclo – Total de Matriculados no ciclo.

		Índice de Eficiência Acadêmica (IEA).	Quanto maior melhor.	Este indicador mede o percentual de alunos que concluíram o curso com êxito dentro do período previsto (+ 1 ano), acrescido de um percentual (projeção) dos alunos retidos no ano de referência que poderão concluir o curso. São considerados apenas os alunos matriculados em ciclos de matrícula com término previsto para o ano anterior ao Ano de Referência. Para este cálculo é empregado o conceito de matrícula e não de matrícula equivalente.	$IEA\ (\%) = CCiclo + \left[\left(\frac{CCiclo}{CCiclo + ECiclo}\right) x\ Rciclo\right] x100$ (10) IEA (%) – Índice de Eficiência Acadêmica em percentual; CCiclo (%) – Total de concluídos no ciclo; ECiclo – Total de Evadidos no ciclo; RCiclo – Total de Retidos no ciclo. . .
		Índice de Titulação do Corpo Docente (ITCD).	Quanto maior melhor.	Quantidade de Docentes efetivos Graduados (DG) multiplicado pelo "peso" 1, somado a quantidade Docentes efetivos Aperfeiçoados (DA)	$ITCD = \frac{DG + (DA * 2) + (DE * 3) + (DM * 4) + (DD * 5}{TDE}$ (11) ITCD – Índice de Titulação de Corpo Docente DG - Total de Docentes efetivos Graduados; DA – Total de Docentes efetivos Aperfeiçoados; DE – Total de Docentes efetivos Especialistas; DM – Total de Docentes efetivos com Mestrado;

				multiplicado pelo “peso” 2, somado a quantidade Docentes efetivos Especialistas (DE) multiplicado pelo “peso” 3, somado a quantidade Docentes efetivos Mestres (DM) multiplicado pelo “peso” 4, somado a quantidade Docentes efetivos Doutores (DD) multiplicado pelo “peso” 5.	DD – Total de Docentes efetivos com Doutorado; TDE – Total de docentes efetivos.
		Relação de Matrículas por Professor (RMP).	Quanto maior melhor.	Este indicador mede a relação entre a quantidade de matrículas equivalentes e a quantidade de docentes efetivos ativos ponderados pelo tipo de Regime de Trabalho. Em que pese as grandezas empregadas no cálculo, será mantido o acrônimo “RAP – Relação Aluno Professor” por entender que tal nomenclatura	$RAP\,\frac{(MeqCG\ x\ FCG)+(MeqDC)}{DEq}$ (12) RAP – Matrículas por Professor; MeqCG– Matrículas Equivalentes em Cursos de Graduação; FCG– Fator de Correção de Graduação; MeqDC – Matrículas Equivalentes nos Demais Cursos (exceto graduação); DEq – Docentes Equivalentes.

				já está consagrada em toda a Rede Federal.	
		Gasto Corrente por Matrícula (GCM).	Quanto menor melhor.	Este indicador apresenta o valor investido em média para cada matrícula equivalente na Rede Federal. Em virtude da impossibilidade de segregar os dados financeiros das Escolas Técnicas Vinculadas às Universidades Federais (ETV-UF), este indicador não considera os dados das ETV-UF.	$GCM\ \frac{GC}{Meq}$ (13) GCM – Gasto Corrente por Matrícula; GC – Gasto Corrente; Meq – Total de Matrículas Equivalentes.
2019	2020	Oferta de vagas noturnas para graduação (OVNG).	Meta definida a partir do estabelecido pela estratégia 12.3 da Lei 13.005/2.014.	Este indicador mede o percentual de vagas de ingresso oferecidas nos cursos de graduação presencial para o turno noturno, em relação ao total de vagas de ingresso oferecidas nos cursos de graduação presencial.	$OVGN = \frac{VGNP}{VGP}$ (14) OVGN - Oferta de Vagas de Graduação Noturna; VGNP – Vagas para cursos de graduação na modalidade presencial em turno noturno; VGP – Total de Vagas para cursos de graduação na modalidade presencial.
		dice de Verticalizaçã o (IV).	Quanto maior melhor.	Este indicador busca verificar a condição de verticalização dos cursos oferecidos por uma mesma	$IV = \left[\left(\frac{VQP}{VCT}\right) X\ 0{,}397\right] + \left[\left(\frac{VCT}{VCG}\right) X\ 0{,}365\right] + \left[\left(\frac{VCG}{VPG}\right) X\ 0{,}095\right] + \left[\left(\frac{VCT}{VPG}\right) X\ 0{,}089\right] + \left[\left(\frac{VQP}{VCG}\right) X\ 0{,}028\right] + \left[\left(\frac{VQP}{VPG}\right) X\ 0{,}026\right]$ (15)

				unidade acadêmica em um mesmo eixo tecnológico, considerando vagas de ingresso ofertadas em 04 categorias possíveis.	QP - Curso de Qualificação Profissional; CT - Curso Técnico; CG - Curso de Graduação; CPG - Curso de Pós-Graduação.
		Taxa de Ocupação (TO).	Não há meta prevista em instrumento normativo.	Este indicador mede o percentual de vagas ocupadas no ano de referência em relação às vagas disponibilizadas em cada tipo curso, excetuando-se os cursos de Qualificação Profissional.	$TO\ (\%) = \frac{M}{V\ Ciclos\ DNE}$ (16) TO – Taxa de Ocupação em percentual; M – Total de matrículas; V Ciclos DNE – Vagas em ciclos com data não expirada.
		Índice Geral de Cursos (IGC) Indicador INEP.	Não há meta prevista em instrumento normativo.	Este indicador é uma média ponderada envolvendo as notas contínuas de Conceitos Preliminares de Curso (NCPCc) dos cursos de graduação e os Conceitos Capes dos cursos de programas de pós-graduação stricto sensu das Instituições de Educação Superior (IES)	$IGC = \alpha\ x\ Gies + \beta\ x\ Mies + \gamma\ x\ Dies$ (17) IGC – índice Geral de Cursos Avaliados da instituição; α – proporção de matrículas na graduação; Gies – nota média da graduação; β – proporção relativa às matrículas nos cursos de Mestrado da instituição; Mies – nota média de Mestrado da instituição; γ – proporção relativa às matrículas nos cursos de Doutorado; Dies – nota média de Doutorado da instituição.

		Conceito Preliminar de Curso (CPC) Indicador INEP.	Não há meta prevista em instrumento normativo.	Combina, em uma única medida, diferentes aspectos relativos aos cursos de graduação: desempenho dos estudantes, valor agregado pelo processo formativo oferecido pelo curso, corpo docente e percepção dos estudantes sobre as condições do ensino ofertado pela instituição	$CPC = (0{,}2NCc + 0{,}35NIDDc + 0{,}075NMc + 0{,}15NDc + 0{,}075NRc + 0{,}075NOc + 0{,}05NFc + 0{,}025NAc)$ (18) CPC – Conceito Preliminar de Curso; NCc – Nota dos concluintes no Enade no curso de graduação c; NIDDc – Nota do indicador da Diferença entre os desempenhos observado e esperado do curso de graduação c; NMc – Nota de proporção de mestres do curso de graduação c; NDc - Nota de proporção de doutores do curso de graduação c; NRc - Nota de regime de trabalho do curso de graduação c; NOc - Nota referente à organização didático-pedagógica do curso de graduação c; NFc - Nota referente a infraestrutura e instalações físicas do curso de graduação c; NAc - Nota referente às oportunidades de ampliação da formação acadêmica e profissional do curso de graduação c.

Fonte: Adaptado da PNP (2020*) (concluído)*

A partir dos dezenove indicadores apontados na base metodológica da PNP, nota-se que dez não possuem metas estabelecidas nas legislações educacionais vigentes. Por sua vez, dos nove que possuem, seis se utilizam apenas das estratégias 11.11 e 12.3 da Lei 13.005/2014, detonando assim uma carência na definição de metas por parte do MEC/SETEC.

Neste sentido o próprio referencial metodológico da PNP (2020) apresenta algumas definições pertinentes sobre as métricas utilizadas em todos os indicadores, sendo: I) a polaridade que aponta o sentido esperado, ou seja, onde se espera chegar (Ex.: Quanto maior melhor), II) a agregação ou fonte de dados (Ex.: oriundo da rede federal, unidade de ensino), III) os resultados onde se espera chegar, objetivos a serem atingidos, IV) o centro da meta que é o valor pré estabelecido tendo em vista as normativas vigentes, V) os limites da meta onde a partir do centro da meta tem se o ajuste de mais ou menos 5%, tendo assim os chamados limites superior e inferior, VI) o desvio que é a diferença entre o resultado e o centro da meta, VII) a performance, ou seja, a diferença entre o resultado e o centro da meta, chega-se a esse resultado no atingimento dos 100% e VIII) a análise gráfica cabe mencionar o no que tange o “ideal” o

acréscimo já mencionado de 5% a partir do centro da meta, enquanto a faixa compreendida como “adequado” quantitativamente recebeu um valor duas vezes menor que a “ideal” sendo utilizado as cores vermelha para apontar o “não atingimento”, amarelo para “adequado” e verde para “ideal”.

Entende-se então que a partir da proposta metodológica da PNP, existe um constructo que tem por valores a correta extração, tratamento e disponibilização dos dados na rede, seguindo as boas práticas acerca da utilização e gestão dos dados públicos.

Portanto, há de se destacar também ganhos no que tange a confiabilidade dos dados, pois este proporciona aos pesquisadores uma fonte de coleta de dados segura, metodologicamente estruturada, de fácil manuseio e com dados atuais de todas as instituições pertencentes a RFEPCT.

2.5 Governança e Gestão

2.5.1 O que é Governança?

A governança ocorre a partir de um movimento de transferência de poder e responsabilidades do proprietário da empresa para um terceiro. Porém, tal movimento nem sempre ocorre de forma simples, pelo contrário, em muitas situações observa-se conflitos no exercício do poder, das informações e de abuso de autoridade (TCU, 2014).

Berle e Means (1932) iniciaram as primeiras pesquisas sobre governança, e que posteriormente culminaram nos Estados Unidos na *Securities and Exchange Commission (SEC),* responsável em assegurar um maior grau de confiabilidade e proteção no mercado de capitais.

Autores como Shleifer e Vishny (1997) trouxeram esse conceito de governança para o ambiente corporativo a partir da introdução da relação entre risco *x* retorno, que elucida dentre outros aspectos a transparência no processo de retorno de capital sobre um investimento.

Logo, a governança surgiu e se consolidou principalmente sobre os pilares e prerrogativas das empresas de capital aberto e na relação de transferência da responsabilidade da gestão da empresa a terceiros. Cabe citar ainda a visão abordada por Jacometti (2012), que amplia a percepção sobre governança ao afirmar que a mesma abarca também os arranjos legais, culturais e institucionais de uma organização.

Jacometti (2012) apresentou ainda o estado da arte sobre governança corporativa que segundo ele, teve grande notoriedade a partir dos anos 90 cabendo destacar três movimentos necessários nesse período que foram I) a pesquisa sobre a estrutura de governança nas organizações, II) o aumento dessas pesquisas e III) uma contraposição a teoria da agência.

Assim, a governança diz respeito a um conjunto de medidas que visam o controle interno e externo das organizações e instituições, a fim de mitigar os riscos inerentes ao negócio (Silveira, 2006). Nesse sentido, observa-se a importância da governança no ambiente organizacional e institucional, justificando, por conseguinte a sua adoção e consequentemente expansão em todo o mundo a partir dos seguintes marcos históricos.

Em 1990, o Banco na Inglaterra criou o código de melhores práticas de governança, motivado pela crise financeira vivida pelo país naquele período. Em 1992, o *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* (*COSO)* publica *o Internal Control – Integrated Framework,* documento que trouxe as diretrizes para a gestão de riscos nas organizações. Já, em 2002, é publicada nos Estados Unidos a Lei *Sarbanes-Oxley*, com o propósito de melhorar o controle das informações oriundas dos relatórios financeiros.

No Brasil, os primeiros movimentos formais ocorreram por meio da implantação da Lei 10.303/2001 que contribui com algumas atualizações acerca das políticas vinculadas às empresas de Sociedades por Ações S/A, tendo como principal premissa a redução dos riscos relacionados à negociação de ações e, em especial, aos pequenos investidores. Outro marco sobre governança no Brasil foi a constituição do Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC), que dentre outras prerrogativas, competências e atribuições tem por escopo fomentar a transparência, equidade, prestação de contas e responsabilidade corporativa (TCU, 2014).

2.5.2 Governança na Administração Pública no Brasil

No manual de referências para políticas públicas do TCU (2014), é evidenciado que as primeiras discussões sobre a necessidade da governança na administração pública, tiveram seu início a partir de 1980 com a crise fiscal ocorrida no país, exigindo assim novas reflexões bem como a definição de pautas claras e com premissas e princípios de transparência na prestação de contas do governo.

Nesse sentido, organizações como a *International Federation of Accountants (IFAC), Australian National Audit Office (ANAO), The Chartered Institute of Public Finance and Accountancy (CIPFA), Office for Public Management (OPM) e Independent Commission for Good Governance in Public Services (ICGGPS),* dentre outras, tem colaborado para as boas práticas de governança no mundo no que tange a administração pública.

Ademais, a adoção dessas práticas de governança na administração pública se deu em virtude de questões outrora já discutidas como a "modernização do setor público" (Kissler e Heidemann, 2006). Cabe ratificar, que a adoção de tais práticas advindas principalmente da *NPM*, estavam pautadas por princípios e valores oriundos em grande parte da iniciativa privada

que dentre outras práticas reforçam conceitos como eficiência, eficácia, produtividade, metas, indicadores, governança, dentre outros.

Ainda nesse contexto de governança no Brasil, contudo, mais especificamente no que concerne a administração pública, cabe citar três perguntas basilares apresentadas por Kissler e Heidemann (2006) que almejam aclarar aspectos até então incertos, sendo: I) o que significa governança pública? II) como se traduz a governança pública na prática? III) quais consequências se desdobram dessa relação entre estado e sociedade em detrimento da governança pública?

Em relação à primeira pergunta os autores apresentam uma comparação com o setor público alemão e também seus desdobramentos provenientes através de políticas desenvolvimentistas, no qual o princípio de governança era usada para se referir a políticas atreladas a premissas como gestão, responsabilidade, transparência e legalidade no setor público (Kissler e Heidemann, 2006).

Desta forma, Loeffler (2003) contextualiza governança como uma série de reformas administrativas que se almeja a eficiência e a transparência da administração pública.

Em relação, às práticas de governança da administração pública, Kissler e Heidemann (2006) elencaram vários aspectos indispensáveis a qualquer instituição pública, cabendo, segundo eles, o entrelaçamento entre as boas práticas conduzidas por empresas privadas, organizações sem fins lucrativos (ONGs), municípios, associações e indivíduos afins de gerar uma rede de governança.

Por fim, mas ao encontro da terceira pergunta, fica o questionamento no tocante a se a governança pública resolve ou não essa dicotomia da relação entre estado e sociedade. Kissler e Heidemann (2006) são pragmáticos ao afirmarem que os resultados ainda são raros, cabendo, portanto, reflexões na relação entre interesse e racionalidade dentro dos arranjos governamentais.

Portanto, ainda que aparentemente exista esta relação dicotômica entre estado e sociedade, cabe frisar que o que se espera por meio da adoção da governança são resultados estruturantes capazes de trazer um maior engajamento da administração pública e na educação, principalmente no que cabe a busca por boas práticas de gestão.

2.5.3 Relatório de Governança e gestão do TCU

Retomando brevemente o contexto histórico, as primeiras discussões sobre governança pública no Brasil ocorreram a partir de 1980 devido a uma grave crise fiscal, sendo necessária

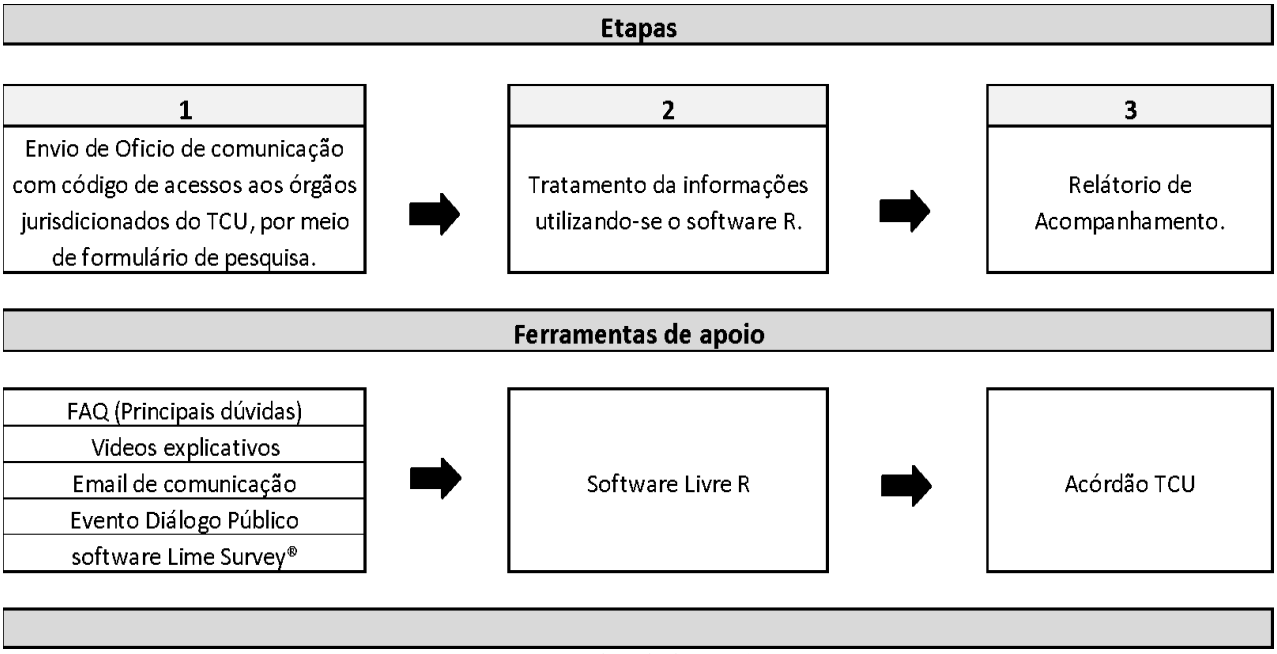
a adoção de uma maior fiscalização e controle público, principalmente no que cabe à transparência.

Entre 2013 e 2016, o tribunal elencou alguns pontos sobre governança a serem monitorados, a partir de quatro pontos distintos, sendo: I) governança aplicada à tecnologia da informação (TI), II) gestão de pessoas, III) contratos públicos e a IV) própria governança na administração pública. Todavia, em 2017, o próprio TCU concatenou os quatro temas abarcados entre 2013 a 2016 em um questionário integrado de governança pública, tendo como principal objetivo conceder ao tribunal e as partes interessadas uma visão mais ampla e sistêmica do relatório.

Os relatórios são comumente elaborados por exercício e são subdivididos em três fases: I) planejamento, II) execução e III) relatório. Cabe mencionar que até a data da elaboração desta pesquisa encontravam-se disponíveis apenas os relatórios de 2014, 2017 e 2018, tendo uma média de mais de 550 instituições fiscalizadas.

A Figura 3, apresenta o macrofluxo executado pelo TCU, iniciando pela coleta dos dados junto aos órgãos controlados, até a divulgação consolidada dos resultados no portal do TCU por meio de um Acórdão.

Figura 3 – Macro fluxo do relatório de acompanhamento



Fonte: Adaptado do TCU (2018)

Conforme exposto, a partir de 2017, com a consolidação dos temas e a apresentação do questionário integrado de governança pública, é apresentado formalmente o Índice Integrado de Governança e Gestão (IGG), é composto pelos I) índice de governança pública (iGovPub),

II) índice de gestão de pessoas (iGovPess), III) índice de gestão de TI (iGovTI) e pelo IV) índice de gestão de contratações (iGovContr).

Logo, o principal objetivo do IGG é auxiliar as partes interessadas na identificação de aspectos de governança e gestão, a fim de buscar maiores oportunidades de melhorias institucionais. Porém, o próprio tribunal adverte e elenca três pontos a serem observados na análise dos resultados.

O primeiro diz respeito a não utilização do índice em forma de ranking uma vez que as instituições comparadas possuem características e perfis distintos, o segundo em relação aos próprios resultados pois como o índice é gerado a partir dos apontamentos feitos pelos próprios órgãos jurisdicionados, o mesmo não passa por um crivo do tribunal de contas, podendo assim eivado de erros nos dados originais. Por último, há uma observação no que tange ao próprio índice que estabelece que ao se adotar mecanismos de controle interno, fica inviável comparar resultados entre órgãos, uma vez que pela natureza do negócio, um está mais exposto a um determinado risco do que o outro, como é o caso das instituições bancárias.

Todavia, esperou-se remediar a primeira limitação do IGG, por meio do não ranqueamento utilizando apenas desse indicador, mas, sim uma utilização conjunta com os indicadores de qualidade IGC do INEP e os indicadores a serem selecionados da PNP por meio da DEA.

Por conseguinte, almejou-se contribuir para o correto ranqueamento das instituições analisadas, servindo inclusive como boas práticas a serem adotadas nos processos de tomada de decisão das instituições e dos gestores a nível estratégico tanto do tribunal de contas quanto dos órgãos jurisdicionados.

Por fim, para a composição da nota oriunda das respostas do formulário, o TCU atribui valores numéricos a cada resposta conforme Quadro 5:

Quadro 5 - Atribuição de valores as categorias das respostas IGC 2018

Nota	**Respostas**
0%	Não adota.
	Não se aplica (risco não tratado).
5%	Há decisão formal ou plano aprovado para adotá-lo.
15%	Adota em menor parte.
50%	Adota parcialmente.
	Não se aplica (risco medianamente tratado).
100%	Adota em grande parte ou totalmente.

Fonte: Adaptado de TCU (2014)

2.6 Indicadores de qualidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)

Antes da criação dos indicadores do INEP, houve em 2004 a constituição do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), que tinha como premissa avaliar as instituições de ensino, os cursos de graduação e o desempenho acadêmico dos estudantes (IKUTA, 2016).

Logo, a partir destas premissas o INEP estabeleceu os indicadores I) conceito preliminar de curso (CPC), II) conceito ENADE, III) indicador de diferença entre os desempenhos observado e esperado (IDD) e o IV) índice geral de cursos avaliados da instituição (IGC).

Preliminarmente, o CPC traz na sua concepção metodológica conceitos como dimensões, pesos e componentes, onde, a partir dessas variáveis, o INEP espera medir o desempenho dos estudantes, corpo docente e infra estrutura da instituição.

Já o ENADE apresenta os resultados das avaliações aplicadas aos alunos concluintes da graduação almejando verificar o seu desempenho final ao término do curso.

Por sua vez o IDD tem por premissa medir a qualidade do curso de graduação tendo em vista o resultado do ENADE, dos alunos concluintes.

Por fim, o IGC traz um peso significativo pois considera no seu cálculo as notas contínuas dos CPC, o número de matrículas nos cursos de graduação e os conceitos e números de matrícula nos cursos de Mestrado e Doutorado.

2.6.1 Conceito Preliminar de Curso (CPC)

Antes de falar do IGC é necessário apresentar o CPC tendo em vista a sua utilização na composição dos resultados do IGC. A oficialização do CPC veio em 2010 por meio da portaria MEC de n° 40, que trouxe a forma de aferição dos resultados a ser realizada de forma anual com uma nota final variando em uma escala de 1 a 5, sendo 5 a melhor nota.

A Nota Técnica 18/2018, apresenta o principal propósito do CPC que versa acerca da possibilidade de agrupar medidas imperfeitas em uma única medida, subdividindo ainda em quatro pilares na sua composição, sendo: o I) desempenho dos estudantes, tendo como referência as notas dos estudantes que concluíram o exame nacional de desempenho de estudantes (ENADE), II) o valor agregado do processo formativo, onde o resultado se dá a partir da diferença entre os desempenhos observado e esperado (IDD), III) o corpo docente que traz basicamente como principais aspectos a titulação e regime de trabalho dos docentes e IV) que traz a percepção discente sobre as condições do processo formativo, sendo essa uma variável bem densa pois na sua composição abarca critérios organizacionais como, clareza didática-

pedagógica, infra estrutura das instalações físicas, melhora da formação acadêmica e profissional, cabe mencionar que esses apontamentos são oriundos de questionários respondidos pelos estudantes.

Porém, para composição do cálculo do CPC, segundo a mesma nota, é necessário ainda estratificar os pilares corpo docente e percepção discente, sendo necessário observar no primeiro pilar a proporção de professores mestres, a proporção de professores doutores, e a proporção de professores como regime de trabalho parcial ou integral. Já em relação a percepção discentes é necessário verificar a média das respostas dos estudantes no quesito didático-pedagógico, a média das respostas referente à infraestrutura e instalações físicas e a média das respostas referentes às oportunidades de ampliação acadêmica e profissional.

A partir dessas considerações é necessário citar ainda as composições, dimensões e pesos do CPC conforme denotado pela Tabela 3, cabendo esclarecer que o cálculo é para cursos de graduação que possuam no mínimo dois estudantes com participação no ENADE, já para os casos em que não ocorreram esta condição mínima há o apontamento de "Sem Conceito" (SC) (NOTA TÉCNICA N° 58, 2020).

Tabela 3 - Pesos por componentes e dimensões

Item	Dimensão	Componentes	Pesos	Total
1	**Desempenho dos Estudantes**	Nota do Enade	20%	20%
2	**Valor agregado oferecido pelo curso**	Nota do Indicador de Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado (NIDD)	35%	35%
3	**Corpo Docente**	Nota de Mestres	7,50%	
		No de Doutores	15%	30%
		Nota Regime de Trabalho	7,5%	
4	**Percepção do corpo Discente sobre o processo formativo**	Nota da organização didático pedagógico	7,50%	15%
		Nota da infraestrutura e instalações físicas	5%	
		Nota referente a oportunidades de formação acadêmica e profissional	2,50%	100%

Fonte: Adaptado da Nota Técnica n°18/2018

Conforme exposto, o CPC é um indicador robusto no que tange a adoção de critérios para sua composição, uma vez que vão desde critérios concernentes ao âmbito ensino-pedagógico até a infraestrutura da instituição. Todavia, alguns autores retomam a dicotômica acerca da adoção ou não de técnicas quantitativas como instrumento para mensuração de resultados na educação, como por exemplo Schwartzman (2008), Barreyro (2008) e Rothen (2011) que questionaram a sua criação e adoção tendo em vista a forma como são adotados os pesos das suas componentes.

Tais críticas ao CPC desde a sua criação talvez justifique as constantes revisões feitas pelo INEP na sua composição metodológica, critérios de pesos, medidas e forma de avaliação a distância pelo SINAES. Porém, mesmo com as críticas dos autores verifica-se atualmente a ampla utilização deste indicador como métrica de qualidade e mensuração de eficiência, inclusive sendo fator preponderante para o fechamento e abertura de novos cursos no ensino superior.

2.6.2 Índice Geral de Cursos (IGC)

O IGC tem seu referencial metodológico em relação ao ano de 2018 elencado pela Nota Técnica 19/2018 que trouxe um conceito estatístico igual ao CPC ao utilizar a média ponderada que por sua vez apresenta as seguintes variáveis para cálculo conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Cálculo do IGC

Variáveis	**Descrição**
1	Notas do CPCs referentes aos cursos de graduação avaliados no triênio 2015-2016- 2017, calculadas conforme metodologias apresentadas nas Notas Técnicas do Inep nºs 3/2017/CGCQES/DAES, 38/2017/CGCQES/DAES e 16/2018/CGACGIES/DAES, respectivamente.
2	Número de matrículas nos cursos de graduação (estudantes cursando ou formado no ano de referência do CPC).
3	Conceitos dos cursos de Mestrado e Doutorado atribuídos pela Capes na última avaliação disponível, para os programas de pós-graduação reconhecidos, incluindo a avaliação dos novos programas recomendados para o ano de referência do IGC, conforme base de dados encaminhada pela CAPES ao INEP.
4	Número de matrículas nos cursos de Mestrado e Doutorado, conforme base de dados encaminhada pela CAPES ao INEP.

Fonte: Adaptado da Nota Técnica n°19/2018

Em relação ao resultado do IGC o mesmo é dado por meio de uma variável contínua com intervalo entre 0 (zero) e 5 (cinco), sendo necessário observar os parâmetros de conversão apresentados para cada IGC (faixa) constantes no Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros de conversão do IGC em faixa

IGC – Faixa	IGC - Contínuo
1	$0 \leq NC_j \leq 0{,}945$
2	$0{,}945 \leq NC_j \leq 1{,}945$
3	$1{,}945 \leq NC_j \leq 2{,}945$
4	$2{,}945 \leq NC_j \leq 3{,}945$
5	$3{,}945 \leq NC_j \leq 5$

Fonte: Adaptado da Nota Técnica n°19/2018

Cabe mencionar ainda conforme apontado pelo INEP, que o IGC é calculado anualmente, levando em consideração na sua memória de cálculo o CPC de dois anos anteriores.

Da mesma maneira que o CPC, o índice geral de cursos (IGC) também recebe críticas como as apontadas por Ikuta (2016) que afirma que a utilização massiva desses indicadores principalmente pelas mídias, corroboram para a criação de rankings ocasionando um ambiente competitivo entre as instituições de ensino.

Outra crítica vem de Bertolin (2009) que incorpora o conceito de subjetividade à educação, tornando-a incontestavelmente não sujeita a avaliação quantitativa apresentada por indicadores.

Todavia, ainda mediante a críticas por parte da literatura, a utilização de indicadores como forma de mensurar a qualidade na educação tem se mostrado consistente e evolutiva ao longo dos anos. Ademais, a utilização conjunta de indicadores oriundos de três fontes distintas, bem como a adoção da DEA, como uma técnica que tem por característica alocar os melhores pesos levando em consideração as características individuais de cada UTD, compõem uma estrutura mais robusta no que concerne aos resultados esperados desta pesquisa.

2.7 Análise Envoltória de Dados (DEA)

As primeiras pesquisas sobre eficiência foram propostas por Koopmans (1951), Farrel (1957) e Debreu (1951) que visavam medir a eficiência e produtividade de empresas privadas e instituições públicas, cabendo citar por exemplo o artigo de Farrel (1957) que trouxe a importância em se medir a eficiência, observando a relação entre aumento de produção, eficiência e consumo de recursos.

> "O problema de medir a eficiência produtiva de uma indústria é importante tanto para o teórico econômico quanto para o formulador de políticas econômicas. Os argumentos teóricos sobre a eficiência relativa dos diferentes sistemas econômicos devem ser submissos a testes empíricos. Neste sentido é essencial poder fazer algumas medições reais de eficiência. Igualmente, se o planejamento econômico se preocupa com particulares indústrias, é importante saber até que ponto uma determinada indústria pode aumentar sua produção simplesmente aumentando sua eficiência, sem absorver mais recursos." (FARREL, 1957).

Farrel (1957) foi um dos precursores ao apontar que os principais fatores que ocasionaram a maioria dos problemas de medição de eficiência eram oriundos da não consideração das múltiplas entradas no processo. Até então, a eficiência era medida de forma individual separando do processo todos os insumos.

A partir dessa nova abordagem de múltiplas entradas, verificou-se uma gama de aplicações podendo ir desde uma oficina até uma escola (Cook e Seiford, 2009).

Nesse sentido, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram uma nova abordagem para medir a eficiência por meio da utilização de múltiplos critérios de entrada e saída. Introduziram também definições mais claras sobre unidades tomadoras de decisão, adoção de novos conceitos de unidades eficientes por meio do uso de UTDs de referências e, a partir daí, o apontamento de fronteiras mais e menos eficientes, metas e alvos, surgindo assim a DEA.

A DEA foi aplicada inicialmente na avaliação de um programa educacional público denominado *follow through* nos EUA, a fim de medir a eficiência e consequentemente auxiliar na tomada de decisão dos gestores. Ainda nesse artigo, os autores apresentaram novamente o conceito de multiplicidade apresentado por Farrel (1957), porém, ratificando que tal critério deve ser utilizado nas entradas e saídas, dando como exemplo o próprio programa *follow through.*

A partir dessa pesquisa seminal proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) tem se visto um aumento na produção acadêmica nos últimos quarenta anos, principalmente no que tange a variedade e aplicações dos modelos DEA. Corroborando a este fato, cabe citar a pesquisa de Cook e Seiford (2009) que apresentaram um estudo contendo um compilado das pesquisas sobre DEA nos últimos trinta anos bem como uma apresentação detalhada sobre os modelos clássicos radiais da DEA denominados CCR e BCC.

Ainda em relação a DEA, Barbosa e Fuchigami (2018) corroboram com a definição de que a técnica é não paramétrica, e utiliza-se de programação linear para o cálculo e comparação da eficiência das UTDs, por meio das fronteiras de eficiência, apresentando ainda a importância que as UTDs ora comparadas sejam homogêneas, ou seja, tenham similaridade nos seus insumos e produtos.

Este caráter de similaridade é observado também por Mello *et al*. (2005) que afirmam que o objetivo primário da DEA é a comparação de um certo número de UTDs com competências similares, diferenciando-se apenas nos insumos consumidos (entradas) e nos produtos gerados (saídas). Ademais, citam ainda alguns objetivos preponderantes a serem considerados e que foram usados nesta pesquisa para se alcançar os objetivos específicos aqui

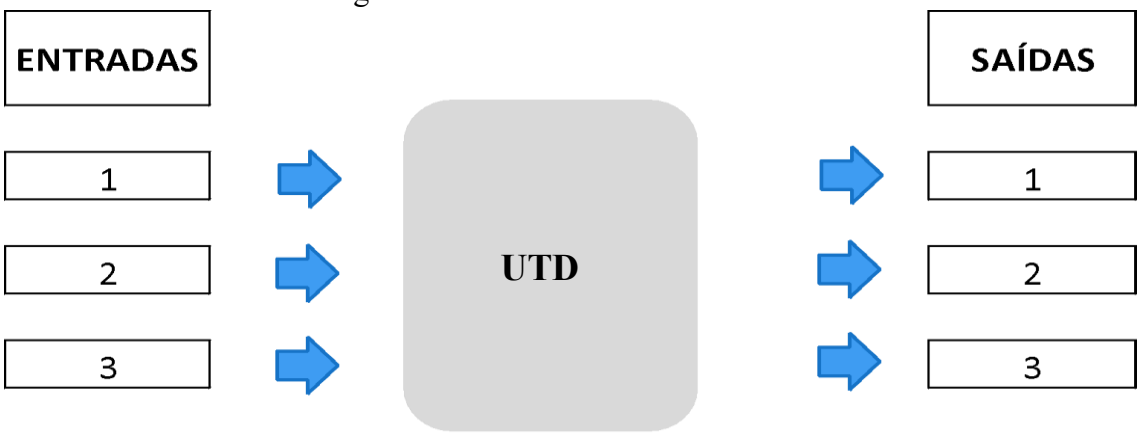
postulados como: I) Identificar as UTDs eficientes, medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes *(piecewise linear frontier*), que forneça a referência para as UTDs ineficientes, II) determinar a eficiência relativa das UTDs, contemplando cada uma relativamente a todas as outras que compõem o grupo a ser estudado, III) e dar suporte que maximize a eficiência das UTDs, corrigindo as ineficientes por meio de unidades que são referências.

Conforme abordado por Cooper, Seiford e Tone (2000) e ratificado por Mello *et al*. (2005), para aplicação da DEA, é necessário ainda: I) Selecionar as UTDs, II) selecionar as variáveis de entradas (insumos) e de saídas (produtos), III) escolher o modelo DEA mais adequado ao problema proposto e IV) analisar a fronteira de eficiência.

Segundo os autores, a primeira etapa é necessária para explicar que as UTDs escolhidas são homogêneas, variando apenas a intensidade das variáveis originais, afinal, não seria pertinente comparar objetos com propósitos diferentes, sujeitos a legislações equidistantes e que almejam resultados diferentes.

Na Figura 4 é possível verificar a relação entre as variáveis de entrada e saída de uma UTD, onde as entradas são denominadas insumos e as saídas de produtos. Por sua vez, no que tange a etapa de escolha das variáveis é possível que esta seja realizada utilizando-se de métodos de seleção objetivos e subjetivos conforme apontados por Meza *et al*. (2007).

Figura 4 - Elementos de uma UTD



Fonte: Adaptado de Jubran (2005)

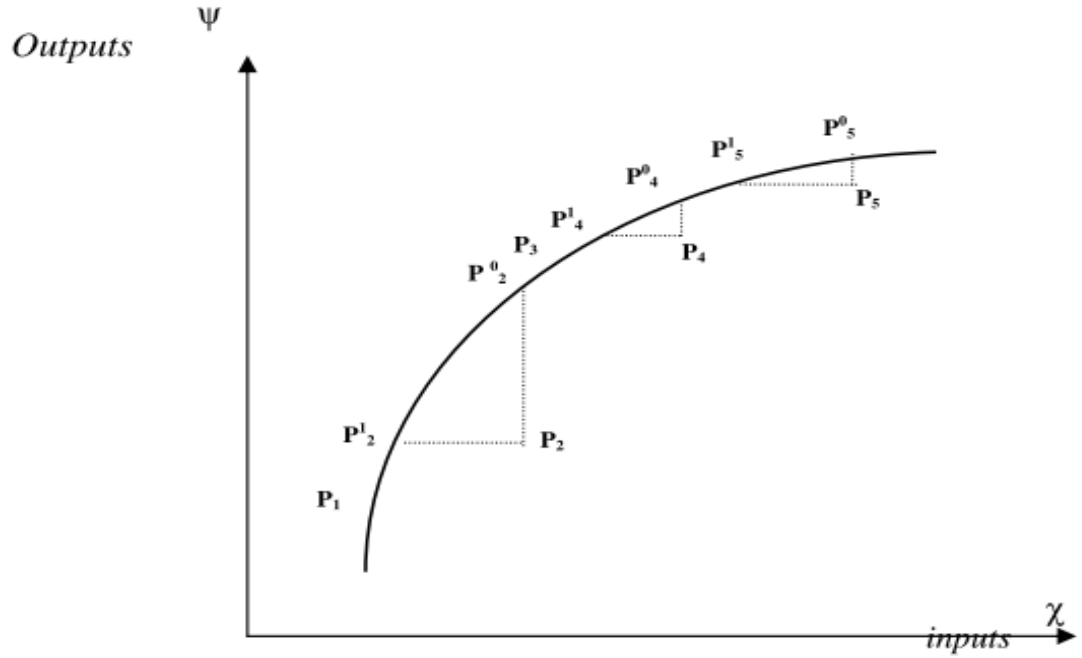
Além disso, em relação a seleção das variáveis, os autores destacam também a importância que a escolha ocorra a partir de uma ampla lista. Assim, a partir de uma amostra maior é possível explicar melhor as diferenças entre cada UTD.

Em seguida, a terceira etapa trata da escolha do modelo DEA a ser aplicado, podendo ser os modelos clássicos denominados CCR e BCC com orientação para entrada ou saída, a

depender dos resultados esperados nesta pesquisa. Há também a possibilidade da escolha de modelos mais atuais da DEA, que poderão ser utilizados individualmente ou em conjunto com os modelos clássicos.

Por sua vez, conforme apontado na Figura 5, a quarta etapa trata das fronteiras de eficiência ou envoltória que basicamente dizem respeito a uma fronteira envoltória que delimita as UTDs eficientes das ineficientes. Assim, quanto mais próximo uma UTD estiver da fronteira, maior será a sua eficiência, que é medida a partir de uma escala que vai de 0 a 1, sendo 1 ou 100% uma restrição ou seu valor máximo apontado nos modelos.

Figura 5 - Fronteira de eficiência de uma UTD



Fonte: Gomes *et al*. (2004)

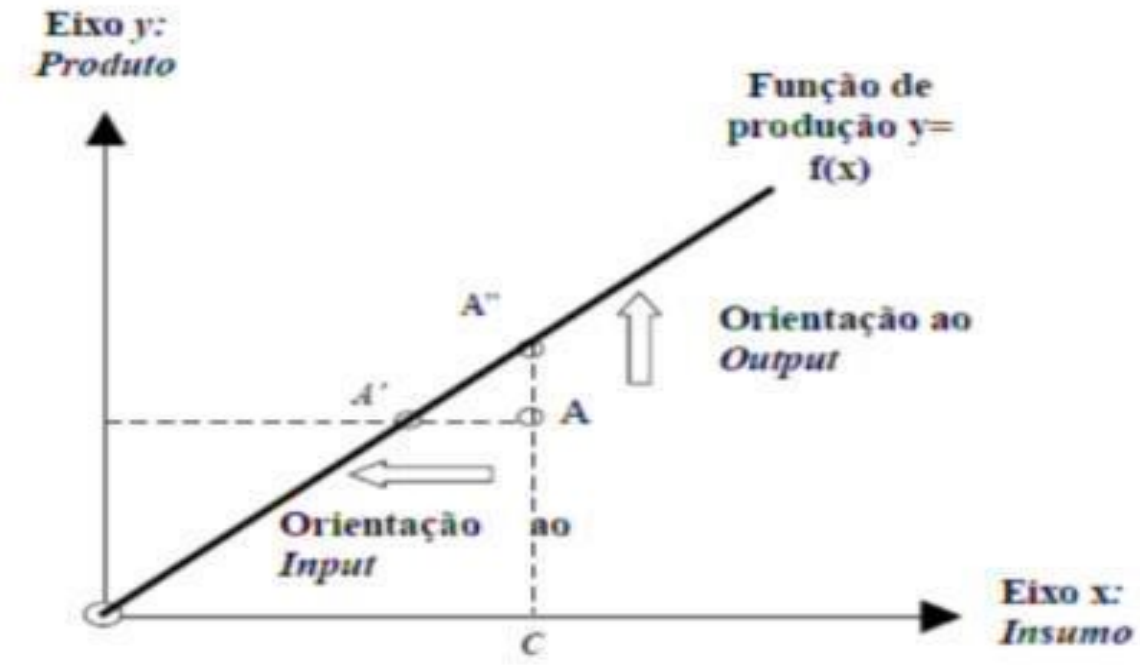
Para os cálculos da eficiência de múltiplas entradas e saídas, se faz necessário entender a alocação de pesos nos índices de entrada e saída para cada UTD (Cooper, Seiford e Tone, 2000).

Nesse sentido, a eficiência dentro do modelo DEA, abordado por Barbosa e Fuchigami (2018), podem ser calculados pela divisão do somatório do produto das saídas e seus respectivos pesos pelo somatório do produto das entradas e seus respectivos pesos, ou seja, a saída virtual dividida pela entrada virtual.

A Figura 6 apresenta as orientações para entrada e saída, onde ao se analisar o eixo $y = f(x)$ verifica-se que este é responsável pela delimitação da eficiência. Assim, se a orientação for para saída (produto), nota-se o movimento da UTD A para A'', ocasionando uma movimentação no eixo y , mas mantendo constante a entrada ou insumo (eixo x). Por outro

lado, se a orientação for para entrada (insumo), observa-se o deslocamento da UTD A para A' no eixo x mas mantendo constante o produto (eixo y).

Figura 6 - Orientação voltada para entrada e saída



Fonte: Mariano (2008)

2.7.1 Modelo CCR – Retorno constantes de escala

2.7.1.1 Orientação para a entrada

O modelo CCR atribuído a Charnes, Cooper e Rhodes (1978) apresenta uma superfície linear que envolve os dados, ou seja, possui um retorno constante de escala - *Constant Returns to Scale (CRS),* sendo diretamente proporcional a relação de entrada e saída, pois ao se variar a entrada automaticamente ocorre uma variação na saída. Nesse sentido, quando a orientação for para a entrada, deve-se reduzir os insumos, mas mantendo constante os produtos.

Conforme apontado por Barbosa e Fuchigami (2018), ao se medir a eficiência de uma UTD, o resultado necessariamente deverá estar entre 0 e 1 ou 0 e 100%. O Quadro 7 apresenta a notação do modelo genérico fracionário clássico CCR, por meio dos índices $k, i\ e\ j$ sendo k a UTD utilizada no momento. O índice j representa a saída de número j e i representa a entrada de número i. Por sua vez as variáveis de decisão são v_i como sendo o peso da entrada i, e u_j sendo o peso da saída j. Por sua vez são abordados quatro parâmetros no modelo sendo: y_{j0} como a saída j da UTD$_0$. x_{i0} como a entrada i da UTD$_0$, y_{jk} como a saída j da UTD k e por fim x_{ik}

como a entrada i da UTD k. Todos os parâmetros são detalhados também nos Quadros 8, 9, 10, 11, 12 e 13 com seus respectivos modelos.

Quadro 7 - Modelo de programação fracionária CCR

Orientação para entrada	
Modelo fracionário	
$\boldsymbol{Máx\ Eff_0 = \frac{\sum_{j=1}^{m} u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^{n} v_i x_{i0}}}$ Sujeito a: $\boldsymbol{\frac{\sum_{j=1}^{m} u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^{n} v_i x_{ik}} \leq 1, K = 1, 2 \ldots\ldots, n}$ (19) $\boldsymbol{u_j\ e\ v_i \geq 0\ \forall j, i}$	Sendo: Eff_0= é a eficiência da UTD $_0$ analisada; u_j= *é o* peso da saída *j;* v_i= é o peso da entrada i, y_{j0}= é a saídas j da UTD$_0$; x_{i0}= é a entradas i da UTD$_0$; x_{ik} = entrada da UTD k; y_{jk}= e saída da UTD k. K = número de UTDs

Fonte: Adaptado de Guerreiro (2006)

O Quadro 8 apresenta um modelo de otimização não linear, podendo ser transformado em um modelo de otimização linear (PPL), passando a ser conhecido como modelo primal, oriundo da necessidade de se apontar valores e pesos e da razão entre o somatório das entradas com o somatório das saídas. Já o Quadro 8 apresenta um modelo de PPL CCR com orientação para entrada.

Quadro 8 - Modelo de programação CCR entrada

Modelo linear primal - Multiplicadores	**Modelo linear dual - Envelope**
$\boldsymbol{Máx\ Eff_0 = \sum_{j=1}^{m} u_j y_{j0}}$ Sujeito a: $\boldsymbol{\sum_{j=1}^{m} u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^{n} v_i x_{ik} \leq = 1, 2, .. z}$ (20) $\boldsymbol{\sum_{i=1}^{n} v_i x_{ik} = 1}$ $\boldsymbol{u_j\ e\ v_i \geq 0 \forall j, i}$	$Min\ \theta$ Sujeito a: $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^{n} x_{ik} \lambda_k \geq 0,\ i = 1, \ldots . z$ (21) $-y_{j0} \sum_{k=1}^{n} y_{jk} \lambda_k \geq 0 = 1, \ldots . z$ $\lambda_k \geq 0\ \forall k$
Sendo: $\boldsymbol{\theta}$ = eficiência; $\boldsymbol{u_j}$ = pesos das saídas e $\boldsymbol{v_i}$ pesos das entradas; $\boldsymbol{x_{ik}}$= entradas de i e $\boldsymbol{y_{jk}}$ saídas de j da UTD K; $\boldsymbol{x_{i0}}$= entrada de i e $\boldsymbol{y_{j0}}$= saídas j da UTD 0; $\boldsymbol{\lambda k - k}$-ésima coordenada da DMU 0 em base composta por UTDs de referência.	

Fonte: Adaptado de Guerreiro (2006)

Conforme exposto pelas equações, o objetivo do modelo primal é a maximização da eficiência das UTDs analisadas, independente da variedade dos pesos. Ademais, cabe

mencionar, conforme abordado pelos autores, a possibilidade de a otimização atribuir peso zero na entrada ou saída, demonstrando que tal variável foi desconsiderada. Assim, mesmo com esta independência dos pesos, a fronteira envoltória do modelo CCR será sempre representado por uma reta.

2.7.1.2 Orientado para a saída

Por sua vez, o modelo CCR com orientação voltada para a saída, deve se primeiramente aumentar o produto (eixo y) mas mantendo constante o insumo (eixo x). Nesse sentido, conforme o Quadro 9 a partir da Equação $MinEff_0$, verifica-se que o objetivo é a busca pela eficiência da UTD, ou seja, um escore de eficiência máximo igual a 1. Nota-se mais especificamente também que x_{ik} representa a entrada *i* da UTD k, já y_{jk}, é representado pela saída j da UTD k (Mello *et al*. 2003).

Quadro 9 - Modelo de programação CCR saída

Modelo fracionário	**Modelo linear primal - Multiplicadores**	**Modelo linear dual - Envelope**
$\boldsymbol{Min\ Eff_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \quad v_i\, x_{ik}}{\sum_{j=1}^{m} \quad u_j y_{jk}}}$ Sujeito a: $\boldsymbol{\frac{\sum_{i=1}^{n} \quad v_i\, x_{ik}}{\sum_{j=1}^{m} \quad u_j y_{jk}} \geq 1, K = 1, 2 \ldots\ldots, z}$ (22) $\boldsymbol{u_j\, e\, v_i \geq 0 \forall j, i}$	$Min\ Eff_0 = \sum_{i=1}^{n} \quad v_i\, x_{i0}$ Sujeito a: $\sum_{i=1}^{n} \quad u_j\, y_{jk} = 1$ (23) $\sum_{i=1}^{n} \quad v_i . x_{ik} - \sum_{j=1}^{m} \quad u_j y_{jk} \leq 0, K = 1,2,..z$ $u_j\, e\, v_i \geq 0 \forall j, i$	$Max\ \theta$ Sujeito a: $-\theta x_{j0} + \sum_{k=1}^{n} \quad y_{jk}\, \lambda_k \geq 0,\ i = 1, \ldots . s$ (24) $x_{i0} \sum_{k=1}^{n} \quad x_{ik}\, \lambda_k \geq 0,\ j = 1, \ldots . z$ $\lambda_k \geq 0\ \forall k$
Sendo: $\boldsymbol{Eff_0}$= é a eficiência da UTD $_0$ analisada; $\boldsymbol{u_j}$= *é o* peso da saída *j;* $\boldsymbol{y_{j0}}$= é a saídas j da UTD$_0$; $\boldsymbol{v_i}$= é o peso de da entrada i, i =1; $\boldsymbol{h0\ e\ \theta}$ = eficiência; $\boldsymbol{x_{ik}}$= entradas de i e $\boldsymbol{y_{jk}}$ saídas de j da UTD K; $\boldsymbol{x_{i0}}$= entrada de i e $\boldsymbol{y_{j0}}$= saídas j da UTD 0; $\boldsymbol{\lambda k - k}$-ésima coordenada da DMU 0 em base composta por UTDs de referência.		

Fonte: Adaptado de Guerreiro (2006)

2.7.2 Modelo BCC – Orientado para entrada e saída

Em 1984, Banker, Charnes e Cooper propuseram o modelo BCC, também chamado de retorno variável de escala (VRS), que segundo Casado e Souza (2007), tinha por objetivo evitar situações não esperadas oriundas de situações imperfeitas, podendo ser inclusive de ordem

crescente, decrescente ou constante. Já Mariano (2008) esclarece que a proposta do modelo se deu através da estratificação do modelo CCR em duas variáveis preponderantes: eficiência técnica e eficiência de escala denominada de eficiência pura.

O modelo BBC diz que as UTDs que trabalham com valores baixos de entradas passam a ter retornos crescentes na escala e as que atuam com valores altos passam a ter o retorno decrescente na escala, corroborando com a substituição do axioma da proporcionalidade de entradas e saídas inalterada no modelo CCR.

Outra observação em relação ao modelo BCC é a dispensação do conceito de proporcionalidade de entrada virtual e saída virtual adotado no modelo CCR objetivando aumentar a quantidade de UTDs eficientes (Benício e Mello, 2014). Observa-se conforme Quadro 10 que este modelo da mesma forma que o CCR possui orientação tanto para entrada quanto para saída conforme apresentados pelas Equações primais (7) e (8) e Equações duais (9) e (10) (Mello *et al*. 2005).

Quadro 10 - Modelo de programação BCC

Minimização das entradas	**Maximização das saídas**
Modelo linear primal - Multiplicadores	
$\boldsymbol{Max\ Eff_0 = \sum_{j=1}^{s} u_i\, y_{j0} + u_*}$ Sujeito a: (25) $\boldsymbol{\sum_{i=1}^{r} v_i x_{i0} = 1}$ $\boldsymbol{-\sum_{i=1}^{r} v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^{s} u_j\, y_{jk} + u_* \leq 0, \forall_k}$ $\boldsymbol{v_i, u_j \geq 0, u_* \epsilon R}$	$Min\ Eff_0 = \sum_{i=1}^{r} v_i\, x_{i0} + v_*$ Sujeito a: (26) $\sum_{j=1}^{s} u_j y_{j0} = 1$ $-\sum_{i=1}^{r} v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^{s} u_j\, y_{jk} + v_* \leq 0, \forall_k$ $v_i, u_j \geq 0, u_* \epsilon R$
Modelo linear dual - Envelope	
$\boldsymbol{Min\ h_0}$ Sujeito a: $\boldsymbol{h_0\ x_{i0} - \sum_{k=1}^{n} x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall_i}$ (27) $\boldsymbol{-y_{j0+} \sum_{k=1}^{n} y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall_j}$ $\boldsymbol{\sum_{k=1}^{n} \lambda_k = 1}$ $\boldsymbol{\lambda_k \geq 0, \forall_k}$	$Max\ h_0$ Sujeito a: $x_{i0} \sum_{k=1}^{n} x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall_i$ (28) $-h_0\ y_{j0} + \sum_{k=1}^{n} y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall_j$ $\sum_{k=1}^{n} \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0, \forall_k$

Fonte: Adaptado de Mello *et al*. (2005)

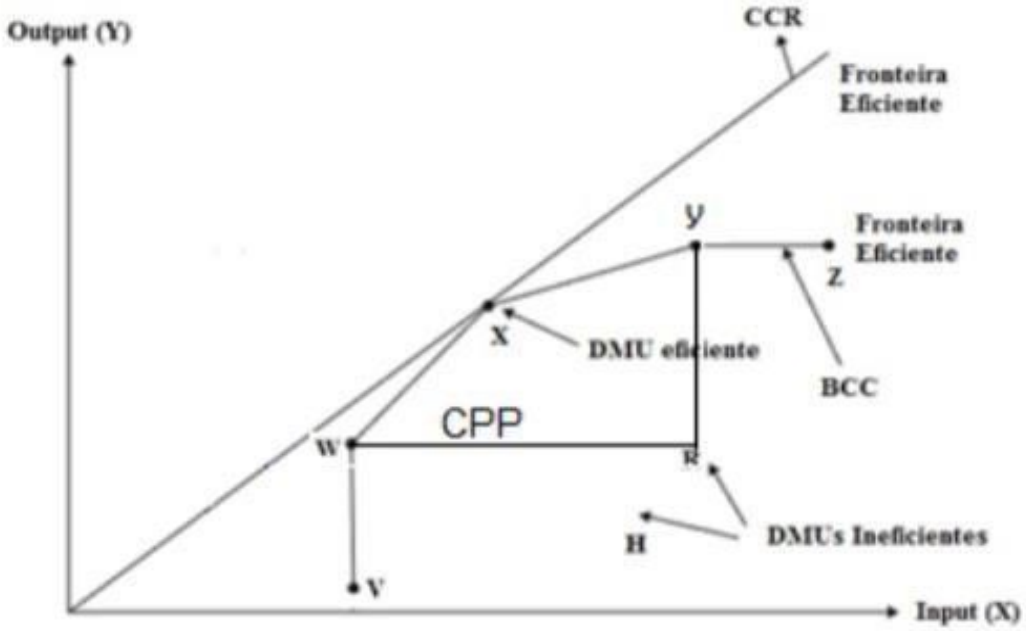
2.7.3 Comparativo entre os modelos CCR e BCC

Segundo Barbosa e Fuchigami (2018), a diferença entre o modelo BCC e o modelo CCR está contida na restrição incluída no modelo dual, que não está presente no modelo CCR, conforme Equação (29).

$$\sum_{k=1}^{n} \lambda_{k=1} \tag{29}$$

Para melhor entendimento, a Figura 7 apresenta graficamente a eficiência do modelo CCR representado por uma reta contínua responsável por delimitar uma UTD eficiente de uma ineficiente. Já a fronteira de eficiência do modelo BCC é convexa, envelopando as UTDs eficientes (V,W,X,Y,Z).

Figura 7 - Comparação de eficiências entre modelos CCR e BCC



Fonte: Barbosa e Fulchigami (2018)

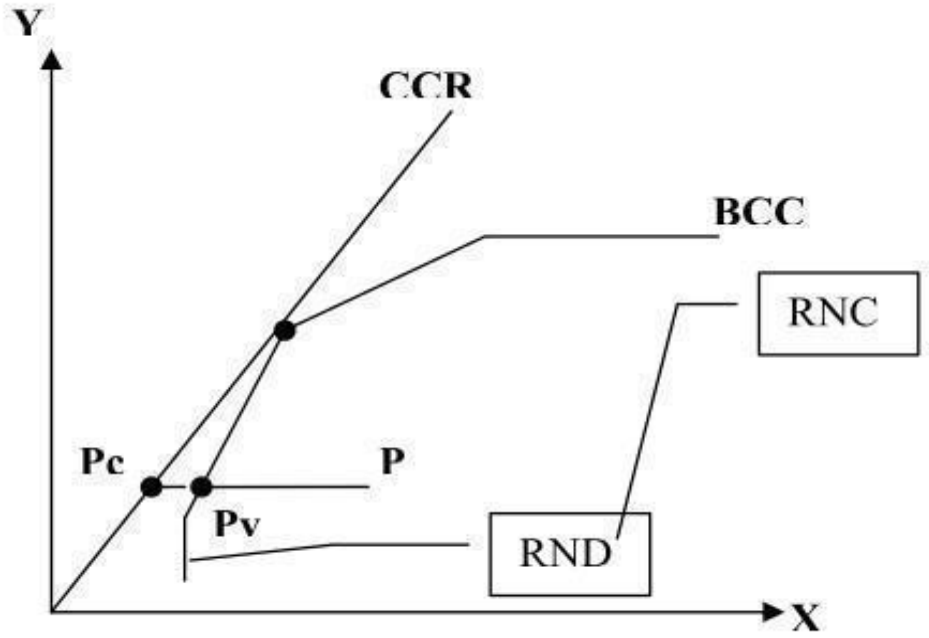
Logo, é possível verificar que no modelo CCR apenas a UTD X é eficiente pois esta é a única que está exatamente na fronteira delimitada pelas retas.

Mariano (2008) traz como desdobramento dos modelos algumas diferenciações importantes acerca de eficiência, como: eficiência produtiva, eficiência absoluta, eficiência relativa, eficiência técnica e eficiência de escala. A primeira é o resultado apresentado pela DEA podendo ser adaptado para qualquer outra situação problema. A segunda diz respeito à capacidade em se definir o valor máximo de um indicador. Já em relação à eficiência relativa não é possível determinar o valor máximo do indicador. Por sua vez, a eficiência técnica tem

por objetivos mapear a utilização ótima dos recursos levando em consideração a escala e porte de cada UTD. Por fim, a eficiência de escala é a diferença entre a eficiência BCC e a eficiência CCR que se dá por meio do resultado da distância entre a UTD analisada com a UTD que opera em escala mais produtiva.

A Figura 8 apresenta graficamente os conceitos de eficiência técnica e de escala, demonstrando também a situação do ponto P nas respectivas fronteiras de eficiência dos modelos CCR e BCC, bem como as UTDs consideradas eficientes e as referências para as ineficientes. Nesse sentido, ao se considerar o ponto P como referência, vemos que a ineficiência técnica diz respeito ao quão distante este ponto está em relação ao modelo analisado. Por exemplo, se pegarmos o ponto P no retorno constante de escala (CCR) temos a distância PPc. Por sua vez, ao analisarmos o retorno variável de escala (BCC) utilizando o mesmo ponto de referência temos a distância PPv. Assim, as distâncias entre Pc e Pv em relação ao ponto P demonstra a ineficiência técnica da UTD na perspectiva dos dois modelos. Por sua vez, a diferença entre Pc e Pv é denominada ineficiência de escala.

Figura 8 - Diferença entre eficiências técnica e escala



Fonte: Casado e Souza (2007)

A distância observada entre a UTD analisada e a UTD em escala produtiva ou eficiente, abarcam o conceito de referência, que foram adotadas pelas UTDs menos eficientes a fim de melhorar sua eficiência e consequentemente sua posição no ranqueamento. Ainda no que concerne ao modelo BCC, Belloni (2000) corrobora com Mariano (2008) ao afirmar que o

modelo pode utilizar UTDs de portes distintos na análise, aumentando assim a quantidade de amostras aptas a serem utilizadas.

O Quadro 11 traz a diferença entre os modelos genéricos e suas respectivas orientações de entrada e saída para o modelo CCR.

Quadro 11 - Comparação entre os modelos de orientação de saída e entrada no modelo CCR

Modelo linear primal CCR – Orientação para entrada	**Modelo linear primal CCR – Orientação para saída**
Máx $h_k = \sum_{n=1}^{m} \quad u_r y_{rk}$ Sujeito a: $\sum_{n=1}^{m} \quad u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{n} \quad v_i y_{ij} \ \leq 0$ $\sum_{i=1}^{n} \quad v_i x_{ik} = 1$ (30) $u_i, v_i \geq 0$ Considerando: $y = saídas;$ $x = entradas$ $u\,, v = pesos;$ $r = 1, \ldots\ldots, m, \qquad i = 1, \ldots\ldots, n; e$ $j = 1, \ldots\ldots, N$	Mín $h_k = \sum_{i=1}^{n} \quad v_i x_{ik}$ Sujeito a: $\sum_{n=1}^{m} \quad u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{n} \quad v_i x_{ij} \ \leq 0$ $\sum_{r=1}^{m} \quad u_i y_{rk} = 1$ (31) $u_i, v_i \geq 0$ Considerando: $y = saídas;$ $x = entradas$ $u\,, v = pesos;$ $r = 1, \ldots\ldots, m, \qquad i = 1, \ldots\ldots, n; e$ $j = 1, \ldots\ldots, N$

Fonte: Périco *et al*. (2008)

O Quadro 12 apresenta as mesmas variáveis e comparações entre orientações, porém, verifica-se a subtração da variável *uk* quando a orientação é voltada para entrada e a soma da variável *vk* quando a orientação é para a saída. A variável *u e v* são os pesos alocados à função objetivo.

Quadro 12 - Comparação matemática entre as orientações de saída e entrada no modelo BCC *(continua)*

Modelo linear primal BCC – Orientação para entrada	**Modelo linear dual BCC – Orientação para saída**
Máx = $\sum_{r=1}^{m} \quad u_r y_{rk} - u_k$ Sujeito a: $\sum_{r=1}^{n} \quad v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^{m} \quad u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{n} \quad v_i x_{ij} - u_k \leq 0$ (32)	Mín = $\sum_{i=1}^{n} \quad v_i x_{ki} + v_k$ Sujeito a: $\sum_{r=1}^{m} \quad u_r y_{rk} = 1$ $\sum_{r=1}^{m} \quad u_r y_{jr} - \sum_{i=1}^{n} \quad v_i x_{jr} - v_k \leq 0$ (33)

$u_r, v_i \geq 0$ Considerando: $y = saídas;$ $x = entradas$ $u\,, v = pesos;$ $r = 1, \ldots\ldots, m, \quad i = 1, \ldots\ldots, n; e$ $j = 1, \ldots\ldots, N$	$u_r, v_i \geq 0$ Considerando: $y = saídas;$ $x = entradas$ $u\,, v = pesos;$ $r = 1, \ldots\ldots, m, \quad i = 1, \ldots\ldots, n; e$ $j = 1, \ldots\ldots, N$

Fonte: Périco *et al*, 2008 *(concluído)*

2.7.4 Modelos DEA de fronteira invertida, índice de eficiência composta e normalizada

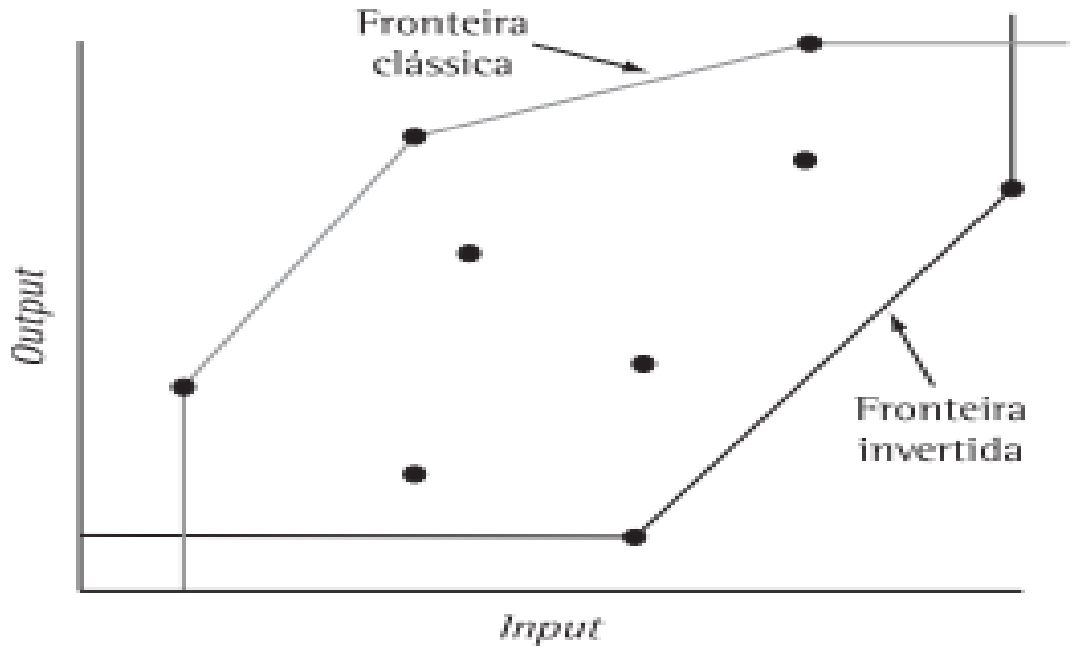
O modelo DEA de fronteira Invertida foi proposto incialmente por Yamada, Matui e Sugiyama (1994) tendo como objetivo atuar na baixa discriminação dos modelos DEA clássicos. Este modelo permite, a partir de uma análise pessimista das UTDs, identificar as menos eficientes na fronteira dos produtos.

Dessa maneira, conforme apontado por Silveira *et al.* (2012), tendo em vista os resultados apresentados, às UTDs passam a ser consideradas alvos a não serem alcançados, sendo, por conseguinte as UTDs com as piores práticas gerenciais, ou anti referências.

Operacionalmente o que se tem é a inversão das entradas com as saídas no modelo padrão DEA utilizado. Meza *et al.* (2005) ratifica que tal modelo tem por objetivo atuar na baixa discriminação oriunda dos modelos clássicos DEA, auxiliando por sua vez na organização e ranqueamento das UTDs, por meio do desempate de UTDs falsamente eficientes. Almeida *et al.* (2007) detalha ainda quatro passos a serem observados acerca da fronteira invertida, sendo: I) inverter as entradas com a saídas, II) analisar a fronteira e localizar as UTDs pessimistas, III) inverter o valor da UTD pessimista, passando está a ser uma boa referência, IV) normalizar os resultados, conforme Equação (30).

A Figura 9 apresenta como se dá a distribuição das UTDs nas fronteiras tendo em vista o resultado da fronteira invertida. Logo, as UTDs que aparecem na fronteira invertida são consideradas anti referências para as UTDs eficientes.

Figura 9 - Comparação entre a fronteira padrão DEA e a fronteira invertida



Fonte: Silveira *et al*. (2012)

Tendo em vista a Equação (34), a literatura comumente atribui ao coeficiente α o valor de 0,5.

$$Eficiência\ composta = [\alpha . Eficiência\ padrão + (1 - \alpha)\ (1 - Eficiência\ invertida)] \quad (34)$$

Nesse sentido, a partir dos resultados do índice de eficiência composta, nota-se que para as UTDs serem consideradas eficientes é necessário ter bons resultados na eficiência padrão e não ter bons resultados na fronteira invertida (Silveira *et al*. 2012).

A partir dos resultados do índice de eficiência composta é possível ainda normalizá-lo por meio de uma média aritmética conforme demonstrado na Equação 35.

$$Eficiência\ Normalizada = \frac{Eficiência\ Composta}{Max\ (Eficiência\ Composta)} \quad (35)$$

2.7.5 Armadilhas DEA

Ainda que amplamente utilizada ao longo de mais de 40 anos, cabe aqui destacar alguns cuidados acerca da DEA. Tal proposição vem no intuito de apresentar algumas observações propostas por Dyson *et al*. (2001), nomeadas de "armadilhas DEA", que servem como um guia contendo sete observações a serem consideradas pelo pesquisador a fim de não cometer erros ou equívocos ao utilizar esta metodologia. As armadilhas se referem aos seguintes pressupostos: I) homogeneidade, II) variáveis de entrada e saída, III) quantidade de variáveis, IV) correlação entre as variáveis, V) mistura de fatores, VI) entradas ou saídas indesejadas e VII) variáveis qualitativas.

Com relação a homogeneidade, Dyson *et al*. (2001) alerta aos pesquisadores a importância em se obter os dados da pesquisa considerando aspectos que assemelham às UTDs, evidenciando que a armadilha está no fato das pesquisas apresentarem unidades não homogêneas, ou seja, não comparáveis. Os autores citam como exemplo que ao se tentar fazer uma comparação entre departamentos diferentes de uma universidade, com insumos e/ou produtos distintos, estes podem contribuir para uma falsa análise das UTDs, tornando-a mais ou menos eficientes.

Outro exemplo norteador sobre homogeneidade diz respeito aos ambientes das UTDs, como por exemplo no caso da avaliação de desempenho de escolas, que por certo são afetadas por aspectos não controláveis de cunho social e financeiro dos alunos.

No que tange a segunda e terceira armadilhas, o autor é claro ao elencar quatro aspectos primordiais na escolha das variáveis de entradas e saídas do modelo, sendo: I) cobrir todos os recursos usados, II) abarcar todos as atividades e medidas de desempenho, III) escolher variáveis comuns a todas as UTDs e IV) caso seja importante, deverão ser incluídas variáveis ambientais.

Mais especificamente em relação a quantidade de variáveis, cabe um adendo, pois a definição quantitativa errônea desse item pode prejudicar todo o modelo. Ou seja, ao se considerar uma grande quantidade de variáveis de entrada e saída, tal situação pode acabar resultando em um baixo nível de descriminação, mesmo utilizando outros modelos complementares a DEA. Cabe aqui a recomendação dada em relação a quantidade de UTDs, que deve ter no mínimo o dobro do número de variáveis de entrada e saída (Lima, 2016). Corroborando com esse pressuposto, Mello (2005) relata que nas pesquisas envolvendo DEA, há uma recomendação empírica, de que a quantidade de UTDs deverá ser pelo menos o dobro ou o triplo da quantidade de variáveis.

Já no que concerne a correlação entre as variáveis de entrada e saída, a atenção deve ser dada no tocante a eliminação de variáveis que estejam altamente correlacionadas, ou seja, que ao serem comparadas são redundantes no que tange às informações que carregam. Dyson *et al*. (2001) explica que a correlação pode ocorrer tanto com as variáveis de entrada quanto as da saída. É destacado que ao se verificar uma forte correlação é viável que tal variável seja removida, pois essa, pode influenciar no resultado da eficiência da UTD. Ou seja, uma alta correlação pode deixar uma UTD mais ou menos eficiente.

Concernente à quinta armadilha, Jubran (2006) afirma que não há problema em se utilizar variáveis de entrada e saída diferentes como porcentagens, índices e taxas, desde que

todas sejam da mesma natureza. Já Mello, *et al* (2005) afirmam acerca da irrelevância em se padronizar escalas ou medidas como km², m² ou hectares, uma vez que a própria DEA aloca os melhores pesos para cada UTD, não enviesando assim os resultados apresentados pelos modelos.

Nos aspectos de entradas ou saídas indesejadas é apresentado o termo isotônico, ou seja, o resultado da eficiência poderia ser influenciado por variáveis de entrada com resultados mais baixos ou com resultados mais altos nas de saída. Nesse sentido, para se resolver tal indisposição Jubran (2006) sugere por exemplo que seja subtraído do valor indesejado uma constante *K,* ou promover a inversão entre entrada e saída, passando à variável de entrada ser considerada de saída.

Por fim, ocorrem os desafios em se trabalhar com variáveis qualitativas. Nesse sentido, o autor aponta dois possíveis problemas a serem resolvidos, o primeiro referente a como incorporar informações qualitativas na DEA, e o segundo acerca da subjetividade em se mensurar os fatores qualitativos que por certo irão variar de acordo com cada UTD. Para o primeiro caso, propõe-se transformar estes dados categóricos em quantitativos, como por exemplo pela utilização de pesos específicos, e, no tocante ao segundo, sugere-se a adoção de mecanismos que mitiguem ao máximo o efeito da subjetividade.

2.7.6 Limitações da DEA

Carvalho (2016) aponta uma limitação no tocante a lentidão no processamento computacional do método devido a sua não parametrização, principalmente em amostras maiores.

Já Gameiro (2016) destaca duas limitações principais que dizem respeito à distribuição irreal dos pesos e o pouco poder discriminatório das UTDs eficientes. No que tange a primeira limitação é nítida a influência que os valores de entrada e saída exercem no modelo, como por exemplo, ao se inserir valores muito menores ou maiores em determinadas variáveis, porém, corrigíveis com a alocação dos pesos.

Nesse sentido, tem-se uma inflexão acerca do quanto a alocação de pesos pode contribuir ou não para as análises e resultados esperados em relação ao objeto estudado, principalmente na visão do tomador de decisão, onde em muitas das vezes o mesmo não está preparado, ou não detém o conhecimento suficiente para fazer tais alocações (Angulo *et al*. 2003 apud Mello *et al*. 2005).

Todavia, para remediar as limitações postuladas por Gameiro (2016), tem se visto como solução a adoção de modelos baseado na alocação de pesos conforme apontado por Miranda e

Rodrigues (2010) e a utilização de outros modelos complementares como o modelo DEA invertido.

Delgado e Machado (2007), Carrasqueira, Teotónio e Carrasco (2010), Branco e Gonçalves (2015), Kao e Yang (1992), Badin (1997), ratificam a necessidade da quantidade de UTDs serem o dobro ou triplo em relação ao quantitativo das variáveis de entrada e saída.

Outros fatores limitantes são postuladas por Anderson (1997), que diz respeito às falhas na análise dos resultados devido aos ruídos do método oriundos de erros de medição, dificuldades na formulação de hipótese estatísticas, dificuldades no processamento computacional devido a programação linear usada para cada unidade e o não atingimento pleno da eficiência absoluta, tendo melhores resultados apenas na eficiência relativa.

Para Badin (1997), a DEA apresenta limitação no que cabe às UTDs, para ele, a inserção ou retirada de unidades pode alterar os valores de produtividade de todo o conjunto estudado.

Já Mello (2000) é mais pragmático ao afirmar a benevolência do método para com as UTDs analisadas, sendo necessário, por conseguinte, a adoção de outros métodos complementares para trazer uma melhor acurácia e confiabilidade aos resultados propostos pelos métodos clássicos.

Assim, a fim de mitigar algumas limitações operacionais e originárias do próprio método, esta pesquisa utilizará em conjunto com o modelo clássico BCC orientado para saída, o modelo de eficiência invertida, o índice de eficiência composta e a normalização dos resultados, conforme utilizado por Carvalho (2016), Silva (2019), Barbosa e Fuchigami (2018), Mello *et al*. (2005), Simon e Da Silva (2005), Majada (2019), Giacomello e Oliveira (2014), Leta *et al*. (2005), Tschaffon e Meza (2011), Meza *et. al* (2007), Gomes *et al*. (2006), Mota e Meza (2020), Silveira, Meza e Mello (2012).

2.8 Seleção das variáveis de entrada e saída

No que concerne a seleção das variáveis de entrada e saída utilizados na DEA, cabe apresentar preliminarmente alguns pressupostos estatísticos acerca dessa etapa, e que por conseguinte foram norteadores para a interpretação e exclusão de indicadores (variáveis) redundantes.

Primeiramente, é apresentado em síntese os testes de normalidade como sendo capazes de trazer heurísticas tanto objetivas quanto subjetivas (gráficos) no que tange a análise dos resultados.

Posteriormente, são verificados os principais testes de correlação, onde é possível observar suas principais características e aplicações. Em sequência, apresenta-se a ACP de

correlação como método estatístico responsável pela redução das variáveis originais em componentes principais, trazendo de forma decrescente aqueles componentes com maior relevância e poder explicativo.

Não obstante, ainda nessa seção é apresentado duas abordagens para descarte de variáveis a partir dos resultados da ACP.

2.8.1 Teste de hipótese de normalidade

Cabe inicialmente apontar como etapa inicial em se tratando de técnicas baseadas em suposições estatísticas, a importância em se verificar o comportamento dos dados coletados, como por exemplo, por meio de testes de normalidade (Hair *et al*. 2009).

Ademais, cabe denotar que a relevância na execução de tal etapa, tem por objetivo trazer aos resultados estatísticos um maior rigor no que tange principalmente a uniformidade da distribuição dos dados originais (Dahan *et al*. 2015).

Ademais, Leotti, Coster e Riboldi (2005) ratificam a utilização dos testes de normalidade ou gaussiano, no intuito de se obter uma maior independência entre as observações. Esses autores destacam ainda que a realização de tais testes visam apontar a partir dos resultados encontrados o melhor teste e suposição estatística a ser utilizado.

Já Razali (2011) convalida tais pressupostos ao afirmar que a aplicação de testes de normalidade é condição primária e primordial antes da escolha de um teste de inferência estatística.

Além disso, Field (2009) aponta que os testes de normalidade vêm no sentido de evitar falhas no tocante a utilização de testes não compatíveis, como por exemplo, a utilização de um teste paramétrico, quando na verdade, de acordo com a distribuição dos dados o correto seria utilizar um teste não paramétrico.

Neste sentido, o Quadro 13 apresenta primeiramente o teste de hipótese de normalidade, tendo como parâmetro de referência um α de 5% conforme sugerido por Hair *et al*. (2009). Outrossim, a partir do resultado e análise do α é possível apontar a possibilidade de se utilizar um teste paramétrico ou não paramétrico e responder a pergunta se os dados diferem ou não de uma distribuição normal.

Quadro 13 - Teste de normalidade

Testes de hipóteses de normalidade:		
Hipótese - Nula	H0: a variável analisada tem distribuição normal, ou seja, não difere.	$\alpha \geq 5\%$
Hipótese - Alternativa	H1: a variável analisada não tem distribuição normal, ou seja, difere.	$\alpha < 5\%$

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Já o Quadro 14 faz menção a um levantamento de métodos para se verificar a normalidade dos dados, onde foi apontado as vantagens, desvantagens, recomendações e referências.

Contudo, cabe salientar que até 1998 já havia sido referenciado na literatura mais de 40 testes de normalidade conforme apontado por Dufour *et al*. (1998).

Quadro 14 - Comparativo entre testes de normalidade *(continua)*

Métodos	**Testes**	**Vantagens**	**Desvantagens**	**Recomendações**	**Referências**
Subjetivos (gráficos)	Histograma	I) Rápida interpretação dos resultados e mais comumente utilizado.	I) Pouca precisão no apontamento da normalidade das observações e não apontamento de evidências conclusivas.	Para análise de normalidade.	Field (2009); (2012); Dahan *et al*. (2015); Razali *et al.* (2011).
		II) Pode ser combinado com outros testes objetivos como Shapiro-Wilk (SW) e Kolmogorov-Smirnov (KS).	II) Maior subjetividade na análise.		
	Box plot	I) Rápida interpretação dos resultados e mais comumente utilizado.	I) Pouca precisão no apontamento da normalidade das observações e não apontamento de evidências conclusivas.		
		II) Pode ser combinado com outros testes objetivos como SW e KS.	II) Maior subjetividade na análise.		
	Gráfico de dispersão Q-Q plot	I) Rápida interpretação dos resultados e mais comumente utilizado.	I) Pouca precisão no apontamento da normalidade das		

			observações e não apontamento de evidências conclusivas.		
		II) Pode ser combinado com outros testes objetivos como SW e KS.	II) Maior subjetividade na análise.		
Objetivos (formais)	Shapiro-Wilk (SW)	I) Maior objetividade na análise dos resultados de normalidade.	Baixa precisão para amostras pequenas.	Entre 3 a 50 amostras.	Shapiro (1965) e Stephens (1974).
		I) É mais preciso nos resultados para todas as distribuições e tamanho de amostras inferiores a 50.			
	Kolmogorov-Smirnov (KS)	I) Maior invariância no que tange a média dos intervalos escolhidos.	Mais fraco, ao ser comparado com os testes SW, LS e AD.	Maior ou igual a 50 amostras.	Razali *et al.* (2011); Leotti, Coster e Riboldi (2012)
		Mais recomendado para situações onde se conhece os parâmetros da distribuição.	Difícil especificar os parâmetros.	2.000 a 10.000 amostras.	
	Anderson-Darling (AD)	Resultados semelhantes ao SW.		Até 50.000 amostras.	
	Lilliefors (LF)	Superior ao teste KS.	É apenas uma correção para o teste de KS.	Pequenas amostras.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) (*concluído)*

2.8.2 Coeficientes de correlação

Os testes de correlação tem por objetivo basilar verificar a existência ou relação de proximidade ou não entre as variáveis utilizadas (Pontes, 2010). Já Garson (2009) trata a correlação como uma forma de se interrelacionar a "força" entre duas variáveis, ou ainda, segundo Moore (2007), tem por objetivo atuar na direção ou sentido entre duas variáveis quantitativas.

Ademais, salienta-se que em se tratando de correlação entre variáveis, verifica-se na literatura uma infinidade de aplicações, uma vez que é possível correlacionar variáveis comumente utilizadas em áreas como saúde, educação, engenharia, dentre outras.

Adicionalmente, a literatura aponta dois testes de correlação mais comumente utilizados, porém, com objetivos e aplicações diferentes. O primeiro é o teste paramétrico denominado de coeficiente de correlação de Pearson que é utilizado quando existe uma variável

quantitativa com distribuição normal tanto na variável de resposta (dependente) quanto na variável de explicação (independente).

Neste sentido, ao se verificar após os testes que a distribuição dos dados não possui uma distribuição normal, a literatura recomenda a utilização de um teste não paramétrico, como por exemplo, o coeficiente de correlação posto-ordem de Spearman, conforme utilizado por Pontes (2010), Scattolin, Diogo e Colombo (2007), Levin (2004) e Zar (1999).

O coeficiente de correlação de Spearman foi postulado inicialmente por Spearman em 1904. Destaca-se, que esse teste possui uma aplicação mais ampla quando comparado com a correlação de Pearson, uma vez que a sua utilização ocorre não só a partir de uma suposição de normalidade, mas também quando, em uma análise bivariada, as variáveis dependentes e as variáveis independentes apresentam outras características conforme apresentado pelo Quadro 15.

Quadro 15 - Comparativo entre os tipos de correlação

Teste utilizado	**Variável dependente**		**Variável independente**	
	Tipo de variável	**Distribuição**	**Tipo de variável**	**Distribuição**
Correlação posto-ordem de Spearman	Quantitativa	Com distribuição normal	Quantitativa	Sem distribuição normal
	Quantitativa	Sem distribuição normal	Quantitativa	Sem distribuição normal
	Quantitativa	Independe da distribuição dos dados	Categórica ordinal	
	Categórica ordinal		Categórica ordinal	
Correlação de Pearson	Quantitativa	Com distribuição normal	Quantitativa	Com distribuição normal

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

A partir dessas premissas, cabe destacar os critérios de interpretação dos resultados encontrados em ambos os testes de correlação.

Primeiramente, conforme apontado por Pontes (2010), a literatura comumente utiliza a magnitude da correlação variando entre -1 a 1, sendo o intervalo compreendido entre -1 a 0, chamado de correlação negativa inversamente proporcional. Ademais, quanto mais próximo do ponto 0 mais fraca será a correlação, chegando a uma correlação inexistente no ponto 0. Outrossim, o intervalo entre 0 e +1, é denominado de correlação positiva diretamente proporcional.

Ou seja, quanto mais próximo dos extremos forem os resultados encontrados, mais forte será a correlação entre as variáveis, e consequentemente quanto mais próximo a zero, mais fraca será a correlação.

Em sequência, ainda que na literatura existam apontamentos multimodos em relação aos resultados encontrados em uma correlação multivariada, adotou-se nesta pesquisa como referência os resultados apresentados pela Tabela 5, conforme postulados por Baba, Vaz e Costa (2014).

Tabela 5 - Escala de correlação

Valor de p (+ ou -)	Análise dos resultados
0,00 a 0,19	Correlação muita fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Adaptado de Baba, Vaz e Costa (2014)

Já matematicamente, Fávero e Belfiore (2017) apresentam a Equação (36) como sendo aquela utilizada para calcular o coeficiente de correlação de Spearman, onde: r_s é o coeficiente de correlação, n é igual ao número de observações, e d_k é a diferença entre os postos de ordem de índice $k = 1, \dots, n$.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^{n} d_k^2}{n(n^2-1)} \tag{36}$$

Por fim, após os resultados da correlação, é possível verificar conforme notação do Quadro 16, se a correlação encontrada é significante ou não, tendo como referência a realização de testes de hipóteses, onde H_0 é a hipótese nula e H_1 é a hipótese alternativa.

Quadro 16 - Teste de hipóteses de correlação

$\alpha \geq 5\%$ ($Não\ há\ correlação\ significativa\ entre\ as\ variáveis\ utilizadas$)
$\alpha < 5\%$ ($Há\ correlação\ significativa\ entre\ as\ variáveis\ utilizadas$)

Fonte: Adaptado de Larson e Farber (2010)

2.8.3 Análise de componentes principais (ACP)

Segundo Gotelli e Ellison (2011), a ACP foi sugerida inicialmente por Karl Pearson em 1901 e efetivamente trabalhada por Hotelling (1933) que abordou tal metodologia multivariada no intuito de que as componentes mais significativas pudessem ter um alto poder explicativo, a partir das variáveis originais. Ademais, Vicini (2005) corrobora afirmando que as componentes principais são o resultado de uma combinação linear das variáveis originais e que se dão por meio do cálculo da matriz de covariância ou correlação. Ademais, de posse dos resultados de autovalor e autovetor da matriz, espera-se obter variáveis independentes e com alto poder explicativo no que tange a variação total das variáveis originais.

Cabe ainda enaltecer cinco premissas importantes a serem observadas acerca da ACP. A primeira é no tocante a necessidade de as variáveis originais serem altamente correlacionadas, e a segunda no que concerne a necessidade ou não da padronização dos dados originais. Já a terceira, cabe verificar a partir das características dos dados originais, se a matriz a ser utilizada será de correlação ou de covariância. Por fim, as duas últimas dizem respectivamente a redução das variáveis originais em componentes principais altamente representativos e não correlacionadas levando em consideração os seus pressupostos de autovalores e autovetores, e a seleção de variáveis menos redundantes a partir dos resultados das componentes principais.

Mais especificamente no tocante a primeira premissa, Gotelli e Ellison (2011) destacam que a utilização da ACP, só faz sentido, se as variáveis originais forem altamente correlacionadas, uma vez que o objetivo da técnica e justamente eliminar variáveis redundantes por meio de componentes com alto poder explicativo a partir da variância total explicada.

Já no que se refere a padronização ou não dos dados originais e o tipo de matriz a ser utilizada na ACP, Meira *et al. (2013)* e Melo (*2017),* recomendam a ACP de correlação quando as variáveis originais forem medidas em escalas diferentes entre si. Outro aspecto a ser considerado se refere a evitar diferenças acentuadas na variância total, uma vez que as variáveis originais ao estarem em escalas diferentes podem impactar diretamente no resultado da variância total das componentes principais e consequentemente nos coeficientes dos autovalores.

Ademais, Melo (2017) corrobora ainda afirmando que mais especificamente no caso da DEA, por comumente utilizar dados com unidades de medidas diferentes, utiliza-se geralmente a padronização dos dados, chamando este processo de ACP de correlação. Ademais, Vicini (2015) ratifica tal entendimento ao recomendar a utilização da matriz de correlação quando as variáveis são medidas em escalas muito diferentes, o que por sua vez evita-se erros nos resultados.

Porém, se os dados estiverem na mesma escala, forem comparáveis ou se o objetivo for padronizar os dados é possível usar a ACP de covariância, uma vez que a matriz de covariância das variáveis padronizadas é a matriz de correlação.

Cabe ressaltar, que a padronização da matriz para o teste ACP de correlação pode ser feita diretamente pelo *software* estatístico adotado nesta pesquisa, ou caso o autor opte pela padronização manual dos dados, tal etapa poderá ser feita por meio da Equação (37), onde Y_i é a variável original da característica i, $\underline{Y}$ é a estimativa da média do conjunto de elementos

observados, e S é o desvio padrão do mesmo conjunto de elementos utilizados para se encontrar a média amostral (Gotelli e Ellison, 2011).

$$Z = \frac{(Y_i - \underline{Y})}{S} \tag{37}$$

Não obstante, ainda em relação a Equação (32), cabe esclarecer que para cada conjunto de elementos o resultado deverá apresentar uma média amostral de 0 e uma variância total igual a 1, conforme Equação (32).

No que concerne à quarta premissa, cabe destacar primeiramente que a ACP se dá por meio de uma transformação algébrica das variáveis originais. Neste sentido essa transformação cria variáveis artificiais (constructos), onde de posse dos componentes (autovalores) gerados, espera-se que o primeiro componente seja responsável por explicar uma variância significativa dentro do conjunto de variáveis analisadas, seguindo, sucessivamente pelas próximas componentes em ordem decrescente, totalizando assim 100% da variância máxima explicada para aquele conjunto de variáveis originais analisadas.

A Equação (38) evidencia a ACP, a partir da transformação de um conjunto de p variáveis originais correlacionadas $x_1, x_2, \ldots . x_{p,}$ em um novo conjunto $y_1, y_2, \ldots . y_p$. Assim, cada componente principal gerado y_i, trata-se do resultado do somatório de uma combinação linear entre as variáveis originais padronizadas x_j, com os coeficientes (autovetores) a_{ij}, sendo $i = 1,2, \ldots \ldots, p$ e $\sum_{j=1}^{p} \quad a_{ij}^2 = 1$. (Gotelli e Ellison 2011; Meira *et al.* 2013).

$$y_{i=}a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots + a_{ip}x_p = \sum_{j=1}^{p} \quad a_{ij}x_j \tag{38}$$

Não obstante os detalhes algébricos e demais propriedades matemáticas não integram o escopo desta pesquisa, contudo, podem ser encontrados em Cruz e Regazzi (1994), Regazzi (2002), Gotelli e Ellison (2011), Vicini (2005).

Não obstante, cabe destacar ainda que o autovalor da matriz usada (λ) é responsável por explicar a variância dos dados originais no tocante a cada componente principal, e que a variância total depende da quantidade de variáveis utilizadas, ou seja, caso se use quatro variáveis, observa-se que a variância total será quatro. (Souza, 1993).

Já os percentuais de variância acumulada são gerados a partir do somatório dos autovalores, sendo essa, a referência para a seleção das componentes principais. Por fim, os coeficientes (características), dos autovalores tem como objetivo representar o peso ou representatividade da variável no seu respectivo componente podendo variar positivamente ou negativamente, indicando assim uma relação de proporcionalidade (Gotelli e Ellison, 2016 e Gomes *et al.* 2004).

Souza (1993) evidencia que para se encontrar os coeficientes que mais contribuem para cada componente principal, chamado de correlação absoluta, se faz necessário analisar a Equação (39), onde os índices $i = j = 1, \dots n,$ sendo λj o autovalor, e V o coeficiente da componente analisada.

$$a_{ji}\,[V(\lambda j)]^{1/2} \tag{39}$$

O Quadro 17 evidencia os pressupostos mais adotados para a seleção das componentes principais.

Quadro 17 - Seleção das componentes principais

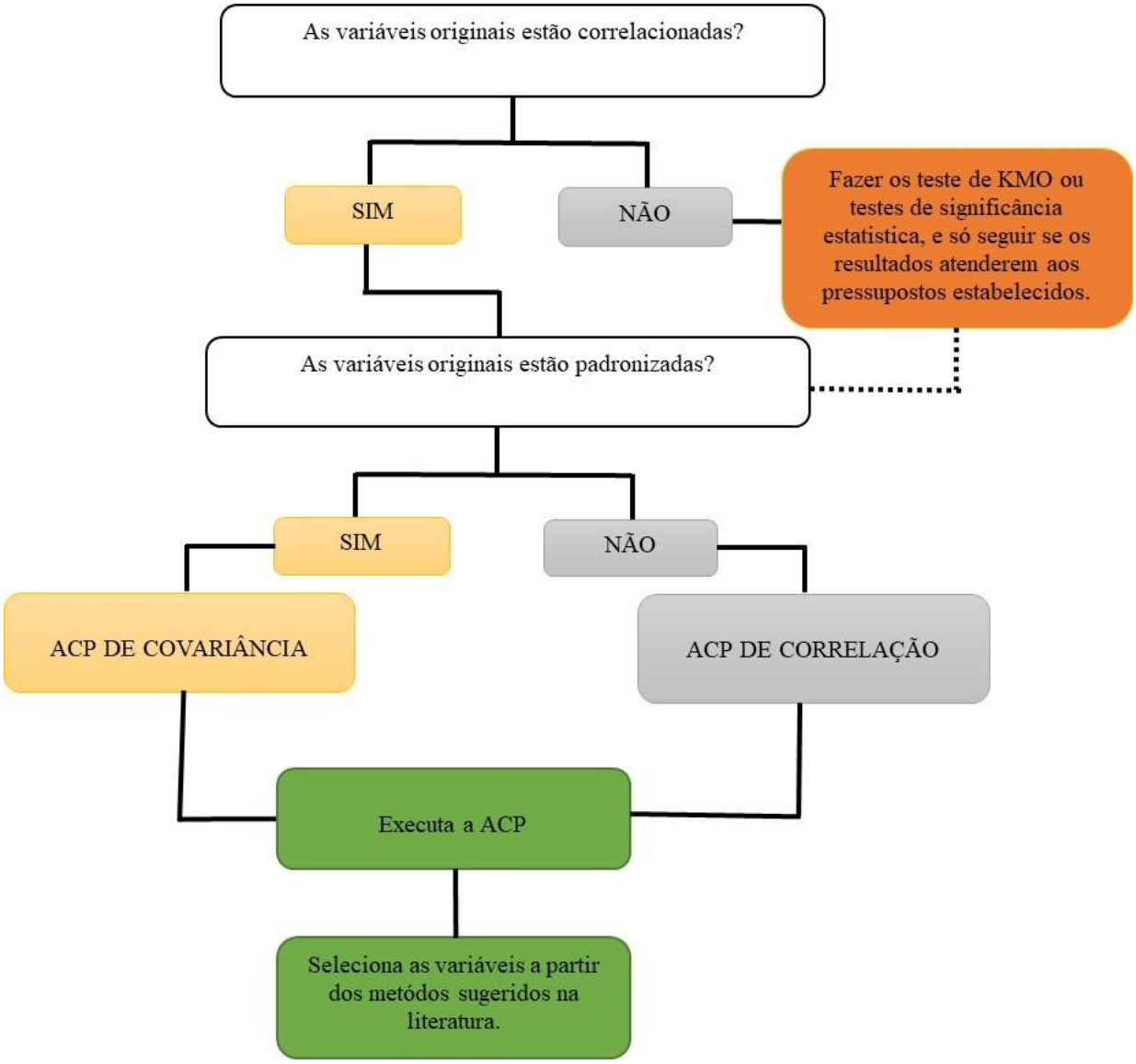
Método	**Produto final**	**Etapas**	**Objetivo**	**Como**	**Referências**
Análise dos componentes principais.	Componentes	Analisar os componentes (autovalores).	Agrupar as informações de cada variável original em componentes, evitando a redundância.	Selecionar as componentes que obtiveram variância acumulada igual ou maior que 70%, e/ou autovalor superior à média para matriz PCA de covariância, ou >1 para matriz de correlação e/ou pela análise do gráfico scree plot.	(Melo, 2017; Gotelli e Ellison, 2011; Jolliffe, 1973; Marôco, 2018; Jonhson, 1998; Kaiser, 1960; Mardia, 1997).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Por fim, a quinta premissa busca a partir dos resultados da ACP de correlação fazer a seleção das variáveis conforme abordagens predispostas no Quadro 18.

A Figura 10 apresenta em síntese um fluxo de etapas a serem observadas no que tange aos dados originais antes de se utilizar a ACP, levando em consideração por exemplo algumas alternativas caso os dados originais não sejam altamente correlacionados ou se estão ou não padronizados.

Figura 10 - Fluxo de etapas para utilização nos dados originais



Fonte: Adaptado de Gotelli e Ellison (2016), Vicini (2005).

Entretanto, antes de apresentar as abordagens para seleção de variáveis, cabe ressaltar algumas diferenças de pressupostos da ACP enquanto método estatístico multivariado de outros também comumente utilizados para redução de variáveis como a análise fatorial exploratória (AFE), pois, conforme defendido por Jollife (2005), muitos pesquisadores tratam a ACP como um tipo de AFE e vice-versa.

Damásio (2012) traz inicialmente algumas diferenças entre ACP da AFE, onde para ele, apesar de ambas serem técnicas multivariadas e terem por premissa efetuar uma redução das variáveis originais, há diferenças a serem consideradas pelos pesquisadores. A primeira técnica tem como produto os componentes, já a segunda gera fatores, ainda que ambas sejam compostas pela I) variância específica, II) comum e de III) erro.

Outrossim, Gotelli e Ellison (2011) as diferenciam primeiramente devido ao fato de a ACP criar novas variáveis por meio de combinações lineares a partir das variáveis originais, já a AFE trata as variáveis originais como uma combinação linear de alguns fatores, o que para eles seriam uma ACP ao contrário.

Ademais, Damásio (2012) aponta ainda algumas diferenças de pressupostos metodológicos da ACP com a AFE, onde a AFE adota por exemplo I) os testes de *Kaiser-Meyer-Olkin* (*KMO)*, II) o teste de esfericidade de *Bartlett* para validação ou não da matriz de dados em relação a fatoração, III) a rotação de fatores a fim de avaliar as cargas fatoriais, IV) o apontamento acerca do tamanho mínimo de amostras e por fim V) a análise da confiabilidade da estrutura fatorial.

Já no que tange às similaridades com a ACP tem-se a análise dos autovalores, autovetores e teste do cotovelo "scree plot".

Tais observações são importantes, devido a duas situações, primeiramente para melhor entendimento por parte do leitor acerca das duas técnicas multivariadas mais comumente utilizadas na literatura para redução de variáveis e que muitas vezes são usadas sem as devidas distinções. E, em segundo lugar, devido à abordagem postulada nesta pesquisa, acerca da seleção de variáveis a partir dos trabalhos de Regazzi (2002), Pereira (1989), Leite *et al.* (2009), Paiva *et al.* (2010), Barbosa *et al.* (2005), que tiveram como premissas reduzir as variáveis por meio da adoção da ACP bem como analisar os autovalores de forma individual, eliminando os coeficientes com maior correlação absoluta das componentes mais redundantes.

2.8.4 Abordagens para seleção de variáveis a partir da ACP

São muitas as abordagens para seleção de variáveis, a partir da ACP, conforme apontado por Pereira (1989). Neste sentido, Jolliffe (1972), por exemplo, utilizou vários métodos, chegando à conclusão de que todos eles alcançaram o objetivo postulado inicialmente, que era rejeitar variáveis redundantes, deixando, entretanto, como observação ao pesquisador que a decisão pela adoção de um método em detrimento do outro, deveria ser pautado levando em consideração dentre outros motivos a facilidade de aplicação ou a tecnologia utilizada.

O Quadro 18, traz em síntese duas abordagens para a seleção das variáveis a partir das componentes principais.

Quadro 18 - Abordagens para seleção de variáveis

Abordagens	Interpretação	Referências
1	Descartar dentre as componentes com menor variância total explicada, ou aquelas que possuírem um maior coeficiente absoluto em virtude da sua baixa explicação para a variância total.	(Leite *et al.*,2009; Paiva *et al.,* 2010; Barbosa *et al.* 2005; Regazzi, 2002; Pererira, 1989; Daher *et al.,* 1997; Mardia, 1979; Jolliffe, 1972 e 1973; Pereira, 1989; Yamaki *et al*., 2009; Rodrigues *et al*., 2018).
3	Selecionar os coeficientes que estão acima da média, ao se analisar cada componente principal.	(Melo, 2017; Souza e Pereira, 2006; Sacramento, 2014; Sacramento, Souza e Wazlawick, 2014).

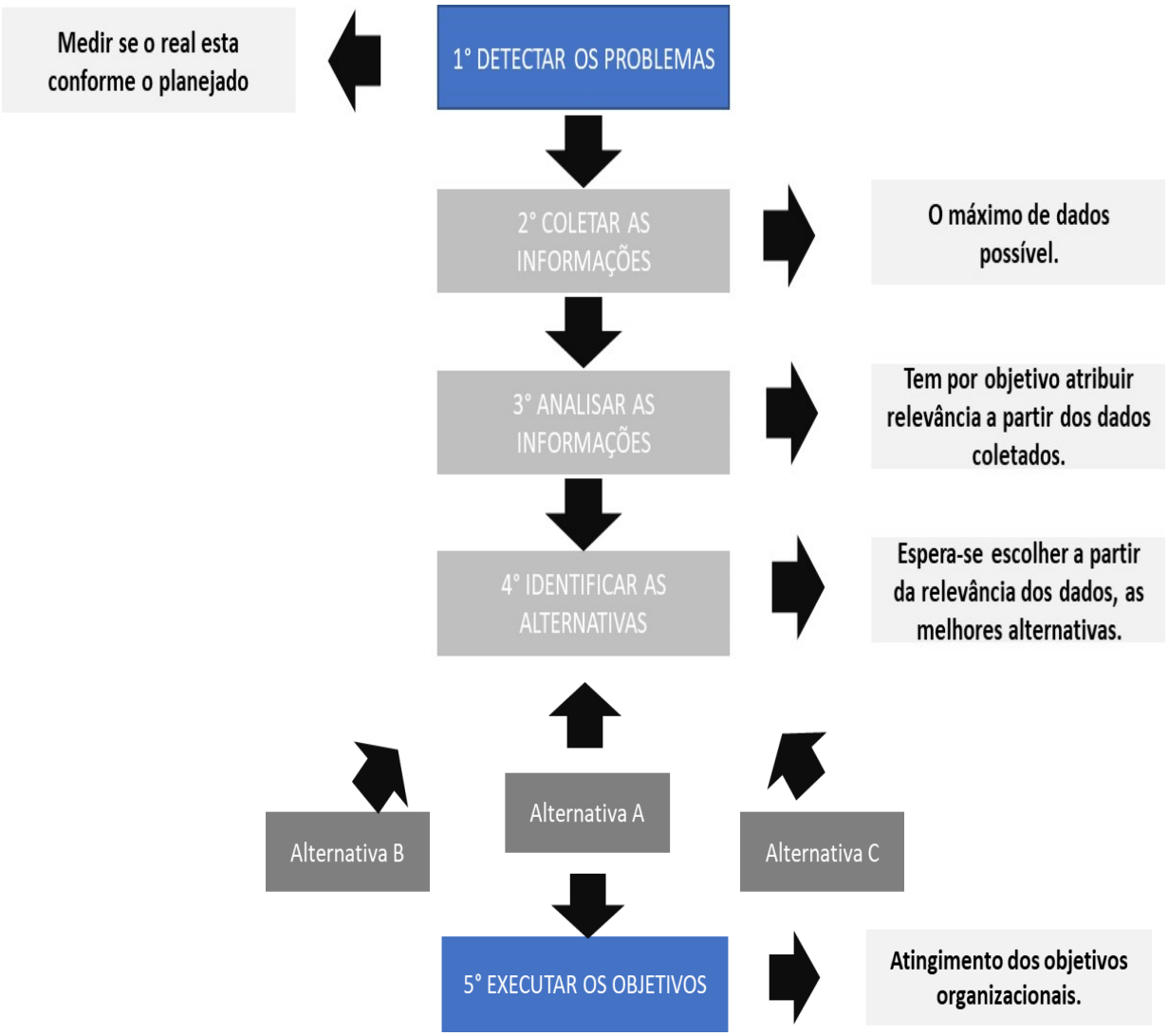
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

2.9 A utilização da DEA no processo decisório da RFEPCT

Simon (1965) destaca que todas as atividades executadas por uma empresa em um ambiente organizacional e que tenham uma estrutura hierarquizada necessariamente envolve processos decisórios. Já Morgan (1996) aponta que as próprias organizações na sua essência são sistemas decisórios.

Neste sentido, verifica-se por meio da Figura 11 uma estrutura simplificada de processo decisório, que traz como etapa inicial e fundamental a importância de se detectar os problemas antes de se tomar qualquer decisão. Evidencia-se também, mais especificamente a partir da quarta etapa, a importância de se escolher dentre as alternativas disponíveis aquelas com maior relevância.

Figura 11 - Fluxo de detecção de problemas para a tomada de decisão



Fonte: Adaptado de Teodósio, Silva e Rodrigues (2007)

Já no que tange a DEA nos processos decisórios cabe apontar mais especificamente duas aderências iniciais. A primeira referente ao fato de a DEA ser uma subárea da Pesquisa Operacional (PO), onde em sua essência, utiliza-se de métodos científicos para auxiliar no processo decisório e solução de problemas reais das organizações (Rabenschlag, 2005).

Já a segunda, diz respeito ao auxílio que a DEA pode proporcionar aos gestores escolares a partir do cálculo, comparação, ranqueamento e apontamento das UTDs mais eficientes e referências para as ineficientes.

Ademais, nota-se que os resultados proporcionados pela DEA, somados ao ambiente homogêneo da RFEPCT, proporcionam aos tomadores de decisão um cenário propício para tomadas de decisões mais assertivas e factíveis com a realidade de cada UTD.

Dando sequência neste paralelismo, porém, mais especificamente em relação ao arcabouço teórico sobre processo decisório, Freitas (1994) apresenta mais duas relações

importantes entre a DEA e o processo de tomada de decisão. A primeira atrelada aos objetivos a serem alcançados por qualquer organização e o segundo vai ao encontro dos pressupostos de racionalidade, eficiência e eficácia. Nota se, a partir da primeira relação que, a DEA adere diretamente com os objetivos das UTDs analisadas, uma vez que de posse dos resultados apresentados pelo método, os gestores escolares poderão comparar os resultados da sua UTD levando em consideração insumos e produtos comuns a toda a RFEPCT. Além disso, verifica-se a partir desta razão entre produto e insumo denominada de produtividade, a possibilidade de repensar todo o processo decisório da UTD gerenciada, no intuito de propor uma melhor alocação dos insumos a fim de maximizar os produtos. Ainda em relação ao ambiente organizacional, é possível que o gestor educacional compare a eficiência da sua UTD com outras UTDs tanto de forma nacional quanto regionalizada, buscando um equilíbrio no intuito de se alcançar os alvos e metas estabelecidos pela DEA.

Contudo, ainda que não seja possível atingir todos os objetivos da organização a partir das alternativas disponíveis conforme postulado por March e Simon (1966) a DEA se propõem a auxiliar no processo decisório das UTDs vinculadas a RFEPCT por meio da proposição de resultados metodologicamente mais claros, objetivos e que possam mitigar a subjetividade na tomada de decisão dos gestores.

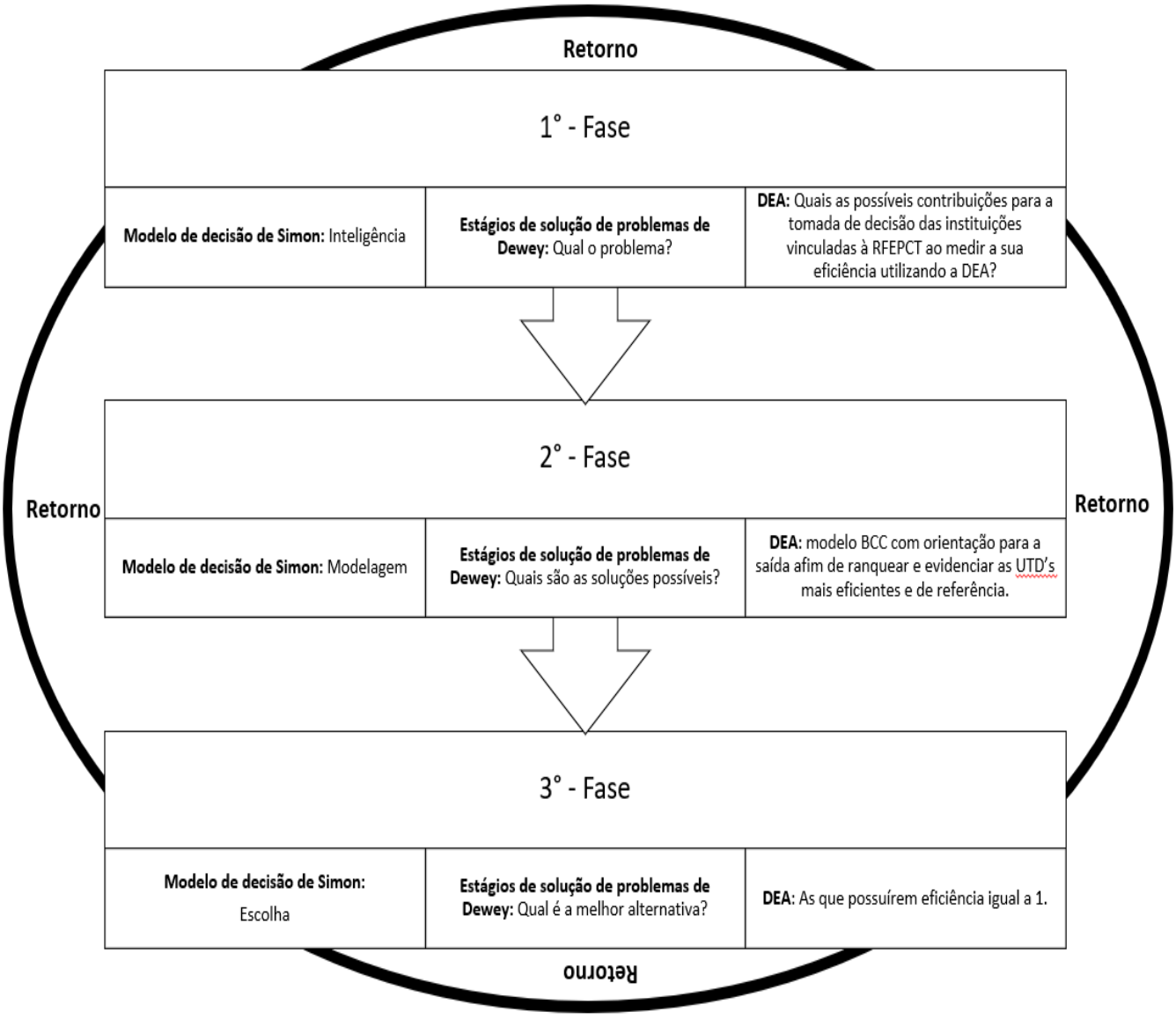
Reforçando esse suporte a decisão que a DEA proporciona aos gestores educacionais, porém, mais especificamente utilizando-se da racionalidade limitada, elencada por Simon (1965), verifica-se a existência de uma limitação natural por parte do gestor uma vez que a mesma decisão considerada racional para um indivíduo, pode ser considerada irracional para outro.

Assim, a DEA traz mais esta aderência aos processos decisórios, principalmente ao mitigar situações de desequilíbrios ocasionados como por exemplo por meio de experiências profissionais distintas e abordagens de gestão diferentes, uma vez que o ambiente educacional e acadêmico é diverso e em muitos casos possui prioridades difusas. Neste sentido, a DEA corrobora para uma gestão mais racional e objetiva por parte do gestor educacional.

A Figura 12 faz um paralelo entre os modelos de decisão de Simon (1965) com o estágio de solução de problemas de Dewey (1953) e a DEA. Em relação ao modelo de decisão de Simon, o processo decisório se baseia em quatro etapas. A primeira é a investigação, que parte do pressuposto de se analisar as alternativas somente dentre aquelas disponíveis. Já no que concerne à modelagem, o tomador de decisão tem por premissa modelar todas as alternativas possíveis a fim de se obter a melhor solução possível. Já na terceira etapa ocorre o processo de escolha dentre as alternativas disponíveis e viáveis. Cabe observar por fim, que a quarta etapa

ocorre entre todas as fases anteriores e trata da retroalimentação, ou seja, etapas já concluídas, mas que podem ser retomadas para ajustes, correções ou adaptações. Já o estágio de solução de problemas de Dewey (1953), tem os mesmos objetivos, porém, em uma linguagem mais pragmática, tendo por premissa trazer respostas mais claras e objetivas às perguntas postuladas.

Figura 12 - A utilização da DEA no processo decisório



Fonte: Adaptado de Kladis e Freitas (1995)

2.10 Pesquisas relacionadas

2.10.1 DEA na educação - Mundo

As aplicações da DEA ao longo do tempo são vastas, cabendo aqui ilustrar algumas contribuições por meio da exemplificação da sua utilização na educação oriundos de diversos

países. Rhodes e Southwick (1986) utilizaram a DEA para comparar a eficiência de 96 universidades públicas e 54 privadas nos EUA.

Por sua vez, Tomkins e Green (1988) aplicaram a DEA para comparar o departamento de contabilidade de uma universidade. Ainda em relação a análise de eficiência em departamentos, Kimberly (1987) apresentou resultados nos departamentos de engenharia, química, matemática e física.

Kashim, Kasim e Rahman (2017) propuseram na universidade da Malásia dois trabalhos utilizando a DEA. O primeiro tinha o objetivo de medir a eficiência de 14 faculdades públicas, considerando como variáveis de entrada o número de estudantes de graduação, quantidade de oferta dos programas de graduação, quantidade de bolsas de pesquisa e as variáveis de saída, quantidade de programas credenciados, número de publicação em periódicos SCOPUS/WOS/ERA, quantidade de publicações em outras revistas, quantidade de livros e percentual de alunos que estão empregados após 6 meses do término do curso. Por sua vez, o segundo trabalho proposto tinha como objetivo medir a eficiência do corpo docente desta mesma instituição de ensino.

Já Ghasemi *et al*. (2020) aplicaram a DEA para medir a eficiência dos campi pertencentes à universidade de Farhangian no Irã.

Salienta-se ainda as pesquisas de Anastasiou, Mitropoulos e Mitropoulos (2011), que almejavam medir a eficiência na universidade da Grécia, mas especificamente no setor de pesquisas do ensino superior. Por sua vez, Lee e Worthington (2016) contextualizaram a relação entre a eficiência nos resultados das pesquisas científicas e a eficiência na transferência da tecnologia, onde os autores propuseram um índice que correlaciona os dois fatores.

Contribuindo com o exposto cabe mencionar também o estudo bibliométrico feito por Araújo e Barbirato (2017) com o objetivo de apresentar a produção científica internacional sobre a DEA entre os períodos de 2006 a 2016. O artigo trouxe várias contribuições importantes, cabendo, contudo, destacar apenas três aspectos, sendo o primeiro, o total de documentos produzidos e publicados no período analisado que foram na ordem de 11.915, o segundo demonstrou a crescente evolução na produção de publicações passando de 420 publicações em 2006 para 1.205 em 2016, inclusive com uma tendência linear de crescimento para os anos seguintes.

E por fim, a produção por países, onde se destaca China, Estados Unidos e Irã, tendo o Brasil na 12º posição.

A fim de demonstrar a relevância das pesquisas utilizando-se a DEA na educação, foi feito uma pesquisa em duas bases em periódicos a fim de demonstrar o volume de artigos científicos entre 2016 a 2020 obtendo os resultados do Quadro 19.

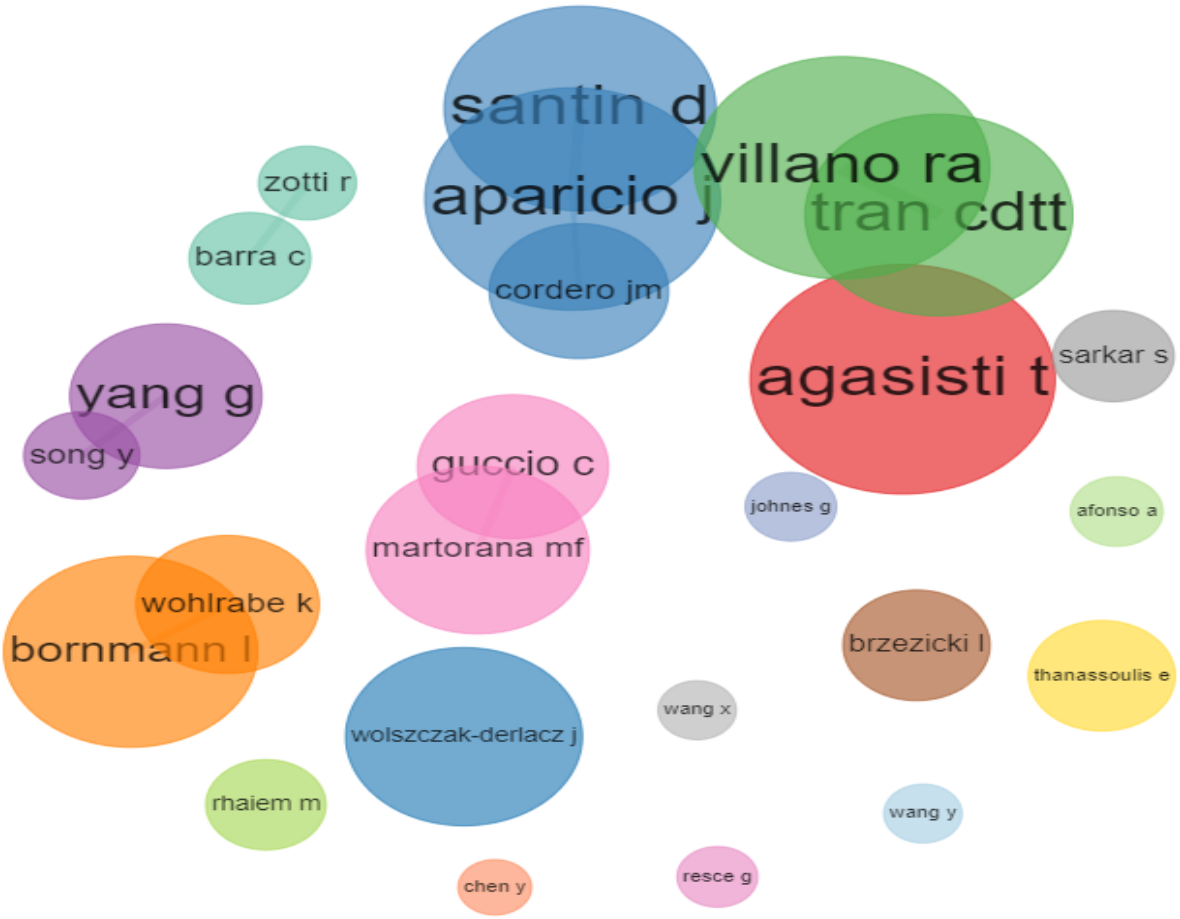
Quadro 19 - Pesquisa em bases

Bases	**Período**	**Resultados**	**Critérios para os filtros**	**Palavras - Chave**
Web of Science	2016 a 2020	111 artigos	I) Artigos em Inglês	analyze data envelopment; data wrapping analysis; dea; education; public administration.
Google scholar	2016 a 2020	4000 artigos	I) Todos os idiomas; II) sem considerar patentes e citações.	analyze data envelopment; data wrapping analysis; dea; educação; education; ensino; análise envoltória de dados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Por sua vez, a Figura 13 apresenta uma rede social elaborada considerando os autores que mais produziram sobre DEA no período de 2016 a 2020, ao se considerar uma normalização por associação, de 25 nós, sem remover os nós isolados. Verifica-se a partir dos resultados, que a maioria dos autores produziram suas pesquisas na grande maioria individualmente ou em dupla, evidenciando assim uma fraca conexão entre os autores desta rede.

Figura 13 - Estrutura social dos principais autores



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Contudo, conforme apontado, é possível vislumbrar a diversidade de autores que produziram conteúdo científico sobre a DEA no mundo, evidenciando assim a possibilidade e oportunidade de novos estudos sobre o tema bem como uma maior colaboração entre os autores tendo em vista os mais diversos tipos de cenários e complexidades concernentes à educação.

2.10.2 DEA na educação - Brasil

No Brasil, as primeiras pesquisas sobre DEA referentes à educação ocorreram quase que em paralelo na Universidade Federal de Santa Catarina, realizada por Lopes (1995), Lapa e Lanzer (1995) e na UFRJ realizado por Marinho (1996).

Nesse sentido, Marinho (1996) se propôs a medir a eficiência interna da Universidade Federal do Rio de Janeiro com foco na alocação geral dos recursos públicos.

Posteriormente, Belloni (2000) propôs avaliar a eficiência produtiva nas Universidades Federais Brasileiras. Destaca-se ainda as pesquisas sobre DEA de Delgado e Machado (2007) que discutiram a eficiência em escolas públicas estaduais de Minas Gerais e Branco e Gonçalves

(2015) que aplicaram a DEA para analisar a eficiência do gasto público em educação dos municípios no Brasil.

Ainda se tratando de educação, mais especificamente no nível superior, há o registro de pesquisas utilizando a DEA para medir a eficiência da produção técnica dos cursos de pós-graduação da Universidade Federal do Ceará (Pereira, 2011).

Por sua vez, Façanha e Marinho (2001) fizeram uma avaliação comparativa de instituições de ensino superior públicas e particulares, entre 1995 a 1998, no intuito de comparar seus desempenhos.

Já Furtado (2014) mensurou a eficiência técnica e produtiva dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, no período de 2012 e 2013 a fim de verificar a relação entre a expansão da rede e os seus gastos financeiros.

Nascimento (2010) trouxe as influências do programa REUNI na eficiência operacional das instituições de ensino superior utilizando a DEA (Oliveira *et al*. 2014).

Segundo Miranda e Rodrigues (2010), no que concerne ao ensino básico e médio, há diversas pesquisas que utilizaram a DEA na avaliação de desempenho de escolas municipais e estaduais da educação básica.

Há estudos ainda sobre a eficiência na aplicação dos recursos públicos relacionados à educação nos municípios como o proposto por Dantas e Silva (2019).

Ainda em relação às pesquisas utilizando DEA nos municípios temos Peña, Albuquerque e Daher (2012), que buscaram avaliar a produtividade e eficiência dos gastos com educação nos municípios goianos nos anos de 2005, 2007 e 2009. Já Gramani e Duarte (2011) objetivaram correlacionar a medição da eficiência utilizando a DEA, mais especificamente em relação à educação básica e seus desdobramentos no ensino superior.

Já em relação a RFEPCT, cabe destacar algumas pesquisas mais recentes conforme demonstrado no Quadro 20. Ao verificá-lo é possível analisar alguns aspectos importantes em relação a aplicação da DEA. Como primeiro aspecto cabe citar que o método DEA mais utilizado foi o modelo clássico DEA BCC com orientação para saída.

Um segundo aspecto é no tocante a utilização recorrente do indicador gasto corrente por aluno ou matrícula (GCM) chegando a representar uma presença de 75% dentre as variáveis de entrada utilizadas na DEA. Em relação às variáveis de saída, verifica-se que o indicador relação de concluintes por matrícula (RCM) é o mais recorrente, seguido por indicadores de eficiência acadêmica (IEA), taxa de sucesso na graduação (TSG), alunos retidos (RC) e alunos evadidos (EC).

Neste sentido, a partir destas análises e com o objetivo de fazer um paralelo entre o Quadro 20 com esta pesquisa, cabe retomar algumas propostas evidenciadas em seções anteriores, porém, pertinentes de serem apresentadas nesta seção. A primeira, tange ao caráter objetivo na escolha das variáveis de entrada e saída por meio da ACP. Tal situação ocorre em detrimento da quantidade de indicadores presentes na PNP. Essa plataforma consolida desde 2018, vários indicadores conforme apresentados no Quadro 4 que são responsáveis pela gestão, controle e monitoramento educacional da RFEPCT. Ou seja, a escolha dos indicadores passa a ser algo complexo, levando em consideração na maioria dos casos a utilização de critérios subjetivos como as experiências do próprio pesquisador (Majada, 2019).

Assim, foi possível por meio dessa pesquisa retirar qualquer influência ou viés por parte do pesquisador no tocante a escolha das variáveis de entrada e saída e consequentemente nos resultados apresentados pela DEA.

Ademais, destaca-se novamente a comparação entre os resultados apresentados pela DEA com os resultados de eficiência acadêmica. Denota-se que tal preocupação com essa comparação tem por premissa contribuir para uma análise não paramétrica da eficiência da rede, podendo apresentar inclusive resultados de UTDs que hoje são consideradas eficientes, mas que pela DEA são ineficientes.

Quadro 20 - DEA aplicado na RFEPCT *(continua)*

Autores	**Ano de publicação**	**Amostras**	**Período analisado**	**Entrada**	**Saída**	**Principais resultados**	**Método DEA**	**Software utilizado**
Tavares e Hora	2019	110 cursos do IFF	2018	Quantidade de matrículas (MAT) por curso.	Quantidade de alunos concluintes e quantidade de alunos evadidos.	Eficiência relativa de 20%,60% e 100% para os cursos técnico, superior e de pós-graduação, respectivamente.	DEA-BCC orientado para saída.	IDEAL Matlab ®
Krieser	2017	19 unidades	2014 e 2015	Gasto corrente por aluno, titulação do corpo docente, relação de Alunos por Docentes em Tempo Integral.	Relação de concluintes por Matrícula Atendida.	47,36% (09 UTD) foram consideradas benchmarking.	DEA-BCC Orientado para saída.	SIAD 3.0

Leite	2019	38 unidades	2013 a 2017	Gasto Corrente por Matrícula.	Relação de Concluintes por Matrícula e o índice de Eficiência Acadêmica dos Concluintes.	O nível de eficiência dos Institutos apresenta uma oportunidade de aperfeiçoamento.	DEA-BCC Orientado para saída.	SIAD 3.0
Queiroz	2018	30 unidades	2012 a 2014	Gastos com TI e o nível de governança de TI.	Desempenho organizacional.	A principal causa da ineficiência em 2012 foi o gasto corrente por aluno e em 2014 foi devido ao gasto com pessoal e custeios.	DEA-BCC Orientado para saída.	SIAD 3.0
Majada	2019	40	2018	Os alunos ingressantes, investimentos, outras despesas correntes e o total de servidores.	Alunos retidos e alunos concluintes.	O IF Farroupilha foi uma instituição eficiente no ano de 2018.	DEA-BCC Orientado para saída.	SIAD 3.0
Silva	2019	63	2013 a 2017	Custo Corrente sem HU, Aluno tempo integral, índice de Qualificação do corpo docente, grau de participação estudantil, envolvimento discente.	Taxa de sucesso na graduação, Pesquisa, Ensino, Mercado de trabalho, Internacionalização e Inovação.	Construção de um manual	DEA-BCC Orientado para saída	SIAD 3.0
Azzolini e Lerner	2020	38	2017	Gasto corrente por aluno, titulação do corpo docente e Relação Aluno por Professor.	Relação de Concluintes por Matrícula, Eficiência Acadêmica de Concluintes, Relação de Ingressos por Matrícula.	Seis unidades foram eficientes, e forte relação entre Índice de titulação de Corpo Docente com relação aluno por professor e índice de saída.	Não mencionado.	Não mencionado

Figueiredo	2018	20	2010 a 2015	Gasto por aluno, percentual de gastos com pessoal, percentual de gastos com outros custeios, percentual de gastos com investimentos.	Resultado do ENEM, notas obtidas pelos Institutos Federais.	O IFNMG foi eficaz e eficiente na alocação dos recursos.	DEA-BCC Orientado para saída.	SIAD 3.0

Fonte: Elaborado pelo autor (2020) *(concluído)*

3 METODOLOGIA

Este capítulo está organizado a partir da Seção 3.1 onde é relatado a caracterização desta pesquisa, evidenciando dentre outros aspectos metodológicos os meios, fins e a natureza adotada. Por conseguinte, a Seção 3.2 apresenta o percurso metodológico, que tem como premissa apresentar de forma detalhada as etapas, atividades e resultados esperados desta pesquisa. Por conseguinte, a Seção 3.3 faz um paralelo entre o problema e objetivos postulados com as técnicas de coleta e análise de dados utilizados.

Já as Seções 3.4, 3.5 e 3.6 elucidam acerca do arcabouço utilizado para a coleta, tratamento e utilização dos dados bem como o apontamento das dificuldades e restrições encontradas nessas etapas.

Destaca-se ainda que as Seções 3.7, 3.8 e 3.9 apresentam, respectivamente, a população da pesquisa, composta por 40 IFs vinculadas a RFEPCT no ano de 2018, o percurso metodológico para a seleção das variáveis e os modelos DEA utilizados.

Por fim, as Seções 3.10 e 3.11 abordam os *softwares* utilizados, e, por fim, a Seção 3.12 traz o fluxo detalhado dessa abordagem por meio de uma compilação das principais etapas utilizadas para confecção dos resultados finais.

3.1 Caracterização da pesquisa

Segundo Thiollent (2009), a pesquisa de natureza aplicada tem como premissa solucionar problemas oriundos dos mais diversos ambientes, bem como responder às diversas demandas provenientes da sociedade. Tem por motivação ainda contribuir para fins práticos, objetivando a solução de problemas de maneira mais imediatista (Barros e Lehfeld 2000, p. 78).

Ademais, ainda em relação à natureza da pesquisa aplicada, é possível abordá-la no tocante aos resultados, bem como nas soluções para problemas reais e concretos (Appolinário, 2004).

Ainda concernente a pesquisa aplicada, Oliveira e Giraldi (2016) destacam que este tipo de pesquisa tem por objetivo solucionar problemas, por meio de uma abordagem prática e alinhada com a realidade do objeto pesquisado.

Neste sentido, a pesquisa pode ser caracterizada como sendo aplicada, uma vez que a sua estrutura, teve por característica ser sistemática no tocante a descrição e relevante em relação às explicações do objeto estudado (DE OLIVEIRA E DE ME GIRALDI, 2016).

Como exemplos de aplicação dessa pesquisa, é possível citar a mensuração da eficiência das UTDs vinculadas à RFEPCT, no intuito de oferecer aos gestores escolares uma visão

comparativa da RFEPCT e individual de cada UTD, bem como contribuir para o processo decisório da RFEPCT a partir de decisões menos subjetivas a partir de uma abordagem DEA.

Destaca-se ainda que, a partir dos resultados postulados, e tendo em vista o caráter aplicado e objetivo desta pesquisa, ocorreu ainda a possibilidade de se utilizar essa abordagem DEA como método quantitativo para o ranqueamento das UTDs vinculadas a RFEPCT na PNP.

Já em relação às características de uma pesquisa quantitativa, Günther (2006) a define como numérica, possuindo em sua essência variáveis objetivas, tendo como base a comparação de resultados e o uso de abordagens de cunho estatístico.

Já Da Silva e Simon (2005), trazem uma perspectiva no tocante à necessidade de que o problema pesquisado seja conhecido, controlado e que possua um certo nível de qualidade para que a partir desta definição possa ser considerado quantitativo.

Assim, verifica-se que essa pesquisa é de abordagem quantitativa a partir de dois pressupostos. O primeiro concernente a seleção das variáveis de entrada e saída utilizadas onde para se alcançar tais objetivos foi realizado um percurso estatístico, iniciado pelas suposições de normalidade. Além disso, tal percurso inclui ainda a escolha do teste de correlação mais adequado para se verificar a correlação dos dados originais, conforme preconizado por Dyson (2001). Tal pressuposto teve por intuito evitar a inserção de dados redundantes, e que por conseguinte poderia reduzir a acurácia nos resultados de eficiência das UTDs vinculadas a RFEPCT. Ademais, após o apontamento da correlação, utilizou-se a ACP para a redução das variáveis originais em componentes e em seguida a seleção das variáveis de entrada e saída.

Cabe mencionar também, que o caráter quantitativo vai ao encontro da utilização da DEA como uma técnica não paramétrica, onde, a partir do modelo escolhido, buscou-se mensurar a eficiência das UTDs vinculadas a RFEPCT.

Seguidamente, cabe apresentar duas taxonomias postuladas por Vergara (2006) que dizem respeito aos fins e meios utilizados nas pesquisas. A autora aponta que em relação aos fins as pesquisas podem ser exploratórias, descritivas, explicativas, metodológicas, aplicadas e intervencionistas. Não obstante, mais especificamente no que cabe a pesquisa descritiva, a mesma busca descrever as características de uma população, correlacionar variáveis, e servir de base para explicações futuras, mesmo sem obrigatoriedade (Vergara, 2006).

Assim, reforça-se o caráter descritivo desta pesquisa, primeiro devido ao levantamento teórico sobre a eficiência na educação relacionando essa premissa com a DEA, e posteriormente devido ao fato de se descrever os resultados encontrados, elencando algumas características qualitativas, tais como a abrangência nacional da RFEPCT, informações da população analisada, tipos de cursos e principais indicadores de gestão utilizados.

Por fim, no tocante aos meios, foi realizada uma pesquisa documental e bibliográfica que, ainda segundo Vergara (2006), têm por características realizar estudos de cunho investigativo e sistemático nas mais diversas fontes documentais disponíveis.

Em observância a essa etapa, cabe ressaltar que essa pesquisa utilizou para a coleta dos dados os sites da PNP, do TCU e do INEP bem como as bibliotecas científicas digitais *SPELL, Web of Science, Google scholar e Scielo* para as pesquisas concernentes a DEA, ACP e demais teorias abrangidas no referencial teórico.

3.2 Percurso metodológico

Em um primeiro momento foi feita uma análise individual de cada indicador proveniente da PNP, a fim de verificar quais estavam presentes em 2018. Ademais, foi feito uma análise dos resultados dos dados coletados concernentes a cada indicador no intuito de identificar possíveis erros e divergências quantitativas nos dados coletados e disponibilizados pela PNP.

Em relação aos indicadores do IGG e IGC, foram feitas análises no intuito de verificar quais instituições pertencentes à RFEPCT possuíam resultados para o ano de 2018. Ressalta-se ainda que todos os dados coletados por meio de planilhas em Excel® foram extraídos das páginas oficiais desses indicadores e foram consolidados, tratados, tabulados e validados com os resultados dos seus respectivos sites.

Em um segundo momento foi realizado o teste de suposição de normalidade de Shapiro-wilks, no intuito de se verificar a normalidade dos dados originais, bem como a partir do resultado apontar o teste de correlação mais adequado a ser utilizado. Cabe salientar que de posse da confirmação da alta correlação entre as variáveis originais, utilizou-se a ACP para a redução e consequente seleção das variáveis de entrada e saída a compor os modelos DEA utilizados nessa abordagem.

Em seguida foi feita a escolha das UTDs que possuíam resultados nos indicadores para o ano de 2018, dentre os indicadores IGG, IGC e os indicadores da PNP.

A partir das variáveis de entrada e saída selecionadas, foi dado sequência nesta pesquisa utilizando-se do método DEA BCC orientado para saída para o ano de 2018. Por conseguinte, foi feito o mesmo procedimento para os modelos DEA invertida, índice de eficiência composta e a normalização para o mesmo ano com o objetivo de trazer uma maior acurácia e o respectivo desempate entre as UTDs falsamente eficientes.

Após os respectivos resultados apresentados pelos modelos DEA, foi possível compará-los entre si, a fim de realizar o desempate, refinamento e mitigação das limitações do próprio modelo. Ademais, foi possível analisar e ranquear as UTDs eficientes pertencentes a RFEPCT de forma nacional e regional, bem como analisar a situação individualizada das UTDs mais ineficientes, seus alvos, metas e referências.

Por fim, de posse dos resultados de eficiência calculados pela DEA para o ano de 2018, foi feito uma comparação com os resultados do índice de eficiência acadêmica para o mesmo período publicados na PNP.

De posse dessa última comparação, foi possível verificar também se as instituições com a maior eficiência no índice de eficiência acadêmica da PNP são também as mais eficientes quando classificadas utilizando se a DEA.

O Quadro 21 apresenta em síntese as principais etapas metodológicas, atividades e resultados esperados desta pesquisa.

Quadro 21 - Resumo da pesquisa *(continua)*

Etapas	**Meios**	**Atividades**	**Resultados esperados**
1	Pesquisa documental.	Analisar os indicadores da PNP, IGG (TCU) e IGC (INEP).	Selecionar todos os indicadores da PNP, o IGG (TCU) e o IGC (INEP) a fim de atender os objetivos específicos 1, 2 e 3.
		Coletar os dados dos indicadores da PNP.	
		Coletar os dados do indicador IGG do TCU.	
		Coletar os dados dos indicadores IGC do INEP.	
		Consolidar e tratar em Excel® os dados da PNP, TCU e INEP.	
2	Método para redução e seleção de variáveis.	ACP de correlação.	Selecionar dentre os indicadores da PNP, do IGG (TCU) e do IGC (INEP) aqueles a compor as variáveis de entrada e saída da DEA, a fim de atender o objetivo específico 1, 2 e 3.
3	DEA	Selecionar as UTDs.	Calcular a eficiência da rede federal e atender os objetivos específicos 2 e 3.
		Calcular a eficiência utilizando BCC orientado para output para o ano de 2018.	
		Calcular a eficiência utilizando DEA invertida para o ano de 2018.	

		Calcular a eficiência utilizando o índice de eficiência composta para o ano de 2018.	
		Calcular a eficiência utilizando a eficiência normalizada para o ano de 2018.	
		Comparar os resultados com o índice de eficiência acadêmica da PNP.	Atender o objetivo específico 3.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020*) (concluído)*

3.3 Estrutura da pesquisa

Após a apresentação da metodologia a ser utilizada e do quadro resumo, verifica-se, por meio do Quadro 22, uma estrutura que tem por objetivo trazer uma visualização consolidada da pesquisa aqui proposta, destacando as técnicas de coleta e análise de dados.

Quadro 22 - Estrutura da pesquisa

Problema de Pesquisa	Quais as contribuições para a tomada de decisão das instituições vinculadas a RFEPCT ao medir a sua eficiência, utilizando a DEA?	Técnica de coleta de dados	Técnica de análise de dados
Objetivo Geral	Propor uma abordagem objetiva com base na DEA para medir a eficiência das instituições vinculadas à RFEPCT.		
Objetivos Específicos	Fazer a seleção das variáveis de entrada e saída por meio da análise de componentes principais.	Pesquisa Documental	ACP
	Medir a eficiência relativa dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia utilizando a DEA para o ano de 2018, identificando as UTDs mais eficientes e as referências para as ineficientes.		DEA
	Comparar os resultados apresentados pela DEA com o índice de eficiência acadêmico publicado pela PNP para o ano de 2018.		
Teorias	Eficiência na administração pública	Pesquisa bibliográfica	Análise de conteúdo
	Eficiência na educação		
	Uso de indicadores para a tomada de decisão		
	Análise Envoltório de dados – DEA		
	A educação profissional no Brasil		
	A RFEPCT		
	A Plataforma Nilo Peçanha – PNP		
	Governança e gestão – IGG		
	Indicadores de qualidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) - IGC		
	Eficiência nas organizações		
	Pesquisas relacionadas		

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

3.4 Coleta de dados - Plataforma Nilo Peçanha (PNP)

A coleta dos dados ocorreu de três fontes distintas, tendo em vista que para a construção dos modelos DEA foram considerados os indicadores da PNP, TCU e INEP para o ano de 2018. Em relação a PNP cabe ressaltar que os resultados do ano corrente são gerados a partir dos dados coletados do ano anterior.

A coleta dos dados da PNP ocorreu por meio da página oficial *plataformanilopecanha.mec.gov.br,* construída unicamente para a divulgação padronizada dos resultados, sendo esses dados provenientes dos sistemas SISTEC referentes às informações educacionais, SIAPE referente a gestão de pessoas e SIAFI referente aos resultados financeiros, sendo todos vinculados ao governo federal.

Ainda no tocante aos dados oriundos dos sistemas do governo, cabe observar que a própria PNP aponta que para a construção dos seus indicadores foi necessário o tratamento e cálculo de quatro arquivos provenientes de dados originais referentes à matrícula, eficiência acadêmica, servidores e financeiro.

Por sua vez, os dados coletados e utilizados nessa pesquisa foram provenientes dos resultados dos indicadores disponibilizados pela própria PNP, uma vez que os dados originais disponibilizados para *download* em Excel® apresentam resultados não calculados de cada instituição, cabendo a aplicação de equações presentes no Quadro 4 para divulgação dos indicadores, etapa esta já realizada pela própria plataforma.

Por fim, a validação e tabulação dos resultados dos indicadores da página da PNP foram feitos por meio da comparação dos dados disponíveis na referida plataforma com os dados coletados e tabulados via planilha Excel®.

3.5 Coleta de dados - Indicadores do TCU

Os indicadores do TCU são disponibilizados por ciclo e em página própria na aba de governança pública organizacional do órgão. Tais relatórios têm por objetivos medir o nível de governança e gestão dos órgãos federais jurisdicionados pelo TCU, cabendo informar que tal aferição almeja apresentar as boas práticas no que tange à gestão de TI, governança, gestão de pessoas e contratações (TCU, 2018).

A escolha do IGG, assim como como o IGC, ocorreu tendo em vista o fato de um único indicador agrupar outros quatro indicadores iGovPub (governança), iGovPess (gestão de pessoas), iGovTI (tecnologia da informação) e iGovContr (contratos) responsáveis por monitorar a governança da RFEPCT. Outro aspecto é no tocante à abrangência, uma vez que

todas as UTDs vinculadas a RFEPCT tiveram os resultados desse indicador publicados em 2018.

Cabe destacar que na página do TCU destinada a governança, é disponibilizado também as deliberações do órgão, relatório técnico completo e as respostas (resultados) tabulados em Excel® no formato .csv, mas que por questões de tratamento de dados no SIAD, tal arquivo foi convertido para .txt. Cabe destacar que as instituições contidas na planilha são identificadas pelo atributo de idBase, contendo ainda diversos parâmetros utilizados pelo TCU, que são responsáveis por comporem o cálculo dos índices iGovPub, iGovPess, iGovTI e iGovContr, e que por sua vez são responsáveis pelo resultado final do IGG.

Os resultados encontrados pelo TCU são publicados em relatórios específicos que abarcam também o objetivo, escopo, metodologia, *software,* detalhamento das amostras, perfis de governança organizacional, gestão de contratos, gestão de tecnologia da informação e gestão de pessoas.

Por fim, os dados disponibilizados pelo TCU não necessitam de novos cálculos, uma vez que os resultados já são demonstrados em índices no próprio arquivo em Excel®.

3.6 Coleta de dados - Indicadores do INEP

Por fim, é apresentado o recorte da coleta dos dados provenientes dos indicadores do INEP, que a partir das justificativas apresentadas para os indicadores PNP e TCU foram extraídos apenas do ano de 2018 a fim de se manter a homogeneidade da abordagem DEA proposta nesta pesquisa.

Ademais, como ocorreu com os indicadores do TCU, o INEP também não divulga separadamente os resultados do IGC, concernentes às escolas técnicas vinculadas das universidades, sendo necessário então, a não utilização destas escolas para o cálculo de eficiência.

Outro aspecto para a não utilização é em relação a homogeneidade das UTDs, uma vez que essas escolas oferecem apenas ensino médio integrado, escopo esse diferente dos Institutos Federais e dos CEFETs. Destaca-se ainda a não divulgação dos resultados do Colégio Pedro II.

Concernente aos dados, esses são extraídos na página do próprio INEP na aba indicadores de qualidade. A navegação neste ambiente é bem intuitiva sendo possível inclusive fazer filtros por ano e o *download* dos indicadores de forma separada.

Contudo, dos quatro indicadores de qualidade disponibilizados pelo instituto, denominados, I) Conceito ENADE, II) Indicador de Diferença entre os Desempenhos

Observado e Esperado (IDD), III) Conceito Preliminar de Curso (CPC) e IV) Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição (IGC), só compôs como indicador a ser considerado nesta abordagem o IGC. Tal escolha se deu ao fato de que os demais indicadores são relacionados a cursos vinculados às suas respectivas instituições de ensino.

Tal situação é contrária a premissa abordada nesta pesquisa, que é a definição das instituições de ensino como UTD e não os seus cursos ofertados. Cabe ainda esclarecer, que mesmo trazendo os resultados das notas dos cursos, o resultado é padronizado por meio de uma média ponderada oriunda da distribuição dos estudantes de acordo com os níveis de ensino, envolvendo, por conseguinte as notas contínuas do CPC e das notas de avaliação dos cursos de programas de pós-graduação *stricto sensu*, justificando assim a sua relevância e adoção.

As bases do IGC são bem organizadas, apresentando métricas como: área de avaliação, nome da instituição de ensino superior, categoria administrativa, código da IE, organização acadêmica, e as respectivas variáveis para o cálculo e apresentação dos resultados do IGC.

Denote-se ainda que as notas do referido indicador variam entre 1 a 5 para graduação e 3 a 7 para programas de pós-graduação, ficando com a melhor avaliação aquele que possuir a maior nota no resultado IGC faixa.

Assim, como apresentado pelo TCU, os indicadores de qualidade do INEP já trazem os resultados finais tabulados em Excel® para cada instituição, não sendo necessário o recálculo para validação como na PNP.

3.7 A população da pesquisa– seleção das UTDs

A população da RFEPCT até o ano de 2021 era composta por 64 Instituições de ensino entre Centro Federais, Institutos Federais, escolas técnicas vinculadas e o colégio Pedro II. Porém, devido a não homogeneidade das escolas técnicas vinculadas e do colégio Pedro II em relação por exemplo a oferta de cursos, público alvo e estrutura administrativa bem como a não disponibilização dos resultados dos indicadores de IGG e IGC, para estas UTDs foi necessário a exclusão dessas instituições da população. Ademais, justifica-se essa exclusão devido a necessidade de se padronizar o período de recorte desta pesquisa.

Assim, observa-se conforme Tabela 23 uma amostra 37,5% menor em relação a população prevista inicialmente, totalizando por sua vez 40 instituições aptas a comporem essa pesquisa como UTD. Logo, mesmo com essa redução, essa população atende às recomendações da literatura no tocante à quantidade mínima de UTDs em relação ao quantitativo de variáveis de entrada e saída.

Quadro 23 - Instituições pertencentes a RFEPCT

Item	Instituição	UF	Item	Instituição	UF	Item	Instituição	UF
1	CEFET MG	MG	17	IFMS	MS	33	IFSUL	RS
2	CEFET RJ	RJ	18	IFMT	MT	34	IFSULDEMINAS	MG
3	IFAC	AC	19	IFNMG	MG	35	IFTM	MG
4	IFAL	AL	20	IFPA	PA	36	IFTO	TO
5	IFAM	AM	21	IFPB	PB	37	IFG	GO
6	IFAP	AP	22	IFPE	PE	38	IFSP	SP
7	IFB	PB	23	IFPI	PI	39	IFFarroupilha	RS
8	IFBA	BA	24	IFPR	PR	40	IFSudeste	MG
9	IFBAIANO	BA	25	IFRJ	RJ			
10	IFC	CE	26	IFRN	RN			
11	IFCE	CE	27	IFRO	RO			
12	IFES	ES	28	IFRR	RR			
13	IFF	RJ	29	IFRS	RS			
14	IFGOIANO	GO	30	IFS	SE			
15	IFMA	MA	31	IFSC	SC			
16	IFMG	MG	32	IF SERTÃO-PE	PE			

Fonte: Adaptado da PNP (2020)

3.8 Seleção das variáveis de entrada e saída

A seleção das variáveis de entrada e saída foi etapa preponderante para se alcançar os resultados específicos pretendidos, uma vez que além de atender o primeiro objetivo, teve por primazia atender o caráter de objetividade definido como requisito em todas as etapas desta pesquisa.

Todas as etapas de seleção das variáveis ocorreram por meio da utilização dos softwares *R e PAST 4.03*, uma vez que além de serem ferramentas gratuitas e de fácil *download* na internet, foi possível concentrar nessas ferramentas, todos os testes estatísticos necessários.

O Quadro 24 sintetiza as principais etapas realizadas, cabendo ressaltar que todos os *scripts e* comandos foram disponibilizados no APÊNDICE B desta pesquisa.

Quadro 24 - Fluxo operacional *(continua)*

Item	Objetivos	Considerações	Etapas	Como	Referências	Softwares
1	Selecionar o método de correlação.	I) Verificar a partir dos dados originais, o teste de correlação mais adequado estatisticamente	Construir teste de hipóteses de normalidade para as variáveis	Conforme Apêndice C	Razali *et al.* (2011); Field (2009).	R

		. II) Considerando um α *de* 5%.	originais analisadas.			
			Executar o teste de normalidade levando em consideração a população disponível a fim de responder o teste de hipótese.	Teste de Shapiro wilks	Shapiro (1965) e Stephens (1974).	
		Analisar graficamente os resultados do α encontrados pelo teste de normalidade escolhido se necessário.	Confeccionar e fazer a análise gráfica no R		Field (2009); Dahan *et al.* (2015); Razali *et al.* (2011).	
		α menor que 5%.	Construir teste de hipóteses de correlação para verificar a significância da correlação das variáveis originais levando em consideração o α.	Conforme Apêndice C	Razali *et al.* (2011); Field (2009).	

2	Construir a matriz de correlação a partir do método escolhido.	Verificar a alta correlação ou não entre as variáveis originais.	Importar a base de dados. Criar o dataframe no R. Calcular a correlação de postos de Spearman. Elaborar o gráfico de boxplot a fim de identificar possíveis outliers. Analisar graficamente o comportamento das variáveis envolvidas na correlação de Spearman por meio do gráfico de dispersão. Plotar gráficos de matrizes de correlação considerando o α de 5%.	Conforme Apêndice B	Pontes, (2010); Scattolin, Diogo e Colombo (2007); Levin (2004); Zar (1999).	

3	Classificar as variáveis em entrada e saída	Respeitar a orientação e polaridade dos indicadores adotados na pesquisa.	Definir as variáveis de entrada(insumos). Definir as variáveis de saída (produtos).	Por meio da polaridade dos indicadores.	Mariano (2008)	
4	Selecionar as variáveis de entrada e saída.	Utilizar a ACP para a redução das variáveis originais em componentes principais.	Selecionar e analisar as componentes com menor variância total explicada, ou seja, com alto valor inferior a 1 para a ACP de correlação separadamente para as variáveis de entrada e saída.		Leite *et al.* (2009); Paiva *et al.* (2010); Barbosa *et al.* (2005); Regazzi (2002); Pereira (1989); Daher *et al.* (1997); Mardia (1979); Jolliffe (1972); Pereira (1989); Yamaki *et al.*2009; Rodrigues *et al.* 2018.	PAST 4.03
		Utilizar a ACP de correlação para selecionar as variáveis.	Excluir as variáveis com maior correlação absoluta das componentes com menor poder explicativo.	I) por meio da correlação absoluta II) da análise do coeficiente de variação (CV) das variáveis originais e III) da análise de correlação das variáveis originais excluídas.		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021) *(concluído)*

3.9 Escolha dos modelos e análise dos dados

Antes de prosseguir com a escolha dos métodos DEA a serem utilizados nesta pesquisa, cabe retomar as proposições de Dyson *et al.* (2001), ora apresentadas na Seção 2.5.6, acerca das "armadilhas DEA", e como essa pesquisa espera evitá-las.

No que tange a homogeneidade, o cuidado se deu no sentido de se buscar apenas indicadores concernentes à educação, com similaridade na apresentação dos resultados, e comuns a todas as UTDs. Outro aspecto que ratifica tal preocupação, se deu em virtude da escolha de uma rede de ensino que dispusesse dos mesmos objetivos e desafios oriundos da

administração pública. Ademais, verificou-se que mesmo presente em diferentes regiões do Brasil e cercada de peculiaridades e especificidades das mais distintas, nota-se que todas as UTDs a ela vinculada estão propensas às sujeições e prerrogativas oriundas do ministério da educação, não podendo se falar em indicadores, produtos e insumos desconhecidos.

Já no que tange ao quantitativo de variáveis de entrada e saída, nota-se uma preocupação latente ao se buscar por indicadores presentes em três bases distintas, porém, comuns à gestão educacional. Além disso, ao se recorrer a fontes distintas, foi possível abarcar um quantitativo significativo de indicadores comuns às unidades vinculadas a RFEPCT, que por sua vez, iriam cobrir um quantitativo relevante de entradas e saídas.

Ademais, ainda no que concerne ao quantitativo de variáveis, essa pesquisa respeitou as orientações empíricas do próprio método, ao selecionar um quantitativo de UTDs duas ou três vezes maior do que as variáveis de entrada e saída.

Já no que se refere a seleção das variáveis, Jenkins e Anderson (2002) afirmam que um dos principais critérios para selecioná-las tem sido a omissão daquelas altamente correlacionadas, evidenciando também que em poucos casos a literatura especifica o método ou abordagem utilizada. Ademais, segundo eles, a utilização de variáveis altamente correlacionadas não agrega valor na análise, principalmente por trazerem informações redundantes.

Neste sentido, Golany e Roll (1989) elencam ainda três abordagens para a seleção de variáveis sendo, a I) seleção por meio de critérios adotados pelo pesquisador, II) métodos qualitativos e III) métodos quantitativos por meio da utilização de técnicas multivariadas conforme os trabalhos de Norman e Stoker (1991), Ueda e Hoshai (1997), Adler e Golany (2002), Jenkins e Anderson (2003), Adler e Yazhemsky (2010), Nataraja e Johnson (2011).

Neste sentido e de posse também da crítica postulada por Jenkins e Anderson (2003), acerca da omissão indiscriminada de variáveis altamente correlacionadas, optou-se por além de verificar a alta correlação entre as variáveis utilizadas evitando por sua vez dados redundantes, objetivou-se utilizar a ACP como método estatístico multivariado para a redução e consequentemente seleção das variáveis.

Posto isto, Peixoto (2016) alerta que em se tratando da DEA, espera-se que as variáveis de entrada tenham uma alta correlação com as de saída. Neste sentido, a fim de se evitar dúbias interpretações na análise dos resultados e manter a confiabilidade dos resultados, optou-se em fazer separadamente a ACP para as variáveis de entrada e saída.

Já no que tange ao modelo e orientação, cabe ratificar que nesta pesquisa foi utilizado o modelo BCC proposto por Banker, Charnes e Cooper, conhecido também como VRS *(Variable Returns to Scale).* Ressalta-se que o cálculo de eficiência técnica deste modelo ocorre da comparação da UTD com as unidades organizacionais que operam na mesma escala. Assim, a eficiência da UTD ocorre pela divisão da própria unidade com a de maior produtividade dentre as outras UTDs considerando o mesmo retorno de escala (Almeida; Mariano, 2006).

Tal comparação é nomeada por Lins e Angulo (2000) como eficiência das UTDs, que é devido ao fato de as unidades executarem e se submeterem a tarefas, condições, critérios e objetivos semelhantes.

Ademais, a escolha do modelo BCC vai ao encontro do postulado por Dalla Vecchia (2014), que elucida sobre a dinâmica do setor educacional que na sua grande maioria apresenta alterações nos insumos não gerando necessariamente, um aumento nos produtos. Outro ponto é no tocante ao modelo BCC trabalhar com retornos variáveis de escala uma vez que a RFECT está localizada em diferentes regiões, podendo estar sujeita assim a diversos fatores econômicos, políticos, sociais e regionais.

Além da escolha do modelo foi necessário definir ainda a orientação do mesmo, que nessa abordagem teve a orientação voltada para saída, uma vez que o objetivo proposto é a busca pela maximização dos resultados produzidos por cada UTD, mas mantendo os insumos constantes. Além disso, teve-se o cuidado de identificar possíveis variáveis isotônicas, no intuito de atender a perspectiva dessa abordagem que é voltada para os indicadores de gestão educacional, bem como respeitar a polaridade de cada indicador.

Não obstante, cabe dizer ainda que a escolha deste modelo e orientação vão ao encontro do apontado por Leite (2019) que em virtude do tamanho da RFEPCT, essa fica sujeita e exposta a diversos fatores que influenciam suas decisões (entradas), como variáveis políticas, econômicas e ambientais, sendo as entradas mais susceptíveis a interferências de agentes externos do que os resultados produzidos pela RFEPCT.

Outrossim, a abordagem proposta vai ao encontro do preconizado por Majada (2019) que ratifica que mesmo o setor educacional sendo dinâmico, qualquer alteração nos insumos não significa proporcionalmente aumento dos produtos. Por fim, as pesquisas de Wolszczak-derlacz e Parteka (2011), Carvalho (2014), Mota (2014), Furtado (2014), Alves (2015), Sav (2017), Krieser *et al*. (2018) e Melonio (2019) corroboram com a viabilidade da utilização do modelo BCC com orientação para saída no âmbito educacional.

Todavia, Cooper, Seiford e Tone (2007) apontam como desvantagem do modelo BCC o fato deste ser mais benevolente para as UTDs, podendo deixar várias UTDs na fronteira de eficiência, influenciando diretamente no ranqueamento e apontamento da UTD referência.

Para tanto, foi possível remediar tal limitação aplicando o modelo DEA de eficiência invertida proposto por Yamada, Matui e Sugiyama (1994) e aplicado inicialmente por Meza *et al*. (2003). Tal método tem como premissa a inversão da saída em entrada e a entrada em saída, apresentando uma versão anti-referência.

Um terceiro modelo aplicado foi o índice de eficiência composta (DEA), conforme Equação (34). Este modelo tem por objetivo exigir das UTDs dois bons resultados uma vez que o índice considera como resultado tanto o cenário otimista proposto pelo método tradicional quanto o pessimista apontado pelo método de fronteira invertida.

Por outrora, a partir da normalização do índice de eficiência composta, espera-se uma melhor descriminação e acurácia dos resultados apresentados.

Destaca-se que todos os resultados de eficiência foram obtidos utilizando unicamente o *software* SIAD 3.0.

Por fim, cabe enaltecer que ao se utilizar variáveis originais não padronizadas, bem como a não utilização de variáveis qualitativas, as sete armadilhas predispostas por Dyson (2001) foram observadas. Assim, espera-se como produto final uma replicabilidade dessa abordagem, contribuindo para que o gestor educacional possa utilizá-la em diversos tipos de cenários, levando em consideração outras necessidades ou especificidades da sua UTD.

3.10 – Sistema Integrado de Apoio à Decisão - SIAD

O SIAD foi pensado e produzido pelo departamento de engenharia de produção da Universidade Federal Fluminense (UFF). Segundo Meza *et al.* (2004), o *software* foi pensado e desenvolvido para calcular os métodos clássicos DEA CCR e BCC, bem como medir a eficiência, pesos, alvos, referências e folgas.

Além disso, o mesmo foi desenvolvido em linguagem orientada a objetos e disponibilizado para plataforma *Windows*. O SIAD em sua versão 3.0, pode trabalhar com até 100 UTDs e até 20 variáveis de entrada e saída. Nota-se assim a viabilidade da utilização desse *software* para essa pesquisa tendo em vista o quantitativo de UTDs e variáveis de entrada e saída utilizados. Neste sentido, cabe mencionar ainda a viabilidade do software, uma vez que o mesmo apresenta interface intuitiva, amigável, gratuita e de fácil acesso para *download* no site da UFF.

Em relação a confiabilidade dos resultados, cabe mencionar o Quadro 20, ao apontar que dos oito trabalhos indicados, seis utilizaram o SIAD. Ademais, o *software* trabalha com os modelos DEA aqui propostos, não sendo necessário por sua vez a combinação de mais de uma ferramenta para se alcançar os resultados aqui pretendidos.

3.11 Software *R e Past Estatística*

O *R é um software* estatístico de código aberto, sem custos, de fácil instalação e disponível nas versões *R* e *R-Studio server.*

Outra característica do *R* é no que tange a sua disponibilidade de utilização multiplataforma uma vez que está disponível para Windows, MacOS e Linux, bem como a repleta coleção de pacotes com *scripts* prontos e que podem ser utilizados em diversas aplicações.

Contudo, existem alguns cuidados conforme alertado por autores como Fox (2007) e Verzani (2008) que apontam por exemplo a dificuldade da linguagem *R*, principalmente no início do aprendizado. No entanto, ainda que seja possível mitigar ou eliminar a codificação por meio da utilização de softwares mais amigáveis como *STATA®, SPSS®* e *Jamovi®*, verifica-se que o *R* possui inúmeras vantagens.

Como exemplo é possível citar as comunidades de aprendizagem da ferramenta disponíveis na internet, possibilidade de gerar arquivos *".doc", ".pdf"* e *".html"* via *R markdown* e a integração com diversos outros bancos de dados e linguagens de programação, tornando a software uma suíte completa no que tange a análise estatística.

Já o *software* estatístico PAST na sua versão 4.03, apresenta como principais vantagens quando comparado com os principais softwares estatísticos pagos do mercado o fato de possuir uma interface amigável, sem custos para o usuário, ser facilmente encontrado na internet para *download*, de fácil instalação e ter disponível os principais métodos estatísticos (Hammer *et al.* 2001).

Neste sentido, utilizou-se primeiramente o *R* para proceder uma análise exploratória dos dados com o intuito de verificar a distribuição dos dados em rol, a localização de dados incompletos e não padronizados bem como a identificação de possíveis outliers e análises gráficas. Posteriormente, realizou-se o teste de normalidade de Shapiro-wilk, tendo em vista a população dessa pesquisa ser inferior a 50 amostras.

Em sequência, devido a capacidade do software em produzir uma ampla gama de gráficos, foi elaborada uma matriz de correlação de Spearman, a partir dos dados originais.

Já a ACP e os testes estatísticos univariados foram realizados no *software Past*. Porém, cabe denotar que mesmo sendo possível a execução da ACP e demais testes estatísticos no R tal alternância entre ferramentas se deu devido ao fato dessa abordagem almejar trazer também mais uma alternativa para se obter os resultados estatísticos a partir de uma ferramenta com uma interface simples e de livre acesso, indo ao encontro principalmente daqueles que possuem maior dificuldade com a linguagem de programação do *R* e manipulação de seus pacotes.

Ressalta-se por fim, que todas as etapas executadas no *R* estão apresentadas no apêndice B desta pesquisa.

3.12 – Fluxo para a abordagem DEA

No intuito de se estabelecer um caminho metodológico mais operacional a ser percorrido acerca dos resultados dessa pesquisa, bem como servir de orientação para replicação, a Figura 14 elenca um fluxo contendo as principais etapas seguidas pelo pesquisador onde após os resultados, foi possível responder à pergunta postulada como problema de pesquisa, acerca de quais as contribuições para a tomada de decisão das instituições vinculadas à RFEPCT ao medir a sua eficiência utilizando uma abordagem DEA.

Figura 14 - Fluxo para a abordagem DEA

1	**I)**Coletar os dados originais do IGG, IGC e os indicadores da PNP, **II)** selecionar o modelo e orientação DEA **III)** classificar as variáveis em entrada e saída de acordo com a polaridade dos indicadores e perspectiva de mensuração de eficiência da abordagem, **IV)** selecionar as UTDs, **V)** observar as armadilhas DEA.
2	**I)** Verificar a normalidade dos dados originais coletados**, II)**escolher o teste de correlação mais adequado a partir do teste de normalidade adotado, **III)** analisar se as variáveis originais possuem uma alta correlação.
3	Usar a ACP de correlação se as variáveis forem medidas em escalas diferentes ou ACP de covariância se já estiverem padronizadas.
4	**I)** Usar a ACP separadamente para as variáveis de entrada e saída **II)** selecionar as componentes irrelevantes e a partir dessas excluir as variáveis com maior correlação absoluta em módulo, permanecendo, por conseguinte com apenas os indicadores selecionados.
5	Tabular os dados originais das variáveis de entrada e saída selecionadas em planilha Excel®.
6	Salvar a planilha Excel® em formato ".txt" conforme APÊNDICE A.
7	Importar o arquivo ".txt" para o SIAD e calcular a eficiência padrão, invertida, composta e normalizada e exportar os resultados para planilha Excel® para posterior análise e tratamento dos dados.
8	Identificar os resultados para o modelo DEA BCC orientado para saída, em relação aos cálculos de eficiência padrão, invertida, composta e normalizada, bem como as UTDs referências e alvos.
9	Confeccionar gráficos, tabelas, quadros, mapas bem como analisar os resultados obtidos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados na Seção 4.1 os resultados do teste de suposição estatística de normalidade Shapiro-wilk que teve como objetivo fazer o apontamento do método de correlação mais apropriado a ser utilizado. Ademais, deu-se prosseguimento com a ACP e por conseguinte a seleção das variáveis de entrada e saída dentre os indicadores oriundos da PNP, do IGC e do IGG.

Já na Seção 4.2 foi apresentado os resultados da eficiência relativa das UTDs vinculadas a RFEPCT, bem como o ranqueamento, referências e metas a serem alcançadas.

Na Seção 4.3, é visto os resultados da comparação entre o ranqueamento DEA com os resultados do IEA publicados na PNP, atingindo assim os três objetivos específicos desta pesquisa.

Por fim, são apontadas as considerações finais, limitações da pesquisa e sugestões futuras.

4.1 Seleção das variáveis

Conforme apresentado pela Tabela 6, primeiramente foi realizado o teste de normalidade para cada variável, utilizando o teste de shapiro-wilk, uma vez que o mesmo é apropriado para um número de observações maior ou igual a 3 e menor ou igual a 50 (SHAPIRO, 1965).

Neste sentido, foi possível verificar os resultados do teste de normalidade para cada variável dentre os indicadores pertencentes a PNP, o IGC e o IGG a partir do teste de hipótese constante no APÊNDICE C desta pesquisa. Cabe notar, que as variáveis que não obtiveram distribuição normal a partir de um α inferior a 5% (nível de significância) foram destacados em cinza.

Assim, é possível rejeitar a hipótese nula e inferir que a distribuição dos dados apresentados se diferiu de maneira estatisticamente significativa de uma distribuição normal, não cabendo por sua vez a utilização do teste de correlação de Pearson.

Tabela 6 - Teste de normalidade *(continua)*

Variável	α	**(%)**	**Resultados**
Relação de inscritos por vagas (RIV)	0,001394	0,1394	rejeita h0
Taxa de evasão (TE)	0,09962	9,962	Falha em rejeitar h0

Índice de eficiência acadêmica (IEA)	0,1162	11,62	Falha em rejeitar h0
Conclusão por ciclo (CC)	0,01724	1,724	rejeita h0
Evasão por ciclo (EC)	0,1591	15,91	Falha em rejeitar h0
Retenção por ciclo (RC)	0,0001434	0,01434	rejeita h0
Índice de Titulação do corpo docente (ITCD)	0,1135	11,35	Falha em rejeitar h0
Relação de matrículas por professor (RAP)	0,3752	37,52	Falha em rejeitar h0
Gasto corrente por Matrícula (GCM)	0,1025	10,25	Falha em rejeitar h0
Índice geral de curso (IGC)	3,518e-09	0,0000035	rejeita h0
Índice de governança e gestão (IGG)	0,1104	11,04	Falha em rejeitar h0

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) *(concluído)*

Após confirmada a não normalidade em quatro dos onze indicadores inicialmente candidatos a comporem a matriz de correlação, foi elaborado outro teste de hipóteses, conforme APÊNDICE C, no intuito de verificar se a correlação é significativa ou não, levando em consideração novamente um α de 5% a partir do teste não-paramétrico de correlação de Spearman.

A Tabela 7 apresenta os resultados encontrados, porém, sem considerar inicialmente o nível de significância, no intuito a princípio de ter uma visão geral da correlação entre as variáveis originais.

Nesse sentido, cabe enaltecer preliminarmente a partir desses resultados, que a magnitude da correlação varia de -1 a 1, sendo que, quanto mais próximo a variável estiver de -1 ou 1, maior será a correlação negativa ou positiva entre as variáveis analisadas. Destaca-se também que, o coeficiente negativo ou positivo indica o sentido da relação entre as variáveis. Sendo que, as variáveis que apresentaram correlação negativa, são consideradas inversamente proporcionais. Nesse último caso, como exemplo, quanto maior for o índice de eficiência acadêmica menor será a evasão por ciclo. Ademais, se a correlação for positiva, verifica-se uma relação diretamente proporcional, tendo como exemplo o índice de eficiência acadêmica (IEA) e a conclusão por ciclo (CC), onde quanto maior for o IEA maior será a CC, e assim por diante.

Por sua vez, quando mais próximo de 0 for o resultado menor será a correlação entre as variáveis analisadas.

Tabela 7 - Resultados da matriz de correlação sem o α de 5%

INDICADORES	RIV	TE	IEA	CC	EC	RC	ITCD	RAP	GCM	IGC	IGG
RIV		-0,108	-0,154	-0,193	0,108	0,292	-0,279	-0,091	-0,076	-0,197	-0,090
TE	-0,108		-0,387	-0,310	0,451	-0,400	0,242	0,227	-0,114	0,081	0,163
IEA	-0,154	-0,387		0,960	-0,945	-0,025	-0,097	-0,229	0,230	0,124	-0,008
CC	-0,193	-0,310	0,960		-0,846	-0,214	-0,095	-0,233	0,257	0,095	0,061
EC	0,108	0,451	-0,945	-0,846		-0,211	0,091	0,156	-0,153	-0,145	0,045
RC	0,292	-0,400	-0,025	-0,214	-0,211		0,147	-0,116	0,121	0,088	-0,307
ITCD	-0,279	0,242	-0,097	-0,095	0,091	0,147		0,087	0,233	0,666	-0,081
RAP	-0,091	0,227	-0,229	-0,233	0,156	-0,116	0,087		-0,806	0,113	0,155
GCM	-0,076	-0,114	0,230	0,257	-0,153	0,121	0,233	-0,806		0,013	-0,170
IGC	-0,197	0,081	0,124	0,095	-0,145	0,088	0,666	0,113	0,013		0,027
IGG	-0,090	0,163	-0,008	0,061	0,045	-0,307	-0,081	0,155	-0,170	0,027	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Cabe elencar que foi realizada uma análise gráfica por meio de boxplot, conforme APÊNDICE D no intuito de identificar possíveis outliers no resultado da correlação. Contudo, os resultados foram condizentes com a amplitude do teste de correlação, ou seja, variando entre -1 e 1, não sendo necessário por sua vez a eliminação de nenhuma variável.

A Tabela 8 apresenta os resultados da matriz de correlação levando em consideração o α com resultado inferior ao nível de significância 5%, ou seja, foram eliminadas todas as correlações não significativas conforme teste de hipóteses apresentado no APÊNDICE C (PONTES, 2010).

Por fim, os resultados do α da matriz de correlação para cada variável analisada estão disponíveis no APÊNDICE E.

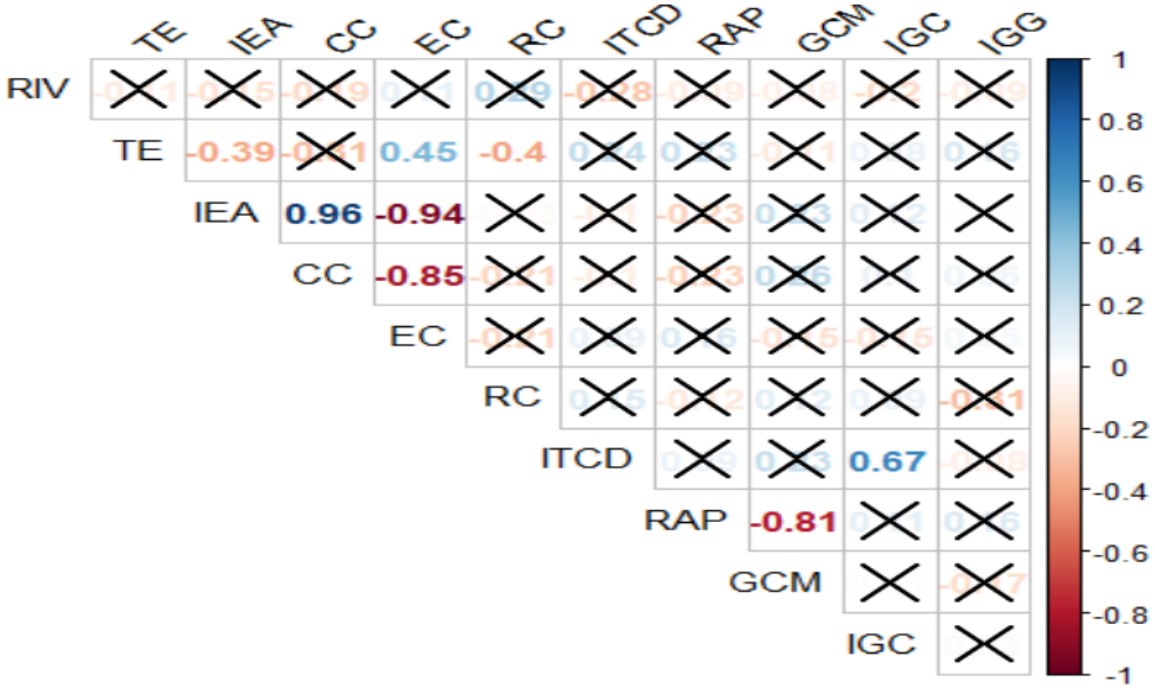
Tabela 8 - Resultados da matriz de correlação com $\alpha < 5\%$

INDICADORES	RIV	TE	IEA	CC	EC	RC	ITCD	RAP	GCM	IGC	IGG
RIV											
TE			-0,39		0,45	-0,40					
IEA				0,96	-0,94						
CC					-0,85						
EC											
RC											
ITCD										0,67	
RAP									-0,81		
GCM											
IGC											
IGG											

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ainda considerando os resultados da matriz de correlação, analisando mais especificamente a Figura 15, foi possível corroborar para os resultados apresentados pela Tabela 8, uma vez que o próprio *R* por meio do pacote *corplot*, plotou os resultados da correlação de Spearman, já descartando com um X, as variáveis que possuíam um α maior que 5%, ou seja, não significativas.

Figura 15 - Resultado da matriz de correlação com α destacado



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

De posse dos resultados, foi possível verificar conforme Tabela 8, uma correlação moderada entre os indicadores TE com EC (0,45) e TE com RC (-0,4), uma correlação forte entre CC com EC (-0,85), RAP com GCM (-0,81), ITCD com IGC (0,67), e muito forte entre IEA com CC (0,96) e IEA com EC (-0,94).

Neste sentido, cabe ressaltar conforme postulado por Guimarães *et al.* (2010), que ao se encontrar duas variáveis significativamente correlacionadas, uma deve ser suprimida. Porém, com o intuito de se manter o caráter objetivo desta abordagem, utilizou-se para redução das variáveis de entrada e saída a ACP de correlação.

Entretanto, antes de prosseguir com a classificação das variáveis quanto a entrada e saída, cabe retomar dois pressupostos comumente verificados na literatura e que foram respeitados nessa abordagem.

O Primeiro é apontado por Peixoto (2016), ao afirmar que, no que tange a DEA, a correlação entre as variáveis de entrada são baixas, porém, mais altas quando comparadas com as variáveis de saída.

O segundo é apresentado por Dyson *et al*. (2001), que alerta a possibilidade de se encontrar nessa etapa variáveis isotônicas. Ou seja, quanto menor forem os resultados de uma variável original de entrada, maior será a eficiência da UTD, sendo da mesma maneira válido afirmar que quanto maior forem os resultados de uma variável de saída maior será a sua eficiência.

Para o primeiro pressuposto, ainda que a autora não aponte como primordial uma interferência, optou-se em proceder com a seleção das variáveis de entrada e saída separadamente, iniciando com as variáveis de entrada e dando sequência com as variáveis de saída.

Já em relação às variáveis isotônicas, respeitou-se dois princípios, o primeiro concernente a polaridade dos indicadores, ou seja, o não atendimento dessa premissa, poderia trazer uma interpretação contrária ao esperado no que tange aos alvos e metas a serem alcançados pelas UTDs.

Já o segundo, vem em consonância com a abordagem aqui postulada que é no tocante à mensuração da eficiência das UTDs vinculadas a RFEPCT na perspectiva dos indicadores de gestão educacional, ratificando a importância da adoção da polaridade como premissa fundamental para a classificação das variáveis originais.

Nesse sentido, de posse desses princípios e pressupostos e levando em consideração a perspectiva dos indicadores, cabe elencar as seguintes candidatas a variáveis de entrada: Taxa de Evasão (TE), Evasão por Ciclo (EC), Retenção por ciclo (RC) e Gasto Corrente por

Matrícula (GCM). O primeiro indicador é responsável por apontar o percentual de matrículas que uma UTD perdeu ao longo de um ano letivo. Já a EC e RC, são indicadores que dizem respeito a eficiência acadêmica, levando em consideração a quantidade de alunos evadidos e retidos em um ciclo escolar. O GCM diz respeito ao valor desembolsado pela RFEPCT no que tange a cada matrícula ativa em um exercício financeiro.

Já no que concerne as candidatas as variáveis de saída, tem se a Relação de Inscritos por Vaga (RIV), Índice de Eficiência Acadêmica (IEA), Conclusão por Ciclo (CC), Índice De Titulação de Corpo Docente (ITCD), Relação de Alunos por Professor (RAP), Índice Geral de Cursos (IGC) e Índice de Governança e Gestão (IGG).

O primeiro indicador diz respeito ao quantitativo de candidatos inscritos por vaga em um determinado curso em um processo seletivo, já os IEA e CC são indicadores de qualidade e dizem respeito ao percentual de alunos que concluíram o curso dentro do período previsto. Já o ITCD se refere à titulação dos professores efetivos da RFEPCT. Por sua vez, a RAP é obtida a partir da relação entre a quantidade de matriculados com a quantidade de docentes, levando em consideração o regime de trabalho praticado.

Por fim, o IGC é resultado da avaliação das instituições de ensino superior a partir de uma média ponderada das notas do CPC e das notas das avaliações dos programas de pós-graduação *stricto sensu* apontados pela CAPES. Por fim, o IGG aponta os resultados de governança e gestão de uma UTD a partir dos pressupostos de governança, gestão de pessoas, tecnologia da informação e contratações públicas.

Posposto a esses pressupostos, a Tabela 9 apresenta os resultados da ACP no tocante às variáveis de entrada, cabendo destacar primeiramente o resultado dos autovalores, onde é possível verificar a distribuição dos resultados de cada componente de forma descrente de importância ao se considerar a variância total calculada. Ademais, é visto também o percentual de variância individual e acumulada, ratificando por sua vez a relevância do resultado de variância do autovalor, pois ao analisar por exemplo a CP1, essa componente representa sozinha cerca de 43,04% do poder explicativo das quatro variáveis originais.

Além disso, observa-se ainda que os componentes C1 e C2, possuem um autovalor superior a 1 tornando-as aptas a serem selecionadas conforme (Meira *et al.* 2013). Outra heurística é em relação à variância total explicada pelas componentes selecionadas, que apresenta o percentual acumulado do autovalor representando cerca de 68,22% do total.

Contudo, ainda que a literatura comumente aponte uma relevância a partir de 70% ou 80% para seleção de componentes, o percentual encontrado nesta pesquisa juntamente com o

autovalor e levando em consideração o quantitativo de variáveis adotadas, verifica-se que os resultados apontados são suficientes para seleção apenas das componentes C1 e C2.

Tabela 9 - Componentes selecionados para as variáveis de entrada

Componentes principais	Autovalores	% Variância	Variância acumulada (%)
1	1,7217	43,04	43,04%
2	1,0068	25,17	68,22%
3	0,8877	22,19	90,41%
4	0,3861	9,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Já a Tabela 10 apresenta os indicadores e os respectivos coeficientes para as componentes CP3 e CP4, que foram as componentes que apresentaram menor autovalor, e por consequência com menor poder explicativo no que tange às variáveis originais. Não obstante, levando em consideração essas informações bem como a partir da análise individual de cada coeficiente foi possível identificar variáveis candidatas a eliminação como os indicadores TE pertencente a CP4 e RC referente a CP3, devida a alta correlação em módulo conforme postulado por Pereira (1989), Leite *et al.* (2009), Paiva *et al.* (2010), Barbosa, *et al.* (2005) e Regazzi (2002).

Não obstante, ainda que o indicador EC na CP3 tenha apresentado uma alta correlação, ao se verificar o resultado da correlação do coeficiente com o autovalor por meio da Tabela 10, observa-se que ao se eliminar os indicadores TE e RC, a redundância já seria mitigada conforme ratificado pela Tabela 13, que traz a correlação das variáveis originais.

Ademais, cabe ressaltar que os coeficientes com maior correlação em módulo além de possuírem pouca relevância no que tange a variância total explicada pelas componentes, esses também possuem pouco poder explicativo, sendo redundante a sua manutenção, uma vez, que podem ser representados pelas variáveis que permaneceram.

Tabela 10 - Coeficientes da ACP de correlação das componentes com menor poder explicativo das variáveis de entrada

Indicadores	CP 3	CP 4
TE	0,029487	0,73376
EC	0,63351	-0,5363
RC	0,73418	0,36922
GCM	0,24241	0,19406

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Confrontando os resultados da ACP com os observados pela Tabela 11, que apresenta a estatística univariada das variáveis originais de entrada, conforme postulado por Souza

(1993), é possível notar que os indicadores excluídos também possuem um coeficiente de variação (CV) elevado (acima de 25% ou 30%), demonstrando uma heterogeneidade desses indicadores em relação à média.

Nesse sentido, levando em consideração o cenário de igualdade de condições da RFEPCT, esses indicadores com maior CV poderiam corroborar para um maior erro experimental (Belfiore, 2017; Garcia, 1989).

Tabela 11 - Estatística univariada das variáveis de entrada

INDICADORES	TE	EC	RC	GCM
Observações	40	40	40	40
Min	0,07	0,26	0,01	11602,08
Max	0,38	0,66	0,20	24057,14
Somatório	7,13	19,30	2,55	644228,70
Média	0,18	0,48	0,06	16105,72
Variância	0,01	0,01	0,00	6789794,00
Desvio padrão	0,07	0,09	0,04	2605723,00
Média	0,17	0,50	0,06	15565,79
25 percentil	0,12	0,43	0,03	14183,11
75 percentil	0,24	0,53	0,08	18022,12
CV	**39,89%**	18,01%	**66,14%**	16,18%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Outra heurística a ser considerada para validação da exclusão das variáveis utilizando a ACP de correlação foi no tocante a correlação absoluta que se deu por meio da Equação (39) conforme Souza (1993). Neste sentido, de posse dos resultados encontrados foi possível encontrar a correlação de cada coeficiente, que é a sua respectiva contribuição ou relevância para a nova componente gerada pela ACP.

Cabe notar, que a premissa da ACP é gerar componentes independentes, ou seja, não correlacionados. Assim, por meio da Tabela 12, os indicadores TE e RC foram aqueles que apresentaram uma maior correlação absoluta, contribuindo, por conseguinte, para o aumento da correlação total da sua respectiva componente. Assim, enseja-se verificar que esses indicadores além de estarem em componentes com pouco poder explicativo (baixo autovalor), elevam a correlação das componentes (objetivo contrário a ACP), ratificando assim a sua redundância e respectiva exclusão.

Tabela 12 - Correlação entre autovalores e coeficientes – variáveis de entrada

Indicadores	CP3	CP4
TE	0,0387	0,9628
EC	0,6357	-0,5381
RC	0,6917	0,3479
GCM	0,2217	0,1774

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ademais, a Tabela 13 corrobora com o exposto ao apresentar os resultados da correlação das variáveis originais pelo método de correlação de Spearman, sendo possível verificar que os indicadores TE e EC apresentaram uma correlação moderada (0,4600), e TE e RC (-0,3651) no que tange às variáveis originais. Neste sentido, verifica-se novamente a redundância na utilização destes três indicadores concomitantemente, ratificando a eliminação dos indicadores TE e RC.

Tabela 13 - Correlação das variáveis originais

Indicadores	TE	EC	RC	GCM
TE		0,4600	-0,3651	-0,1158
EC			-0,1710	-0,1448
RC				0,1480
GCM				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A análise para as variáveis de saída, se deu observando as mesmas premissas apresentadas nas etapas anteriores. As componentes selecionadas foram C1, C2 e C3, conforme demonstrado pela Tabela 14, uma vez que essas apresentaram autovalores superior a 1 e uma variância explicada acumulada de 73,30%, demonstrando que essas componentes têm alto poder explicativo, reduzindo os setes indicadores originais em 3 componentes principais.

Tabela 14 - Componentes selecionados para as variáveis de saída

Componentes principais	Autovalores	% Variância	Variância acumulada (%)
1	2,1948	31,36%	31,36%
2	1,7962	25,66%	57,02%
3	1,1396	16,28%	73,30%
4	0,8977	12,83%	86,13%
5	0,6907	9,87%	96,00%
6	0,2619	3,74%	99,74%
7	0,0188	0,26%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Continuando a análise dos resultados, a Tabela 15 apresenta os componentes C4, C5, C6 e C7 como sendo aqueles com menor representatividade dentre o grupo analisado, e seus respectivos coeficientes de correlação. Nota-se que os coeficientes que apresentaram maior coeficiente de correlação em módulo considerando apenas as componentes com menor poder

explicativo foram o IEA (-0,70468) e CC (0,70656) na CP7, ITCD (0,72921) na CP6, RIV (0,64000) na CP5 e RIV (0,51964) e IGG (0,53270) na CP4, sendo esses indicadores fortes candidatos a eliminação.

Tabela 15 - Coeficientes da ACP de correlação das componentes com menor poder explicativo das variáveis de saída

Indicadores	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7
RIV	0,5196	0,6400	0,2530	0,0319
IEA	0,0491	0,1301	0,1445	-0,7046
CC	0,0295	0,0731	0,1648	0,7065
ITCD	0,1589	-0,0460	0,7292	0,0014
RAP	-0,4670	0,5758	0,0833	-0,0121
IGC	0,4467	0,3040	-0,5858	0,0329
IGG	0,5327	-0,3767	0,0774	-0,0441

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Dando continuidade nas análises, a Tabela 16 apresenta os resultados da correlação absoluta, geradas a partir da Equação (39), onde é possível observar que o IEA (-0,9444) presente na CP7 foi o coeficiente com maior correlação absoluta, já na CP6 o ITCD (0,6909) e na CP5 e na CP4 a RIV com (0,9482) e (0,7698) respectivamente.

Tabela 16 - Correlação entre autovalores e coeficientes – variáveis de saída

Indicadores	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7
RIV	0,7698	0,9482	0,3749	0,0473
IEA	0,0659	0,1744	0,1937	-0,9444
CC	0,0316	0,0781	0,1760	0,7543
ITCD	0,1506	-0,0436	0,6909	0,0013
RAP	-0,3881	0,4786	0,0693	-0,0101
IGC	0,2286	0,1556	-0,2999	0,0169
IGG	0,0731	-0,0517	0,0106	-0,0061

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Dessa maneira, corroborando para os resultados, é possível verificar pelo teste de correlação das variáveis originais conforme apresentado pela Tabela 17 que os indicadores IEA (0,9603) e ITCD (0,6664) apresentaram respectivamente uma alta correlação absoluta com os indicadores CC e IGC no que tange às variáveis originais. Contudo, cabe observar que o indicador RIV, apresentou uma correlação menor no que tange às variáveis originais quando comparado com IEA e ITCD. Nesse sentido, evidencia-se que tal resultado foi influenciado pelo maior poder explicativo das componentes CP4 e CP5 que juntas representam cerca de 22,7% da variância total, onde embora, sejam menos explicativas que as CP1, CP2 e CP3, são mais explicativas que as CP6 e CP7.

Além disso, conforme postulado por Leite *et al.* (2009), Paiva *et al*. (2010), Barbosa *et al*. (2005), Pereira (1989), Daher *et al.* (1997), quanto maior for a correlação do coeficiente na componente com menor poder explicativo, menor será a contribuição desta para explicação da variância total. Ou seja, um coeficiente com alta correlação em uma componente com pouco poder explicativo em um método que gera componentes independentes, não trará informações adicionais sendo, portanto, irrelevante e consequentemente passível de descarte.

Tabela 17 - Correlação das variáveis originais – variáveis de saída

Indicadores	RIV	IEA	CC	ITCD	RAP	IGC	IGG
RIV		-0,1540	-0,1936	-0,2796	-0,0918	-0,1975	-0,0903
IEA			0,9603	-0,0970	-0,2292	0,1249	-0,0084
CC				-0,0952	-0,2330	0,0954	0,0612
ITCD					0,0871	0,6664	-0,0812
RAP						0,1135	0,1555
IGC							0,0273
IGG							

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Assim, cabe ainda enaltecer que os resultados encontrados vão ao encontro do primeiro objetivo específico desta pesquisa, que teve como premissa selecionar as variáveis de entrada e saída de maneira objetiva, sem a interferência subjetiva por parte do autor. Ademais, ainda que a literatura aponte diversos métodos para essa etapa, a escolha da ACP para redução das variáveis originais em componentes principais e por conseguinte a seleção das variáveis menos redundantes, demonstrou ser pertinente e factível a sua execução.

Observa-se conforme o Quadro 25 que a seleção das variáveis apontou indicadores relevantes na educação, e que por conseguinte influenciam diretamente na eficiência das IFs vinculadas a RFEPCT uma vez que esses estão diretamente relacionados a educação, finanças, gestão e controle educacional.

Os indicadores EC e CC dizem respeito à capacidade da UTD em formar alunos em um determinado ciclo escolar, já o GCM trata do quanto financeiramente se gasta por matrícula ativa em um exercício financeiro. Já a RAP aponta a quantidade de matrículas por docente efetivo, levando em consideração o tipo de regime de trabalho do mesmo. Já o IGC aponta os resultados auferidos por meio de uma média ponderada a partir das notas do CPC e dos programas de pós-graduação, sendo esse responsável pela abertura e fechamento de cursos. Já o IGG corrobora para a mensuração da governança e transparência das UTDs a partir dos pilares da governança pública, gestão de pessoas, tecnologia da informação (TI) e contratações públicas, abarcando métricas ainda não adotadas em sua plenitude na RFEPCT.

Quadro 25 - Variáveis de entrada e saída selecionadas

Tipo de indicador (entrada)	**Variáveis de entrada selecionadas (insumo)**	**Variáveis de saída selecionadas (produto)**	**Tipo de indicador (saída)**
Educacional	Evasão por ciclo (EC)	Conclusão por ciclo (CC)	Acadêmico
Financeiro	Gasto corrente por matrícula (GCM)	Relação de alunos por professor (RAP)	Acadêmico
		Índice Geral de Cursos (IGC)	Gestão
		Índice de Governança e Gestão (IGG)	Governança

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Além disso, mais especificamente no tocante aos indicadores GCM, verifica-se a sua comumente utilização e consequente relevância para explicar a temática da eficiência na RFEPCT conforme postulado nos trabalhos de Krieser (2017), Queiroz (2018), Leite (2019) e Azzolini e Lerner (2020).

Já com relação aos indicadores EC e CC, Ceratti (2008), evidencia a importância de se entender esses indicadores, principalmente no intuito de se identificar os principais fatores que causam a evasão e conclusão em todos os níveis escolares, ainda que tal problemática seja complexa e dependa de fatores internos e externos ao ambiente educacional.

Da mesma forma é possível citar a partir dos resultados encontrados a relevância e complementaridade que o IGG apresenta. Tais aspectos vêm no sentido de que ainda que esse indicador não seja comumente utilizado no dia a dia da gestão educacional, verifica-se que após todos os testes utilizados nesta pesquisa, esse indicador mostrou-se ser relevante, evidenciando áreas de controle pouco gerenciadas pela gestão educacional da RFEPCT, como governança, gestão de pessoas, tecnologia da informação e gestão por resultados.

Já, o IGC tem demonstrado cada vez mais ser um indicador completo, uma vez que mensura a qualidade de todos os cursos, e que de posse dessa abrangência tem se tornado um forte formador de opinião pública (Bittencourt, Casartelli e Rodrigues, 2009).

Não obstante, como efeito da seleção desses dois últimos indicadores, é possível destacar ainda, que por trazerem informações adicionais aos comumente utilizados pela RFEPCT, espera-se que esses possam ser fonte de dados adicionais para a tomada de decisão por parte dos gestores educacionais, enriquecendo os relatórios de prestação de contas tanto interno, quanto de controle externo a RFEPCT.

4.2 Mensuração da eficiência relativa das UTDs vinculadas a RFEPCT

De posse da conclusão do primeiro objetivo específico, a próxima etapa se deu por meio da mensuração quantitativa da eficiência relativa das UTDs vinculadas a RFEPCT para o ano

de 2018 na perspectiva dos indicadores de gestão educacional, apontando as eficientes, alvos, e as referências para as ineficientes.

A Tabela 18 traz de forma decrescente os resultados da eficiência relativa das 40 UTDs vinculadas a RFEPCT a partir do período analisado. Nota-se a partir da eficiência padrão obtida pela DEA BCC com orientação para a saída, o apontamento de 18 UTDs eficientes, o que representa 45% da população total analisada.

As instituições consideradas eficientes, foram os Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Instituto Federal Catarinense, (IFC), Instituto Federal Goiano (IFGOIANO), Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Instituto Federal do Sul (IF Sul), Instituto Federal da Bahia, Instituto Federal de Farroupilha (IFF), Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Instituto Federal do Amapá (IFAP), Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro (CEFET-RJ), Instituto Federal do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Instituto Federal do Mato Grosso do Sul (IFMS), e por fim o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ).

Tal resultado evidencia a benevolência dos modelos clássicos DEA, conforme apontado por Cooper, Seiford e Tone (2007). Nesse sentido, como forma de contorno, utilizou-se como critério de desempate de falsas UTDs eficientes a DEA de fronteira invertida, e o índice composto e normalizado conforme preconizado por Yamada, Matui e Sugiyama (1994).

Após o cálculo de fronteira invertida foi possível eliminar o Instituto Federal de Rondônia (IFRO), o Instituto Federal do Amapá (IFAP), o Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro (CEFET-RJ), o Instituto Federal do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), o Instituto Federal da Paraíba (IFPB), o Instituto Federal do Mato Grosso do Sul (IFMS), e o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), pois foram consideradas falsas eficientes uma vez que essas, não apresentaram bons resultados na fronteira invertida. Ademais, Silveira (2012) considera que para uma UTD ser eficiente ela necessariamente deverá ser eficiente na fronteira padrão, e não ter bons resultados na fronteira invertida, ou seja, um resultado igual a 1 na fronteira padrão e menor que 1 na fronteira invertida.

Ademais, Macedo *et al.* (2005) ratifica tais resultados ao dizer que a combinação dessas abordagens tem a capacidade de trazer uma perspectiva mais robusta de eficiência, uma vez que uma UTD bem ranqueada necessariamente deve apresentar bons resultados em ambas as fronteiras.

Nesse sentido, de posse da fronteira invertida, foi possível apontar apenas a UTD IFRN como eficiente. Tal situação corrobora para a utilização da DEA dessa fronteira como uma abordagem quantitativa apropriada para o aumento da descriminação e acurácia no tocante à mensuração da eficiência de UTDs. Outrossim, após os resultados foi possível apontar aquelas que efetivamente apresentaram bons desempenhos tanto na fronteira de eficiência padrão, quanto na fronteira invertida.

Já no que tange a eficiência composta, verifica-se que a mesma apresenta um equilíbrio entre as duas fronteiras, uma vez que ratifica a importância de a UTD possuir um bom resultado na fronteira padrão considerada otimista e um resultado ruim na fronteira invertida. De posse do índice de eficiência composta, e por meio da normalização dos resultados conforme Equação (35), foi possível ratificar o IFRN como a única UTD verdadeiramente eficiente.

Tabela 18 - Ranqueamento de eficiência da RFEPCT *(continua)*

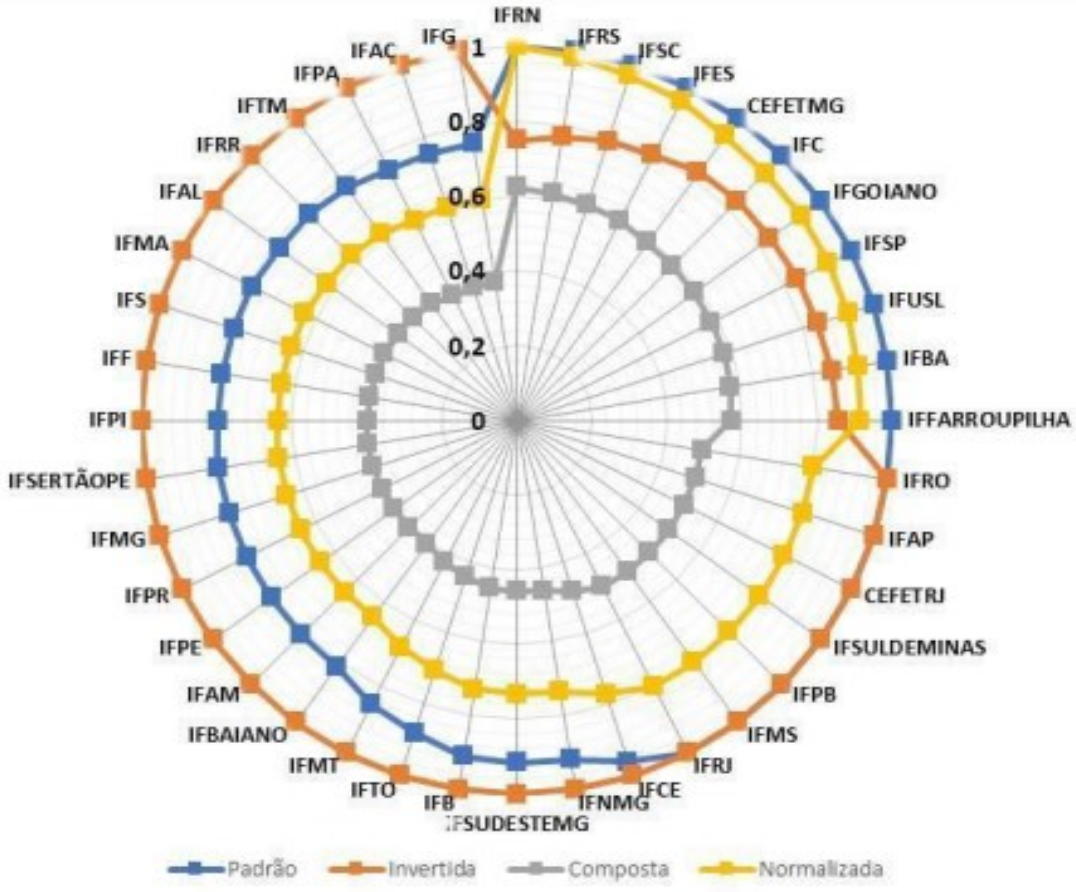
Região	Estado	UTD	Padrão	Invertida	Composta	Normalizada	Posição
Nordeste	RN	IFRN	1	0,75	0,625	1	1
Sul	RS	IFRS	1	0,768934	0,615533	0,984853	2
Sul	SC	IFSC	1	0,785745	0,607128	0,971404	3
Sudeste	ES	IFES	1	0,798112	0,600944	0,961511	4
Sudeste	MG	CEFETMG	1	0,821818	0,589091	0,942545	5
Sul	SC	IFC	1	0,830485	0,584758	0,935612	6
Centro-oeste	GO	IFGOIANO	1	0,831254	0,584373	0,934997	7
Sudeste	SP	IFSP	1	0,836918	0,581541	0,930466	8
Sul	RS	IFSUL	1	0,840896	0,579552	0,927283	9
Nordeste	BA	IFBA	1	0,849792	0,575104	0,920166	10
Sul	RS	IFFARROUPILHA	1	0,856575	0,571713	0,91474	11
Norte	RO	IFRO	1	1	0,5	0,8	12
Norte	AP	IFAP	1	1	0,5	0,8	13
Sudeste	RJ	CEFETRJ	1	1	0,5	0,8	14
Sudeste	MG	IFSULDEMINAS	1	1	0,5	0,8	15
Nordeste	PB	IFPB	1	1	0,5	0,8	16
Centro-oeste	MS	IFMS	1	1	0,5	0,8	17
Sudeste	RJ	IFRJ	1	1	0,5	0,8	18
Nordeste	CE	IFCE	0,96113	1	0,480565	0,768904	19
Sudeste	MG	IFNMG	0,919756	1	0,459878	0,735805	20
Sudeste	MG	IFSUDESTEMG	0,915613	1	0,457807	0,732491	21
Centro-oeste	DF	IFB	0,910551	1	0,455275	0,728441	22
Norte	TO	IFTO	0,880056	1	0,440028	0,704044	23
Centro-oeste	MT	IFMT	0,852553	1	0,426277	0,682042	24
Nordeste	BA	IFBAIANO	0,815335	1	0,407668	0,652268	25
Norte	AM	IFAM	0,81163	1	0,405815	0,649304	26
Nordeste	PE	IFPE	0,808913	1	0,404456	0,64713	27

Sul	PR	IFPR	0,807282	1	0,403641	0,645826	28
Sudeste	MG	IFMG	0,805793	1	0,402897	0,644635	29
Nordeste	PE	IFSERTÃOPE	0,805759	1	0,402879	0,644607	30
Nordeste	PI	IFPI	0,795567	1	0,397783	0,636453	31
Sudeste	RJ	IFF	0,795096	1	0,397548	0,636077	32
Nordeste	SE	IFS	0,791879	1	0,39594	0,633503	33
Nordeste	MA	IFMA	0,791206	1	0,395603	0,632965	34
Nordeste	AL	IFAL	0,781699	1	0,390849	0,625359	35
Norte	RR	IFRR	0,780952	1	0,390476	0,624762	36
Sudeste	MG	IFTM	0,770901	1	0,38545	0,61672	37
Norte	PA	IFPA	0,751116	1	0,375558	0,600893	38
Norte	AC	IFAC	0,75	1	0,375	0,6	39
Centro-oeste	GO	IFG	0,75	1	0,375	0,6	40

Fonte: Elaborado pelo autor (2021) *(concluído)*

A Figura 16 apresenta graficamente os resultados de eficiência apontados pelas fronteiras de eficiência utilizadas, cabendo, no entanto, destacar as UTDs: IFRO, IFAP, CEFET-RJ, IFSUL, IFPB, IFMS e IFRJ, que mesmo sendo consideradas falsas eficientes pela fronteira invertida acabaram sendo classificadas em posições intermediárias no ranqueamento devido aos resultados obtidos pela fronteira padrão.

Figura 16 - Análise de radar das eficiências



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Não obstante, a UTD considerada eficiente é aquela que necessariamente esteja localizada na envoltória de eficiência, ou seja, com resultado igual a 1. O Quadro 26 quantifica o grau de eficiência por níveis a partir dos resultados do índice de fronteira composta e normalizada, sendo relevante tal resultado para o tomador de decisão principalmente no que tange a uma análise mais estratificada por nível de ineficiência da sua respectiva UTD.

Nota-se a partir dos resultados que as UTDs, Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Instituto Federal Catarinense, (IFC), Instituto Federal Goiano (IFGOIANO), Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Instituto Federal do Sul (IF Sul), Instituto Federal da Bahia (IFBA) e o Instituto Farroupilha (IFF) obtiveram um resultado de eficiência fraca, representando assim 25% da população total pesquisada.

Ademais, verifica-se que dessas UTDs, 80% estão concentradas nas regiões sul e sudeste, finalizando as onze primeiras posições com o IFRN e o IFBA representando a região nordeste e o IFGOIANO a região centro-oeste.

Quadro 26 - Níveis de eficiência

Classificação	**Grau**	**UTDs**
UTD eficiente	(IE=1)	1
UTD com fraca ineficiência	(0,9<=IE<1)	10
UTD com moderada ineficiência	(0,7<=IE<0,9)	12
UTD com forte ineficiência	(IE<0,7)	17

Fonte: Adaptado de Ray e Bhadra (1993)

4.2.1 Análise regionalizada da eficiência, alvos e referências

Não obstante, cabe ratificar que as metas e referências apontadas são calculadas levando em consideração apenas a fronteira de eficiência padrão adotada nesta abordagem, no caso o modelo DEA BCC com orientação para a saída. Tal premissa é importante, pois a fronteira invertida, o índice composto e a sua normalização são utilizadas de forma concomitante como critério de desempate entre UTDs eficientes, trazendo assim uma maior confiabilidade e acurácia para a abordagem, uma vez que elimina as UTDs falsamente eficientes.

Não obstante, as Figuras de 17 a 21 apresentam a posição no ranqueamento de cada UTD de forma regionalizada bem como o resultado da eficiência normalizada calculada pela DEA.

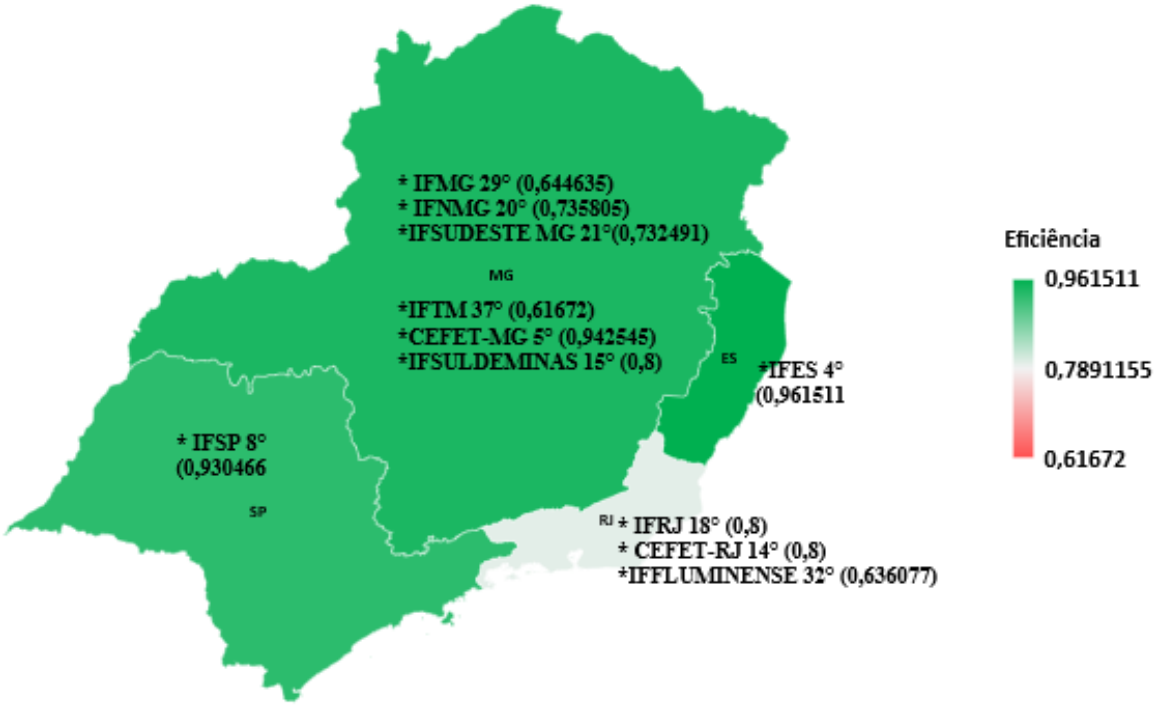
Nota-se que a UTD considerada eficiente e referência para as demais foi o IFRN, além disso, ao se observar as 10 primeiras posições do ranqueamento, verifica-se uma predominância da região sul e sudeste, que juntas ocuparam cerca de 70% dessas primeiras colocações.

Inicialmente, a Figura 17 apresenta as UTDs localizadas na região sudeste, contemplando ainda a posição no ranqueamento e resultado da DEA na fronteira padrão. Mais especificamente no que tange as UTDs localizadas no estado de Minas Gerais, verifica-se que essas apresentaram características importantes de serem analisadas, uma vez que esse estado concentra cerca de 15% do total das UTDs vinculadas a RFEPCT, bem como uma concentração expressiva de campi por UTDs.

Outrossim, é possível verificar UTDs com infra estruturas similares como oferta de cursos e quantidade de campi, porém, com posições totalmente opostas no ranqueamento, como é o caso do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) que ocupou a 37° posição e do IFSULDEMINAS a 15° posição ou o CEFET-MG na 5° posição.

Trazendo em evidência o IFTM, verifica-se que essa UTD possui cerca de onze campi espalhados pela região do triângulo mineiro, e com oferta de cursos nas modalidades técnico integrado, graduação e pós graduações lato sensu e stricto sensu. Já o IFSULDEMINAS, possui oito campi distribuídos pela região sul do estado e com oferta de cursos também nas modalidades técnico integrado, graduação e pós graduações lato sensu e stricto sensu.

Figura 17 - Eficiência regionalizada - sudeste



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Nesse sentido, a Tabela 19 apresenta por exemplo os dados de dois indicadores apontados na PNP que corroboram para os resultados obtidos pela DEA, uma vez que o

IFSULDEMINAS obteve um GCM menor e uma quantidade de matriculados no período maior do que o IFTM, mesmo possuindo uma infraestrutura multicampi menor.

Ou seja, ainda que uma UTD possua um quantitativo maior de campi, cursos, docentes e técnicos, tais números não refletem necessariamente em bons resultados, ocorrendo em muitos casos o contrário como o aumento do GCM conforme verificado no comparativo entre essas duas UTDs.

Tabela 19 - Indicadores da PNP

UTD	GCM	Matrículas Equivalentes
IFSULDEMINAS	R$14.244,68	16.585
IFTM	R$18.043,59	11.558

Fonte: Adaptado da PNP (2021)

Outra UTD que coube destaque nessa região é o CEFET-MG que mesmo possuindo uma estrutura multicampi e de oferta de cursos semelhantes às outras UTDs da região, como o CEFET-RJ, obteve a 2° melhor posição no ranqueamento no estado, atrás apenas do IFES que também conta com uma estrutura relevante com 22 campi.

Já o IFSP, apesar de ocupar a 8° posição no ranqueamento nacional, cabe denotar que essa UTD possui a maior estrutura multicampi de toda a RFEPCT, com 37 campi, o que demonstra ser uma UTD com uma difícil missão que é gerenciar de forma convergente as metas, indicadores e prioridades da gestão no intuito de se alcançar os melhores resultados.

Outro apontamento importante é no tocante às UTDs de referência, ou seja, a DEA traz a partir dos resultados de eficiência padrão as UTDs que servem de espelho no que tange às boas práticas para as ineficientes. Nesse sentido, a Tabela 20 apresenta na coluna denominada UTDs todas aquelas localizadas na região sudeste, e na linha horizontal apresenta as UTDs de referências. Nota-se que o IFSULDEMINAS e o IFRN foram as mais referenciadas para as ineficientes.

Contudo, verifica-se que as UTDs IFSULDEMINAS e CEFET-MG, por terem sido consideradas eficientes no modelo DEA padrão, não obtiveram UTDs de referência.

Tabela 20 - UTDs de referências -sudeste

UTDs	IFSC	IFBA	IFRN	IFSULDEMINAS	IFES	IFFARROUPILHA
CEFET-RJ		x				
IFSULDEMINAS						
IFNMG				x		
IFSUDESTEMG				x		
IFF				x		
IFSP	x					
IFES						x
IFTM			x			
CEFET-MG						
IFMG			x			
IFRJ					x	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

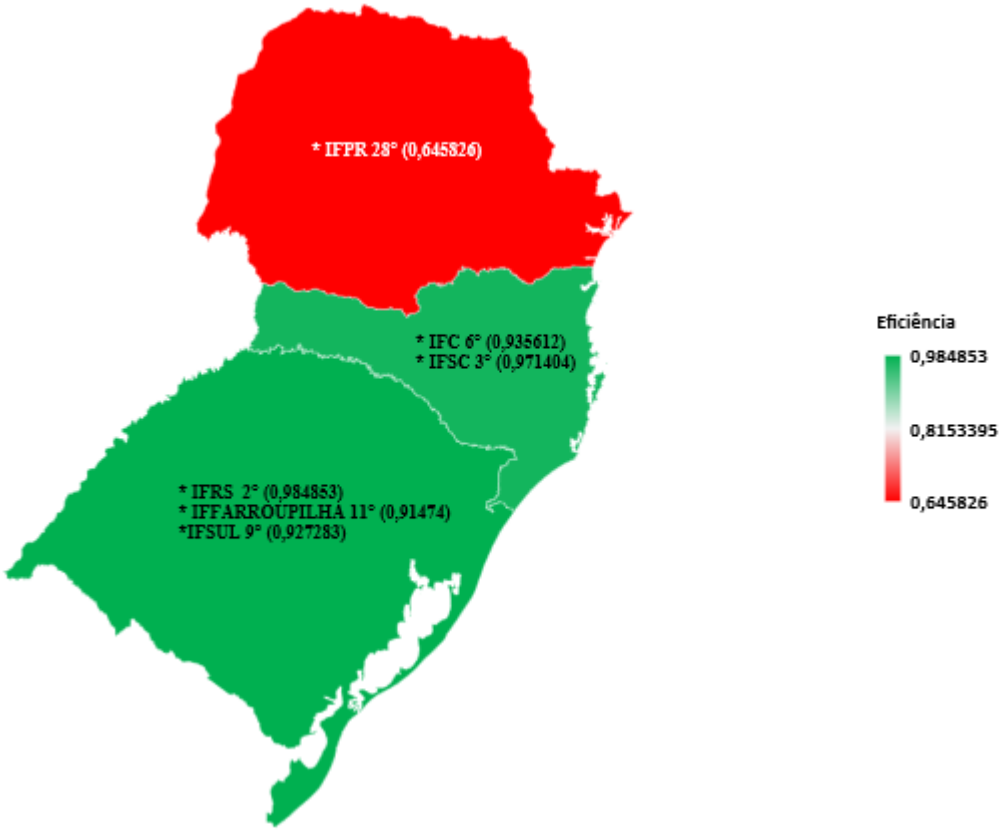
De posse da UTD referência, a DEA aponta ainda o quanto cada UTD deve operar em termos quantitativos para se alcançar a eficiência, conforme elencado no APÊNDICE H. Os resultados encontrados servem de apoio para a tomada de decisão dos gestores educacionais principalmente no que tange a busca por soluções internas e externas à instituição a partir dos resultados produzidos pela UTD de referência.

Cabe observar que esse é um dos pressupostos da DEA, ou seja, se uma UTD "A" pode produzir uma certa quantidade de unidades de produtos, utilizando uma certa quantidade de insumos, logo, outra UTD também poderia atingir tais resultados se estivesse atuando no mesmo ambiente (Casado, 2007).

Já a Figura 18 apresenta as UTDs localizadas na região sul, contemplando ainda a posição no ranqueamento e resultado da DEA na fronteira padrão. Essa região conta com quatro UTDs entre as mais bem ranqueadas, sendo o IFRS e IFSUL localizadas no estado do Rio Grande do Sul, e o IFSC e IFC localizados em Santa Catarina. O IFRS e IFSC ocupam respectivamente a 2° e 3° colocações, denotando a forte presença e contribuição dessa região para a eficiência da RFEPCT.

Ademais, no que concerne à abrangência das UTDs, o IFRS possui uma estrutura multicampi composta por 17 campi concentrados no Nordeste do estado. Já o IFSC possui 21 campi espalhados pelas regiões sul, vale do Itajaí, grande Florianópolis, oeste, planalto serrano e norte, evidenciando uma menor complexidade no que tange a busca por uma gestão integrada, devido principalmente ao alcance territorial dessas UTDs e ao tamanho reduzido do estado, quando comparados principalmente com as UTDs da região norte.

Figura 18 - Eficiência regionalizada – sul



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Assim como demonstrado na região sudeste, verifica-se conforme apontado pela Tabela 21, que ao se analisar os resultados do IEA, o IFRS apresentou os melhores resultados no que tange ao IEA, CC e EC. Já o IFSC obteve os melhores resultados no que concerne à RC. Ademais, corroborando ainda para os resultados da DEA, verifica-se que o IFRS obteve médias superiores a RFEPCT no que cabe ao IEA, CC e EC.

Em relação às UTDs localizadas no estado do RS, é possível verificar um equilíbrio nos resultados, uma vez que além do IFRS, o IF FARROUPILHA e o IFSUL ocuparam a 11° e 9° posições respectivamente. Outrossim, nota-se também no que tange a esses dois últimos campi, uma estrutura multicampi similar, tendo o IF FARROUPILHA um total de onze campi e o IFSUL treze campi.

Tais comparações de estrutura multicampi são importantes para evidenciar a difícil tarefa da alta administração da UTD no que tange a uma gestão integrada, uma vez que cada campi por possuir certas prerrogativas e autonomias administrativas tais como a alocação do orçamento, gestão do corpo técnico administrativo, abertura e fechamento de cursos, relacionamento com a comunidade e uma estrutura de gestão independente constituída por pleito eleitoral. Por isso, um gestor escolar de um câmpus tende a ser mais resoluto no que tange às suas decisões locais, deixando em segundo plano as demandas institucionais.

Tabela 21 - Indicadores da PNP

UTD	IEA	CC	EC	RC
IFRS	59,2%	55,10%	37,91%	6,99%
IFSC	46,7%	45,92%	52,43%	1,64%

Fonte: Adaptado da PNP (2021)

Contudo, nem todas as UTDs dessa região obtiveram bons resultados como é o caso do Instituto Federal do Paraná (IFPR) que obteve a 28° posição, ou seja, a pior colocação no ranqueamento evidenciando resultados ruins tanto na eficiência padrão quanto na invertida, sendo considerada ineficiente e detentora das piores práticas gerenciais (Maciel *et al.,* 2014).

Já a Tabela 22 apresenta o IFRN, IFRS e IFES como referências a serem alcançadas pelas UTDs da região sul. Uma situação pertinente de se verificar ocorre em relação ao IFRS como referência para o IFC, que mesmo localizados em estados diferentes, estão na mesma região, sendo possível a realização de um intercâmbio de experiências, por meio da busca boas práticas de gestão e um maior estreitamento nas relações institucionais.

Tabela 22 - UTDs de referências -sul

UTD	IFRN	IFRS	IFES
IFSC			
IFPR	x		
IFSUL	x		
IFRS	x		
IFC		x	
IF FARROUPÍLHA			x

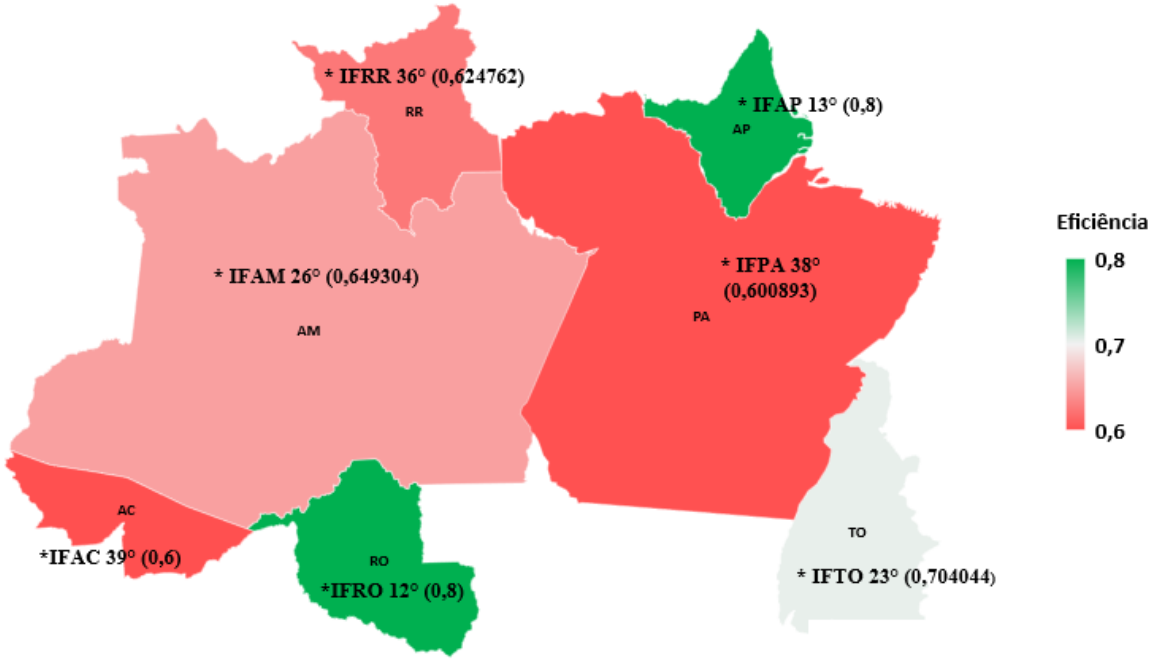
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Continuando a análise regionalizada das UTDs vinculada a RFEPCT, a Figura 19, apresenta as UTDs localizadas na região norte, contemplando assim como exposto nas duas regiões anteriores a posição no ranqueamento e o resultado da DEA na fronteira padrão. Ademais, tais resultados trazem sete UTDs localizadas na região norte, onde se verifica uma situação mais preocupante no que tange ao resultado geral e local obtidos. Ademais, tem-se como melhor posicionadas no ranqueamento o IFRO (12°) e o IFAP (13°).

Além disso, outra situação que cabe atenção é no tocante a dispersão geográfica atendida pela RFEPCT nesta região. Por exemplo, há de se mencionar o IFAM que possui 15 campi, e o IFPA que possui 18 campi e juntos atendem as maiores porções de terra do país. Além disso, verifica ser necessário por parte tanto da administração local quanto da administração central(reitoria) um planejamento estratégico de metas mais robusto, uma vez que por estarem

dispersas geograficamente tendem a possuir mecanismos de controle e tomada de decisões mais descentralizadas.

Figura 19 - Eficiência regionalizada - norte



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Mais especificamente no que tange ao IFRR, nota-se que essa UTD ainda que tenha obtido resultados médios condizentes com a região e com a RFEPCT, há no entanto uma situação a ser considerada que é no tocante ao GCM. Nesse indicador o IFRR apresentou um gasto por matrícula de R$24.057,14, sendo mais que o dobro do IFRO que apresentou um resultado de R$11.602,08, e por conseguinte o maior de toda a RFEPCT.

Nesse sentido a Tabela 23 elucida um comparativo entre essas UTDs, uma vez que mesmo estando em posições geográficas distintas, estão localizadas na mesma região, ou seja, estão sujeitas a limitações e prerrogativas sociais, políticas e econômicas muito parecidas.

Além disso, como se percebe, o IFRR obteve resultados inferiores em todos os indicadores de eficiência elencados na PNP

Tabela 23 - Comparativo entre UTDs

UTD	CC	EC	RC	IEA	Campi
IFRO	69,44%	28,10%	2,46%	71,2%	9
IFRR	48,66%	46,50%	4,84%	51,1%	5

Fonte: Adaptado PNP (2021)

Tais apontamentos corroboram para a importância de se entender as políticas de gestão educacional e o envolvimento e relação do IFRR com as demais UTDs localizadas na região norte e entorno, no sentido de se buscar boas práticas de gestão financeira, acadêmica,

pedagógica e administrativa. Ademais, ainda que localizadas em regiões relativamente longínquas e com grandes áreas não populadas, nota-se que as UTDs da região norte somadas possuem um quantitativo de 74 câmpus, número inferior por exemplo a região sul com 102 campi com um espaço territorial bem inferior e localizado em uma região considerada mais desenvolvida economicamente. Tal paralelo é relevante para que se entenda dentre outros aspectos, a função da RFEPCT/SETEC/MEC no que tange a democratização da educação bem como a oferta de cursos e expansão em regiões menos abastadas e localizadas em regiões mais inóspitas dos estados da região norte.

Ademais, é possível refletir sobre a necessidade de se buscar por maiores investimentos na oferta de cursos na modalidade EAD, a fim de atender tais regiões, almejando cumprir uma função distributiva do orçamento com mais equidade.

Nesse sentido, estudos mais regionalizados e específicos, também são pertinentes principalmente para se verificar o perfil do ingresso, aspectos sociais e culturais que corroboram para uma maior evasão e retenção dos alunos, elaboração de estudos de viabilidade para se verificar a real demanda de cursos, bem como o estreitamento de parcerias junto às empresas da iniciativa privada.

A Tabela 24 apresenta as UTDs da região norte, sendo possível destacar o IFRN como principal referência para as UTDs dessa região. Além disso, cabe ratificar que não só o IFRR carece de uma análise regionalizada mais específica, mas a maioria das UTDs da região norte no intuito principalmente de se buscar por melhores práticas e consequentemente melhores resultados nos indicadores tanto da PNP quanto no IGG e IGC.

Tabela 24 - UTDs de referências -norte

UTD	IFRN	IFSULDEMINAS
IFRO		
IFAP		
IFTO		x
IFAM	x	
IFAC	x	
IFPA	x	
IFRR	x	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Não obstante, a Figura 20 apresenta as UTDs localizadas na região nordeste, contemplando ainda a posição no ranqueamento e os resultados da DEA na fronteira padrão. Nesse sentido, verifica-se que essa região juntamente com a sudeste representam 55% do total de UTDs vinculadas a RFEPCT. Porém, assim como ocorreu com a região norte, o que se nota com os resultados da DEA é uma região que na sua grande maioria apresentou resultados ruins.

Em contraposição a esse cenário, há de se destacar apenas o IFRN, que ao se levar em consideração os insumos, produtos e período analisado nessa abordagem foi a única UTD eficiente após o cálculo das fronteiras padrão, invertida, e dos índices composto e normalizado. Nota-se ainda que essa UTD apresentou um dos melhores resultados no que tange aos indicadores da PNP, do IGG e do IGC para o período analisado.

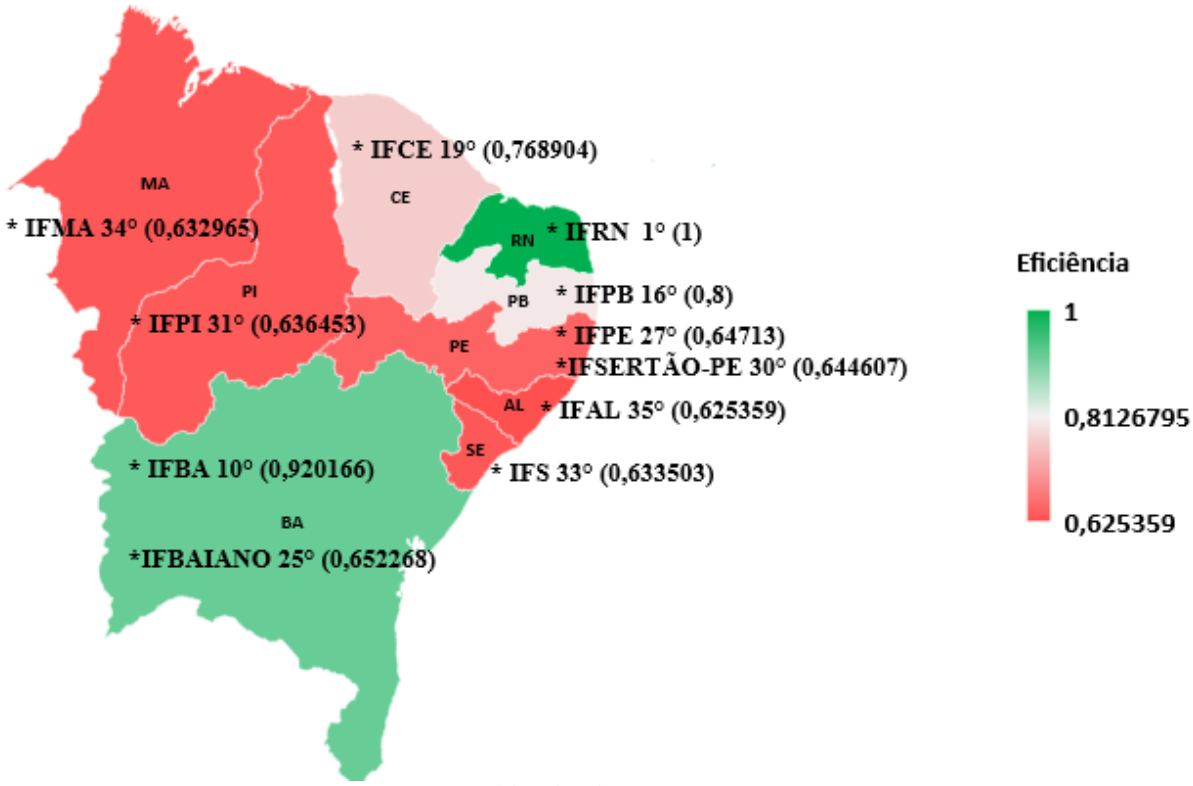
Além disso, o IFRN possui 22 campi, e oferta de cursos nas modalidades técnico integrado, graduações em tecnologia, licenciatura e bacharelados, possuindo ainda cursos lato sensu e stricto sensu em diversas modalidades, ou seja, uma estrutura muito semelhante à da maioria das UTDs da RFEPCT.

O IFRN conseguiu demonstrar no período analisado ser uma UTD eficiente e com boas práticas gerenciais, sendo referência para 42,5% das UTDs da RFEPCT. Outros resultados que corroboram positivamente para o IFRN foi o fato de possuir o quarto maior quantitativo de matrículas da RFEPCT ficando atrás apenas do IFSP, IFCE e IFSC respectivamente e o nono menor GCM também de toda a RFEPCT.

Em contrapartida possui o quarto maior gasto geral da RFEPCT, ficando atrás do IFSP, IFCE e IFES respectivamente. Nesse sentido, ainda que essas quatros UTDs juntas tenham contribuído com mais de 17% dos gastos orçamentários da RFEPCT para o período, sendo o IFRN responsável por cerca de 3,68% desse total, cabe ressaltar que o IFRN foi a única UTD que conseguiu balancear os gastos elevados ao alocar de maneira eficiente os seus insumos. Ademais, além da eficiência o IFRN foi eficaz, pois obteve resultados dentro das metas em quase todos os indicadores da PNP, do IGC e do IGG.

Contudo, na contramão da eficiência é possível citar as UTDs Instituto Federal do Sertão de Pernambuco (IF SERTÃOPE), Instituto Federal do Piauí (IFPI), Instituto Federal de Sergipe (IFS), Instituto Federal do Maranhão (IFMA) e Instituto Federal de Alagoas (IFAL), que além de serem considerados ineficientes na fronteira padrão, também foram ruins na fronteira invertida, apresentado consequentemente as últimas posições no ranqueamento.

Figura 20 - Eficiência regionalizada - nordeste



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A Tabela 25 evidencia ainda o IFRN como principal referência para as UTDs dessa região, representando cerca de 54,5%. Por ter sido a região que apresentou a única UTD eficiente, e uma das mais eficazes, tal situação demonstra o potencial dessa região de impactar positivamente na eficiência de outras UTDs e de toda a RFEPCT.

Destaca-se ainda que ao se ter uma UTD eficiente em uma região com muitas UTDs ineficientes é o mesmo que retomar a reflexão no que tange a tomada de decisão dos gestores, o porquê o IFRN foi considerado eficiente utilizando os mesmos insumos e produtos e nós não. Ou seja, se o IFRN foi capaz de ser eficiente com os mesmos insumos, na mesma região e RFEPCT é possível que outras UTDs também consigam?

Outrossim, por estarem na mesma região, a ida *"in loco",* pode ser pertinente no intuito de além de estreitar relações, e buscar por boas práticas de gestão, sendo possível verificar também as ações locais e pontuais, que são tomadas pelos servidores da instituição e que em muitas situações perpassam a rotina básica a função, como por exemplo a busca por parcerias com agências de fomento, empresas, captação de recursos externos, emendas partidárias, inovações, projetos, parcerias internacionais, dentre outras.

Tabela 25 - UTDs de referências -nordeste

UTD	IFRO	IFSC	IFRN	IFSULDEMINAS
IFCE	x			
IFBA		x		
IFPI			x	
IFRN				
IFPB				
IFPE				x
IFMA			x	
IFAL			x	
IFBAIANO			x	
IFSERTÃOPE			x	
IFS			x	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Por fim, a Figura 21 apresenta as UTDs localizadas na região centro-oeste. Nessa região estão localizadas apenas 5 UTDs, sendo o IFGOIANO a UTD com a melhor posição no ranqueamento. Um paralelo importante a ser considerado nessa região, são justamente as duas UTDs localizadas no estado de Goiás, pois apresentaram resultados totalmente opostos. No caso do IFG é nítida a baixa eficiência dessa UTD, pois demonstrou resultados ruins tanto na eficiência padrão quanto na invertida, ficando inclusive na última posição do ranqueamento.

Já no que tange a infra estrutura multicampi, verifica-se que ambas apresentam uma certa similaridade, já que o IFG possui 14 campi, e o IFGOIANO 12 campi, que somadas conseguem preencher uniformemente o território goiano.

Já em relação a oferta de cursos, há também uma certa relação de equivalência, pois ambos oferecem cursos desde o técnico integrado até os programas stricto sensu, contudo nessa última modalidade de cursos o IFGOIANO se destaca com a oferta de mais de 13 cursos, sendo um a nível de doutorado.

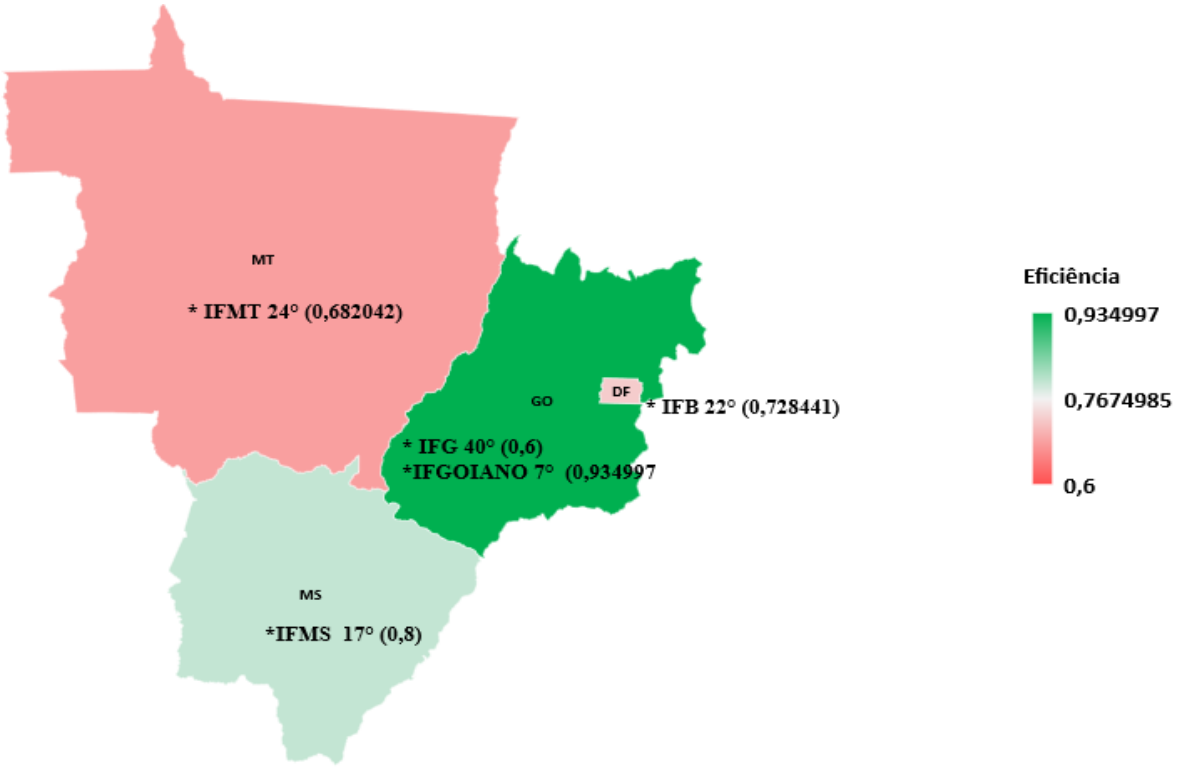
Já no que tange a estrutura de pessoal, o IFG conta com cerca de 893 técnicos administrativos e 1302 docentes, já o IFGOIANO conta com 649 técnicos administrativos e 774 docentes. Por sua vez, o IFG possuía 18.678 matriculados no período analisado com um GCM de R$21.106,52, e o IFGOIANO com 18.718 matriculados e um GCM de R$15.339,12.

Tais resultados, corroboram para a ineficiência do IFG, pois mesmo possuindo uma demanda de matriculados muito próxima a do IFGOIANO, possui um quantitativo de corpo técnico administrativo e docente maior, impactando, por conseguinte em um GCM 27,32% superior ao IFGOIANO.

Outro agravante é concernente a posição geográfica, pois diferente do que ocorreu com o IFRR e o IFRO, ambas UTDs estão localizadas no mesmo estado, ou seja, sofrem influências internas e externas muito parecidas, evidenciando um problema crônico em toda a RFEPCT,

que é a falta de diálogo e busca por parcerias com outras UTDs, no intuito não só de resolverem os problemas locais, mas regionais e nacionalmente.

Figura 21 - Eficiência regionalizada – centro oeste



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Assim como analisado nas outras regiões, a Tabela 26 apresenta o IFSC, IFRN e IF SULDEMINAS como referências para as UTDs da região centro oeste, cabendo destacar o IFMS como única UTD da região a alcançar a eficiência padrão, não sendo apontado assim uma referência para si.

Tabela 26 - UTDs de referências -centro oeste

UTD	IFSC	IFRN	IFSULDEMINAS
IFB	x		
IFGOIANO			x
IFMT		x	
IFMS			
IFG		x	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O ranqueamento, mensuração da eficiência, alvos, referências e metas apontadas pela DEA, não tem por ambição simplificar uma temática complexa como é o caso da mensuração dos resultados na educação. Contudo, tais resultados vão ao encontro de uma reflexão latente e necessária, capaz de unir pessoas e interesses em um ambiente convergente com foco nos resultados. Ademais, para que a eficiência seja verificada de forma concreta, é necessário um

senso de pertencimento e união por parte dos gestores escolares, sociedade, governo, partidos políticos, empresas, terceiro setor e sociedade, principalmente em cenários econômicos tão desafiadores e com cada vez menos recursos orçamentários.

Nesse sentido, um primeiro passo e oportunidade surge a partir de uma análise reflexiva e inflexiva interna das instituições que estão sujeitas praticamente aos mesmos desafios e oportunidades eivados da RFEPCT, mas que conseguem ser eficientes. Por fim, é salutar que uma UTD almeje os melhores resultados, seja por meio da busca de novas frentes de financiamentos junto a empresas, agências de fomento nacionais e internacionais bem como por meio da captação de recursos por meio da oferta de serviços e inovações.

4.3 Comparação do ranqueamento de eficiência DEA com os resultados do IEA da PNP

De posse do cumprimento do segundo objetivo específico desta abordagem, tem-se agora um comparativo entre os resultados do IEA publicado na PNP com os resultados de eficiência apontados pela DEA.

O IEA é um dos principais indicadores utilizados pelas UTDs vinculadas a RFEPCT, principalmente devido ao fato de ser um indicador agregador, pois na sua composição é levado em consideração a conclusão, evasão e retenção de alunos em um determinado ciclo escolar. Ademais, verifica-se a constante utilização desse índice como uma forma de marketing educacional, principalmente no intuito de comparar e até mesmo ranquear as UTDS vinculadas a RFEPCT. Nesse sentido, cabe esclarecer que o objetivo do IEA é atender a uma polaridade de quanto maior melhor e não o ranqueamento entre UTDs.

Na contramão, a DEA como uma técnica não paramétrica, ou seja, que não requer suposições, nem informações prévias e que por conseguinte apresenta como resultado um indicador de eficiência para cada UTD analisada, torna-se uma técnica viável em contraponto ao IEA atual publicado na PNP. Contudo, cabe salientar que essa abordagem não tem a pretensão de substituí-lo, mas sim, de discutir mais uma alternativa a RFEPCT no que tange a mensuração da eficiência das UTDs.

O IEA atual mede o percentual de alunos que concluíram com sucesso o curso dentro do prazo previsto, acrescido de uma projeção dos alunos retidos, destacando ainda que para a composição do quantitativo de matrículas, leva-se em consideração apenas o ciclo de matrícula do ano anterior ao da divulgação desse indicador (PNP, 2020).

A Equação 40, aponta como variáveis os resultados concernentes a $C_{ciclo} = conclusão\ por\ ciclo$, a $E_{ciclo} = evasão\ por\ ciclo$ e $R_{ciclo} = retenção\ por\ ciclo$, onde se apresenta o resultado final em termos percentuais.

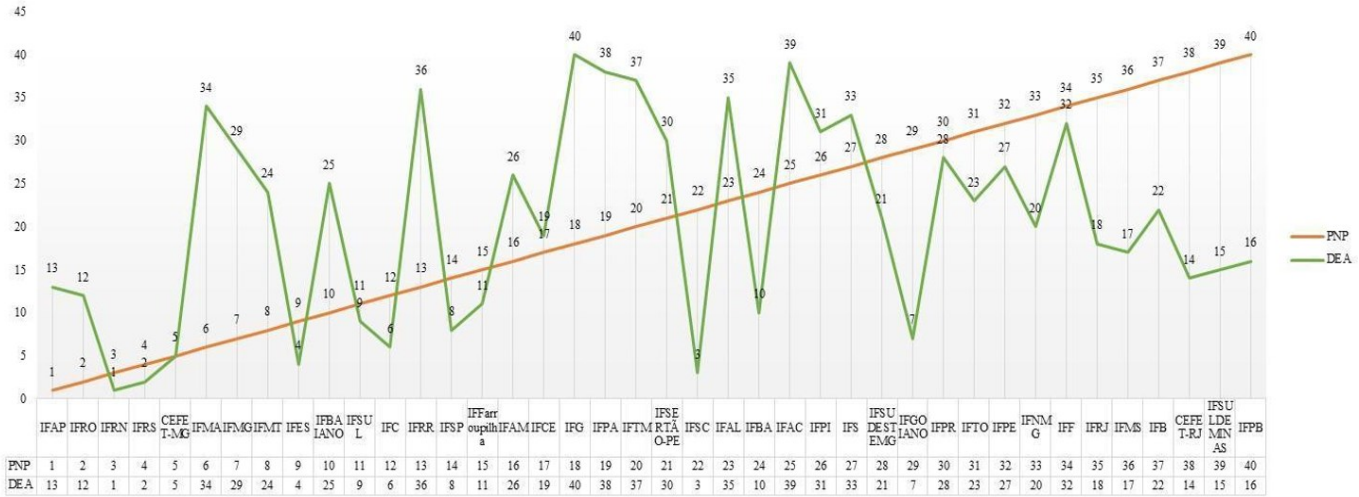
$$IEA\ [\%] = C_{ciclo} + \left[\left(\frac{Cciclo}{Cciclo+Eciclo}\right) x\ Rciclo\right] x\ 100 \qquad (40)$$

Por sua vez, a Figura 22 faz um comparativo dos resultados da PNP com os resultados da eficiência relativa normalizada calculados pela DEA. Nesse sentido, é possível verificar o IFRN como única UTD eficiente, ocupando, por conseguinte a primeira posição no ranqueamento na DEA. Porém, na PNP essa obteve o terceiro melhor resultado, alcançando uma IEA de 62,8% ficando abaixo da meta estipulada pela SETEC/MEC para a RFEPCT no período que era de 90%. Outro exemplo é o IFAP que na PNP obteve um IEA de 73,6% no período analisado, sendo considerado o maior de toda a RFEPCT, porém, na DEA ocupou a 13° posição no ranqueamento.

Ademais, os resultados desse comparativo, não tem por presunção fazer apenas uma comparação entre UTDs por meio de um ranqueamento, mas sim, evitar a comparação e ranqueamento de forma equivocada entre UTDs. Além disso, espera-se evitar um marketing educacional tendencioso do gestor ou da instituição, ao considerar apenas os resultados puramente quantitativos do IEA publicados na PNP.

Ademais, somente o CEFET MG obteve a mesma posição ao se analisar a DEA e o resultado do IEA postulado na PNP no período analisado.

Figura 22 - Comparativo DEA x PNP



	IFAP	IFRO	IFRN	IFRS	CEFET-MG	IFMA	IFMG	IFMT	IFES	IFBAIANO	IFSUL	IFC	IFRR	IFSP	IFFarroupilha	IFAM	IFCE	IFG	IFPA	IFTM	IFSERTÃO-PE	IFSC	IFAL	IFBA	IFAC	IFPI	IFS	IFSUDESTEMG	IFGOIANO	IFPR	IFTO	IFPE	IFNMG	IFF	IFRJ	IFMS	IFB	CEFET-RJ	IFSULDEMINAS	IFPB
PNP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
DEA	13	12	1	2	5	34	29	24	4	25	9	6	36	8	11	26	19	40	38	37	30	3	35	10	39	31	33	21	7	28	23	27	20	32	18	17	22	14	15	16

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela eficiência, a partir da reforma gerencial na década de 1990 deixa de ser um campo de interesse apenas da iniciativa privada, passando a ser amplamente adotada e incentivada em toda a administração pública.

Não obstante, esse interesse que a administração pública imprime sobre a eficiência, assume tamanha importância que passa a ser um princípio expresso na constituição federal de 1988 no seu art. 37, passando a ser indiscutível a sua adoção por toda a administração pública direta e indireta.

Contudo, ainda que essa busca pela eficiência e o consequente desdobramento desse princípio em metas, indicadores e gestão por resultados seja um axioma na administração privada, tal movimento ainda é recente na administração pública, principalmente no que tange a educação pública, assumindo inclusive pressupostos e condições bem distintas.

Mais especificamente em relação a educação, a busca pela eficiência e até mesmo a sua mensuração tem se tornado uma temática geralmente polêmica, entre correntes doutrinarias de educadores que defendem a busca por métricas que avaliem a educação de forma menos subjetiva, e ora, desqualificam as alternativas que buscam apontar mecanismos mais objetivos para a mensuração dos resultados.

Porém, a tônica dos últimos 30 anos tem sido cada vez mais a proposição de técnicas, abordagens, métodos e discussões que de forma mais objetiva possam auxiliar o gestor educacional na árdua missão de entregar resultados positivos, principalmente em cenários cada vez mais desafiadores e com repetidas incertezas econômicas, políticas e sociais.

A partir desses cenários, essa abordagem trouxe como problema de pesquisa a ser respondido acerca das contribuições para a tomada de decisão das UTDs vinculadas a RFEPCT ao medir a sua eficiência utilizando a DEA. Ou seja, como uma técnica quantitativa, objetiva e não paramétrica poderia contribuir para a tomada de decisão do gestor educacional no intuito de auxiliá-lo a alcançar melhores resultados na perspectiva dos indicadores de gestão educacional.

Para responder a esse problema, foi proposto uma abordagem que por intermédio de três objetivos específicos foi capaz de selecionar as variáveis de entrada e saída com maior poder explicativo, com o mínimo de redundância, e sem a intervenção do autor. Ademais, de posse de variáveis com essas características, mediu-se a eficiência da RFEPCT em um período no tempo, no intuito de ranquear as UTDs, eliminar as falsas eficientes, traçar alvos, metas e apontar as UTDs de referência.

Além disso, como contraponto ao IEA publicado na PNP, que recorrentemente é utilizado para comparação e até mesmo ranqueamento, a DEA se apresentou como uma técnica mais completa e que mesmo com limitações, demonstrou ser uma alternativa para o ranqueamento e comparação entre UTDs, podendo inclusive ser incluída na PNP.

Alcançado os três objetivos específicos postulados nessa abordagem, tem se como produto final gerado uma abordagem replicável e que traz como contribuição para a tomada de decisão das UTDs vinculadas a RFEPCT a busca por soluções tanto no ambiente interno quanto externo. No que concerne ao ambiente interno é possível trabalhar com a implantação de políticas educacionais e pedagógicas de incentivo a permanência do discente, programas e projetos para se analisar os principais causadores de evasão e retenção, a implementação de setores responsáveis por monitorar os indicadores internos bem como a proposição de novos indicadores específicos elaborados de acordo com as características regionais de cada UTD.

É possível ainda a incorporação e busca por um maior entendimento e aprimoramento tanto a nível tático quanto estratégico de indicadores menos usuais na educação como o IGG. Além disso, é possível a utilização dos resultados da DEA, para a confecção de relatórios internos de gestão, tanto para atender a auditorias internas, quanto para as auditorias de órgãos de controle como TCU e CGU.

Não obstante, ainda se verifica a possibilidade de utilizar a UTD referência apontada pela DEA, como um guia orientador na confecção dos objetivos elencados nos Programas de Desenvolvimento Institucional (PDI) no que concerne ao atingimento de metas educacionais institucionais bem como por meio da replicabilidade das boas práticas adotadas por essa UTD.

Já no âmbito externo é possível buscar o fortalecimento das relações entre UTDs, no intuito de maximizar as entregas, bem como desenvolver novas competências colaborativas. Além disso, espera-se uma rede que trabalhe em sintonia, de forma harmoniosa e verdadeiramente integrada, traçando não só um planejamento individual institucional, mas sim algo a nível regional e nacional.

Ademais, é possível a criação de funções no MEC/SETEC com um escopo específico e voltado para a captação de recursos externos, no intuito de aumentar as receitas e consequentemente a oferta de cursos, expansão da infraestrutura física, maior divulgação da marca e um maior relacionamento com a comunidade, empresas e parceiros nacionais e internacionais.

Todavia, como limitações dessa pesquisa, aponta-se a utilização de apenas um período, e que por consequência não permite a generalização dos resultados. Outra limitação é a não utilização de aspectos qualitativos, que pudesse a partir da coleta de opiniões de especialistas

corroborar como contraponto aos resultados quantitativos da DEA. Assim, recomenda-se como pesquisas futuras, uma análise exploratória e descritiva mais aprofundada por regiões, no intuito de verificar variáveis que possam corroborar com os resultados aqui encontrados. Sugere-se ainda a inclusão de outros indicadores de entrada e saída de forma objetiva a fim de se analisar possíveis alterações nos resultados encontrados nessa abordagem.

Poderá ser utilizado ainda outros recortes de períodos da PNP, bem como a comparação entre eles por meio de índices de produtividade, no intuito de se verificar o crescimento ou decrescimento da produtividade de cada UTD ao longo de um período específico. É possível adotar ainda outros modelos DEA tais como SDEA e SFA que levam em consideração a verossimilidade das UTDs, bem como a adoção de outros modelos e critérios para o desempate entre UTDs eficientes, tais como a alocação de pesos nos indicadores a partir da sugestão de especialistas, bem como a utilização de outras UTDs, relacionadas aos departamentos, cursos e programas de pós-graduação da RFEPCT.

Ademais, sugere-se ainda a adoção de todo período já divulgado pela PNP (2018, 2019 e 2020), bem como a mensuração de eficiência e/ou comparação com outras redes de ensino no âmbito privado, estadual e municipal objetivando apontar boas práticas de gestão educacional e consequentemente a maximização da eficiência.

Por fim, é possível considerar para seleção de componentes principais uma variância acumulada superior a 90%, bem como selecionar e/ou comparar as variáveis de entrada e saída de forma objetiva por meio de outras técnicas quantitativas como Análise Hierárquica de Processos (AHP) ou *Stepwise*.

REFERÊNCIAS

ABDI, H; WILLIAMS, LYNNE J. Principal component analysis. **Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics**, v. 2, n. 4, p. 433-459, 2010.

ADLER, N; YAZHEMSKY, E. Improving discrimination in data envelopment analysis: PCA–DEA or variable reduction. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 273-284, 2010.

AGASISTI, T. *et al*. Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: empirical evidence from Russia. **Industry and Innovation**, v. 00, n. 00, p. 1–28, 2020.

ALVES, J. L. P. **Orçamento público**: a real aplicabilidade dos recursos na melhoria da produtividade em uma Instituição Federal de Ensino Profissional e Tecnológica. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

ANDERSON, T. A data envelopment analysis (DEA) home page. **Portland State University. Portland**: 1997

ÂNGULO M, L. *et al*. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia eléctrica. **Investigação Operacional**, v. 27, n. 1, p. 21–36, 2007.

ANGULO M, L., GOMES, E.G., S de M, J.C.C.B., B N, L. Fronteira DEA de dupla envoltória no estudo da evolução da ponte aérea Rio-São Paulo. **Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes** 2003, v. 2, p.1158-1166, 2003.

ANGULO M, L., S de M, J.C.C.B., G, E.G., F, A.J.S. and B N, L. (2006) Análise da eficiência municipal no uso da energia elétrica considerando temperaturas. In: **Anais do XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Brasil**.

ANGULO M, L; B N, L.; S De M, J.C.C.B.; G, E. G. ISYDS– Integrated System for Decision Support (produ – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a *software* package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.3, p 493-503. 2005.

APARÍCIO J, C J M, G M, J J, L-E. Usando DEA não radial para avaliar a eficiência escolar em uma perspectiva cross-country: um empírico análise dos países da OCDE. **Omega**, setembro de 2018; 79: 9–20.

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica**: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Atlas**,** 2004.

ARAUJO, A. K.; BARBIRATO, J. M. R. C. **Análise Envoltória de Dados (DEA)**: um estudo bibliométrico sobre a produção científica internacional nos últimos dez anos (2006-2016). 2017.

AZZOLINI, K M G; LERNER, A F. eficiência operacional e financeira dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia: um estudo por análise envoltória de dados (DEA). **Revista Científica da Ajes**, v. 9, n. 18, 2020.

BABA, Ricardo K; VAZ, M S M G; COSTA, J da. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 515-526, 2014.

BADIN, N T. Avaliação da produtividade de supermercados e seu Benchmarking. 1997. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. **Florianópolis: UFSC.**

BANKER, R.D., C, A. and C, W.W. (1984) Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis, **Management Science**, Vol 30, no 9, pp. 1078-1092.

BENÍCIO, J., & de Mello, J. C. C. S. (2014). Retornos de escala em DEA: críticas ao BCC e novo modelo. Temiminós **Revista Científica**, 4(2), 42-61.

BARBOSA, F. C. F, H. Y. (2018). A Modelagem DEA na Mensuração de Eficiência de Sistemas de Saúde: Teoria e Aplicações. **Revista Holos.**

BARBOSA, L. et al. Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arq. bras. med. vet. zootec**, p. 805-810, 2005.

BARREYRO, G B. De exames, rankings e mídia. Avaliação, **Sorocaba,** v. 13, n. 3, p. 863-8, nov. 2008.

BARROS, A. de JP de; LEHFELD, N. de A. de S. 2000.

BELLONI, J. A. Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras. Tese – **Universidade Federal de Santa Catarina, Faculdade de engenharia. Florianópolis,** 2000.

BERLE, A. A. and G. C. Means. (1932) 1968. The Modern Corporation and Private Property. **New York:** Harcourt, World and Brace.

BERTONCINI, C *et al*. Processo decisório: a tomada de decisão. **Revista FAEF. Garça, SP**, v. 5, n. 3, p. 8-34, 2013.

BERTOLIN, J C G. Qualidade em educação superior: da diversidade de concepções à inexorável subjetividade conceitual. **Avaliação, Sorocaba**, v. 14, n. 1, p. 127-49, mar. 2009.

BITTENCOURT, H R; CASARTELLI, Alam de Oliveira; RODRIGUES, Alziro César de Morais. Sobre o índice geral de cursos (IGC). Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), v. 14, p. 667-682, 2009.

BRAGHINI, K M Z *et al*. O ensino secundário brasileiro nos anos 1950 e a questão da qualidade de ensino. **São Paulo**, v. 153, 2005.

BRANCO, J R; GONÇALVES, F O. Eficiência do gasto público municipal em educação: uma análise utilizando envoltória de dados (DEA). **Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**. Disponível em: . Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL, TCU. Acompanhamento de Governança Pública Organizacional 2018. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 11.741. de 16 de julho de 2008** (2008a). Brasilia, DF, 2008. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11741.htm> Acesso em 16.ago.2020.

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 02 ago. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF, Disponívelem:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2008/lei/l11892.htm> Acesso em: 28 set. 2020.

BRASIL. **Lei no 10.303, de 31 de outubro de 2001**. Altera e acrescenta dispositivos na Lei no 6.404, de 15 de dezembro de 1976, que dispõe sobre as Sociedades por Ações, e na Lei no 6.385, de 7 de dezembro de 1976, que dispõe sobre o mercado de valores mobiliários e cria a Comissão de Valo- res Mobiliários. In: PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10303.htm> Acesso em: 29 set. 2020.

BRASIL. **Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000**. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm > Acesso em: 25 set. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 7.566, de 23 de setembro de 1909**. Crea nas capitais dos Estados da Republica Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 2.208, de 17 de abril de 1997**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1997. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2208.htm>. Acesso em: 19 jun. 2020.
DE CARVALHO, L. D. B.; DE SOUSA, M. DA C. S. Eficiência das escolas públicas urbanas das regiões nordeste e sudeste do Brasil: Uma abordagem em três estágios. **Estudos Econômicos**, v. 44, n. 4, p. 649–684, 2014.

BRASIL. **Lei nº 11.195, de 18 de novembro de 2005**. Dá nova redação ao § 5º do art. 3º da Lei nº 8.948, de 8 de dezembro de 1994. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 mar. 2005b. Seção 1, p. 1. Edição extra. Disponívelemhttp://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20042006/2005/lei/l11195.htm>. Acesso em: 25 jun. 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.741, de 16 de julho de 2008**. Altera dispositivos da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para redimensionar, institucionalizar e integrar as ações da educação profissional técnica de nível médio, da educação de jovens e adultos e da educação profissional e tecnológica. Diário Oficial

[da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 jul. 2008a. Disponível em<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11741.htm>. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Disponívelem<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2008/lei/l11892.htm>. Acesso em: 05 jul. 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014**. Dispõe sobre o Plano Nacional de Educação (PNE) e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm>. Acesso em: 10 mai. 2020.

BRASIL. **NOTA TÉCANICA n°58, de 2020**. INEP. Publicações: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Estatísticas Educacionais**, p. 2017, 2020.Disponívelem:<https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2019/.

BRASIL. **NOTA TÉCANICA n°59, de 2020**. INEP. Publicações: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Estatísticas Educacionais**, p. 2017, 2020.Disponívelem:<https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2019/NOTA_TECNICA_N_59-2020_CGCQES DAES_Metodologia_de_calculo_do_IGC_2019.pdf > . Acesso em: 16 dez. 2020.

BRASIL. **NOTA TÉCANICA n°05, de 2020**. INEP. Publicações: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Estatísticas Educacionais**, p. 2017, 2020. Disponível em:< https://www.puc-campinas.edu.br/wp-content/uploads/2020/07/nota-tecnica-05-conceito-enade2019.pdf> . Acesso em: 15 dez. 2020.

BRASIL. **PÚBLICA, TCU** Governança. referencial básico de governança aplicável a órgãos e entidades da administração pública e ações indutoras de melhoria. Brasília: TCU, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Brasília, DF, 2014.

BRASIL. **PORTARIA nº 40, de 12 de dezembro de 2007**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 out. 2013. Seção 1, p. 11 Disponívelem:<https://download.inep.gov.br/download/condicoes_ensino/2007/Portaria_n40.pdf/>. Acesso em: 07 set. 2020.

CARRASQUEIRA, H; TEOTÓNIO, I; CARRASCO. P; REBELO, S. Aplicação da metodologia DEA na análise do desempenho de núcleos científicos numa instituição de ensino. **Revista da ESGHT/UALG**. n. 19. Dos Algarves, 2010. Disponível em: <http://www.dosalgarves.com/rev/N19/1rev19.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2020.

CARVALHO, N. P. Relative size and csw-efficiency: Two new concepts based on DEA to guide management of capital. **Federal Fluminense University**, 2016.

CASADO, F. L.; SOUZA, A. M. Análise Envoltória de Dados: Conceitos, Metodologia e Estudo da Arte na Educação Superior. **Revista do Centro de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria**, v. 1, p. 1-154, 2007.

CASTRO, R. B. de. **Eficácia, Eficiência e Efetividade na Administração Pública.** In: ENCONTRO DA ANPAD, 30., 2006, Salvador. Anais... Rio de Janeiro, RJ: ANPAD, 2006. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/10/enanpad2006-apsa-1840.pdf >. Acesso em: 04/08/2020.

CERATTI, M R N. Evasão escolar: causas e consequências. **Curitiba/PR**, 2008.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units, **European Journal of Operational Research**: 429-444, 1978.

COCO, G.; LAGRAVINESE, R.; RESCE, G. Beyond the weights: a multicriteria approach to evaluate inequality in education. **Journal of Economic Inequality**, 2020.

COOK, W. D.; SEIFORD, L. M. Data envelopment analysis (DEA) - Thirty years on. **European Journal of Operational Research**, v. 192, n. 1, p. 1–17, 2009.

COOPER, W. W., SEIFORD, L., & TONE, K. (2000). Data envelopment analysis. Boston: Kluwer Academic Pub- lishers.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver *software*. 2nd ed. **New York: Springer**, 2007.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 1.ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1994. 390p.

DA COSTA, M A. **Políticas de formação docente para a educação profissional: realidade ou utopia?**. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2016.

DA CUNHA NASCIMENTO, D et al. Testes de normalidade em análises estatísticas: uma orientação para praticantes em ciências da saúde e atividade física. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 14, n. 2, 2015

DAFT, R L. Teoria e projeto das organizações. 6. ed. **Rio de Janeiro: LTC**, 1999.

DAMÁSIO, B F. Uso da análise fatorial exploratória em psicologia. **Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment**, v. 11, n. 2, p. 213-228, 2012.

DANTAS, M C; DA SILVA, M V. Análise da eficiência dos gastos públicos com educação básica: um estudo na microrregião Borborema Potiguar-RN. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 2, p. e3582782-e3582782, 2019.

DA SILVA, D; SIMON, F O. Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude. **Cadernos Ceru**, v. 16, p. 11-27, 2005.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. Econometrica, Journal of the Econometric Society, v.19, no 3, 1951.

DE ALMEIDA, M R; MARIANO, E B; REBELATTO, DA do N. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. **Revista Produção Online, edição especial**, 2007.

DELGADO, V. M. S. "Inquirições sobre propriedades espaciais da Eficiência obtida pelo método Data Envelopment Analysis – DEA". Texto para Discussão disponível no **Social Science Research Network (SSRN)** 2008: Disponível em https://www.revistaaber.org.br/rberu/article/view/17/71. Acesso em: 25 jun. 2020.

DELGADO, V. M. S., & Machado, A. F. (2007). Eficiência das escolas públicas estaduais de Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, 37(3), 427-464.

DALLA VECCHIA, D. Análise da eficiência das instituições de educação superior públicas da região Nordeste do Brasil-2008 a 2012. 2014.

DEWEY, J. Como pensamos. São Pualo: **Editora Nacional**, 1953.242p.

DE OLIVEIRA, Drª SVW B; DE ME GIRALDI, Drª J. Tratamento e Análise de Dados.

DIAS, C. L.; HORIGUELA, M. de L. M.; MARCHELLI, P. S. Políticas para avaliação da qualidade do Ensino Superior no Brasil: um balanço crítico. **Educação e Pesquisa, São Paulo**, v. 32, n. 3, p. 435-464, 2006.

DUFOUR, J. M. et al. Simulation-based finite-sample normality tests in linear regressions. **Econometrics Journal,** Vol. 1, pp. 154-173, 1998.

DUTRA, A *et al*. Metodologia para avaliar e aperfeiçoar o desempenho organizacional: incorporando a dimensão integrativa à MCDA construtivista-sistêmico-sinergética. 2003.

DYSON, RG, A, R., C, AS, PODINOVSKI, VV, SARRICO, CS, & SHALE, EA (2001). Armadilhas e protocolos em DEA. **European Journal of Operational Research**, 132 (2), 245–259.

ENTANI, T., MAEDA, Y., TANAKA, H. Dual Models of Interval DEA and its extensions to interval data. **European Journal of Operational Research**, v. 136, p. 32-45, 2002.

FAÇANHA, L. O; MARINHO, A. Instituições de ensino superior governamentais e particulares: avaliação comparativa de eficiência. **Brasília: Ipea**, 2001. (Texto para Discussão,n.813).Disponívelem:<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6416/5001 >. Acesso em: 10 jul. 2020.

FARREL, M.J. The measurement of produtive efficiency. **J. Royal Statistical Society**, v. 120, Part III, 253-290, 1957.

FÁVERO, L P; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. Elsevier Brasil, 2017.

FIELD, A. **Descobrindo a estatística usando o SPSS-5**. Penso Editora, 2009.

FOX, J. Extending the R Commander by "plug-in" packages. **R News,** v. 7, n. 3, p. 46-52, 2007.

FURTADO, L. L.; CAMPOS, G. M. Grau de eficiência técnica dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia e a relação dos custos, indicativos de expansão e retenção junto aos escores de eficiência. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPEC)**, v. 9, n. 3, 2015.

FREITAS, H.M.R; KLADIS, C.M. Dos sistemas de informações (SI) aos sistemas de apoio à decisão (SAD), 1994, (in prelo).

FRIGOTTO, G. Reforma do Ensino Médio do (des) governo de turno: decreta-se uma escola para os ricos e outra para os pobres. **movimento-revista de educação**, n. 5, 2016.

GAMEIRO, V. C. Métodos e Modelos de discriminação na Metodologia DEA. 2016.

GARCIA, C H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. IPEF, 1989. 11 p., 1989.

GARSON, G. David. (2009), Statnotes: Topics in Multivariate Analysis. Disponível em: http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm

GHASEMI, N *et al*. Avaliando o desempenho das organizações com a estrutura hierárquica usando a análise envoltória de dados: Uma análise de eficiência da Universidade Farhangian. **Medição**, v. 156, pág. 107609, 2020.

GIACOMELLO, C P; OLIVEIRA, R L de. Data Envelopment Analysis (DEA): a Proposal for Performance Evaluation of University Academic Units. Revista GUAL, v. 7, n. 2, p. 130–151, 2014. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/307702627_Analise_Envoltoria_de_Dados_DEA_uma_proposta_para_avaliacao_de_desempenho_de_unidades_academicas_de_uma_universidade. Acesso em: 10 ago. 2020.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da decisão. São Paulo**: Thomson Learning, 2005.

GRAMANI, M. C. N.; DUARTE, A. L. DE C. M. The impact of the performance of basic education institutions in the quality of higher education. **Ensaio**, v. 19, n. 72, p. 679–702, 2011.

GUERREIRO, A. S. Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados. 2006. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.

GUIMARÃES, F A R et al. O método DEA e análise de correlação para avaliação de eficiência de empresas, com aplicação a empresas turísticas. **Turismo-Visão e Ação,** v. 12, n. 3, p. 258-276, 2010.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?. **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-209, 2006

HAGHI, E. *et al*. Performance evaluation of schools' math education from a cultural, social and economic point of view by data envelopment analysis modeling. **Measurement and Control (United Kingdom)**, v. 53, n. 3–4, p. 454–460, 2020.

HANUSHEK, E A., and Javier A. Luque (2002), "Efficiency and equity in schools around the world", Working Paper 8949, Cambridge, MA, NBER.

HAIR, Joseph F. et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora, 2009.

HAMMER, O et al. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HOOD, C. The "new public management" In the 1980s: Variations on a theme. **Accounting Organizations and Society**, Vol. 20. nº 213. Elsevier Science Ltd, Grant Britain. p. 93-109. 1995.

IKUTA, C. Y. S. Sobre o Conceito Preliminar de Curso: concepção, aplicação e mudanças metodológicas. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 27, n. 66, p. 938, 2016.

JACOMETTI, M. Considerações sobre a evolução da governança corporativa no contexto brasileiro: Uma análise a partir da perspectiva weberiana. **Revista de Administração Publica**, v. 46, n. 3, p. 753–773, 2012.

JENKINS, L; ANDERSON, M. A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 147, n. 1, p. 51-61, 2003.

JIANG, J.; LEE, S. K.; RAH, M. J. Assessing the research efficiency of Chinese higher education institutions by data envelopment analysis. **Asia Pacific Education Review**, v. 21, n. 3, p. 423–440, 2020.

JOAQUIM, N. **Direito educacional brasileiro – história, teoria e prática**. Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2009.288p.

JOHNSON, D. E. Principal component analysis. **Applied Multivariate Methods for Data Analysis. Duxbury Press, Belmont, CA**, p. 93-146, 1998.

JOHNSTONE, D. (1998). An Introduction to Disability Studies. London: David Fulton Publishers.

JOLLIFFE, I T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 22, n. 1, p. 21-31, 1973.

JOLLIFFE, I. Principal component analysis. **Encyclopedia of statistics in behavioral science**, 2005.

JUBRAN, A J. Modelo de análise de eficiência na administração pública: estudo aplicado às prefeituras brasileiras usando a análise envoltória de dados. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KAISER, H F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and psychological measurement**, v. 20, n. 1, p. 141-151, 1960.

K, C. and Y, Y.C. (1992). Evaluation of junior colleges of technology: The Taiwan case, European Journal of Operational Research, 72(1), 43-51.

KASHIM, R.; KASIM, M. M.; RAHMAN, R. A. Measuring Effectiveness of a University by a Parallel Network DEA Model. v. 040014, 2017.

KISSLER, L.; HEIDEMANN, F. G. Governança pública: novo modelo regulatório para as relações entre Estado, mercado e sociedade? **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 3, p. 479–499, 2006.

KLADIS, C M; FREITAS, HM de. O processo decisório: modelos e dificuldades. **Revista Decidir**, v. 2, n. 8, p. 30-34, 1995.

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. Econometrica, v.19, no.1, october 1951. Kounetas, K., Anastasiou, A., Mitropoulos, P. and Mitropoulos, I. (2011). Departmental efficiency differences within a Greek university: An application of a DEA and Tobit analysis, **International Transactions in Operational Research**, 18, 545-559.

KRIESER, A. *et al*. Eficiência técnica dos Institutos Federais por meio da análise envoltória de dados (DEA)/Technical efficiency of the Federal Institutes through the data envelopment analysis (DEA). **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 1, p. 145-166, 2018.

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

LARSON, R. FARBER, B.“. **Estatística Aplicada.” 4a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall**, 2010.

LEE BL, W AC. 2016. A network DEA quantity and quality-orientated production model: an application to Australian university research services. **Omega**. 60:26–33.

LEITE, C D S *et al.* Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 498-503, 2009.

LEITE, T R T *et al*. Sistemática de mensuração da eficiência no setor público: uma modelagem para os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. 2019.

LEOTTI, V B; BIRCK, A R; RIBOLDI, J. Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-smirnov, Anderson-Darling, Cramer–Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. **Anais do 11º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica**, 2005.

LEVIN, R I.; RUBIN, D S. **Estadística para administración y economía**. Pearson Educación, 2004.

LEOTTI, V B; COSTER, R; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista HCPA. Porto Alegre. Vol. 32, no. 2 (2012), p. 227-234**, 2012.

LIANG, L; LI, Y; LI, Shibing. Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the undesirable outputs and large dimensionality of data sets with PCA. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3, p. 5895-5899, 2009.

LIMA, V A M O et al. Análise da eficiência de pequenas propriedades rurais através do método da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Informe Gepec**, v. 20, n. 2, p. 58-70, 2016.

LINS, M P E; MEZA, L A. Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do apoio à decisão. Rio de Janeiro: **Coppe/ UFRJ**, 2000.

LINS, M.P.E.; ANGULO-MEZA, L. Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ, 2000.

LOEFFLER, E. Governance and government. **Public Management and Governance**, p. 163, 2003.

LOPES, A. L. M., LAPA, J.S., LANZER, E.A. Eficiência Produtiva em Serviços Governamentais: O Caso das Universidades Federais Brasileiras. Fisrt International Congress of Industrial Engineering e XV Congresso Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, São Carlos - São Paulo, l995.

LOUSADA, M.; POMIM VALENTIM, M. L. Modelos de tomada de decisão e sua relação com a informação orgânica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 1, p. 147–164, 2011.

LOVELL, C. A.K.; FRIED, H. O.; SCHMIDT, C. A. Production Frontiers and productive efficiency. The Measurement of Productive Efficiency –Techniques and Aplications. Oxford: **Oxford University Press**, 1993.

MACHADO, E. Z. Análise Envoltória De Dados Sobre As Universidades Brasileiras – Uma Análise Sobre Eficiência. **Capes**, p. 117, 2008.

MACEDO, M. A. S. et. al. Avaliação da Eficiência dos Investimentos em TI de Empresas de Tecnologia através da Análise Envoltória de Dados (DEA). In: VIII **Seminários em Administração da USP - SEMEAD,** São Paulo, Anais, 2005.

MACIEL, G.S.; LIMA, G.B.A.; ÂNGULO-MEZA, L.; GOMES JUNIOR, S.F. Avaliação de Processos Licitatórios de Embarcações de Apoio Marítmo Offshore com Utilização de Análise Envoltória de Dados. **Journal of Transport Literature**, Vol. 8, n. 4, pp. 329-349, Oct., 2014.

MAJADA, C P. **Eficiência em educação profissional, científica e tecnológica: um estudo sobre os Institutos Federais brasileiros**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

MARCH, J.G; SIMON, H.A. Teoria das organizações. **Rio de Janeiro: FGV**, 1966.313p.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. 6.ed. London: Academic Press, 1997. 518p.

MARIANO, E. B. Conceitos Básicos de Análise de Eficiência produtiva. In: XIV SIMPEP - **Simpósio de Engenharia de Produção**, São Paulo, Anais, 2007.

MARIANO, E. B. (2008). Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo).

MARIANO, E B.; ALMEIDA, M R.; REBELATTO, Daisy AN. Peculiaridades da análise por envoltória de dados. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**. 2006. p. 1-11.

MARINHO, A. Avaliação organizacional de uma universidade pública: uma abordagem não-paramétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro — UFRJ. Rio de Janeiro: **EPGE/FGV, 1996a (Tese de Doutoramento).**

MARINHO, A. Metodologias para avaliação e ordenação de universidades públicas: o caso da UFRJ e demais IFES. **Ensaio, v. 4, nº 13** (out/dez. 1996), 403-424, 1996.

MARÔCO, J. **Análise Estatística com o SPSS Statistics.: 7ª edição**. ReportNumber, Lda, 2018.

MELONIO, A M C *et al*. ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS IFES NO USO DE RECURSOS FINANCEIROS: UMA APLICAÇÃO DEA EM DOIS ESTÁGIOS. **Revista de Ciências da Administração**, v. 21, n. 55, p. 86-100, 2019.

MINAYO, M C de S et al. Importância da avaliação qualitativa combinada com outras modalidades de avaliação. 2011.

MIRANDA AC, R SC. O Uso da DEA como Ferramenta Alternativa da Gestão Escolar na Avaliação Institucional. Educ Teor e Pratica 2010; 20:163–80.

MEIRA, C. T. et al. Seleção de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1843-1848, 2013.

MEIRELLES, H L. **Direito Administrativo Brasileiro.** São Paulo: Malheiros, 2002, p.94.

MEGGINSON, L C. *et al*. **Administração: conceitos e aplicações**. 4.ed. São Paulo: Harbra,1998, p.11-12.

MELLO, J C C B S de *et al*. Avaliação de turmas de Cálculo I, usando DEA. XXXII **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Viçosa, 18-20 out. 2000.

MELLO, J. C. C. B. S., MEZA, L. Â., Gomes, E. G., & Biondi Neto, L. (2005). Curso de Análise Envoltória de Dados. Anais do **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Gramado, RS, Brasil, 37.

MELO, I C. **Análise de eficiência em rotas de transporte de soja nos principais corredores brasileiros e norte-americanos utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA)**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo

MIRANDA AC, R SC. O Uso da DEA como Ferramenta Alternativa da Gestão Escolar na Avaliação Institucional. **Educação Teor e Pratica** 2010; 20:163–80.

MONTEIRO, D A. A. Alocação de recursos e eficiência na gestão do Programa Bolsa Família. **Dissertação (mestrado em administração)** — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MOORE, D S. (2007), The Basic Practice of Statistics. New York, Freeman.

MORAES. A de. **Direito Constitucional Administrativo**. São Paulo: Atlas, 2002.

MORGAN, G. Imagens da organização. São Paulo, **Atlas,** 1996.

MOTA, T. R. A.; MEZA, L. A. The use of DEA as a tool to evaluate public expenditure on education: an analysis of the cities of the state of Rio de Janeiro. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, p. e20190187, 2020.

MOTA, F L. Eficiência Relativa na Gestão dos Recursos Públicos. Uma Análise do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. 83 p. **Dissertação (Mestrado Profissional em Administração).** Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

NASCIMENTO, M M; CAVALCANTI, C; OSTERMANN, F. Dez anos de instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica: o papel social dos institutos federais. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 101, n. 257, p. 120-145, 2020.

NASCIMENTO, S G M V. do. **Diferenças de eficiência acadêmica entre as mantenedoras das instituições de ensino superior no Brasil no ano de 2010**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

NATARAJA, N R.; JOHNSON, A L. G for using variable selection techniques in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 215, n. 3, p. 662-669, 2011.

NEIVA, C.C., LAPA, J; S. e BELLONI, J.A. **Exame Nacional de Cursos: Um Processo Necessário que precisa ser aprimorado**. Sociedade Brasileira de Desenvolvimento de Educação, 1998.

NORATO, H M G. Análise do período transiente da simulação de sistemas não terminais. 2012.

NORMAN, M; STOKER, B. **Data envelopment analysis: the assessment of performance**. John Wiley & Sons, Inc., 1991.

OLIVEIRA, A J *et al*. Programa reuni nas instituições de ensino superior federal IFES brasileiras: Um estudo da eficiência operacional por meio da análise envoltória de dados DEA no período de 2006 a 2012. **Race: revista de administração, contabilidade e economia**, v. 13(3),p.11791210,2014.Disponívelem:<https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/race/article/view/4196/pdf_64>. Acesso em: 16 nov. 2020.

OLIVEIRA, E C de. Avaliação do impacto de instalação dos Institutos Federais de Ciência e Tecnologia nos municípios brasileiros. 2017.

PAIVA, A L da C et al. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 2, p. 285-288, 2010.

PEREIRA, D S Eficiência da produção técnica dos cursos de pós-graduação da UFC através de análise envoltória de dados/ Djalma Siqueira Pereira. – Fortaleza, 2011. 73f.: il.

PECI, A.; PIERANTI, O. P.; RODRIGUES, S. Governança e new public management: convergências e contradições no contexto brasileiro. **Organizações & Sociedade**, v. 15, n. 46, p. 39–55, 2008.

PEIXOTO, M G M. **Análise envoltória de dados e análise de componentes principais: uma proposta de medição do desempenho de organizações hospitalares sob a perspectiva de Hospitais Universitários Federais do Brasil**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEREIRA, A V. **Utilização de análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (Manihot esculenta Crantz)**. 1989. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEREIRA, D S, Eficiência da produção técnica dos cursos de pós-graduação da ufc através de análise envoltória de dados. v. 13, n. 128, p. 234, 2011.

PÉRICO, A E; REBELATTO, D A do N; SANTANA, N B. Eficiência bancária: os maiores bancos são os mais eficientes? Uma análise por envoltória de dados. Gestão & Produção, v. 15, n. 2, p. 421-431, 2008.

PETERS, G; PIERRE, J. Governance without governement? Rethinking public administration. **Journal of Public Administration Research and Theory.** 8. (2).1998.

PIERANTI, O P (orgs.). Estado e gestão pública: **visões do Brasil contemporâneo. Rio de Janeiro:** FGV, 2006.

PNP, Plataforma Nilo Peçanha, Ano Base 2019. 2020. Disponível em: < http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/2020.html />. Acesso em: 07 set. 2020.

PONTES, A C F. Ensino da correlação de postos no ensino médio. **Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatıstica (SINAPE)**, v. 19, p. 26-30, 2010.

PORTER, M E. A Vantagem Competitiva das Nações. Tradução por Waltensir Dutra. **Rio de Janeiro: Campi**, 2003.

POTIGUAR-RN, B.; POTIGUAR-RN, B. M C D Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil E-mail: matheuscortes95@gmail.com Márcio Vieira da Silva ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3427-251X Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil Keywords: Public Manag. v. 8, n. 2, p. 1–14, 2019.

QUEIROZ, S W P de. Eficiência relativa da tecnologia da informação no desempenho organizacional dos Institutos Federais de Educação. 2018. DE MARIA, CAMILA

RABENSCHLAG, D R. Pesquisa operacional. **Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria**, 2005.

RAY, S C.; BHADRA, D. Nonparametric tests of cost minimizing behavior: a study of Indian farms. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 75, n. 4, p. 990-999, 1993.

RAZALI, N M *et al*. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. **Journal of statistical modeling and analytics**, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2011.

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada: notas de aula.** Viçosa: UFV, 2002. ROSTAGNO, H.S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2000. 141p.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada: notas de aula. Viçosa: UFV, 2002.

RIBEIRO FILHO, J F. **Controle gerencial para entidade da administração pública** - In: Prêmio Tesouro Nacional 2. Anais... Brasília: ESAF, 1997.

RHODES, E.L. Data Envelopment Analysis and approaches for measuring the efficiency of decision making units with an application to program followthrough in U.S. education. Ph.D. Dissertation, **Carnegie Mellon Unversity**, 1978.

RHODES, E; SOUTHWICK, L. Determinants of efficiency in public and private universities. **Department of Economics, University of South Carolina**, 1986.

RODRIGUES, D de O et al. Análise dos componentes principais das características e composição das carcaças de cordeiros Pantaneiros e Comerciais. 2018.

ROSANO-PEÑA, C.; ALBUQUERQUE, P. H. M.; MARCIO, C. J. A eficiência dos gastos públicos em educação: evidências georreferenciadas nos municípios goianos. **Economia Aplicada, São Paulo**, v. 16, n. 3, p.421-443, 10 jul. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ecoa/v16n3/04.pdf.

ROTHEN, J C; BARREYRO, G B. Avaliação da educação superior no segundo governo Lula: "Provão II" ou reedição de velhas práticas? E**ducação & Sociedade, Campinas**, v. 32, n. 114, p. 21-38, jan./mar. 2011.

SACRAMENTO, I L S et al. Redução dimensional dos dados de entrada em previsões de consumo industrial de energia no longo prazo. 2014.

SACRAMENTO, I S; SOUZA, G P; WAZLAWICK, R S. Principal component analysis to reduce forecasting error of industrial energy consumption in models based on neural networks. In: **International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing**. Springer, Cham, 2014. p. 143-154.

SALIM, F *et al*. Uma análise histórica dos indicadores de gestão dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. 2020.

SAV, G. T. Efficiency Evaluations of US Public Higher Education and Effects of State Funding and Pell Grants: Panel Data Estimates Using Two Stage Data Envelopment Analysis, 2004–2013 Academic Years. **Journal of Education Finance**, v. 42, n. 4, p. 357-385, 2017.

SCATTOLIN, F A de A; DIOGO, Maria José D.'E; COLOMBO, R C R. Correlação entre instrumentos de qualidade de vida relacionada à saúde e independência funcional em idosos com insuficiência cardíaca. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 2705-2715, 2007.

SCHWARTZMAN, J. Um sistema de indicadores para as universidades brasileiras. In: SGUISSARDI, V. (org.), **Avaliação Universitária em Questão**. Campinas, Autores Associados, 1997.

SCHWARTZMAN, S. O "conceito preliminar" e as boas práticas de avaliação do ensino superior. **Revista da Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior**, Brasília, DF, n. 38, p. 9-32, dez. 2008.

SENRA, L.F.A.C., N, L.C., S de M, J.C.C.B. and Angulo-Meza, L. (2007) Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA, **Pesquisa Operacional,** Vol 27, No 2, pp. 191- 207.

SHAPIRO, S S; WILK, M B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SHLEIFER, A.; VISHNY, R.W. A survey of corporate governance. Journal of Finance, n. 52, p. 737- 783, 1997.

SILVA, J. B. E. Eficiência Operacional das Instituições Federais de Ensino Superior Brasileiras: proposição de manual para auxiliar a gestão das instituições menos eficientes. 2019.

SILVEIRA, A Di M da. **Governança corporativa e estrutura de propriedade: determinantes e relação com o desempenho das empresas no Brasil**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, J Q da; MEZA, L A; MELLO, J C C B S de. Identificação de benchmarks e anti-benchmarks para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. **Production**, v. 22, n. 4, p. 788-795, 2012.

SIMON, H. **Comportamento administrativo**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1965.

SIMON H. A. **A** behavioral theory of rational choice. **Q J Econ** 69:99–118, 1995.

SOUZA, ADRIANO MENDONÇA. Componentes Principais: Aplicação Na Redução Das Variáveis Econômicas Para O Estudo De Séries Temporais. **Santa Maria: UFSM**, 1993.

SOUZA JÚNIOR, C V N de; GASPARINI, C E. Análise da eqüidade e da eficiência dos estados no contexto do federalismo fiscal brasileiro. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 36, n. 4, p. 803-832, 2006.

STONER, J A; FREEMAN, R. E. Administração. Tradução: Alves Calado, 5.ed. Rio de Janeiro - RJ: Prentice-Hall do Brasil, 1995.

STEPHENS, M A. EDF statistics for goodness of fit and some comparisons. **Journal of the American statistical Association**, v. 69, n. 347, p. 730-737, 1974.

TAVARES, R. S., & MEZA, L. A. (2017). Uso da análise envoltória de dados para a avaliação da eficiência em cursos de graduação: Um estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior brasileira. **Revista Espacios**, 38(20).

TEODÓSIO, A. S.; SILVA, E. E.; RODRIGUES, F. R. G. Discutindo o processo decisório: a contribuição dos principais modelos de análise. Disponível em https://silo.tips/download/discutindo-o-processo-decisorio-a-contribuiao-dos-principais-modelos-de-analise />. Acesso em: 03 set. 2020

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. Atlas, 2009.Tomkins C and Green R (1988). An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting. Financial Accountability and Manage- ment 4(2): 147–164.

TÔRRES, V S de M L. **Aplicação da análise envoltória dos dados na eficiência do programa Estratégia de Saúde da Família: uma comparação entre os estados brasileiros**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

TSCHAFFON, P. B.; MEZA, L. A. Um estudo de outputs indesejáveis em DEA com aplicação no setor de distribuição de energia elétrica. 2011. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense, Mestrado em Engenharia de Produção, 2011.

UEDA, T; HOSHIAI, Y. Application of principal component analysis for parsimonious summarization of DEA inputs and/or outputs. **Journal of the Operations Research Society of Japan**, v. 40, n. 4, p. 466-478, 1997.

VERGARA, S C. Projetos e relatórios de pesquisa. **São Paulo: Atlas**, 2006.

VERZANI, J. Using R in Introductory Statistics Courses with the pmg Graphical User Interface. **Journal of Statistics Educatio**n, v. 16, n. 1, p. 01-17, 2008.

VICINI, L. "Análise multivariada: da teoria à prática." (2005).

WOLSZCZAK-DERLACZ, J.; PARTEKA, A. Efficiency of European public higher education institutions: A two-stage multicountry approach, **Scientometrics,** 89, 887-917, 2011.

YAMADA, Y., M, T. and S, M. New analysis of efficiency based on DEA, **Journal of the Operations Research Society of Japan**, Vol 37, No 2, pp. 158-167., 1994.

YAMAKI, M.; BARBOSA, L.; PAIVA, A.L.C. et al. Avaliação de características de produção de aves de corte por meio de componentes principais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 42., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: SBZ, 2005.

ZAR, J. H. Biostatistical analysis 4th edition prentice-hall. **Jersey, New**, v. 199, 1999

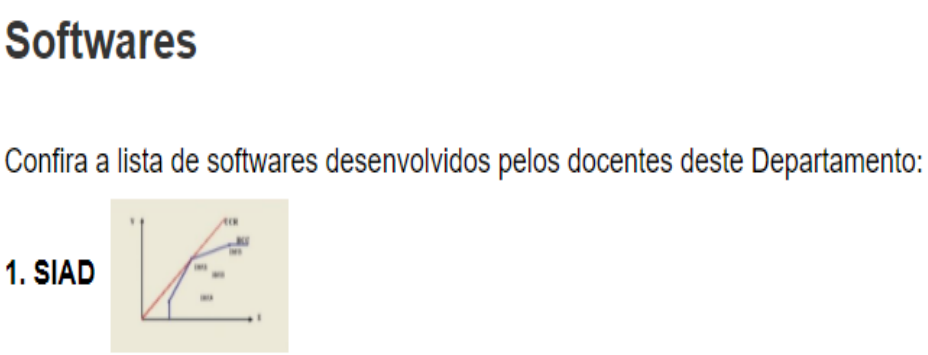
ZHANG, G.; WU, J.; ZHU, Q. Avaliação e planejamento do programa Avaliação de desempenho e alocação de cota de inscrição para maiores instituições de ensino na China. v. 81, p. 1–11, 2020.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Manual do SIAD

A versão do SIAD 3.0, está disponível para o download no site da UFF, por meio do link http://tep.uff.br/?s=siad, cabendo apenas clicar no ícone conforme Figura 23, onde é feito o download automático de uma pasta *.zip*.

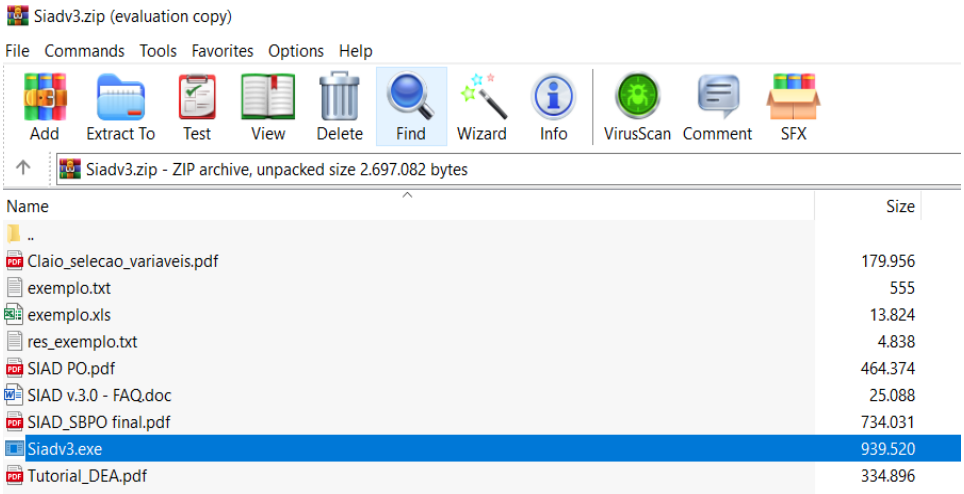
Figura 23 - Ícone para download do SIAD 3.0



Fonte: http://tep.uff.br/?s=siad. Acesso em: 30/04/2021

Após o término do download, verifica-se que foi disponibilizado nove arquivos nesta pasta, cabendo destacar conforme apontado pela Figura 24, o arquivo "SIADV3.exe". Cabe denotar que por estar em uma extensão "*.exe"*, não é necessário à sua instalação, bastando apenas um duplo clique para a sua execução.

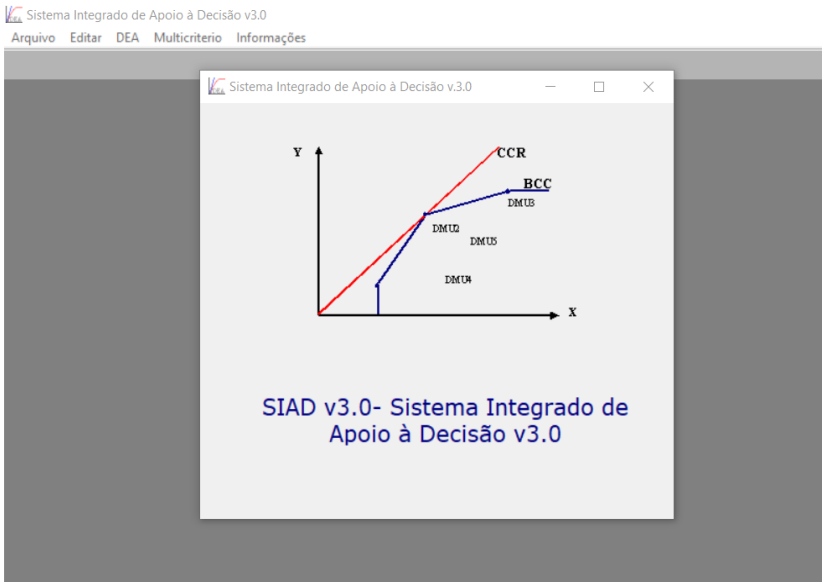
Figura 24 - Ícone para download do SIAD 3.0



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Após a execução do arquivo ".exe", é carregado a tela inicial do software conforme Figura 25.

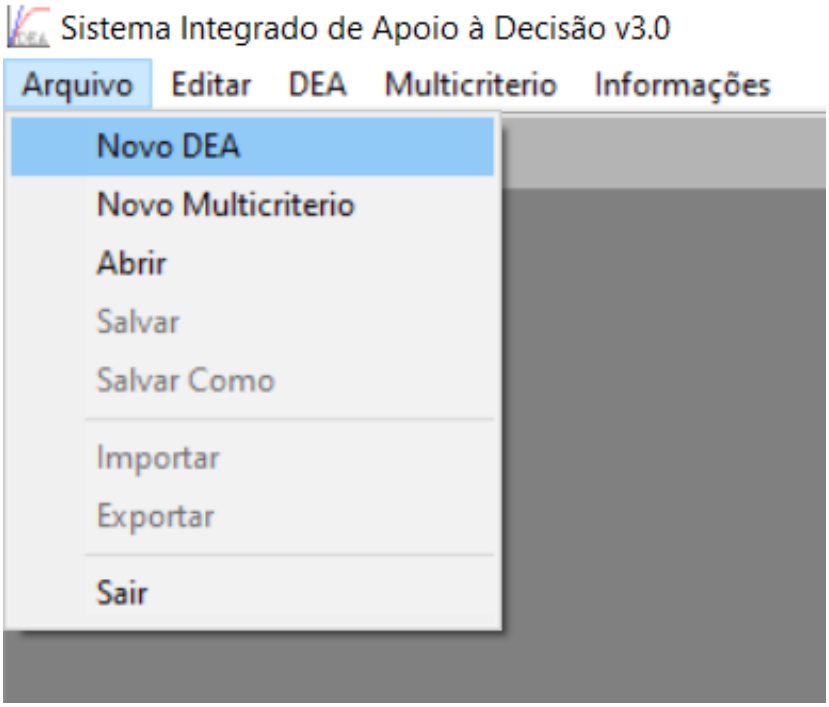
Figura 25 - Tela de carregamento inicial do SIAD



Fonte: SIAD (2021)

Com a tela iniciada é possível fazer a entrada dos dados de duas formas. A primeira de forma manual, por meio do caminho, Arquivo, Novo DEA conforme Figura 26.

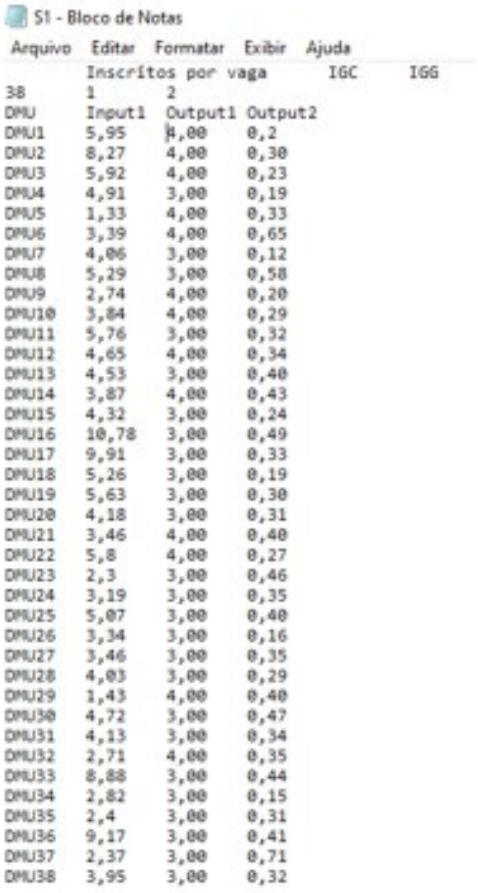
Figura 26 - Entrada manual dos dados



Fonte: SIAD (2021)

Já a segunda, é feita pelo caminho, Arquivo, Abrir, onde é possível selecionar um arquivo de texto em formato *".txt"* previamente configurado pelo usuário conforme Figura 27.

Figura 27 - Entrada automática dos dados


S1 - Bloco de Notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

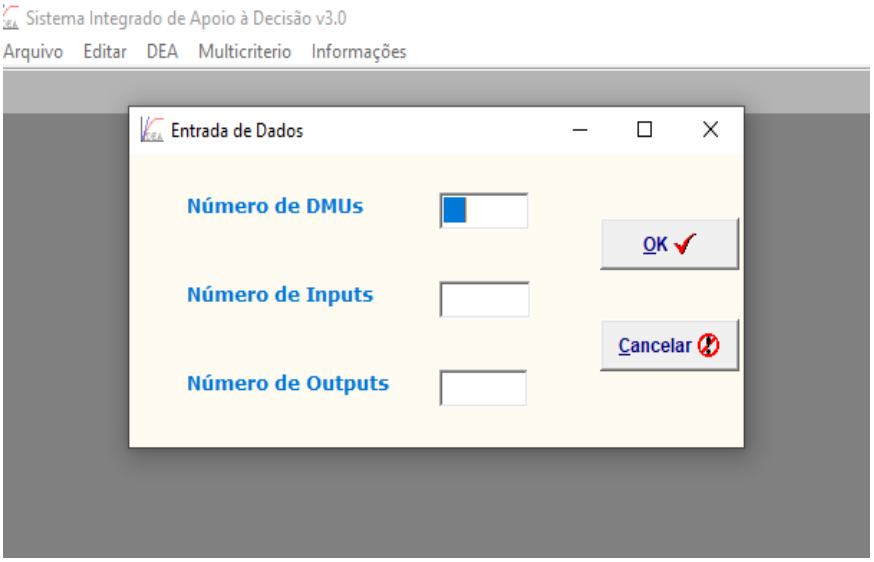
	Inscritos por vaga		IGC	IGG
38	1	2		
DMU	Input1	Output1	Output2	
DMU1	5,95	4,00	0,2	
DMU2	8,27	4,00	0,30	
DMU3	5,92	4,00	0,23	
DMU4	4,91	3,00	0,19	
DMU5	1,33	4,00	0,33	
DMU6	3,39	4,00	0,65	
DMU7	4,06	3,00	0,12	
DMU8	5,29	3,00	0,58	
DMU9	2,74	4,00	0,20	
DMU10	3,84	4,00	0,29	
DMU11	5,76	3,00	0,32	
DMU12	4,65	4,00	0,34	
DMU13	4,53	3,00	0,40	
DMU14	3,87	4,00	0,43	
DMU15	4,32	3,00	0,24	
DMU16	10,78	3,00	0,49	
DMU17	9,91	3,00	0,33	
DMU18	5,26	3,00	0,19	
DMU19	5,63	3,00	0,30	
DMU20	4,18	3,00	0,31	
DMU21	3,46	4,00	0,40	
DMU22	5,8	4,00	0,27	
DMU23	2,3	3,00	0,46	
DMU24	3,19	3,00	0,35	
DMU25	5,07	3,00	0,40	
DMU26	3,34	3,00	0,16	
DMU27	3,46	3,00	0,35	
DMU28	4,03	3,00	0,29	
DMU29	1,43	4,00	0,40	
DMU30	4,72	3,00	0,47	
DMU31	4,13	3,00	0,34	
DMU32	2,71	4,00	0,35	
DMU33	8,88	3,00	0,44	
DMU34	2,82	3,00	0,15	
DMU35	2,4	3,00	0,31	
DMU36	9,17	3,00	0,41	
DMU37	2,37	3,00	0,71	
DMU38	3,95	3,00	0,32	

Fonte: SIAD (2021)

Para se configurar o arquivo de texto, é necessário que na primeira coluna conste em numeral o total de UTDs utilizadas. Posteriormente, mas ainda nesta coluna deve ser inserido o acrônimo *DMU (Decision Making Units)*, seguido pelas linhas correspondentes a cada UTD. Na primeira linha deve ser inserido o nome das variáveis de entrada e saída utilizadas, podendo ser dado um espaço simples entre elas. Ao lado do numeral referente ao total de UTDs, deverá ser inserido o total de cada variável, aqui no exemplo, foi utilizada uma de entrada e duas de saída. Por fim, ao lado do acrônimo DMU deverá ser escrito em inglês input e output, levando em consideração o quantitativo de cada a ser utilizado.

Por conseguinte, independente da forma de entrada dos dados, verifica-se por meio da Figura 28, a necessidade em se apontar o quantitativo de UTDs e das variáveis de entrada e saída.

Figura 28 - Entrada de dados

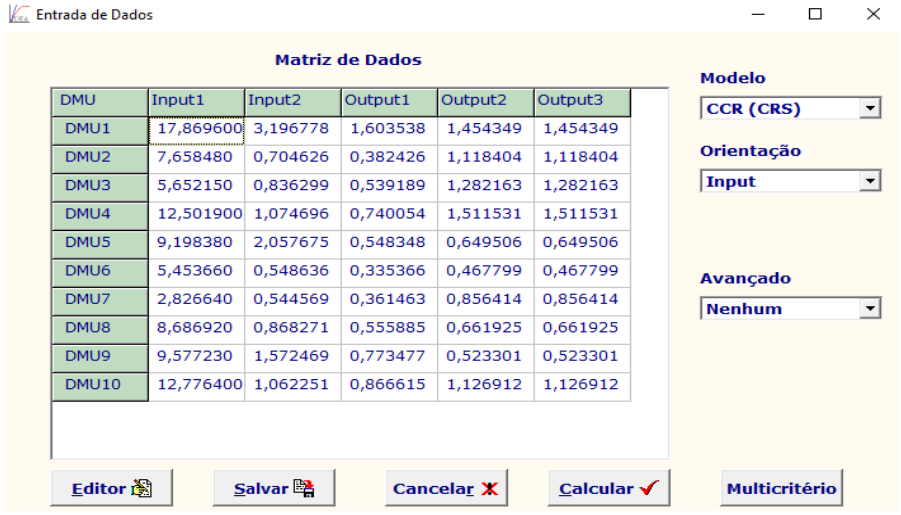


Fonte: SIAD (2021)

A Figura 29 evidencia que após a inserção das DMUs aqui denominadas de UTDs e as variáveis de entrada e saída, observa-se que as linhas estão sendo representadas pelas UTD' s, e as colunas pelas entradas e saídas concernentes a cada UTD. Nota-se também três caixas de seleção, onde a primeira, denominada modelo, consta os modelos radiais clássicos DEA CCR (CRS) e BCC (VRS) somente.

Por sua vez, ainda estão disponíveis as orientações para entrada e saída, conforme o modelo escolhido. Já na opção avançado, é apresentado três opções de se trabalhar com a DEA, sendo: I) Restrição aos Pesos, que no caso do SIAD, este trabalha apenas com restrição do tipo de região de segurança (Allen *et al*. 1997), II) Avaliação Cruzada e III) Seleção de variáveis. (MEZA *et al*. 2005). Cabendo observar, contudo, que as casas decimais devem ser separadas apenas por virgula.

Figura 29 - Matriz de dados



Fonte: SIAD (2021)

Não obstante, o *software* SIAD após os cálculos de eficiência padrão, ainda disponibiliza para o pesquisador, os resultados da I) eficiência invertida II) índice de eficiência composta, III) e eficiência normalizada, conforme demonstrado na Figura 30. Ademais, nota-se também, os resultados das UTDs referências para as menos eficientes, e as respectivas variáveis de decisão: pesos u_j (saídas) e v_i (entradas) para cada entrada e saída utilizada no modelo DEA. A de se mencionar também, que o SIAD aponta resultados dos alvos (meta) e as folgas para cada variável de entrada e saída, em relação a cada UTD analisada.

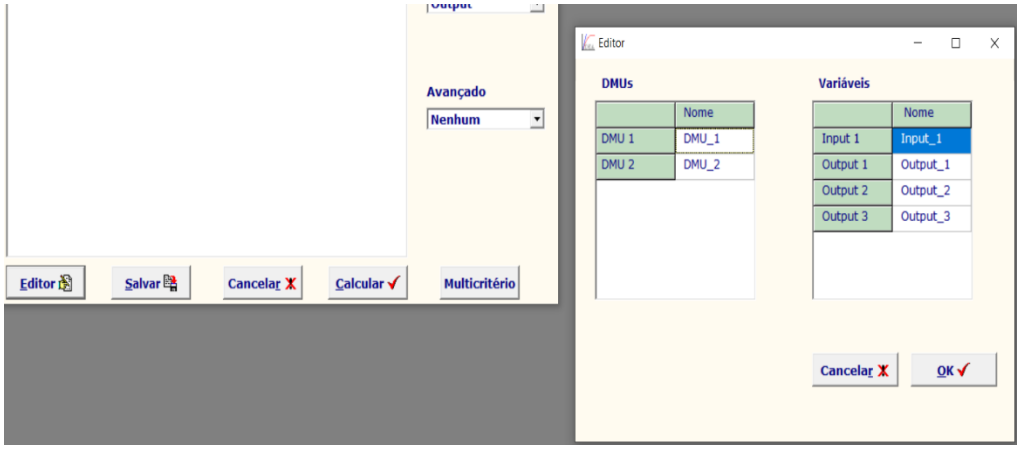
Figura 30 - Tela principal SIAD



Fonte: SIAD (2021)

Já a Figura 31, traz mais uma funcionalidade do software que é no tocante a edição da matriz de dados, ou seja, ao se clicar no botão é possível renomear tanto as UTDs quanto as variáveis de entrada e saída, facilitando por sua vez na visualização dos resultados. Ademais, após os resultados da DEA, é possível fazer a exportação dos resultados, nos formatos “.txt” e “xlsx”.

Figura 31 - Edição das UTDs e variáveis

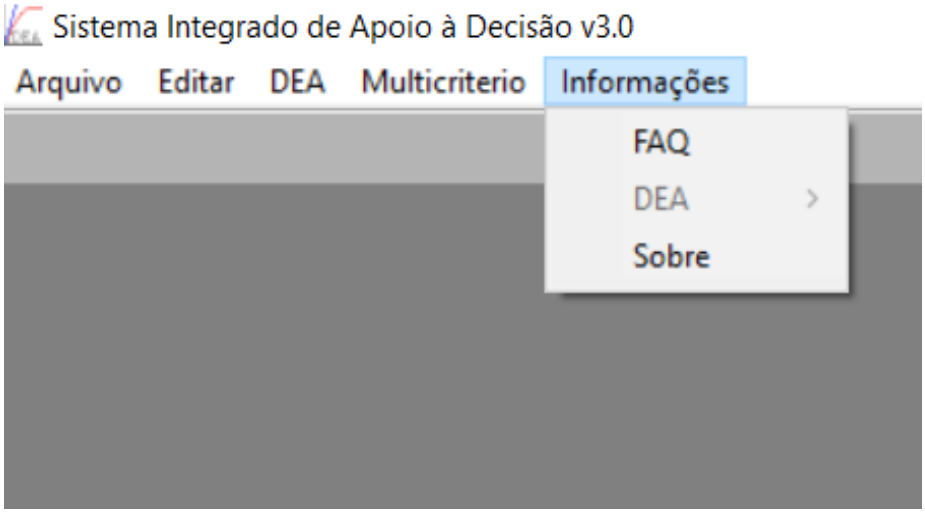


Fonte: SIAD (2021)

Destaca-se ainda, que na versão 3.0 está disponível a opção de se trabalhar com analise multicritério utilizando-se do modelo tipo borda. Segundo os autores do software em futuras versões também serão disponibilizadas as opções AHP, avalição otimista, pessimista e média.

Por fim, é disponibilizado na tela principal conforme Figura 32, o menu de informações, contendo um FAQ e o sobre que contém informações sobre os autores e endereço de e-mail para informações e sugestões.

Figura 32 - Informações sobre o software SIAD



Fonte: SIAD (2021)

APÊNDICE B – Códigos em R para a matriz de correlação posto-ordem de Spearman e gráficos gerais.

Figura 33 - Código R (correlação)

 # 1° Etapa: bibliotecas usadas

```r
library(data.table)
library(readr)
library(readxl)
library(corrplot)
library(Hmisc)
```

 # 2° Etapa: importação da base de dados

```r
library(readxl)
RFEPCT2 <- read_excel("endereço do arquivo/nome do arquivo.extensão")
```

 # 3° Etapa: verificação de normalidade usando o teste shapiro-Wilk (para uma população <=50 amostras), para cada variável, no intuito de verificar se será utilizado um teste paramétrico, ou não paramétrico.

```r
shapiro.test(RFEPCT2$RIV)
shapiro.test(RFEPCT2$TE)
shapiro.test(RFEPCT2$IEA)
shapiro.test(RFEPCT2$CC)
shapiro.test(RFEPCT2$EC)
shapiro.test(RFEPCT2$RC)
shapiro.test(RFEPCT2$ITCD)
shapiro.test(RFEPCT2$RAP)
shapiro.test(RFEPCT2$GCM)
shapiro.test(RFEPCT2$IGC)
shapiro.test(RFEPCT2$IGG)
```

 # Análise gráfica de normalidade opção 1 - boxplot

```r
boxplot(RFEPCT2$RIV)
boxplot(RFEPCT2$TE)
```

 # Análise gráfica de normalidade opção 2 - gráfico de densidade

```r
ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, Y=TE)) +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Taxa de evasão - %")+
geom_density()
```

#4° Etapa: Verifica se a existe uma relação linear (Pearson) ou não linear (Spearman) entre duas variáveis a partir do banco de dados principal.

```r
ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=TE))  +
```

```
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Taxa de evasão - %")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$TE)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$TE), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=IEA))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Índice de eficiência academica - %")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$IEA)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$IEA), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=CC))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Conclusão por ciclo - %")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$CC)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$CC), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=EC))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Evasão por ciclo - %")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$EC)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$EC), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=RC))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Retenção por ciclo - %")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$RC)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$RC), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=ITCD))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Índice de titulação de corpo docente")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$ITCD)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$ITCD), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=RAP))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Relação de matrículas por professor")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$RAP)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$RAP), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=GCM))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Gasto corrente por matrícula - R$")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$GCM)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$GCM), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=IGC))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Índice geral de curso")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$IGC)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$IGC), method="lm")

ggplot(RFEPCT2, aes(x=RIV, y=IGG))  +
labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Índice de governança e gestão")+
geom_point(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$IGG)) +
geom_smooth(aes(x=RFEPCT2$RIV, y=RFEPCT2$IGG), method="lm")

```
```
```

 # 5° Etapa: teste de correlação sem α, utilizando o método de postos de Spearman. *observação: é preciso alterar o método, uma vez que no R vem por default a correlação de Pearson.

```{r}
cor(RFEPCT2, method="Spearman")
```

 # 6° Etapa: dataframe para matriz de correlação

```{r}
m<- round (cor(RFEPCT2, method="Spearman"), 2)  # função round arredonda as casas decimais
View(m)
```

 # 7° Etapa: Cálculo da matriz de correlação de Spearman com α

```{r}
m<- rcorr(as.matrix(RFEPCT2), type = "Spearman")
m
write.table(m$P,"clipboard", sep="\t") # exporta os resultados, porém, é necessário pressionar o CRTL v no arquivo de destino, é possivel expotar o resultado da correlação (r), número de observações (n), e $\alpha$ (p).
```

opções de teste bivariada

```{r}
cor.test(RFEPCT2$RIV, RFEPCT2$TE, method = "Pearson") # variáveis X e Y quantitativs apresentando distribuição normal
cor.test(RFEPCT2$RIV, RFEPCT2$TE, method = "Spearman") # variáveis X e Y com ou sem distribuição normal, podendo ser ordinal
cor.test(RFEPCT2$RIV, RFEPCT2$TE, method = "kendall") ##  verificar se existe correlação entre duas variáveis ordinais e quando as amostras têm tamanhos reduzidos, pois o método é mais preciso.
```

#8° Etapa: análise de possíveis outliers do teste de correlação

```{r}
boxplot(m$r) # rho
```

#Análises gráficas

 # 9° Etapa: gráfico de dispersão (ponto e linhas)para os resultados da correlação de postos de Spearman, considerando duas variáveis.

```{r}
  ggplot() +
  labs(x="Relação de inscritos por vaga", y= "Taxa de evasão")+
  geom_point(aes(x=cor$RIV, y=cor$TE)) +
  geom_smooth(aes(x=cor$RIV, y=cor$TE), method="lm")

## para as variáveis RIV e TE, o teste de correlação apresentou o resultado de -0,11, com $\alpha$ >5%. Logo, a correlação é fraca negativamente e não significativa, ratificada pelo gráfico.
```

 # 10° Etapa: plota a matriz de correlação em vários formatos

```{r}
corrplot(m, # imprime em formato de  círculos
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

corrplot(m, method = "color", # imprime em formato de quadrado
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

corrplot(m, method = "ellipse", # imprime em formato de elipse
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

corrplot(m, method = "shade", # imprime em formato sombreado
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal


corrplot(m, method = "number", # imprime os valores das correlações
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

corrplot(m,type = "upper",  method = "number", # imprime somente o limite superior
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

corrplot(m,type = "lower", method = "number",# imprime  somente o limite inferior
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

```
11° Etapa: destaca com um X, as variáveis que possem um α menor que 5%, a partir dos resultados da correlação de Spearman
```{r}
#Opção 1
corrplot(m$r,p.mat=m$P,sig.level= 0.05,
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

#Opção 2
corrplot(m$r,p.mat = m$P,sig.level = 0.05,method = "number",
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
```

```
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

#Opção 3
corrplot(m$r,p.mat=m$P,sig.level = 0.05,method = "number",type = "lower",
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal

#Opção 4
corrplot(m$r,p.mat=m$P,sig.level = 0.05,method = "number",type = "upper",
addCoef.col = "black", # adiciona o coeficiente à matriz
tl.col="black", tl.srt=45, # cor e rotação do nome das variáveis
diag=FALSE)# não mostrar a diagonal principal
```

Fonte: Adaptado de Peres e Almeida (2020)

APÊNDICE C – Testes de hipóteses

Quadro 27 - Teste de hipóteses de normalidade

Hipótese - Nula	H0 = 0, ou seja, a variável analisada **tem** distribuição normal	p-valor >5%	A distribuição dos meus dados **não** se difere de maneira estatisticamente significativa de uma distribuição normal.
Hipótese - Alternativa	H1 0 , ou seja, a variável analisada **não** tem distribuição normal	p-valor <5%	A distribuição dos meus dados **se** difere de maneira estatisticamente significativa de uma distribuição normal.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

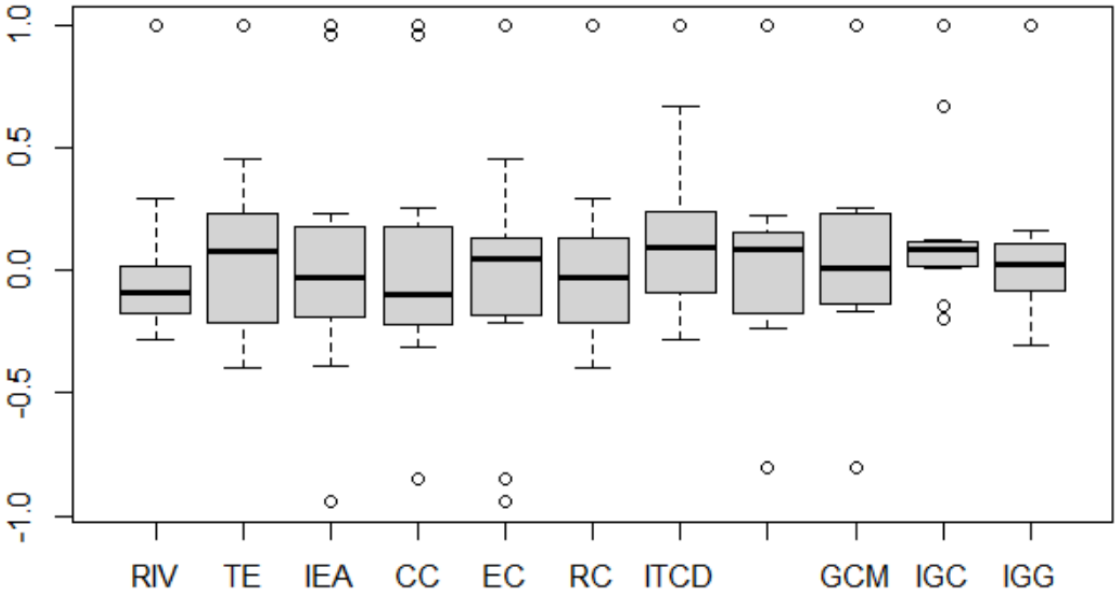
Quadro 28 - Teste de hipóteses de correlação

Hipótese - Nula	H0 = 0: O coefieciente de correlação de postos de spearman com p-valor >5%, **não** é significativo	p-valor >5%
Hipótese - Alternativa	H1: 0 O coefieciente de correlação de postos de spearman com p-valor <5%, **é** significativo	p-valor <5%

Fonte: Adaptado de Pontes (2010)

APÊNDICE D – Gráfico boxplot para análise de outliers

Figura 34 - Boxplot do resultado da correlação posto-ordem de Spearman



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

APÊNDICE E – Tabela com os resultados do α

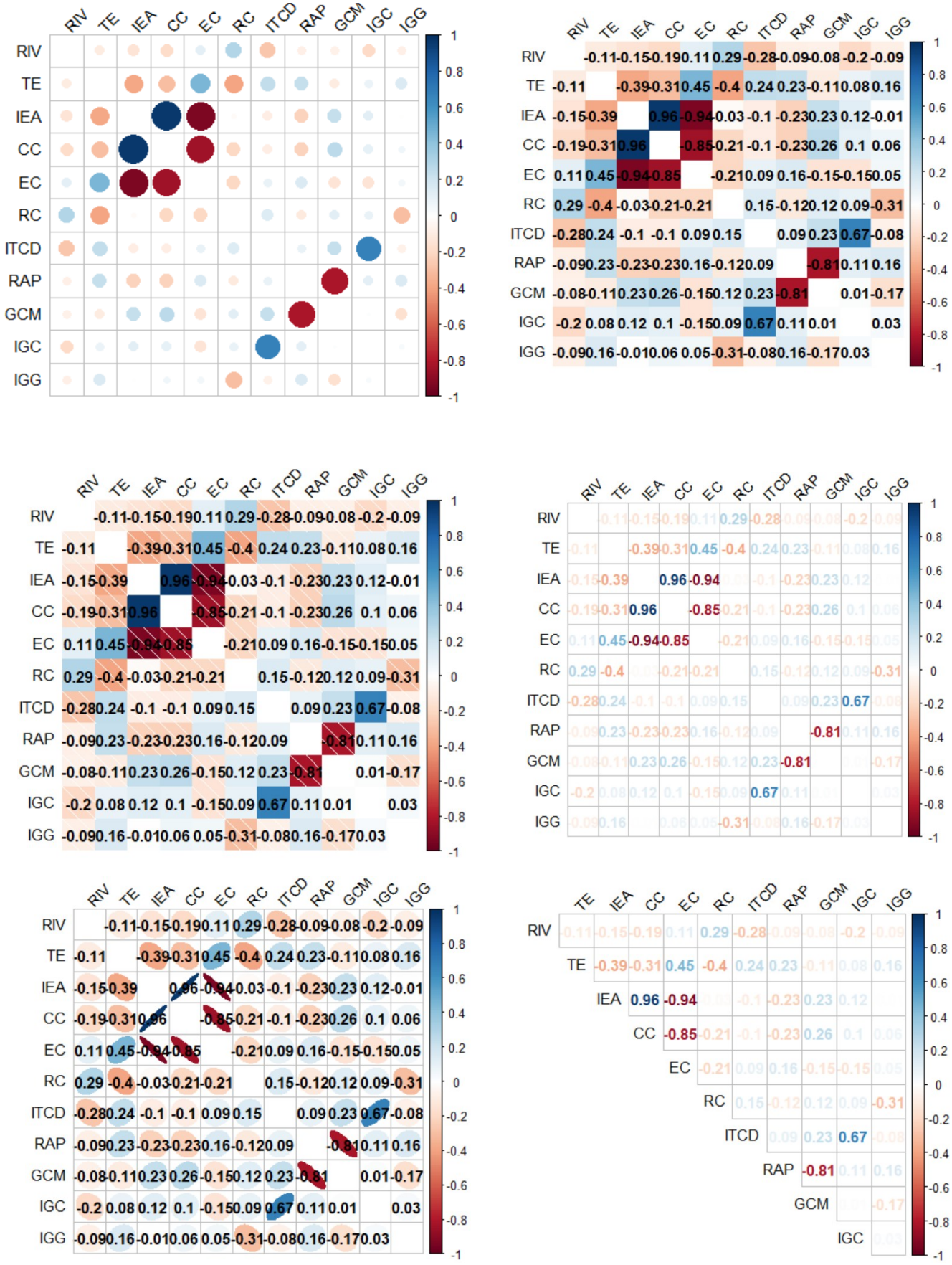
Tabela 27 - Resultado do α

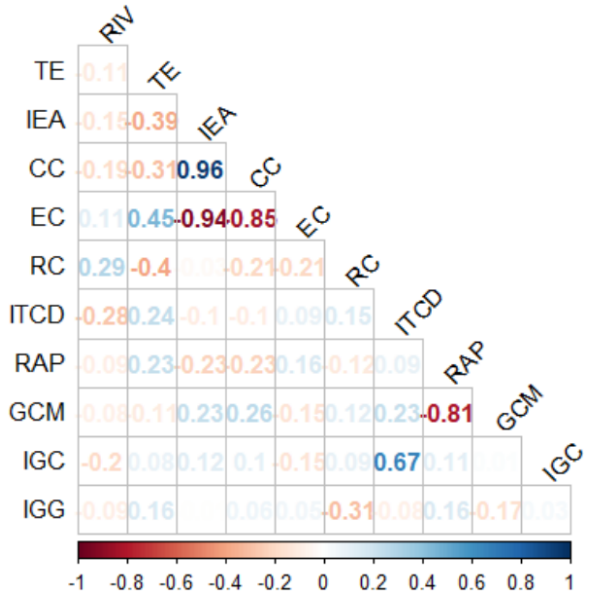
INDICADORES	RIV	TE	IEA	CC	EC	RC	ITCD	RAP	GCM	IGC	IGG
RIV		0,5037	0,342835046	0,23124358	0,506085875	0,067086703	0,080620479	0,572999079	0,63830623	0,221808338	0,579420301
TE			0,013409839	0,051397879	0,003471782	0,010440069	0,132051889	0,158443545	0,483624937	0,616016209	0,314547311
IEA				2,2E-16	2,2E-16	0,874426039	0,551361751	0,154827956	0,152240717	0,442601216	0,958748719
CC					2,2E-16	0,183307259	0,559046636	0,147889887	0,10854919	0,558360026	0,707658011
EC						0,189855614	0,57325801	0,33494741	0,345014286	0,371012521	0,779046901
RC							0,362582971	0,473999128	0,455556347	0,586904435	0,053585788
ITCD								0,593264212	0,146827072	2,68E-06	0,618611366
RAP									2,46E-08	0,485533967	0,338069547
GCM										0,933514243	0,293967374
IGC											0,867440192
IGG											

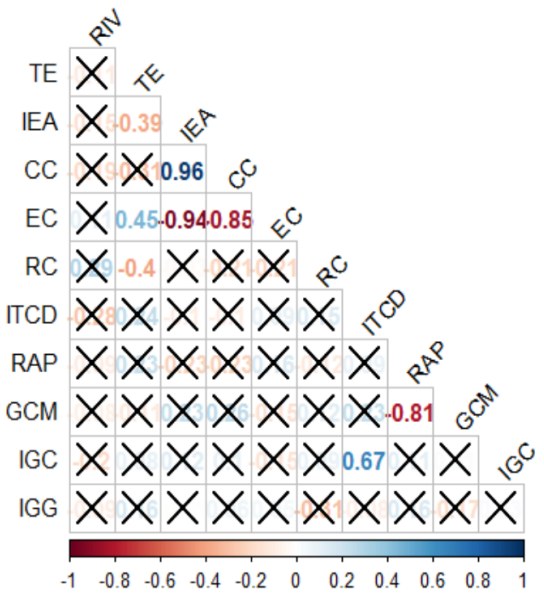
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

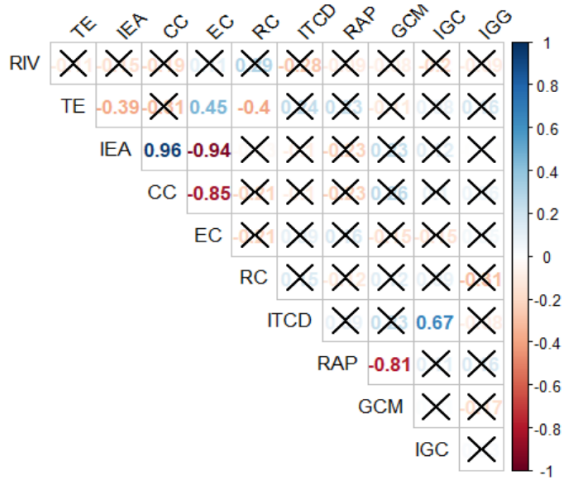
APÊNDICE F – Tipos de gráficos de correlação de postos de Spearman

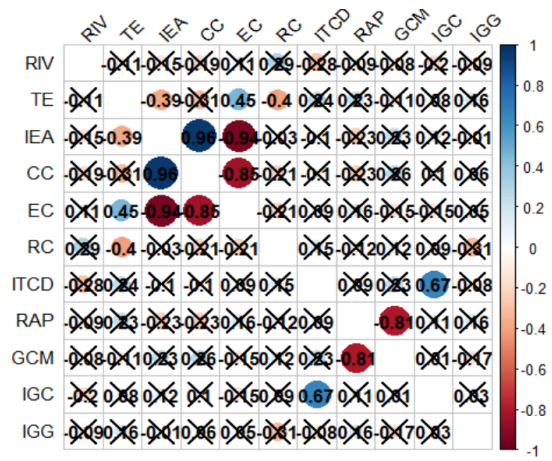
Figura 35 - Correlação de postos de Spearman

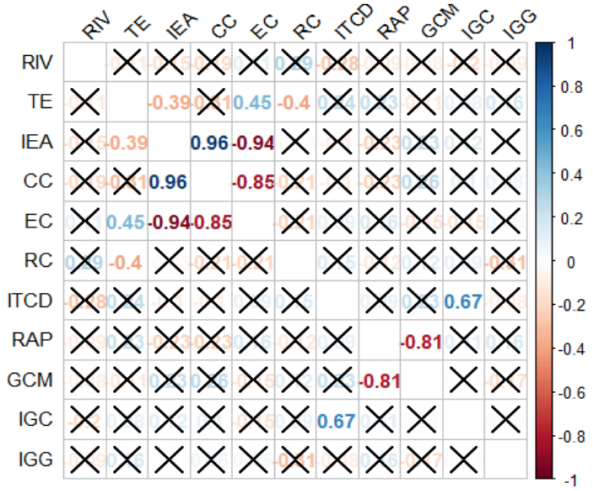












Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

APÊNDICE G– Alvos e metas

IFRO (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,28	0,28	0%		
GCM	11.602,08	11.602,08	0%		
CC	0,69	0,69		0%	
RAP	29,52	29,52		0%	
IGC	3	3		0%	
IGG	0,467	0,467		0%	

IFB (eficiência:0,910551)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,6	0,338788	43,54%		
GCM	12.277,39	12.277,39	0%		
CC	0,35	0,632731		44,68%	IFRO
RAP	26,59	29,20211		8,94%	
IGC	3	3,294709		8,94%	
IGG	0,44	0,483224		8,94%	

IFCE (eficiência:0,961130)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,49	0,463453	5,42%		
GCM	12.877,85	12.877,85	0%		
CC	0,45	0,511375		12,00%	IFRO
RAP	29,63	30,82831		3,89%	
IGC	3	3,482771		13,86%	
IGG	0,316	0,432723		26,97%	

IFSC (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,52	0,52	0%		
GCM	13.167,57	13.167,57	0%		
CC	0,46	0,46		0%	
RAP	28,72	28,72		0%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,402	0,402		0%	

IFPR (eficiência:0,807282)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,54	0,440799	18,37%		
GCM	13.651,24	13.432,75	1,60%		
CC	0,43	0,532651		19,27%	IFRN
RAP	23,6	29,23389		19,27%	
IGC	3	3,716173		19,27%	
IGG	0,31	0,511539		39,40%	

IFBA (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,5	0,484909	3,02%		
GCM	13.664,04	13.664,04	0%		
CC	0,43	0,455321		5,56%	IFSC
RAP	26,09	27,94331		6,63%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,229	0,374863		38,91%	

IFPI (eficiência:0,795567)

IFAP (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,51	0,445537	12,64%		
GCM	13.679,66	13.568,45	0,81%		
CC	0,42	0,527926		20,44%	IFRN
RAP	23,12	29,06105		20,44%	
IGC	3	3,770897		20,44%	
IGG	0,192	0,521409		63,18%	

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,26	0,26	0%		
GCM	13.723,07	13.723,07	0%		
CC	0,72	0,72		0%	
RAP	25,1	25,1		0%	
IGC	3	3		0%	
IGG	0,319	0,319		0%	

IFRN (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,36	0,36	0%		
GCM	14.077,95	14.077,95	0%		
CC	0,61	0,61		0%	
RAP	26,23	26,23		0%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,653	0,653		0%	

IFTO (eficiência:0,880056)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,5	0,5	0%		
GCM	14.169,73	13.132,01	7,32%		
CC	0,39	0,475789		18,03%	IFSULDEMINAS
RAP	27,36	31,08895		11,99%	
IGC	3	3,578947		16,18%	
IGG	0,341	0,425895		19,93%	

CEFETRJ (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,53	0,508623	4,03%		
GCM	14.223,23	13.695,33	3,71%		
CC	0,27	0,424072		36,33%	IFBA
RAP	26,12	26,4209		1,14%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,238	0,238		0%	

IFSULDEMINAS (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,66	0,66	0%		
GCM	14.244,68	14.244,68	0%		
CC	0,32	0,32		0%	
RAP	32,23	32,23		0%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,396	0,396		0%	

IFNMG (eficiência:0,919756)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,56	0,508498	9,20%		IFSULDEMINAS

IFPB (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,66	0,66	0%		

GCM	14.304,32	13.191,10	7,78%			GCM	14.542,29	14.542,29	0%	
CC	0,43	0,467515		8,02%		CC	0,27	0,27		0%
RAP	28,65	31,14955		8,02%		RAP	28,33	28,33		0%
IGC	3	3,601311		16,70%		IGC	3	3		0%
IGG	0,347	0,424307		18,22%		IGG	0,578	0,578		0%

IFSUDESTEMG (eficiência:0,915613)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,52	0,517542	0,47%		
GCM	15.135,90	13.254,00	12,43%		
CC	0,42	0,458709		8,44%	**IFSULDEMINAS**
RAP	28,58	31,21405		8,44%	
IGC	3	3,625111		17,24%	
IGG	0,171	0,422617		59,54%	

IFUSL (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,37	0,37	0%		
GCM	15.289,76	15.048,24	1,58%		
CC	0,44	0,584212		24,68%	**IFRN**
RAP	25,4	25,4		0%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,286	0,523985		45,42%	

IFGOIANO (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,52	0,52	0%		
GCM	15.339,12	14.521,99	5,33%		
CC	0,42	0,42		0%	**IFSULDEMINAS**
RAP	29,07	29,07		0%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,2	0,430794		53,57%	

IFF (eficiência:0,795096)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,54	0,49725	7,92%		
GCM	15.439,21	13.602,61	11,90%		
CC	0,38	0,47793		20,49%	**IFSULDEMINAS**
RAP	23,92	30,08441		20,49%	
IGC	3	3,773128		20,49%	
IGG	0,122	0,477676		74,46%	

IFPE (eficiência:0,808913)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,5	0,492793	1,44%		
GCM	15.543,32	13.700,66	11,85%		**IFSULDEMINAS**
CC	0,39	0,482129		19,11%	

IFSP (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,47	0,47	0%		
GCM	15.564,35	13.452,06	13,57%		**IFSC**
CC	0,49	0,506875		3,33%	

RAP	24,1	29,79308		19,11%		RAP	21,53	27,94188		22,95%	
IGC	3	3,814474		21,35%		IGC	4	4		0,00%	
IGG	0,398	0,492018		19,11%		IGG	0,433	0,480438		9,87%	

IFMT (eficiência:0,852553)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,42	0,373322	11,11%		
GCM	15.567,22	13.099,50	15,85%		
CC	0,51	0,598203		14,74%	**IFRN**
RAP	24,28	28,47917		14,74%	
IGC	3	3,594534		16,54%	
IGG	0,459	0,538383		14,74%	

IFMS (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,61	0,61	0%		
GCM	15.841,34	15.841,34	0%		
CC	0,36	0,36		0%	
RAP	21,4	21,4		0%	
IGC	3	3		0%	
IGG	0,707	0,707		0%	

IFAM (eficiência:0,811630)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,46	0,428298	6,89%		
GCM	15.915,46	14.126,98	11,24%		
CC	0,44	0,542119		18,84%	**IFRN**
RAP	22,28	27,45094		18,84%	
IGC	3	3,962813		24,30%	
IGG	0,488	0,601259		18,84%	

IFMA (eficiência:0,791206)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,37	0,339814	8,16%		
GCM	16.201,02	13.935,54	13,98%		
CC	0,5	0,631947		20,88%	**IFRN**
RAP	20,68	26,13731		20,88%	
IGC	3	3,79168		20,88%	
IGG	0,194	0,5882		67,02%	

IFAC (eficiência:0,750000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,53	0,381084	28,10%		
GCM	16.284,16	14.482,38	11,06%		
CC	0,44	0,586667		25,00%	**IFRN**
RAP	19,45	25,93333		25,00%	
IGC	3	4		25,00%	

IFRS (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,38	0,38	0%		
GCM	16.558,27	15.214,54	8,12%		
CC	0,55	0,55		0%	**IFRN**
RAP	23,96	25,29505		5,28%	
IGC	4	4		0%	

IGG	0,412	0,589 897		30,16%	

IGG	0,334	0,538 832		38,01%	

IFAL (eficiência:0,781699)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,5	0,422 429	15,51%		
GCM	16.60 3,18	13.71 8,26	17,38%		
CC	0,43	0,550 084		21,83%	IFRN
RAP	22,1	28,27 177		21,83%	
IGC	3	3,837 796		21,83%	
IGG	0,301	0,558 233		46,08%	

IFPA (eficiência:0,751116)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,5	0,385 056	22,99%		
GCM	16.71 1,12	14.07 7,43	15,76%		
CC	0,44	0,585 795		24,89%	IFRN
RAP	20,1	26,76 018		24,89%	
IGC	3	3,994 057		24,89%	
IGG	0,33	0,630 023		47,62%	

IFES (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,43	0,43	0%		
GCM	17.26 3,00	17.26 3,00	0%		
CC	0,52	0,52		0%	IFRN
RAP	23,05	23,52 773		2,03%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,338	0,517 113		34,64%	

IFBAIANO (eficiência:0,815335)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,44	0,332 936	24,33%		
GCM	17.95 7,70	13.43 5,06	25,18%		
CC	0,52	0,637 774		18,47%	IFRN
RAP	21,99	26,97 049		18,47%	
IGC	3	3,679 467		18,47%	
IGG	0,151	0,582 865		74,09%	

IFTM (eficiência:0,770901)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,5	0,400 891	19,82%		
GCM	18.04 3,59	13.83 7,00	23,31%		
CC	0,44	0,570 761		22,91%	IFRN
RAP	21,26	27,57 813		22,91%	
IGC	3	3,891 552		22,91%	
IGG	0,35	0,590 366		40,71%	

IFSERTÃOPE (eficiência:0,805759)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,52	0,401 222	22,84%		
GCM	18.34 3,21	13.42 7,84	26,80%		
CC	0,46	0,570 89		19,42%	IFRN
RAP	22,89	28,40 8		19,42%	
IGC	3	3,723 198		19,42%	
IGG	0,31	0,547 231		43,35%	

CEFETMG (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,39	0,39	0%		
GCM	18.394,08	18.394,08	0%		
CC	0,53	0,53		0%	
RAP	21,44	21,44		0%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,302	0,302		0%	

IFC (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,43	0,43	0%		
GCM	18.540,83	17.795,27	4,02%		
CC	0,5	0,502279		0,45%	IFRS
RAP	21,49	22,36601		3,92%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,347	0,347		0%	

IFMG (eficiência:0,805793)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,4	0,337337	15,67%		
GCM	18.736,68	13.445,95	28,24%		
CC	0,51	0,632917		19,42%	IFRN
RAP	21,78	27,02926		19,42%	
IGC	3	3,723039		19,42%	
IGG	0,286	0,597737		52,15%	

IFRJ (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,55	0,43	21,82%		
GCM	19.782,46	17.263,00	12,74%		
CC	0,37	0,52		28,85%	IFES
RAP	18,06	23,05		21,65%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,269	0,338		20,41%	

IFFARROUPILHA (eficiência:1,000000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,48	0,404	15,83%		
GCM	19.886,24	16.079,98	19,14%		
CC	0,47	0,553429		15,07%	IFES
RAP	21,19	24,23114		12,55%	
IGC	4	4		0%	
IGG	0,455	0,455		0%	

IFS (eficiência:0,791879)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência
EC	0,53	0,416818	21,36%		
GCM	19.918,76	13.595,18	31,75%		
CC	0,44	0,55564		20,81%	IFRN
RAP	22,49	28,4008		20,81%	
IGC	3	3,788457		20,81%	
IGG	0,396	0,550481		28,06%	

IFG (eficiência:0,750000)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência

IFRR (eficiência:0,780952)

Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	Aumento (%)	Referência

EC	0,5	0,36875	26,25%			EC	0,47	0,344146	26,78%		
GCM	21.106,52	15.336,82	27,34%			GCM	24.057,14	14.021,69	41,72%		
CC	0,44	0,586667		25,00%	**IFRN**	CC	0,49	0,627439		21,90%	**IFRN**
RAP	17,59	24,83292		29,17%		RAP	17,41	26,05085		33,17%	
IGC	3	4		25,00%		IGC	3	3,841463		21,90%	
IGG	0,238	0,550625		56,78%		IGG	0,158	0,600049		73,67%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

APÊNDICE H– Dados originais

Tabela 28 - Dados originais das variáveis de entrada

UTD	TE	EC	RC	GCM
IFRO	0,10	0,28	0,02	11602,08
IFB	0,30	0,60	0,05	12277,39
IFCE	0,20	0,49	0,06	12877,85
IFSC	0,38	0,52	0,02	13167,57
IFPR	0,11	0,54	0,03	13651,24
IFBA	0,22	0,50	0,07	13664,04
IFPI	0,15	0,51	0,06	13679,66
IFAP	0,07	0,26	0,02	13723,07
IFRN	0,17	0,36	0,03	14077,95
IFTO	0,24	0,50	0,11	14169,73
CEFET-RJ	0,08	0,53	0,20	14223,23
IFSULDEMINAS	0,29	0,66	0,02	14244,68
IFNMG	0,21	0,56	0,01	14304,32
IFPB	0,14	0,66	0,08	14542,29
IFSUDESTEMG	0,26	0,52	0,06	15135,90
IFSUL	0,12	0,37	0,19	15289,76
IFGOIANO	0,29	0,52	0,07	15339,12
IFF	0,10	0,54	0,08	15439,21
IFPE	0,16	0,50	0,12	15543,32
IFSP	0,24	0,47	0,03	15564,35
IFMT	0,12	0,42	0,07	15567,22
IFMS	0,27	0,61	0,03	15841,34
IFAM	0,14	0,46	0,10	15915,46
IFMA	0,08	0,37	0,13	16201,02
IFAC	0,17	0,53	0,03	16284,16
IFRS	0,14	0,38	0,07	16558,27
IFAL	0,15	0,50	0,07	16603,18
IFPA	0,18	0,50	0,06	16711,12
IFES	0,19	0,43	0,05	17263,00
IFBAIANO	0,25	0,44	0,04	17957,70
IFTM	0,24	0,50	0,06	18043,59
IFSERTÃO-PE	0,19	0,52	0,01	18343,21
CEFET-MG	0,11	0,39	0,08	18394,08
IFC	0,14	0,43	0,08	18540,83
IFMG	0,11	0,40	0,08	18736,68
IFRJ	0,16	0,55	0,08	19782,46
IFFarroupilha	0,13	0,48	0,04	19886,24
IFS	0,22	0,53	0,03	19918,76
IFG	0,20	0,50	0,06	21106,52
IFRR	0,11	0,47	0,05	24057,14

Média	0,18	0,48	0,06	16105,72
Desvio Padrão	0,0710494	0,086428811	0,04201123	2605,723277

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Tabela 29 - Dados originais das variáveis de saída

UTD	RIV	IEA	CC	ITCD	RAP	IGC	IGG
IFRO	4,72	0,712	0,69	3,6	29,52	3	0,467
IFB	8,88	0,372	0,35	4,0	26,59	3	0,440
IFCE	5,76	0,479	0,45	4,0	29,63	3	0,316
IFSC	3,46	0,467	0,46	4,1	28,72	4	0,402
IFPR	2,40	0,440	0,43	4,0	23,60	3	0,310
IFBA	5,92	0,458	0,43	3,9	26,09	4	0,229
IFPI	5,26	0,452	0,42	3,7	23,12	3	0,192
IFAP	3,95	0,736	0,72	3,4	25,10	3	0,319
IFRN	3,39	0,628	0,61	4,1	26,23	4	0,653
IFTO	4,13	0,440	0,39	3,9	27,36	3	0,341
CEFET-RJ	5,95	0,336	0,27	4,2	26,12	4	0,238
IFSULDEMINAS	1,43	0,328	0,32	4,3	32,23	4	0,396
IFNMG	3,46	0,434	0,43	3,9	28,65	3	0,347
IFPB	5,29	0,288	0,27	4,1	28,33	3	0,578
IFSUDESTEMG	4,44	0,446	0,42	4,2	28,58	3	0,171
IFSUL	3,84	0,540	0,44	4,1	25,40	4	0,286
IFGOIANO	2,74	0,445	0,42	4,3	29,07	4	0,200
IFF	4,06	0,417	0,38	3,9	23,92	3	0,122
IFPE	4,53	0,437	0,39	3,9	24,10	3	0,398
IFSP	3,87	0,510	0,49	4,1	21,53	4	0,433
IFMT	2,30	0,545	0,51	3,9	24,28	3	0,459
IFMS	2,37	0,374	0,36	3,8	21,40	3	0,707
IFAM	10,78	0,489	0,44	3,5	22,28	3	0,488
IFMA	4,91	0,574	0,50	3,7	20,68	3	0,194
IFAC	9,17	0,454	0,44	3,6	19,45	3	0,412
IFRS	1,33	0,592	0,55	4,3	23,96	4	0,334
IFAL	5,63	0,460	0,43	3,8	22,10	3	0,301
IFPA	9,91	0,470	0,44	3,7	20,10	3	0,330
IFES	4,65	0,545	0,52	4,2	23,05	4	0,338
IFBAIANO	2,82	0,541	0,52	4,0	21,99	3	0,151
IFTM	3,19	0,468	0,44	4,2	21,26	3	0,350
IFSERTÃO-PE	4,18	0,468	0,46	3,8	22,89	3	0,310
CEFET-MG	8,27	0,577	0,53	4,4	21,44	4	0,302
IFC	2,71	0,538	0,50	4,2	21,49	4	0,347
IFMG	4,03	0,560	0,51	4,1	21,78	3	0,286
IFRJ	5,80	0,403	0,37	4,3	18,06	4	0,269
IFFarroupilha	2,73	0,493	0,47	4,2	21,19	4	0,455
IFS	5,07	0,450	0,44	4,1	22,49	3	0,396
IFG	4,32	0,472	0,44	4,2	17,59	3	0,238
IFRR	3,34	0,511	0,49	3,7	17,41	3	0,158
Média	4,62	0,48	0,45	3,99	23,97	3,35	0,34
Desvio Padrão	2,1928181	0,091435556	0,09121517	0,244477	3,591416	0,483046	0,12908

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)