

**UNIVERSIDADE FUMEC
FACULDADE DE CIÊNCIAS EMPRESARIAIS - FACE
DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO**

THIAGO HENRIQUE MARTINS PEREIRA

Triple Bottom Line Theory: a mensuração da performance organizacional por meio dos pilares ambiental, econômico e social no setor energético brasileiro

Belo Horizonte

2021

THIAGO HENRIQUE MARTINS PEREIRA

Triple Bottom Line Theory: a mensuração da performance organizacional por meio dos pilares ambiental, econômico e social no setor energético brasileiro

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Administração da Universidade FUMEC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Área de concentração: Gestão Estratégica de Organizações.

Linha de pesquisa: Estratégia em Organizações e Comportamento Organizacional

Orientador: Dr. Henrique Cordeiro Martins

Belo Horizonte

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436t Pereira, Thiago Henrique Martins, 1991-
Triple Bottom Line Theory: a mensuração da performance organizacional por meio dos pilares ambiental, econômico e social no setor energético brasileiro / Thiago Henrique Martins Pereira. - Belo Horizonte, 2021.
157 f. : il.

Orientador: Henrique Cordeiro Martins
Tese (Doutorado em Administração), Universidade FUMEC, Faculdade de Ciências Empresariais, 2021.

1. Data Envelopment Analysis. 2. Desempenho. 3. Organização. I. Título. II. Martins, Henrique Cordeiro. III. Universidade FUMEC, Faculdade de Ciências Empresariais.

CDU: 658.012.2



Tese intitulada “**Triple Bottom Line Theory: a mensuração da performance organizacional por meio dos pilares ambiental, econômico e social no setor energético brasileiro**”, de autoria do doutorando *Thiago Henrique Martins Pereira* aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Henrique Cordeiro Martins - Universidade FUMEC
(Orientador)

Profª. Dra. Roberta de Cássia Macedo - Universidade FUMEC
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Danilo de Melo Costa – Universidade FUMEC
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos - UFV
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Pedro Verga Matos – Universidade de Lisboa
(Examinador Externo)

Profª. Dra. Cristiana Fernandes de Muylder
Coordenadora do Programa de Doutorado e Mestrado em Administração da Universidade
FUMEC

Belo Horizonte, 30 de março de 2021

Henrique Cordeiro Martins

Roberta de Cassia Macedo

Danilo de Melo Costa

Professor

Pedro Verga Matos



REQUESTED

TITLE **Assinatura de ata e contra-capas Universidade**

FILE NAME **50747887-3e54-4234-b64f-7a3925eeb91f.pdf**

RESQUEST ID **signature_request_a2c104d6-2722-4db9-b156-39ce4**

REQUESTED BY **Karem Estefani Oliveira De Paula**

STATUS **● Completed**

Professor (henrique.martins@fumec.br)



SENDED

09/07/2021
12:08:59UTC±0



SIGNED

09/07/2021
12:09:18UTC±0
201.17.157.131

Professor (roberta.macedo@fumec.br)



SENDED

09/07/2021
18:09:21UTC±0



SIGNED

09/07/2021
18:09:34UTC±0
201.80.0.239

Professor (danilo.costa@fumec.br)



SENDED

09/07/2021
18:11:05UTC±0



SIGNED


09/07/2021
18:11:23UTC±0
201.80.177.3

Professor (cflemos@hotmail.com)

 SENDED	09/07/2021 18:11:32UTC±0	 SIGNED	16/09/2021 21:00:12UTC±0 201.49.237.160
---	-----------------------------	---	---

Professor (pvmatos@iseg.ulisboa.pt)

 SENDED	16/09/2021 21:01:15UTC±0	 SIGNED	16/09/2021 21:02:12UTC±0 37.28.223.165
---	-----------------------------	---	--

 COMPLETED	16/09/2021 21:02:12 UTC±0 The document has been completed.
--	--

*“Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades,
Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades”*

Luís de Camões

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Henrique Cordeiro Martins, pela orientação exemplar, amigo nas horas mais difíceis e com quem tive a honra de aprender ensinamentos que extrapolam a teoria; aos professores Carlos Fernando Lemos, Danilo de Melo Costa, Roberta de Cássia Macedo e Pedro Verga Matos, por suas contribuições na fase de qualificação e defesa; ao professor Jersone Tasso Moreira Silva, pelo auxílio na formatação do projeto inicial; aos docentes do Programa de Doutorado e Mestrado em Administração da Universidade FUMEC, pela troca de conhecimentos, e ao corpo técnico da FUMEC, pelo apoio na resolução de imbróglios administrativos. Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos que tanto me incentivaram ao longo dessa jornada, em especial aos colegas de trabalho da Essencis, Estácio e PUC-MG.

RESUMO

A produção científica sobre *Triple Bottom Line* (TBL) tem despertado a atenção da literatura. Prova disto é o crescimento exponencial das publicações sobre este tema. Neste contexto, uma série de fatores relacionam-se com este contínuo interesse acadêmico, dentre eles: a escassez de recursos produtivos e a necessidade de se otimizar os processos. Conforme verificado nesta tese, estudos recentes sobre TBL tem atribuído especial atenção a temas voltados para a construção de indicadores de sustentabilidade, a mensuração do desempenho de organizações e a formulação de sistemas de tomada de decisão. Desta forma, destaca-se que, no âmbito da TBL, o modelo decisório é aquele que, apesar da presença de incertezas e riscos, consegue permitir o melhor desempenho ambiental, econômico e social por parte das organizações. Para tal, é fundamental o reconhecimento de que os recursos são limitados e que uma série de pré-requisitos precisam ser alcançados de modo a se obterem decisões ótimas. Assim, com o intuito de divulgar práticas de gestão alinhadas ao contexto da TBL, as organizações passaram a elaborar anualmente os intitulados “Relatórios de Sustentabilidade”. Esta tese é pioneira, uma vez que construiu um modelo de aferição do desempenho ambiental, econômico e social tendo como *locus* de pesquisa as empresas do setor energético brasileiro. A escolha deste segmento se deu em função da relevância da sustentabilidade na operação destas companhias. Para tal, fez uso das informações contidas em seus relatórios internacionais de sustentabilidade. Esta tese realizou cálculos de eficiência baseados em diversas métricas. Em primeiro lugar, os modelos clássicos de *Data Envelopment Analysis* (DEA) foram executados de modo a se aferir o desempenho das organizações. Em um segundo momento, através de modelos DEA de supereficiência, foi possível detectar aquelas organizações que possuíam valores atípicos para os seus *inputs* e ou *outputs*. Desta forma, foi possível testar e validar a hipótese de que os modelos de supereficiência produzem variações significativas nos níveis de eficiência (em comparação aos modelos clássicos). Verificou-se que a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) foi a única a obter eficiência máxima para todos os modelos de supereficiência estimados, levando-se em consideração a performance ambiental, econômica e social. Ainda, verificou-se que o grau de eficiência econômica assumiu valores superiores, daqueles obtidos na performance ambiental e social para as empresas analisadas. Por fim, após a estimação dos modelos de supereficiência, os escores de desempenho obtidos, tanto para o modelo ambiental, econômico e social, foram regredidos através de variáveis discricionárias. Destaca-se que os fatores relacionados ao desempenho das organizações são variáveis e que dependem fortemente da tipologia do modelo de *performance* utilizado, como a sua orientação, por exemplo. Espera-se que este trabalho auxilie no futuro formuladores de políticas públicas e privadas, uma vez que apresenta métricas para a mensuração da *performance* organizacional através de uma perspectiva sustentável.

Palavras-chaves: *Data Envelopment Analysis*, Desempenho organizacional, Sustentabilidade, *Triple Bottom Line*.

ABSTRACT

Scientific production on Triple Bottom Line (TBL), although recent, has attracted the literature attention. Proof of this is the exponential growth of publications. In this context, a series of factors are related to this continuous academic interest, among them: the scarcity of productive resources and the need to optimize processes. As verified in this thesis, recent studies on TBL have paid special attention to themes aimed at building sustainability indicators, measuring the performance of organizations and formulating decision-making systems. Thus, it is noteworthy that, within the scope of TBL, the decision-making model is one that, despite the presence of uncertainties and risks, manages to allow the best environmental, economic and social performance on the part of organizations. To this end, it is essential to recognize that resources are limited and that a series of prerequisites must be met to obtain optimal decisions. Thus, to disseminate management practices in line with the context of TBL, organizations began to annually prepare the so-called "Sustainability Reports". This thesis is pioneering, since it has built a model for measuring environmental, economic and social performance, with companies in the Brazilian energy sector as the *locus* of research. The choice of this segment was due to the relevance of sustainability in the operation of these companies. To this end, it made use of the information contained in its international sustainability reports. This thesis performed efficiency calculations based on several metrics. First, the classic Data Envelopment Analysis (DEA) models were performed to measure the performance of organizations. In a second step, through DEA models of super efficiency, it was possible to detect those organizations that had atypical values for their inputs and or outputs. In this way, it was possible to test and validate the hypothesis that super-efficiency models produce significant variations in efficiency levels (compared to classic models). It was found that Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) was the only one to obtain maximum efficiency for all estimated super-efficiency models, considering environmental, economic and social performance. Still, it was found that the degree of economic efficiency assumed higher values, than those obtained in the environmental and social performance for the analyzed companies. Finally, after estimating the super-efficiency models, the performance scores obtained, both for the environmental, economic and social model, were regressed through discretionary variables. It is noteworthy that the factors related to the performance of organizations are variable and that it strongly depends on the typology of the model, such as its orientation, for example. This work is expected to assist future public and private policy makers, as it presents metrics for measuring organizational performance from a sustainable perspective.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Organizational Performance, Sustainability, Triple Bottom Line.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Evolução temporal das pesquisas sobre *Triple Bottom Line*
- Figura 2** – Evolução temporal no uso das principais *keywords* sobre *Triple Bottom Line*
- Figura 3** – As principais dimensões do *Social Impact Assessment* (SIA)
- Figura 4** – *Triple Bottom Line* e o ponto de equilíbrio da sustentabilidade organizacional
- Figura 5** – Relacionamento entre os agentes inseridos em sistemas de logística reversa
- Figura 6** – O processo de tomada de decisão
- Figura 7** – Representação esquemática dos modelos DEA (CRS e VRS)
- Figura 8** – Representação matemática dos modelos de eficiência da classe DEA
- Figura 9** – Modelo hipotético da tese de doutorado
- Figura 10** – Síntese dos procedimentos metodológicos
- Figura 11** – Diagrama de correlação para os *inputs* e *outputs* ambientais
- Figura 12** – *Inputs* e *outputs* dos do modelo de desempenho Ambiental
- Figura 13** – Diagrama de correlação para os *inputs* e *outputs* econômicos
- Figura 14** – *Inputs* e *outputs* dos do modelo de desempenho Econômico
- Figura 15** – Diagrama de correlação para os *inputs* e *outputs* sociais
- Figura 16** – *Inputs* e *outputs* dos do modelo de desempenho Social
- Figura 17** – Correlograma entre as eficiências ambiental, econômica e social
- Figura A1** – Formulação básica dos modelos de *Data Envelopment Analysis* (DEA)
- Figura A2** – Teste de Supereficiência (modelo ambiental, orientado a *inputs*, retornos VRS)
- Figura A3** – Teste de Supereficiência (modelo ambiental, orientado a *outputs*, retornos VRS)
- Figura A4** – Teste de Supereficiência (modelo econômico, orientado a *inputs*, retornos VRS)
- Figura A5** – Teste de Supereficiência (modelo econômico, orientado a *outputs*, retornos VRS)
- Figura A6** – Teste de Supereficiência (modelo social, orientado a *inputs*, retornos VRS)
- Figura A7** – Teste de Supereficiência (modelo social, orientado a *outputs*, retornos VRS)
- Figura A8** – Comprovante de publicação de artigo em periódico indexado (Qualis)
- Figura A9** – Comprovante de aceite de publicação de artigo em congresso nacional
- Figura A10** – Comprovante de aceite de publicação de artigo em conferência internacional
- Figura A11** – Comprovante de aceite de publicação de artigo em periódico internacional

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* ambientais
- Tabela 2** – Eficiência Ambiental com orientação a *inputs* (retornos constantes e variáveis a escala)
- Tabela 3** – Eficiência Ambiental com orientação a *outputs* (retornos constantes e variáveis a escala)
- Tabela 4** – *Benchmark* para as organizações - modelo ambiental
- Tabela 5** – Regressão Tobit para os escores de eficiência ambiental
- Tabela 6** – Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* econômicos
- Tabela 7** – Eficiência Econômica com orientação a *inputs* (retornos constantes e variáveis a escala)
- Tabela 8** – Eficiência Econômica com orientação a *outputs* (retornos constantes e variáveis a escala)
- Tabela 9** – *Benchmark* para as organizações - modelo econômico
- Tabela 10** – Regressão Tobit para os escores de eficiência econômica
- Tabela 11** – Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* sociais
- Tabela 12** – Eficiência Social com orientação a *inputs* (retornos constantes e variáveis a escala)
- Tabela 13** – Eficiência Social com orientação a *outputs* (retornos constantes e variáveis a escala)
- Tabela 14** – *Benchmark* para as organizações - modelo social
- Tabela 15** – Regressão Tobit para os escores de eficiência social
- Tabela 16** – Relação entre os níveis de desempenho econômico e a *performance* ambiental e social
- Tabela 17** – DMUs classificadas com *outliers* para distintos modelos de eficiência
- Tabela 18** – Modelo de supereficiência - desempenho ambiental
- Tabela 19** – Modelo de supereficiência - desempenho econômico
- Tabela 20** – Modelo de supereficiência - desempenho social
- Tabela 21** – Desempenho ambiental: Teste-t para o modelo DEA de Supereficiência e Clássico (*inputs e outputs*)
- Tabela 22** – Desempenho econômico: Teste-t para o modelo DEA de Supereficiência e Clássico (*inputs e outputs*)
- Tabela 23** – Desempenho social: Teste-t para o modelo DEA de Supereficiência e Clássico (*inputs e outputs*)
- Tabela 24** – Regressão Tobit para os escores de eficiência ambiental
- Tabela 25** – Regressão Tobit para os escores de eficiência econômica
- Tabela 26** – Regressão Tobit para os escores de eficiência social
- Tabela 27** - *Ranking* global de eficiência após a estimação dos escores de supereficiência - Modelo VRS com orientação a *inputs*
- Tabela 28** - *Ranking* global de eficiência após a estimação dos escores de supereficiência - Modelo VRS com orientação a *outputs*

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - *Inputs* e *outputs* utilizados pela literatura em estudos sobre *TBL* e análise de desempenho

Quadro 2 - Variáveis econômicas, ambientais e sociais disponíveis no GRI

Quadro 3 - Relação das *Decision Making Units* (DMUs) utilizadas nesta tese

ABREVIATURAS E SIGLAS

BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodels
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i> (Retornos Constantes de Escala)
CSR	<i>Corporate Social Responsibility</i> (Responsabilidade Social Corporativa)
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise Envoltória de Dados)
DMU	<i>Decision Making Unit</i> (Unidade Tomadora de Decisão)
ECIA	<i>Economic Impact Assessment</i> (Avaliação de Impacto Econômico)
EIA	<i>Environmental Impact Assessment</i> (Avaliação de Impacto Ambiental)
EMS	<i>Efficiency Measurement System</i> (Sistema de Medição de Eficiência)
EOC	Estratégia em organizações e comportamento organizacional
ETM	Estratégia e tecnologias em <i>marketing</i>
GIA	<i>Gender Impact Assessment</i> (Avaliação de impacto de gênero)
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i> (Iniciativa Global de Informação)
HIA	<i>Health Impact Assessment</i> (Avaliação de Impacto na Saúde)
HUIA	<i>Human Impact Assessment</i> (Avaliação de Impacto Humano)
HRIA	<i>Human Rights Impact Assessment</i> (Avaliação de Impacto de Direitos Humanos)
IBEAS	Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i> (Avaliação do Ciclo de Vida)
MNE	<i>Multinational Enterprises</i> (Empresas Multinacionais)
PDMA	Programa de Doutorado e Mestrado em Administração
RA	<i>Risk Assessment</i> (Avaliação de Risco)
SSE	<i>Social and Solidarity Economy</i> (Economia Social e Solidária)
SIA	<i>Social Impact Assessment</i> (Avaliação de Impacto Social)
TA	<i>Technology Assessment</i> (Avaliação de Tecnologia)
TBL	<i>Triple Bottom Line</i> (Tripé da Sustentabilidade)
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i> (Retornos Variáveis de Escala)
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i> (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento)

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Objetivos.....	22
1.1.1 Objetivos específicos.....	22
1.2. Justificativa.....	23
2. REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1. <i>Triple Bottom Line Theory</i>	29
2.2. Pilar Ambiental do <i>Triple Bottom Line</i>	33
2.3. Pilar Social do <i>Triple Bottom Line</i>	41
2.4. Pilar Econômico do <i>Triple Bottom Line</i>	45
2.4.1. <i>Sustainable Management</i>	47
2.4.2. <i>Decision-making process</i>	47
2.5. Modelos de otimização e Medidas de eficiência.....	49
2.5.1. <i>Data Envelopment Analysis</i>	50
2.5.2. Modelos complementares para a aferição do desempenho.....	57
2.6. Resumo de variáveis e hipóteses de pesquisa.....	59
2.7. Modelo.....	61
3. METODOLOGIA.....	62
3.1. Tipo de pesquisa	62
3.2. Fonte de dados.....	63
3.3. Construção do modelo de eficiência para as organizações do setor energético	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4.1. Desempenho Ambiental	70
4.2. Desempenho Econômico	83
4.3. Desempenho Social	93
4.4. Relação existente entre o desempenho econômico, ambiental e social.....	103
4.5. Modelos de desempenho (DEA) baseados na classe de supereficiência.....	107
4.6. Determinantes do desempenho para o modelo DEA de supereficiência.....	115
4.7. Desempenho global das empresas – <i>performance</i> ambiental, econômica e social.....	118
5. CONCLUSÕES.....	122
REFERÊNCIAS	126
APÊNDICE	151

1. INTRODUÇÃO

A escassez de recursos naturais e ambientais, caracterizada pela crescente demanda de insumos por parte das cadeias globais de suprimento, tem levado os países a intensificarem o delineamento de políticas públicas sustentáveis. Neste contexto, tanto as entidades públicas quanto as organizações privadas, estão sendo estimuladas a repensarem as suas práticas de modo a propiciar o aumento da eficiência ambiental, econômica e social de seus processos produtivos. É neste cenário de escassez de recursos que a sustentabilidade assume lugar de destaque, sendo, inclusive, um elemento de diferenciação que pode propiciar o aumento de competitividade no mercado internacional (LOWITT, 2011; MATOPOULOS et al., 2015; DE CARVALHO et al., 2020; HE et al., 2020).

O conceito de sustentabilidade é oriundo da ecologia e descreve um sistema regenerativo natural, ou seja, uma estrutura que consegue manter as suas propriedades básicas ao longo do tempo, de modo a satisfazer uma dada população, reabastecendo-a continuamente (ZHOU et al., 2018). Dito de outra forma, a sustentabilidade pode ser definida como o grau de resiliência dos sistemas e dos processos (CHOFREH et al., 2015). O principal marco teórico da sustentabilidade é o conceito de desenvolvimento sustentável, elaborado pela *World Commission on Environment and Development* (WCED) e que é definido como sendo: “aquele processo que consegue suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras” (BRUNDTLAND et al., 1987).

Uma vez que o desenvolvimento sustentável lida com o progresso que não compromete os recursos para o futuro, este conceito pode ser compreendido através de três perspectivas, a saber: (i) um tipo de crescimento que é ambientalmente amigável; (ii) uma forma de desenvolvimento que deve ser economicamente viável e, por fim (iii) aquele tipo de desenvolvimento que deve preconizar pela responsabilidade social. Inspirado no caráter tripartite do desenvolvimento sustentável, John Elkington definiu no ano de 1994 um novo marco teórico, denominado *Triple Bottom Line* (TBL ou 3BL). Este conceito ganhou relevância na medida em que permitiu a inserção dos princípios da sustentabilidade dentro das organizações empresariais (ELKINGTON, 2001).

De acordo com Elkington (2001), o TBL pode ser compreendido como uma extensão do conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que este incorporou elementos como a equidade social, os fundamentos econômicos e a responsabilidade ambiental. De modo a resumir a essência do constructo TBL, John Elkington sugeriu que o foco deste conceito está centrado em apenas três palavras: *people, planet e profit*, ou seja, trata-se de uma abordagem plural para a sustentabilidade, que dialogou diretamente com a realidade das organizações empresariais (HINDLE, 2009). A primeira organização a adotar este conceito em seus processos internos foi a companhia de petróleo Shell, no ano de 1997 (ELKINGTON, 1997).

Dentre os atributos que notabilizaram o TBL, destaca-se que ao abarcar os elementos ambientais, econômicos e sociais, esta teoria conseguiu abordar diversos elementos de uma mesma organização, dentro de um único modelo teórico (JANJUA, SARKER e BISWAS, 2020). Desde então, diversas iniciativas foram tomadas nos níveis local, nacional e internacional, com o objetivo de abordar os distintos aspectos da sustentabilidade e os seus respectivos desafios (MEBRATU, 1998; MICHELSEN et al., 2016). Dentre estas iniciativas, destaca-se a gestão de capital intelectual e as atividades de sustentabilidade em organizações globais (TONIAL et al., 2019); a avaliação do planejamento corporativo e de iniciativas futuras de sustentabilidade em organizações (RODRIGUEZ, SVENSSON e WOOD, 2020); a adoção de práticas da TBL no contexto da *Internet of things* (IoT), dentre outros projetos voltados a criação de valor nos processos de negócios atuais das empresas (MATTERA e GAVA, 2021).

A importância conceitual do TBL serviu como um “farol” para as organizações, ou seja, significou um "ato de equilíbrio" para todas as empresas que almejam o êxito nas esferas ambiental, econômica e de responsabilidade social. Destaca-se que o TBL ainda possui relevância, tanto no campo teórico quanto na esfera prática, uma vez que é crescente a preocupação global com o desenvolvimento sustentável, no que diz respeito às práticas de responsabilidade social e corporativas de excelência (GOH et al., 2020; PHILLIPS et al., 2020).

Apesar do *Triple Bottom Line* representar um significativo avanço conceitual, algumas lacunas teóricas deste conceito ainda precisam ser analisadas com maior grau de profundidade. Em linhas gerais, as organizações se diferem umas das outras quanto a estrutura, a conduta no mercado e ao desempenho esperado de suas atividades (LOPES, 2016). Assim sendo, variáveis como a complexidade dos sistemas de governança, bem como a influência de variáveis

externas, como, por exemplo, a influência da alternância de partidos políticos nas políticas de sustentabilidade organizacional pode enriquecer as teorias sobre o TBL (BENDELL e SHAH, 2002).

Em função da relevância do TBL outros modelos teóricos complementares foram criados, em especial, destaca-se o *Fourth Bottom Line*, que consiste em um conceito cunhado pelo Prof. Ayman Sawaf, que visa incluir também o *purpose (culture, spirituality e faith)* como uma de suas vertentes. Desta forma, as organizações também estão imbuídas de um “propósito” para lucrar mais e, assim, conseguir ajudar de maneira mais concreta as pessoas e o planeta (O’NEIL, 2018). Assim sendo, inserir a noção de “políticas de percepção” devem ser exploradas pelas organizações, uma vez que permitem analisar elementos como o impacto da política, dos partidos políticos e formuladores de políticas na sociedade, nos negócios e no ambiente natural como um todo (BUYS, 2010). A presente tese reconhece estas limitações do TBL, entretanto, em função desta se tratar do modelo mais difundido em termos de sustentabilidade organizacional, ela será analisada com maior grau de profundidade no que diz respeito aos processos de mensuração do desempenho das empresas.

A partir do início dos anos 2000, um forte movimento global fez com que as empresas se sentissem pressionadas a direcionar esforços aos princípios do *Triple Bottom Line* (ELKINGTON, 2002). De acordo com Zhu et al. (2018), essa tendência é explicada em função do descompasso entre a crescente demanda por recursos naturais e a escassez de diversos destes insumos. Este problema torna-se ainda mais evidente ao se levar em consideração as recentes mudanças no perfil de consumo de uma parcela dos consumidores, que passou a exigir certificações ambientais, produtos e ou serviços do tipo *Cruelty-free* por exemplo, ou seja, que não adotem práticas de produção antiéticas (TANG e ZHOU, 2012). Em acréscimo, o recente desenvolvimento dos mercados emergentes, como a China e a Índia, pressionam ainda mais a sustentabilidade das organizações, dado que impactam o arranjo das cadeias produtivas a nível global (BURKI, ERSOY e DAHLSTROM, 2018).

É neste contexto de escassez de insumos que a necessidade de se estudar a sustentabilidade das organizações ganha relevância. Desta forma, o sucesso nos processos de gerenciamento da sustentabilidade organizacional dependem de modelos de avaliação bem definidos. A célebre frase de Joseph Juran ilustra esta questão: “quem não mede não gerencia, quem não gerencia

não melhora” (CONTI et al., 2017). Assim sendo, medir a *performance* das organizações, quanto ao uso de recursos produtivos é um tema que desperta o interesse dos governos locais, do setor empresarial e da sociedade de forma em geral (STUBBS e COCKLIN, 2008; REHMAN et al., 2019).

Destaca-se que avaliar de forma sistêmica o desempenho organizacional não é uma tarefa simples (ROMANO; GUERRINI, 2011), pois para que a gestão de uma dada empresa seja satisfatória em termos ambientais, econômicos e sociais é necessário atingir simultaneamente um considerável número de indicadores. Assume-se, portanto, que os recursos investidos nas instituições deveriam resultar em maior equilíbrio financeiro por parte delas, desenvolvimento da região em que se encontram, e conseqüentemente, em aumento da qualidade de vida de seus clientes e colaboradores (MATTAROZZI, 2019).

Dada a complexidade e a emergência do tema, uma série de estudos tem sido apresentados pela literatura, como objetivo de fornecer *insights* para a mensuração do grau de desempenho das organizações. De acordo com Zhu et al. (2018), três categorias de indicadores e métodos para avaliação com enfoque em processos sustentáveis merecem destaque: (i) *System analysis*: trata-se de uma abordagem que considera tanto os relacionamentos entre os componentes internos de um dado sistema, quanto as relações existentes entre os componentes internos e o ambiente externo (ULANOWICZ et al., 2009; BODINI, BONDAVALLI e ALLESIN, 2012); (ii) *Flow analysis*: avalia a sustentabilidade do sistema mediante o grau de utilização dos recursos. Esta vertente considera somente a relação entre os componentes internos do sistema e o ambiente externo (PAOLI, VASSALLO e FABIANO, 2008; Campbell e GARMESTANI, 2012) e (iii) *Indicator enumeration*: à partir da escolha de indicadores ambientais, econômicos, sociais e institucionais, avalia a sustentabilidade do sistema sem levar em consideração o grau de relacionamento dos mesmos (NESS et al., 2007; OU e LIU, 2010).

Em especial, em função da escassez dos recursos produtivos, uma classe específica de modelos vem ganhando notoriedade acadêmica, dado que se relaciona diretamente com os princípios da TBL. Trata-se dos estudos que abordam a temática da eficiência no uso de recursos (YANG, LEE e HU, 2016; ZHOU et al., 2018; CHEN, SU e ROGERS, 2019). A eficiência é compreendida como sendo um conceito relativo e que compara o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ser produzido com os mesmos recursos (ZHU, 2014).

Destaca-se que eficiência é diferente da eficácia, esta segunda se relaciona ao alcance de objetivos definidos. Além disso, eficiência não é o mesmo que efetividade, pois esta associa os resultados atingidos aos compromissos assumidos (RODRIGUES, 2015).

Neste contexto, a eficiência demonstra-se uma importante variável a ser considerada em estudos sobre o *Triple Bottom Line Theory*, uma vez que o uso racional dos recursos favorece a disponibilidade futura de insumos, ajuda a preservar o meio ambiente e melhora os indicadores econômico-financeiros e de competitividade das organizações (SALA, 2020). Em acréscimo, a eficiência ainda estimula indiretamente outras práticas sustentáveis e que geram impactos positivos para a sociedade, como, por exemplo, o reaproveitamento de resíduos sólidos e urbanos (OZTURKOGLU, SAR e SAYGILI, 2019). É neste contexto de externalidades positivas que se desdobram a partir de práticas eficientes de gestão que ações como a logística reversa ganham lugar de destaque no debate acadêmico (BORGERT et al., 2020). Paralelamente, a sustentabilidade das organizações no século XXI permeia a chamada *Circular Economy*, ou seja, é possível extrair valor dos resíduos, repensar o ciclo de vida dos produtos e saber utilizar os recursos de forma eficiente, dado que são escassos.

Especificamente no tocante ao cálculo da eficiência, ele é um tema amplamente discutido na literatura (LIU et al. 2013; EMOUZNEJAD; YANG, 2017). Quando aplicado à sustentabilidade econômica das organizações permite determinar a *performance* das empresas, isto é, mensurar a habilidade destas entidades em obter máximos produtos, dados os insumos à disposição, ou manter os níveis de produção utilizando o mínimo possível de insumos (ZHU, 2014). Segundo Jamas e Pollitt (2000), os principais métodos de estimação da eficiência de empregados são a *Data Envelopment Analysis* (DEA) e a *Stochastic Frontier Analysis* (SFA). Destaca-se ainda que os modelos da classe DEA tem sido os mais utilizados pela literatura científica para tal fim (GUERRINI, ROMANO e CAMPEDELLI, 2013; WORTHINGTON, 2014).

A DEA compara o desempenho de unidades operacionais similares (*Decision Making Units – DMUs*), que consomem os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*, diferenciando-se apenas nas quantidades consumidas e produzidas. Yousefi et al. (2016) evidenciam as vantagens da metodologia DEA, como a escolha de *inputs* e *outputs*, que podem ser medidos em unidades diferentes e não há a necessidade de se conhecer os preços daquelas variáveis, ou

seja, a técnica demonstra potencial para avaliar a eficiência de entidades governamentais, uma vez que estas não visam a obtenção de lucros. Ferreira e Gomes (2009) acrescentam que o referido método não exige relação funcional entre *inputs* e *outputs* e a análise concentra-se em observações individuais e não em médias de uma população estatística.

Uma particularidade dos modelos clássicos de DEA é a construção da fronteira de eficiência, que serve como um mecanismo de *benchmarking* para as DMUs estudadas (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978; BANKER, CHARNES e COOPER, 1984). Esta fronteira é composta pelas DMUs com as melhores práticas e que utilizaram de forma ótima os recursos disponíveis. A construção da fronteira de eficiência se baseia em uma abordagem não-paramétrica, a qual, por meio da técnica de programação matemática, gera empiricamente um limiar de produção ao definir quais são as DMUs com a maior eficiência (RODRIGUES, 2015). Assim sendo, o grau de eficiência de uma dada DMU, que oscila de zero a um, irá variar em função da distância desta DMU àquela fronteira de eficiência (FERREIRA e GOMES, 2009).

Apesar de constituir uma teoria consagrada, os modelos clássicos de DEA apresentam algumas lacunas teóricas a serem preenchidas. Em primeiro lugar destaca-se que estes modelos são fortemente dependentes da qualidade das informações disponíveis. Este processo foi comprovado por Andersen e Petersen (1993), que afirmaram que DMUs com valores ínfimos ou extremamente elevados, tanto para *inputs*, quanto para *outputs*, podem deslocar artificialmente a fronteira de eficiência, levando a escores viesados de eficiência. Diante do exposto, os modelos tradicionais de DEA falham ao não se levar em consideração esta fragilidade teórica e assim, podem produzir resultados inconsistentes.

Como os modelos da classe DEA servem de substrato para a formulação e o direcionamento de políticas de gestão tanto na esfera pública, quanto na esfera privada, a concepção de modelos de eficiência com o viés apontado por Andersen e Petersen (1993) pode comprometer a mensuração da sustentabilidade das organizações. Um exemplo disto é o recente relatório elaborado pelo Banco Mundial, intitulado: *Um ajuste justo: análise da eficiência e equidade do gasto público no Brasil* (BANCO MUNDIAL, 2017). Apesar de ser uma importante contribuição teórica sobre a qualidade do gasto em saúde e educação do governo brasileiro, este relatório desconsidera o impacto de *outliers* entre os insumos e produtos do modelo DEA.

O uso de modelos da classe DEA em situações correlatas à *Triple Bottom Line Theory* constitui objeto de interesse acadêmico. Neste sentido, destaca-se que o rol de aplicações possíveis é variado e abarca os seguintes casos: (i) TBL e a *performance* de organizações do setor de turismo (ASSAF, JOSIASSEN e CVELBAR, 2012); (ii) TBL e o desempenho de organizações industriais (HANG, KUO e CHEN; 2013); TBL e a eficiência do setor elétrico (Sartori et al., 2015); (iii) a eficiência dos combustíveis no contexto da TBL (MCWILLIAMS et al., 2016); a eficiência nos processos de desenvolvimento urbano e regional através dos princípios da TBL (YANG, LEE e HU, 2016) e (iv) desempenho e *tradeoffs* dos modelos pautados na TBL (CHEN, SU e ROGERS, 2019).

Adicionalmente, existem ainda outros estudos que abordaram especificamente a eficiência de organizações dos setores ambientais e de saúde. Como exemplos, podem-se citar os trabalhos de Thanassoulis (2000); Thupper e Resende (2004); Xavier et al. (2010) e Dos Santos, Balbino e Estevam (2015). Em comum, estes estudos ao avaliarem a eficiência em diferentes segmentos organizacionais, utilizaram modelos clássicos de DEA, os quais, desconsideram a influência de determinadas DMUs no deslocamento da fronteira de eficiência global, o que pode gerar resultados viesados (ANDERSEN e PETERSEN, 1993).

De modo a contornar esta fragilidade teórica, especificamente no que diz respeito à mensuração do desempenho das organizações, a presente tese inova ao apresentar um modelo DEA da classe de “supereficiência”, ou seja, um modelo que consegue detectar aquelas DMUs classificadas como *outliers*, que serão devidamente excluídas da amostra, de modo a se obter resultados inéditos e mais acurados para a eficiência das organizações no contexto da *Triple Bottom Line theory*. Destaca-se que a formulação de políticas públicas e a definição de estratégias globais de atuação das cadeias globais dependem de métricas acuradas de desempenho, portanto, a construção de um marco teórico robusto permitirá a adoção de políticas mais assertivas, contribuindo para uma maior confiabilidade dos sistemas gerenciais e de suporte a decisão.

Sendo assim, nesta tese mostra-se o *gap* que os modelos clássicos de DEA podem gerar ao mensurar a eficiência de uma dada DMU, que por essa razão, poderia ter resultados superestimados. Diante do exposto, a presente tese inova por propor um modelo de avaliação da eficiência das organizações, que incorpora a teoria de supereficiência DEA e amplia-se

assim, os debates feitos em Thanassoulis (2000), Thupper e Resende (2004), Xavier et al. (2010) e Dos Santos, Balbino e Estevam (2015).

Neste contexto, da mensuração da *performance* ambiental, econômica e social das organizações, torna-se fundamental analisar o cenário produtivo em que as empresas se encontram. Assim sendo, destaca-se que as recentes transformações organizacionais, advindas do processo acelerado de automação industrial, notadamente na figura da Indústria 4.0 (LASI, 2014; XU, XU e LI, 2018) alterou significante o modo de se produzir um bem ou serviço, por exemplo. No centro deste debate situam-se as fontes de energia utilizadas no setor produtivo, uma vez que a energia é a base de todo processo de produção (TWIDELL, 2015).

Destaca-se que tanto o advento da Indústria 4.0, quanto a busca pela sustentabilidade organizacional, impulsionaram o desenvolvimento de tecnologias com o potencial de mitigar a emissão de gases do efeito estufa. Estas novas tecnologias preconizaram o uso racional dos recursos ambientais, como é o caso da proposta das *Smart Cities* (CARAGLIU, DEL BO e NIJKAMP, 2011; BATTY et al., 2012), a qual é pautada em novos arranjos energéticos, notadamente na figura dos *Smart Grids* (SIANO, 2014; CAMPAGNA et al., 2020).

Especificamente no contexto do Brasil, apesar da abundância de fontes de energia, propiciadas pela variabilidade geomorfológica e pela extensão territorial, o desenvolvimento pleno do setor energético ainda não foi alcançado (TOLMASQUIM, 2012; GOLDEMBERG e MOREIRA, 2015). Uma constatação disto é a dificuldade em ter um sistema elétrico interligando plenamente a região norte ao restante do país. Acrescenta-se a este fato o desafio em conseguir uma demanda crescente de energia por parte dos consumidores com um parque energético, razoavelmente fixo. Em função deste descompasso entre a demanda e a oferta de energia, problemas como apagões são recorrentes (BARDELIN, 2004; GALVÃO e BERMAN, 2015). Neste contexto, o longo apagão de energia vivenciado no Estado do Amapá no ano de 2020 ilustra o quanto o tema é relevante e atual.

Desta forma, a realização de um estudo tendo como *locus* de pesquisa as organizações do setor energético justifica-se, uma vez que o Brasil possui uma matriz energética amplamente baseada em energias renováveis, portanto, a temática da sustentabilidade é uma realidade neste setor (RAIMUNDO et al., 2018; NADALETI, DOS SANTOS e LOURENÇO, 2020). Em,

acrécimo, destaca-se que o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, ultrapassando importantes países como a Alemanha, França e Japão, por exemplo (MARIUZZO, 2007). Desta forma, esta pesquisa, ao abordar as práticas mais eficientes de gestão com base na TBL poderá servir como uma ferramenta que permita o desenvolvimento contínuo do setor energético brasileiro.

Desta forma, no contexto da *Triple Bottom Line Theory*, formula-se a seguinte questão de pesquisa: Qual é o grau de eficiência ambiental, econômica e social das principais organizações do setor energético brasileiro? Paralelamente, no contexto da *TBL Theory*, questiona-se: as empresas que possuem bom desempenho econômico-financeiro, também são eficientes nas esferas ambiental e social?

Diante do exposto, destaca-se que este trabalho tem por hipótese que a mensuração do desempenho organizacional é dependente da acurácia dos modelos de eficiência utilizados para tal fim, assim, a não observação de entidades com *inputs* ínfimos ou *outputs* muito acima do esperado (*outliers*) pode produzir resultados superestimados ou subestimados para a *performance* das empresas analisadas. Em acréscimo, com base na *Eco-efficiency Theory* (BIRKIN e WOODWARD, 1997), *Stakeholder Theory* (FREEMAN, 1984) e na *Legitimacy Theory* (GUTHRIE e PARKER, 1989) assume-se aqui a hipótese de que empresas do setor energético brasileiro, eficientes em termos ambientais e sociais, tendem a ter melhor desempenho econômico-financeiro.

De modo a estabelecer um objeto de pesquisa definido, utilizar-se-á como *locus* de pesquisa todas as companhias energéticas do Brasil que fazem parte do *Global Reporting Initiative* (GRI). A escolha do GRI se deu uma vez que se trata de uma ferramenta *online* inovadora que preconiza fornecer uma visão geral das organizações e de seus relatórios ambientais, econômicos e sociais, o que fornece informações de sustentabilidade aderentes ao contexto da *Triple Bottom Line Theory* (GRI, 2020).

1.1. Objetivos

A partir dos pressupostos do *Tripple Bottom Line Theory*, pretende-se, através de um modelo DEA de Supereficiência, avaliar o desempenho de organizações do setor energético brasileiro no que diz respeito aos pilares ambiental, econômico e social, verificando quais variáveis afetam o desempenho destas empresas.

1.1.1 Objetivos específicos

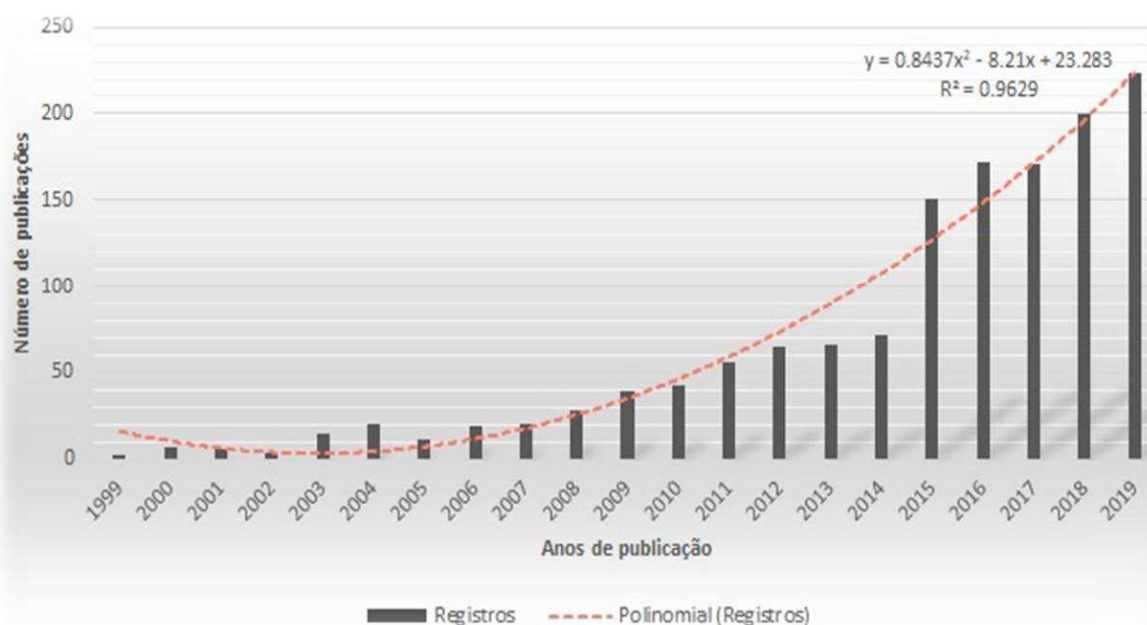
- a) Construir os modelos de DEA a partir dos indicadores inseridos no GRI, levando-se em consideração o desempenho ambiental, econômico e social das organizações;
- b) Identificar, através de um modelo de “Supereficiência”, quais são as organizações (*Decision Making Units*) classificadas como *outliers*;
- c) Construir um modelo de supereficiência que leve em consideração as entidades classificadas como *outliers*;
- d) Verificar quais são as variáveis contextuais que afetam o desempenho das organizações estudadas (anos desde a formação, número de empregadas e presença capital aberto).

1.2. Justificativa

A presente tese tem como base a teoria do *Triple Bottom Line*. A escolha deste tema levou em consideração o contínuo interesse da literatura sobre esta teoria. De maneira a evidenciar a evolução do interesse acadêmico sobre as pesquisas relacionadas ao tripé da sustentabilidade, a Figura 1 apresenta o número de publicação sobre TBL em função dos anos. Para tal, selecionou-se todas as publicações indexadas junto a base da *Web of Science* (WoS), dado que esta constitui um dos principais repositórios de pesquisa do mundo (LI, ROLLINS e YAN, 2018).

Ainda, de acordo com a Figura 1, percebe-se um crescimento exponencial do número de publicações em função dos anos. Complementarmente, de acordo com a porção superior, à direita da Figura 1, verifica-se que 96,29% das variações no número de materiais publicados sobre a *Triple Bottom Line Theory* pode ser explicada pela variação temporal. Diante do exposto, as evidências científicas da relevância da TBL na atualidade são significativas.

Figura 1– Evolução temporal das pesquisas sobre *Triple Bottom Line*¹



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

¹ Elaborado com base em todas as publicações (artigos, conferências e livros, que apresentaram a expressão: *Triple Bottom Line* em seus títulos, resumos ou *keywords*), publicadas entre os anos de 1999 a 2019 e indexadas junto a base da *Web of Science* (WoS).

Apesar do constructo TBL apresentar uma tendência crescente no número de pesquisas, ele possui ainda aproximadamente vinte anos de existência, ou seja, em função de ser algo novo, pressupõe-se aqui, que há espaço para melhorias e para o desenvolvimento de teorias complementares e que abordem algumas de suas fragilidades. Neste contexto, destaca-se algumas vertentes teóricas tem despertado a atenção da literatura, como é o caso do *Fourth Bottom Line* (BENDELL e SHAH, 2002; NAYATULLAH, 2005), e do *Quintuple Botton Line* (ATKINSON e VAN DER SOMMEN, 2006). Apesar da importância crescente das supracitadas teorias, esta pesquisa terá como objeto apenas o *Triple Bottom Line*, pois o objetivo de análise aqui proposto está centrado nas métricas de aferição do desempenho organizacional, literatura esta, que ainda não possui robustez teórica nas versões do *Fourth Bottom Line* e do *Quintuple Botton Line*.

De maneira a verificar as principais lacunas de pesquisa nesta área, bem como verificar as áreas quentes e frias dos estudos acadêmicos sobre TBL, a Figura 2 apresenta o *cluster* formado pelas principais *keywords* utilizadas em estudos sobre TBL. Como critério de seleção, foram selecionadas apenas as *keywords* utilizadas por pelo menos vinte vezes em estudos distintos, ou seja, aquelas que possuem maior relevância nas pesquisas sobre TBL. Destaca-se que as *keywords* foram classificadas em cores, onde a cor amarela denota as palavras-chave utilizadas em estudos recentes. Percebe-se que as pesquisas atuais sobre TBL tem atribuído destacada importância para a mensuração do desempenho de organizações, tanto no aspecto financeiro, quanto na esfera ambiental. Diante do exposto, a presente tese justifica-se, uma vez que o desenvolvimento de modelos acurados de mensuração da *performance* de organizações (sob a ótica da TBL) é um objeto de atual interesse da literatura.

De acordo com a Figura 2, as principais palavras-chave atreladas ao escopo deste trabalho foram destacadas de vermelho. São elas: (i) *financial performance*; (ii) *firm performance*; (iii) *environmental performance*; (iv) *competitive advantage*; (v) *sustainability reporting*; (vi) *decision-making* e (vii) *sustainability assessment*.

Em especial, destaca-se aqui a estreita conexão da *keyword sustainable reporting* com o escopo deste trabalho. Em linhas gerais, os relatórios de sustentabilidade podem ser entendidos como um conjunto de ferramentas utilizados pelas empresas de cunho sustentável e que objetivam apresentar seus indicadores sociais, econômicos e ambientais com maior grau transparência

teóricas ainda precisam ser preenchidas. Destaca-se que os modelos clássicos de DEA (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978; BANKER, CHARNES e COOPER, 1984) tem sido recorrentemente utilizados em pesquisas sobre *Triple Bottom Line* (HANG, KUO e CHEN, 2013; SARTORI et al., 2015; MCWILLIAMS et al., 2016; YANG, LEE e HU, 2016; ZHOU et al., 2018; CHEN, SU e ROGERS, 2019).

De maneira geral, os modelos clássicos de DEA possuem algumas limitações: (i) são influenciados pelas variáveis de entrada e de saída (*inputs* e *outputs*) de modo a que valores atípicos podem deslocar artificialmente a fronteira de eficiência das DMUs, logo, estes modelos, podem efetuar uma “avaliação benevolente” da eficiência organizacional o que possibilita um possível viés de análise no modelo (ANDERSEN e PETERSEN; 1993) e (ii) não explicam as causas da eficiência ou ineficiência das DMUs (FERREIRA; GOMES, 2009). Logo, os modelos clássicos podem não ser apropriados para avaliar a eficiência das organizações em um contexto da *Triple Bottom Line Theory*.

Dito de outra forma, os escores de eficiência obtidos pelos modelos clássicos de DEA possuem sensibilidade quanto à presença de *outliers*. Este fato ocorre quando se detecta a presença de *inputs* extremamente baixos ou ainda, *outputs* muito além do valor esperado para uma dada DMU. Esta característica levaria a níveis reduzidos de eficiência para as demais DMUs, o que pode acarretar uma subestimativa dos escores globais de eficiência. Destaca-se ainda que o modelo DEA baseia-se no conceito de fronteira de eficiência, formado por um número reduzido de observações, onde uma única DMU afastada da média pode empurrar a fronteira e, conseqüentemente, alterar artificialmente os padrões de eficiência para todas as demais DMUs (DE SOUSA e STOŠIĆ, 2005).

Destaca-se que o presente estudo contribui para a literatura sobre *Triple Bottom Line*, pois, irá apresentar um modelo robusto de tomada a decisão, capaz de aferir a *performance* de organizações do setor energético quanto ao uso de recursos produtivos. Assim sendo pretende-se de incorporar de forma inédita os modelos de supereficiência da classe DEA, permitindo assim a obtenção de resultados mais confiáveis, bem como irá realizar um segundo estágio (análise econométrica) de modo a não somente determinar um *ranking* de eficiência, mas sobretudo explicar quais são as variáveis que afetam o desempenho das organizações. Esta tese também inova ao incorporar o algoritmo eficiente de Simar e Wilson (2007), de modo que se

possam encontrar escores livres da influência de fatores ambientais. Através desta perspectiva debater-se-á se fatores como o clima e a localização geográfica de uma organização podem impactar no grau de desempenho de suas atividades

Assim, esta tese de doutorado justifica-se, uma vez que apresentou de maneira pioneira um modelo que incorporou a análise de supereficiência em uma pesquisa com enfoque relativo ao *Triple Bottom Line*. Espera-se que esta inovação propicie uma maneira mais confiável de se aferir a performance de organizações, uma vez que levará em conta a influência de valores atípicos, tanto dos *inputs*, quanto dos *outputs*. Neste contexto, reitera-se que avaliar de maneira mais precisa os aspectos sustentáveis das empresas, pode auxiliar na execução de projetos e no processo de tomada de decisão por parte das organizações públicas e privadas. Por fim, uma vez que os recursos são escassos e a sustentabilidade é um elemento fundamental para o meio ambiente, para a economia e para a sociedade, destaca-se que esta tese pode contribuir para a literatura, dado que além de calcular de modo acurado a eficiência das organizações, também determinou, por meio de modelos de regressão, quais são aqueles fatores que determinam o desempenho destas entidades.

A presente tese é aderente ao Programa de Doutorado e Mestrado em Administração (PDMA) da Universidade FUMEC uma vez que está relacionado à área de concentração em Gestão Estratégica de Organizações e à linha de pesquisa: Estratégia em organizações e comportamento organizacional (EOC). Neste sentido, esta tese ao fazer uso de métodos de apoio à decisão aplicados no contexto da *Triple Bottom Line Theory* vai de encontro a um dos principais desafios da atualidade: o alcance da eficiência ambiental, econômica e social por parte das organizações.

Diante do exposto, esta tese poderá constituir um importante instrumento para fomentar políticas públicas e privadas, pois, a identificação de *benchmarks* eficientes servirá como um ponto de referência às empresas classificadas como ineficientes

Por fim, no que diz respeito à viabilidade de execução desta tese, destaca-se que a escolha da base de dados, oriunda do *Global Reporting Initiative*, foi feita uma vez que são informações gratuitas, ou seja, não resultaram em dispêndios financeiros. Paralelamente, a escolha do GRI possui outro elemento que balizou a feitura deste trabalho, a saber: os dados do GRI são

auditados por empresas internacionais de notório reconhecimento, como é o caso da Deleoitte e da Ernst & Young, por exemplo. Desta forma, assume-se que as informações divulgadas foram verificadas previamente por organizações externas, o que confere maior robustez aos relatórios de sustentabilidade das organizações que foram objeto deste estudo.

Esta tese está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, os objetivos e a justificativa para a realização desta pesquisa. O capítulo dois é composto pelo referencial teórico, onde a teoria sobre *Triple Bottom Line* e *Data Envelopment Analysis* é abordada em detalhes. De acordo com as evidências teóricas apresentadas no capítulo dois as hipóteses foram formulados. O capítulo três constitui o delineamento metodológico desta tese, onde a base de dados utilizada, bem como os métodos utilizados são apresentados. O capítulo 4 e 5 apresentam os resultados e a discussão, respectivamente. Por fim, nos apêndices desta tese os certificados de publicações de artigos são apresentados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo se estrutura em quatro seções. A primeira delas descreve os princípios gerais da *Triple Bottom Line Theory*, sob a ótica dos pilares ambiental, econômico e social. A segunda seção apresenta as bases do *Sustainable Management*, ferramenta importante para a gestão das organizações. A terceira seção aborda as bases do Processo de Tomada de Decisão e a sua relação com as medidas de *performance* das organizações. Por fim, a quarta seção discute medidas de desempenho aplicadas aos modelos TBL, em especial apresenta-se pressupostos teóricos e lacunas relativas ao método de eficiência denominado *Data Envelopment Analysis*.

2.1. *Triple Bottom Line Theory*

Em um contexto de escassez de recursos naturais e de intensa competição entre as cadeias produtivas globais, a mensuração da sustentabilidade das organizações constitui uma tarefa relevante e, assim, suscita um profundo exercício teórico (QUARSHIE, SALMI e LEUSCHNER, 2016; JIMÉNEZ-ZARCO, MORENO-GAVARA e NJOMKAP, 2019). Desta forma, destaca-se o caráter multidisciplinar das atividades organizacionais, em que para se alcançar uma visão global do desempenho torna-se condição *sine qua non* o estudo minucioso do tripé da sustentabilidade, formado por três perspectivas, a saber: ambiental, social e econômica (DE TOLEDO et al., 2019). Este fato surge do caráter de atuação das organizações, que, além da possibilidade de produção de bens e serviços, pode atrelar-se à geração de externalidades negativas e positivas ao meio ambiente e à sociedade como um todo (DE GIACOMO et al., 2019; SCHNEIDER, 2019).

Diante do exposto, destaca-se que o tema “sustentabilidade organizacional”, por ser vasto, aglutina abordagens teóricas complementares, sendo, portanto, fundamental estratificar o que é de fato o tripé da sustentabilidade e, em seguida, através de uma perspectiva crítica, apresentar quais são as suas conexões com os modelos clássicos de desempenho e otimização de sistemas organizacionais, bem como apontar as principais lacunas a serem preenchidas pelas teorias apresentadas. Pretende-se assim, dialogar sobre os principais pontos e contrapontos que oponham ou integrem as várias abordagens já desenvolvidas no contexto da sustentabilidade das organizações.

Destaca-se que a primeira tentativa de definir o que de fato é a sustentabilidade iniciou-se com o estudo pioneiro da Organização das Nações Unidas, por meio do *World Commission on Environment and Development*, que definiu: “[...] desenvolvimento sustentável é aquele que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Conforme Gimenez, Sierra e Rodon (2012) apontam, a supracitada definição, apesar de relevante, está fortemente atrelada a um contexto geral, o qual não apresenta um roteiro prático de como implantar as premissas sustentáveis pelas organizações. A necessidade de orientações práticas acerca de como identificar necessidades presentes *versus* necessidades futuras, bem como estratificar as tecnologias e os recursos para atender a estas necessidades motivou o desenvolvimento de teorias adicionais (HART, 1995; STARIK, RANDS e GORDON, 1995).

Com o intuito de entender como equilibrar efetivamente as responsabilidades organizacionais entre as várias partes interessadas, surge a teoria do tripé da sustentabilidade, *Triple Bottom Line* (TBL), cunhada pela primeira vez na década de 1990, Elkington (1998), que, em função do seu caráter disruptivo, tornou-se um importante marco conceitual. Esta teoria ao assumir que a sustentabilidade de uma organização ia além das tradicionais métricas econômico-financeiras jogou luz sobre a importância de outras dimensões, notadamente expressas no pilar ambiental e no contexto de articulação social das instituições.

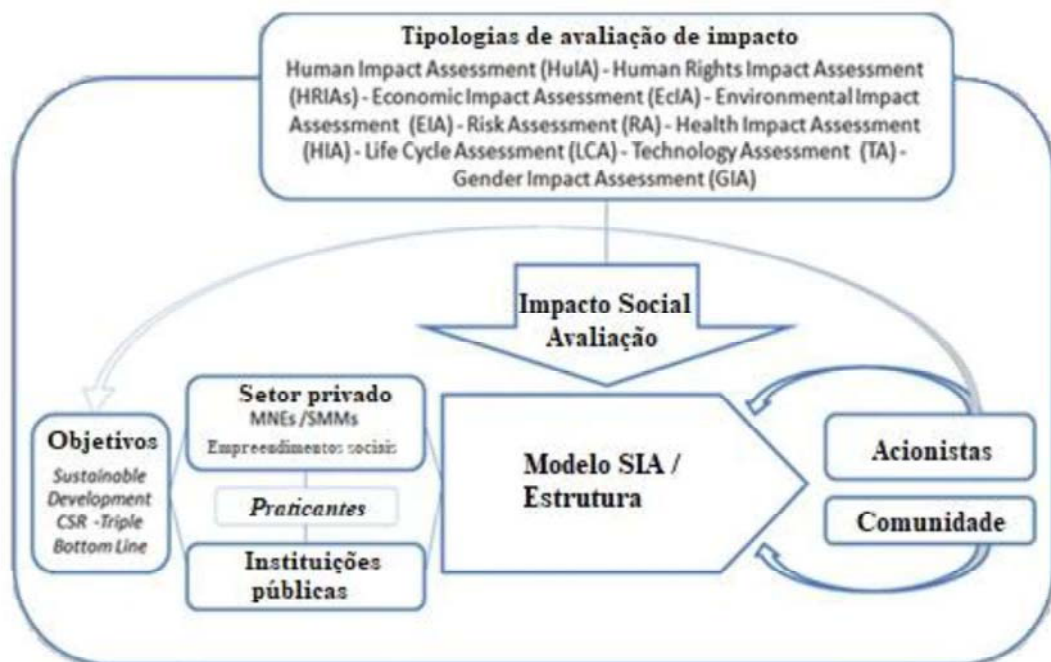
O TBL representou uma mudança de paradigma importante, entretanto, o pilar de sustentabilidade econômico de uma empresa vai além de apenas indicadores financeiros. A sobrevivência econômica ultrapassa o limite interno da organização e permeia diversos outros fatores, como a estrutura de mercado na qual se insere a organização. Reconhece-se aqui que as ações e estratégias de uma firma variam em função da tipologia de mercado, do número de concorrentes e das barreiras de entrada e saída de organizações concorrentes. Portanto, a esfera econômica abarca decisões estratégicas e sequencias, as quais, em função de sua complexidade necessitam de vasto ferramental analítico, como a Teoria dos Jogos, por exemplo.

Destaca-se que os princípios inovadores da *Triple Bottom Line Theory* repercutiram de maneira positiva na comunidade científica e serviram de modelo para diversas empresas de gestão, consultoria, investimento e organizações não governamentais ao redor do mundo (NORMAN e MACDONALD, 2004). Apesar de o TBL ter criado um conceito abrangente e que pode ser

aplicado ao contexto de negócios no âmbito das empresas, da esfera governamental e, também, aplicado a organizações não governamentais, algumas abordagens complementares merecem destaque.

Em especial, destaca-se a importância do modelo *Social Impact Assessment* (SIA) (FREUDENBURG, 1986; BECKER, 2001). A Figura 3 apresenta de maneira esquemática os inter-relacionamentos da SIA com a *TBL theory*, bem como com os principais métodos de mensuração de impactos (CARLEY e BUSTELO, 2019; DANEKE, PRISCOLI e GARCIA, 2019). Segundo Bice e Moffat (2014), a SIA consiste em uma abordagem voltada para o atendimento das demandas da comunidade e de diversos atores sociais (BICE e MOFFAT, 2014), assim sendo, ela articula tanto instituições públicas quanto entes privados e auxilia no propósito de alcançar práticas do Desenvolvimento Sustentável (BECKER e VANCLAY, 2003; ESTEVES, FRANKS e VANCLAY, 2012).

Figura 3– As principais dimensões do *Social Impact Assessment* (SIA)



Fonte: Adaptado de Nigri e Michelini (2019).

Aqui cabe o registro de que a SIA também é alicerçada em outras classes de métodos de avaliação de impacto, a saber: *Impact Assessment Typologies*. Neste sentido, as métricas de mensuração da SIA ultrapassam os limites meramente ambientais e abarcam outras áreas

importantes, como por exemplo: (i) *Human Impact Assessment* (MELKAS et al., 2016); (ii) *Human Rights Impact Assessment* (MACNAUGHTON, 2015); (iii) *Economic Impact Assessment* (HRESC, RILEY e HARRIS, 2018); (iv) *Risk Assessment* (AROSIO et al., 2018); (v) *Health Impact Assessment* (LEUENBERGER, 2019); (vi) *Life Cycle Assessment* (GRUBERT, 2018); (vii) *Technology Assessment* (RUSKOV et al., 2016) e (viii) *Gender Impact Assessment* (PAKSERESHT et al., 2018).

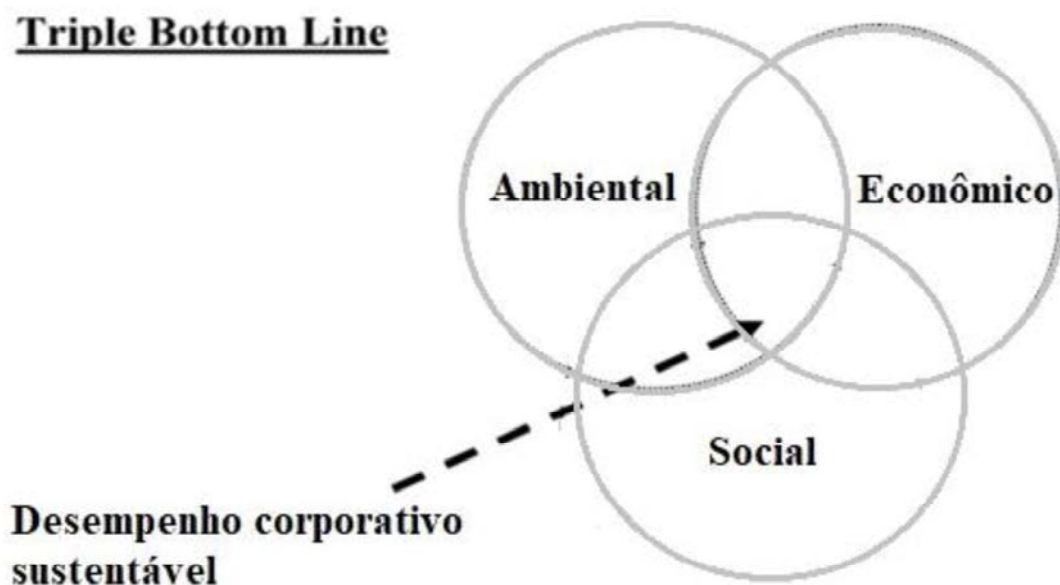
Em função de seu caráter abrangente, a SIA pode ser considerada uma ferramenta complementar ao *Triple Bottom Line* e isso se torna evidente uma vez que possuem objetivos semelhantes (SÉNÉCHAL, 2017; ALEISA, e AL-JARALLAH, 2018). Uma evidência disto é a dimensão *Environmental Impact Assessment* (EIA) (STEWART-OATEN, MURDOCH e PARKER, 1986), que consiste em um sistema de aferição de impactos de cunho ambiental. Em acréscimo, a SIA pode ainda ser enriquecida com outras abordagens, inclusive com aquelas voltadas para as considerações financeiras inerentes aos projetos, o que inclui a avaliação de impacto econômico-financeiro e análise de custo-benefício (VANCLAY, 2010).

Assim sendo, percebe-se que o rol de modelos de sustentabilidade organizacional, bem como de interfaces existentes entre cada uma destas vertentes teóricas é significativa (PERDICOÚLIS e DURNING, 2007; SHEATE, 2009; BOND e DUSÍK, 2019). Em função do considerável número de abordagens existentes, bem como pelo fato do TBL ser uma teoria que tem despertado contínuo interesse da literatura científica (AGRAWAL e SINGH, 2019; LAING et al., 2019; NICHOLS, STOLZE e KIRCHOFF, 2019), adotar-se-á o TBL como objeto de investigação desta tese.

Segundo Slaper e Hall (2011, p. 4) o *Triple Bottom Line* é “uma estrutura administrativa que incorpora três dimensões de desempenho: ambiental, social e econômica (Figura 4). Isso difere das estruturas de modelos tradicionais, pois inclui aspectos ecológicos (ou ambientais) e cunho sociais”. De acordo com Gimenez, Sierra e Rodon (2012), o TBL sugere que o envolvimento social e ambientalmente responsável não limita as organizações a também obterem ganhos financeiros positivos oriundos de seus processos. Este fato conecta-se com os princípios norteadores das organizações, que além de bons indicadores de sustentabilidade, precisam do lucro para garantirem a operacionalidade e a sobrevivência de suas atividades (GOLDRATT e COX, 2016).

Aqui cabe um registro. Se por um lado a teoria do TBL representou uma visão mais ampla sobre os horizontes de atuação de uma dada organização, por outro lado a definição de todos os itens que compõe a sustentabilidade organizacional não é realizada rigorosamente *à priori*. Reconhece-se que diferentes abordagens podem fazer classificações distintas no tocante ao que diz respeito aos elementos ambientais; econômicos e sociais. Em acréscimo, em virtude da definição não precisa destas esferas, as organizações podem a seu bel prazer, enfatizar um dos aspectos em detrimento do outro. Para garantir maior uniformidade no uso do TBL, é recomendável, a criação de indicadores bem definidos, bem como *guidelines* e procedimentos universais para a uniformização no uso do TBL por parte das organizações ao redor do mundo (HARTMAN e PAINTER-MORLAND, 2007; HUSSAIN, RIGONI e ORIJ, 2018).

Figura 4 – Triple Bottom Line e o ponto de equilíbrio da sustentabilidade organizacional



Fonte: Adaptado de Fauzi, Svensson e Rahman (2010).

2.2. Pilar Ambiental do *Triple Bottom Line*

Especificamente no tocante ao pilar ambiental do *Triple Bottom Line Theory*, algumas subdivisões teóricas merecem destaque especial, a saber: (i) Logística Reversa e *Green Logistics*; (ii) Inovação; (iii) Gestão de Resíduos; (iv) Não geração de passivos ambientais e por fim, (v) Legislação Ambiental. As citadas subdivisões representam alguns dos principais desafios do século XXI, sendo assim, despertam o interesse de diferentes *players*, dentre eles,

as entidades não governamentais, os governos locais, a sociedade civil e os institutos de pesquisa (NASCIMENTO et al., 2015; ATKINSON, DÁVILA e MATTINGLY, 2019).

Apesar dos processos de sustentabilidade apresentarem elevada complexidade, eles indicam por sua vez promissoras oportunidades não só na esfera ambiental, mas também na seara econômica e no setor industrial (SCHOTT FILHO et al., 2017; MUNIR et al., 2018). A seguir são apresentadas as dimensões do pilar ambiental, bem como o encadeamento teórico entre cada uma de suas subdivisões. Note que esta classificação não é estática, uma vez que os processos gerenciais e de produção são dinâmicos e o advento da indústria 4.0, por exemplo, tem mudado significativamente a maneira de se entender a sustentabilidade ambiental nas organizações.

É digno de nota que a sustentabilidade ambiental, além de ser um requisito do TBL, também é parte integrante dos desejos dos consumidores, que de maneira incipiente, tem compreendido a importância de processos de certificação e de processos com baixa utilização de carbono (principalmente em países desenvolvidos) (CHEN, 2019).

No contexto da Logística Reversa e *Green Logistics*, sabe-se que a Logística é uma das atividades mais antigas da humanidade e está relacionada à atividade de todas as organizações, seja por meio do escoamento da produção, do fluxo de transporte de clientes e funcionários até mesmo o recebimento de pedidos por parte de fornecedores (ANDERSSON, ARONSSON, e STORHAGEN, 1989). Diante do exposto, Stock (1992) e Kopicki, Berg e Legg (1993) ampliaram o significado dos processos logísticos ao utilizarem a expressão *Reverse Logistics* pela primeira vez. Segundo eles a logística reversa abrange um vasto rol de atividades logísticas, desde produtos usados que não são mais exigidos pelo usuário até produtos reutilizáveis em um dado mercado.

A Logística Reversa evidencia a importância do tratamento de resíduos e embalagens no que diz respeito ao caráter pós-consumo (LIVA e PONTELO, 2003). Destaca-se que em um contexto onde a sociedade é alicerçada em uma ótica de consumo em massa, o constructo *Reverse Logistics* possui aplicações nos mais variados setores industriais, como por exemplo: (i) indústria de pneus (LAGARINHOS, TENÓRIO e AS, 2013); (ii) cadeia de microcomputadores e componentes eletrônicos (DEMAJOROVIC e MIGLIANO, 2013); (iii) indústria das lâmpadas (DICKEL et al., 2018); (iv) indústria de embalagens (SENCOVICI e

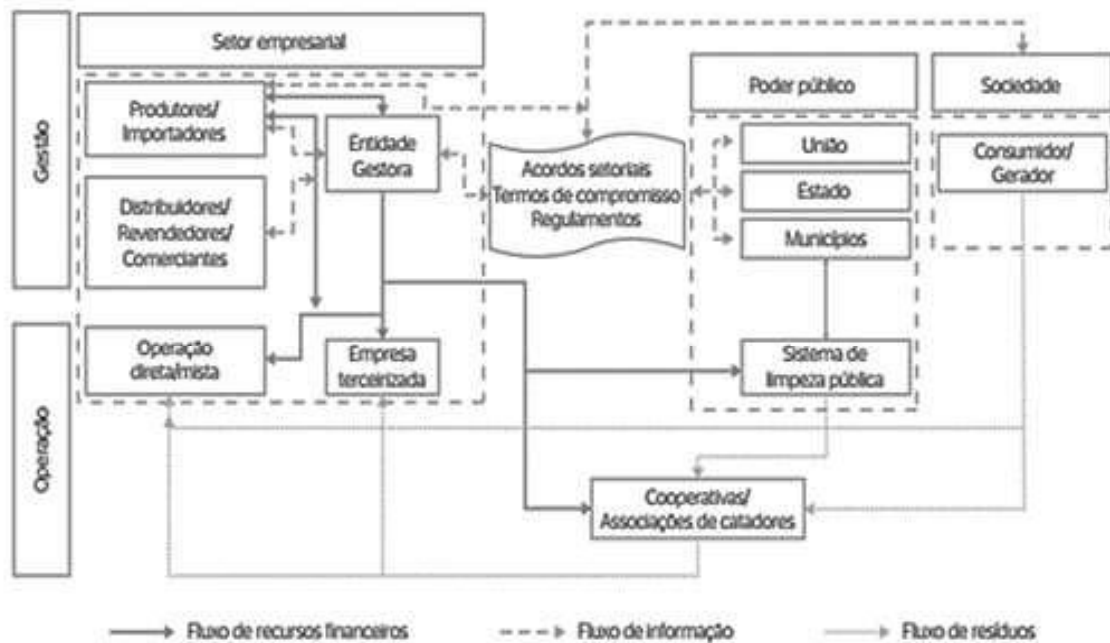
DEMAJOROVIC, 2015); (v) indústria de componentes ópticos (GALINDO et al., 2016), dentre outras.

Ora, em um mundo onde *commodities* como o alumínio, o cobre, o níquel e o zinco são comercializados em bolsas de valores e possuem elevado valor de mercado, a logística reversa, ao preconizar o reuso de recursos, nada mais é do que uma maneira racional de se obter novas matérias primas. Logo, a sustentabilidade ambiental das empresas está intimamente ligada à sua sustentabilidade econômica. Destaca-se que muitos computadores e celulares, por exemplo, utilizam componentes e elementos químicos que são raros, portanto, a logística reversa é um processo que deverá assumir patamares cada vez mais expressivos ao longo das próximas décadas.

No tocante à logística reversa, para que o seu exercício seja pleno, é fundamental que o inter-relacionamento entre os atores, sejam eles oriundos de cooperativas e associações de catadores, do setor empresarial, do poder público ou da sociedade civil ocorra de maneira coordenada e colaborativa (FLEISCHMANN et al., 1997). Assim sendo, é possível estabelecer além de fluxos de resíduos, fluxos de informações e fluxos de recursos financeiros ao longo de toda a cadeia (KURDVE et al., 2015; REBEHY et al., 2019).

A Figura 5 ilustra uma representação esquemática destes inter-relacionamentos logísticos, que, em linhas gerais, são divididos entre dois grandes grupos, a saber: (i) gestão: responsável pelo equilíbrio entre produtores, importadores, comerciantes e pelo aparato legal de um determinado ente federativo e (ii) operação: diz respeito a todas as atividades inseridas dentro da produção e comercialização, passando pela articulação com empresas terceirizadas e cooperativas e associações de catadores, por exemplo.

Figura 5– Relacionamento entre os agentes inseridos em sistemas de logística reversa



Fonte: Adaptado de Couto e Lange (2017).

A partir das evidências apontadas, a teoria sobre *Reverse Logistics* pode ser ampliada. Neste contexto, é digno de nota que as ações logísticas de cunho sustentável, que tem por objetivo mensurar, bem como mitigar os impactos ambientais decorrentes das atividades logísticas, são classificadas pela literatura atual por meio do constructo *Green Logistics* (PIECYK et al., 2015). Destaca-se, portanto, que este ramo do conhecimento tem sido amplamente discutido pela comunidade empresarial internacional, uma vez que se insere no contexto do *Green Marketing*, ou seja, ações ambientais podem despertar o interesse de consumidores engajados em questões ecológicas, alavancando, assim, o alcance de uma dada organização em novos segmentos globais e em determinados nichos de mercado (ADAMS et al., 2017; DAI et al., 2019).

A “logística verde”, portanto, é um ramo atual da logística que está preocupado não somente com todas as atividades e fluxos de produtos e serviços, mas, sobretudo com a conexão entre estas atividades e a esfera ambiental. Sendo assim, as aplicações da *Green Logistics* são vastas e objetivam, dentre outros aspectos, tornar as cadeias produtivas mais sustentáveis (FAHIMNIA et al., 2015) e estimular novas formas sustentáveis de comércio, inclusive no tocante a práticas modernas, como é o caso do *e-commerce* (ZENG, FENG e TIAN, 2019).

Neste ponto, a gestão de resíduos deve ser vista como um processo de logística reversa e de *Green Logistics*, ou seja, que concebe não apenas um determinado produto, mas que monitora o descarte do mesmo, devendo propiciar uma destinação final adequada que permita minimizar o impacto ecológico dos processos logísticos (FERRI, CHAVES e RIBEIRO, 2015; ALDAKHIL et al., 2018).

Destaca-se que os processos de *Green Logistics* têm apresentado forte evolução no comércio mundial e um exemplo são os chamados *Eco-Friendly Products*. Esta constitui uma estratégia econômica por parte das empresas, uma vez que os produtores criam a chamada “concorrência monopolística”, ou seja, criam produtos iguais, porém diferentes (MAKSIMOVIC, 2018). Os exemplos desta política são variados, e vão desde certificações, mostrando que ao longo de toda a cadeia produtiva de um dado produto, não ocorreram maus tratos a animais ou que a comunidade envolvida na produção recebeu ordenados justos. Todas estas políticas aumentam o valor agregado do produto final e, assim, podem gerar mais ganhos para uma organização, uma vez que são práticas que podem fidelizar clientes (HAN, LEE e KIM, 2018).

Já no contexto da Inovação, a criatividade e a inovação são elementos essenciais para toda a sociedade (JACKSON, 2013). Ottman e Books (1999) descreveram a inovação sob a ótica do pilar ambiental do *Triple Bottom Line Theory* e, segundo os citados autores a inovação permite às organizações não somente concentrar-se em suas necessidades, mas, sobretudo vislumbrar oportunidades de negócios. Diante deste quadro de sustentabilidade organizacional, a ecoinovação pode ser compreendida como uma vantagem competitiva (KEMP e ANDERSEN, 2004).

Segundo Pujari (2006) a ecoinovação, também denominada inovação do desenvolvimento sustentável, pode possuir formas diversas de financiamento nas organizações. A inovação de produtos mediante uma perspectiva sustentável pode estar centrada em políticas públicas governamentais ou ser induzida por ações do mercado privado (HALL e HARRIE, 2003). Apesar do modelo de financiamento empregado, algumas características da ecoinovação são latentes, como por exemplo, o desenvolvimento de produtos e serviços que possam agregar valor aos clientes e ao negócio, de modo que os impactos ambientais sejam significativamente reduzidos (JAMES, 1997).

Destaca-se que o rol de aplicações da inovação na esfera ambiental é vasto. Segundo Slaper e Hall (2011), a inovação pode propiciar o uso de soluções energéticas menos poluidoras. Em acréscimo, Foran et al. (2005) descrevem a possibilidade de se aliar a inovação a projetos de eficiência energética e de minimização no uso de recursos naturais. Apesar dos pontos positivos, é de fundamental importância avaliar de maneira criteriosa as consequências ambientais, tanto positivas, quanto negativas, de uma dada inovação (OTTOMAN e BOOKS, 1999).

Por fim, destaca-se que grau de investimento de uma dada organização é um tema de profundidade teórica. Como determinar as políticas ótimas de inovação? Para responder a esta pergunta, é preciso ter conhecimento do mercado no qual a organização está situada, na sua forma estrutural, ou seja: o mercado pode ser de concorrência perfeita, oligopólio e até mesmo de monopólio. Mediante a forma existente de mercado, outras variáveis influem nas políticas de inovação empresarial, a saber: o *market share* da organização em voga, e se o mercado é regido por jogos cooperativos ou não cooperativos entre as concorrentes. Assim sendo, o estudo da Teoria dos Jogos pode ser de elevada relevância para se compreender a dinâmica de inovação em um dado segmento de mercado.

Em relação à Gestão de Resíduos, no âmbito do *Triple Bottom Line Theory*, o manejo adequado dos resíduos constitui um processo que pode gerar diversas externalidades positivas para a sociedade (DASCLU, 2010; ALLEGRETTI, SCHMIDT e MACHADO, 2014). Em acréscimo, como possíveis pontos de serem alcançados por uma gestão de resíduos plena, tem-se como exemplos: (i) ela pode estimular o uso racional dos recursos e contribuir ao desenvolvimento sustentável e (ii) permite gerar uma cadeia de geração de valor a um subproduto, os resíduos, que era negligenciado até um passado recente.

De acordo com Jacobi e Besen (2011), a gestão de resíduos é um dos elementos que compõe o saneamento básico. De fato, o gerenciamento de resíduos é um serviço de utilidade fundamental e constitui um gargalo das sociedades, principalmente enfrentado pelos países em desenvolvimento (WILSON e VELIS, 2015). Adicionalmente, a gestão de resíduos apresenta uma contradição implícita: ao mesmo tempo em que ela é considerada legalmente um direito dos indivíduos, ela não encontra local de destaque nas agendas políticas de diversos países ao redor do mundo (MATOS et al., 2016).

Assim, conforme Boone, Jayaraman e Ganeshan (2012), em função da alta complexidade de operações envolvidas, o manejo de resíduos constitui um desafio global. Diante desta problemática, a literatura internacional (MOH e MANAF, 2014; MIEDEMA, 2017) e nacional (DEUS, BATTISTELLE e SILVA, 2015; PAES et al., 2018) produz de maneira recorrente um vasto acervo de publicações sobre o tema.

Finalmente, segundo Ferreira e Anjos (2001), a gestão de resíduos sólidos urbanos constitui uma importante ferramenta de desenvolvimento local. Controles inadequados no tocante à coleta e à disposição de resíduos podem propiciar a disseminação de doenças por meio dos mais variados vetores transmissores. Destaca-se, portanto, que ao negligenciar a gestão dos resíduos, alguns efeitos colaterais são gerados, a saber: o adoecimento de uma dada população faz com que os sistemas públicos de saúde precisem atender mais pacientes, ou seja, eleva-se o gasto público. Stedile et al. (2018) ampliam o supracitado debate ao elencar que os resíduos possuem especificidades quanto a sua forma e o seu conteúdo. Ainda, de acordo com Stedile et al. (2018), as peculiaridades de um determinado resíduo determinam as formas ideais para o seu manejo, como é o caso dos chamados “resíduos hospitalares”.

Em relação à não geração de passivos ambientais, sabe-se que medidas de mensuração dos passivos ambientais decorrentes de atividades organizacionais ganharam destaque após os trabalhos seminais propostos por Barth e McNichols (1994) e Cormier e Magnan (1997). Diante deste quadro, De Beer e Friend (2006) argumentam que as empresas estão continuamente se tornando mais conscientes dos passivos ambientais e sociais relativos à suas operações e produtos, com efeitos financeiros associados.

É neste contexto que as expressões *Environmental Marketing* e *Green Marketing*, utilizadas no trabalho clássico de Polonsky (1994) passaram a ganhar popularidade em estudos acadêmicos. Destaca-se que Miles e Covin (2010) abordaram a importância da não geração de passivos ambientais como sendo uma vantagem competitiva das organizações, que, ao explorarem uma boa reputação no mercado, utilizam o desempenho ambiental como fator de diferenciação. Desta forma, a formulação de políticas ambientais passa a assumir, juntamente com o desempenho financeiro, local de destaque no ambiente empresarial (SHRIVASTAVA, 1995).

No que diz respeito ao processo de divulgação dos passivos ambientais decorrente da atividade das organizações, Barth e McNichols (1994) listaram os principais fatores que motivam a disponibilidade destas informações: (i) regulamentação, incluindo atividades de fiscalização, (ii) informações da administração, incluindo incerteza no local e incerteza de alocação, (iii) preocupações com litígios e negociações, (iv) preocupações com o mercado de capitais e (v) outras influências regulatórias.

É conveniente ressaltar que as métricas de desempenho ambiental precisam ser confiáveis. Entretanto, a construção de indicadores de monitoramento e controle para a geração de passivos ambientais é tema complexo e ainda não há um roteiro padronizado de como efetuar tais medições (LARRINAGA et al., 2002; GALLEGO, 2006). Portanto, um modelo que formalize a relação entre o desempenho ambiental de uma empresa e seu valor de mercado ou seu nível de risco comercial deve ser construído levando-se em consideração as peculiaridades de cada organização (BORTULIZI et al., 2014).

Em relação à legislação Ambiental, especificamente no contexto brasileiro, o governo federal, por meio da Lei nº 12.305/2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e assim, estabeleceu diretrizes nacionais para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Desta forma, a PNRS determina não só a necessidade de extinção dos lixões, mas também prevê diversos mecanismos voltados para a reciclagem e a reutilização dos resíduos sólidos urbanos, bem como por atribuir a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e demais titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010).

Assim como delimita a Lei nº 12.305/2010, PNRS, a gestão de resíduos sólidos no Brasil, além de ser um problema de saúde pública, é um desafio de cunho logístico. A referida Lei, ao instituir a responsabilidade compartilhada pela geração de resíduos entre os diversos *players* (cidadãos, comerciantes, distribuidores, importadores, e demais titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos) envolvidos, delimita a importância de um marco legal bem definido (DE SOUSA JABBOUR et al., 2014).

Destaca-se, portanto, que a gestão de resíduos sólidos é ainda um problema incipiente na agenda dos governos locais. A PNRS que regula o setor tem dez anos de existência e neste contexto de recente criação, diversos são os fatores que dificultam o pleno cumprimento desta Lei, dentre eles citam-se os principais: (i) O Brasil possui 5570 municípios com características econômicas, demográficas e sociais díspares; (ii) há carência de recursos por parte do poder público, bem como baixo interesse político por parte de determinados *policymakers*; (iii) a população precisa ser melhor sensibilizada quanto a importância ambiental e econômica que os resíduos representa no século XXI.

2.3. Pilar Social do *Triple Bottom Line*

Assim como o pilar ambiental do *Triple Bottom Line Theory*, a dimensão social merece destaque especial. Em linhas gerais, os sistemas sociais fornecem as bases e as motivações para a constituição dos sistemas econômicos (RENDTORFF, 2016). Em acréscimo, Sarkis, Helms e Hervani (2010) salientam que os elementos sociais estão conectados à população externa, ao capital comunitário, humano e produtivo e, também, ao grau de participação das partes interessadas no desempenho socioeconômico local.

Neste contexto, de acordo com Gimenez e Rondon (2012), a sustentabilidade organizacional com vistas na perspectiva social está intimamente relacionada com o setor de operações, que por ser uma das áreas que aloca o maior montante de trabalhadores, possui forte impacto na comunidade externa. De maneira a aprofundar este conceito, Carter e Jennings (2012a, 2012b) propuseram algumas classes que perfazem o rol de estruturação da dimensão social, são elas: ética, diversidade, condições de trabalho, direitos humanos, segurança, filantropia e envolvimento da comunidade.

Neste contexto de responsabilidade e participação social, alguns eixos de estudo tem despertado o interesse da literatura científica, a saber: (i) Geração de Empregos; (ii); *Circular Economy* (iii) Preservação de Recursos Ambientais e (iv) Aproveitamento de Resíduos como Insumos (YUAN, BI e MORIGUICHI, 2006; GEISSDOERFER et al., 2017). A seguir, detalhar-se-á cada uma delas com vistas nas égides do *Triple Botom Line Theory*.

2.3.1. Geração de Empregos

As mudanças estruturais representadas pela automatização tecnológica, em especial no contexto da Indústria 4.0, tem alterado de maneira profunda as relações de trabalho ao redor do mundo (ALLES et al., 2018; CARUSO, 2018). Em função destas recentes mudanças, as consequências da automatização dos processos produtivos no mercado de trabalho tem despertado o interesse da literatura (BONEKAMP e SURE, 2015). Se por um lado há potenciais ameaças no mercado de trabalho, por outro lado o *Triple Botom Line* apresenta soluções sustentáveis no que se refere a geração de empregos (ROGGER, BEAURAIN e SCHMIDT, 2011).

Neste contexto, em que a produção de resíduos no mundo assume valores expressivos, Melosi (2004), um importante panorama social para a geração de empregos está centrada na criação de uma cadeia de valor no que diz respeito ao aproveitamento dos resíduos. Diante deste quadro, a partir do trabalho de Keil (1994) a expressão *Green Jobs* ganhou destaque mundial. Kammen e Engel (2009) estendem as possibilidades de geração de “empregos ecologicamente sustentáveis” mediante a expansão das energias renováveis.

Assim, o tripé social relaciona-se com um movimento global de construção de cidades sustentáveis e de baixo consumo de carbono (CAM, 2013). Apesar do vasto acervo de tecnologias verdes disponíveis, a adoção destes mecanismos ainda segue um padrão lento de crescimento (ALVES, FERREIRA e ARAÚJO, 2018). Se por um lado estas constatações mostram que o atual contexto de sustentabilidade está abaixo do esperado, por outro aponta que a geração dos ditos *Green Jobs* possui significativo espaço de crescimento, sobretudo nos países em desenvolvimento (KAYE e WORRE, 2012).

2.3.2. Circular Economy

A Economia Circular, ou *Circular Economy*, ganhou notoriedade a partir da publicação do trabalho de Pearce e Turner (1990), onde se abordou as interligações entre o meio social e econômico com a esfera ambiental. O constructo *Circular Economy*, portanto, é pautado na ideia de que o meio ambiente não somente provê comodidade a vida social, mas também pode ser considerado como uma fonte de recursos para a economia das sociedades, neste sentido

constitui um amplo sistema de suporte à manutenção das atividades humanas (GEORGE et al., 2015; STAHEL, 2016; FOSTER, ROBERTO e IGARI, 2017).

De maneira complementar ao estudo seminal de Pearce e Turner, destaca-se a contribuição teórica de Zhu (1998), em que o autor, por meio da ótica da *Circular Economy*, explorou a contradição entre o rápido crescimento econômico experimentado pela República Popular da China e a conseqüente falta de energias e matérias primas decorrentes desta rápida expansão. Posteriormente, Yuan e Moriguchi (2006) e Andersen (2007) apresentaram aplicações no contexto desta teoria. Os supracitados trabalhos guardam semelhanças, uma vez que apresentam informações sobre os pontos positivos de uma economia circular, seja no uso dos recursos individuais, seja na adoção dos princípios da sustentabilidade, apontando assim uma trajetória futura para a sustentabilidade social.

2.3.3. Preservação de Recursos Ambientais

A escassez de recursos é um pressuposto fortemente lastreado pela teoria econômica (SMITH, 1978), ou seja, o grau de raridade de um bem ditará o seu preço (CASTLE, 1978). Assim, a preservação dos bens ambientais constitui, dado o seu caráter finito, um princípio norteador de políticas públicas sociais (MARTINS, 2005; CARDOSO, 2015), uma vez que está intimamente relacionada à sustentabilidade das organizações (FUCCILLE, CARLOS e LEITE, 2017).

Diante deste quadro, o uso racional dos insumos é condição fundamental para a sobrevivência de uma organização e para o equilíbrio ambiental do planeta. Se por um lado os recursos são limitados, por outro o consumismo é uma realidade do Século XXI (DALY, 2004; COSTA, DIZ e DE OLIVEIRA, 2018) e contribui para o crescimento desenfreado da geração de resíduos (GIDWANI e CORWIN, 2017).

Neste contexto, em que a escassez de recursos está combinada com o consumismo crescente, surgem preocupações diversas. Contudo, este é um cenário de promissoras oportunidades para as atuais e futuras gerações (TIETENBERG e LEWIS, 2016). A partir destas perspectivas surgem diversas iniciativas de cunho socioambiental, que, ao enxergarem um valor econômico

atrelado aos resíduos (SASIKUMAR e KANNAN, 2008), estimula o desenvolvimento de uma cadeia de geração de valor para os resíduos (DE SANTI e CORREA, 2018).

Diante do exposto, segundo Pearse (1991) os resíduos naturais e ambientais passam a se tornar mais valiosos a partir do momento em que ficam escassos. Em linhas gerais, o grau de instrução das civilizações, o desenvolvimento da educação e a escassez dos recursos, favorece uma mudança de paradigma na sociedade, que precisará enxergar os recursos ambientais não apenas como algo descartável, mas sim, como elementos fundamentais para a sobrevivência do planeta (BARMAN, 2014).

2.3.4. Aproveitamento de Resíduos como Insumos

À partir da compreensão de que os resíduos podem ser uma forma de geração de divisas, diversas iniciativas desenvolveram-se ao longo das últimas décadas, dentre elas: (i) mobilização de organizações não governamentais focadas em ações de reciclagem e de educação ambiental; (ii) estímulo a coleta de resíduos por parte de catadores individuais e associados com o objetivo de geração de renda e (iii) desenvolvimento de novas formas de comercialização e interação homem-produto, como é o caso da economia solidária (MIRA et al., 2018).

A dinâmica da acumulação de resíduos, do descarte até a reciclagem é objeto de estudo desde o trabalho pioneiro de Smith (1972). Segundo o autor, a produção de resíduos apresenta um problema fundamental, a saber: em geral os aterros sanitários e depósitos de resíduos sólidos são centrados em processos naturais de degradação biológica e química, em detrimento da reciclagem e reutilização destes resíduos processados para produção de novos produtos (DASKALOPOULOS, BADR e PROBERT, 1998). A partir desta perspectiva, diversas iniciativas pioneiras de reciclagem ganharam destaque no mundo nas últimas décadas (BARTELINGS e STERNER, 1999; PADILLA e TRUJILLO, 2018).

Desta forma percebe-se que a importância ambiental e social associada aos resíduos é indiscutível. Destaca-se que o rol de aplicações no uso alternativo dos resíduos sólidos é extenso, como por exemplo, citam-se aplicações notadamente relevantes para o setor industrial, a saber: o potencial de geração energética (HOLLANDA et al., 2016; OLIVEIRA, DA SILVA e VISNIEVSKI, 2017; ISLAM, 2018). No que diz respeito ao aproveitamento energético dos

resíduos sólidos, diversos são os procedimentos aplicáveis na indústria, com: (i) o a queima do chorume para a produção do biogás (FIGUEIREDO, 2011) e (ii) a queima de determinados resíduos em fornos industriais com o objetivo de aumentar o poder calorífico dentro da estrutura (FERNANDES et al., 2015; DONATO e TAKENAKA, 2016).

2.4. Pilar Econômico do *Triple Bottom Line*

Adicionalmente, o *Triple Bottom Line Theory* também está alicerçado em um pilar econômico (ELKINGTON, 2013). As organizações precisam ter uma visão de sustentabilidade ambiental e social, para que as suas atividades se desenvolvam de maneira satisfatória. Destaca-se as empresas, nesse novo contexto de exigências e requisitos lidam com inúmeros desafios, como é o caso de manter em controle o grau de solvência de suas atividades, bem como garantir que a capacidade de estruturação financeira seja plena, auxiliando, assim, na manutenção de suas operações empresariais (FAUZI, SVENSSON e RAHMAN, 2010).

Em função da importância econômica da sustentabilidade organizacional, é notório que métodos e técnicas relativos à *Management Science Theory* podem contribuir decisivamente para a resolução de problemas e a tomada de decisões nas mais diversas organizações. Este fato torna-se ainda mais evidente em um contexto em que os consumidores passam a exigir uma nova postura por parte das organizações e as empresas enxergam nos processos de certificação a oportunidade ideal para atestar a qualidade dos produtos e ou serviços ofertados (ROMOLINI, FISSI e GORI, 2014).

Neste contexto, com base em princípios, estratégias e métodos analíticos lastreados no conhecimento científico é possível aperfeiçoar a capacidade de uma organização em executar decisões de gerenciamento precisas e racionais, o que auxilia na busca de soluções ótimas para problemas complexos de decisão. A ciência da administração, portanto, ajuda as empresas a atingirem suas metas e para tal, utiliza diversos métodos científicos (PIDD, 1997; ANDERSON et al., 2015).

É digno de nota que as organizações lidam com a tomada de decisão de um número significativo de processos diários, e em muitos dos casos, os níveis gerenciais e de controle precisam escolher quais serão as suas ações, dentre um rol de possibilidades e com um tempo muito reduzido, o

que pode condicionar a escolha realizada ao sucesso da atividade em muito dos casos. Desta forma, as organizações precisam de um aparato de técnicas e ferramentas que auxiliem o papel dos gestores, que através de uma plataforma integrada ou um *software* específico, possam traçar cenários e escolher aqueles caminhos mais promissores para o momento em que se encontram (WALLENIOUS et al., 2008; DAELLENBACH, MCNICKLE e DYE, 2012).

Em linhas gerais, os aspectos econômicos do *Triple Bottom Line* devem ser analisados mediante sua viabilidade econômica. A sustentabilidade das organizações está atrelada à capacidade de assumir e cumprir compromissos financeiros (MARTINS, 2010). Além dos requisitos de custeio, as atividades econômicas, em muitos casos, são norteadas pelo retorno financeiro (DOGAN, BOLDERDIJK e STEG, 2014). Destaca-se que os empreendedores e financiadores de empreendimentos, aplicam recursos com o objetivo de obter o retorno futuro do capital investido (DAMODARAN, 2007).

Em geral, as atividades governamentais não buscam o lucro (SMITH e GRØNBJERG, 2006). No entanto, se o *modus operandi* governamental for pautado em boas práticas de gestão financeira, e a receita advinda da tributação de impostos for aplicada em empreendimentos sustentáveis do ponto de vista financeiro, o alcance das políticas públicas será otimizado (YARON, BENJAMIN e CHARITONENKO, 1998).

Apesar das características apresentadas acima, Arvidson e Lyon (2014) salientam a existência de algumas organizações específicas, imbuídas em uma filosofia onde o lucro não é o objetivo a ser alcançado, mas sim a geração de benefícios sociais. É neste contexto que Shapero e Sokol (1982) abordam o conceito do *Social Entrepreneurship*. Diante deste quadro de diferentes configurações empresariais, Wilburn e Wilburn (2014) apresentam um amplo estudo as tipologias de organizações, seus requisitos básicos, assim como os benefícios e problemas advindos de diferentes modelos de negócios.

O rol de métodos e métricas relacionados ao tripé econômico e que são utilizados nas organizações é variado (VANCLAY, 2010, MARDANI et al., 2017). A seguir, de modo a estratificar alguns dos principais conceitos correlatos a este tema, apresenta-se uma síntese destas teorias, passado pelo conceito de *Sustainable Management*, aos modelos clássicos de

mensuração do desempenho organizacional, que são de notada relevância no cômputo da sustentabilidade econômica das empresas.

2.4.1. *Sustainable Management*

O entendimento dos atuais problemas e dos desafios mundiais requer a compreensão da significativa evolução tecnológica que ocorreu nas últimas décadas (BONNY, 2017). É neste contexto, que a necessidade de se garantir a sustentabilidade e/ou o desenvolvimento sustentável das organizações ganha lugar de destaque no debate acadêmico (COSTA, RODRIGUES e MORENO, 2020). Neste contexto, percebe-se uma significativa mudança de postura por parte das organizações globais, as quais por distintas maneiras, determinam a adoção de processos eficientes e minimizadores no uso de recursos. Prova disto é a criação e a utilização cada vez mais recorrente do constructo *Sustainable Management* (WITHERS et al., 2018; ABAD-SEGURA et al, 2020).

Assim, a cultura organizacional orientada a práticas relacionadas ao *Sustainable Management* permeia diversas esferas da rotina administrativa e operacional das empresas. Como exemplos, cita-se a política de planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais nos sistemas produtivos diversos, a destinação e o tratamento dos resíduos e efluentes destes sistemas, bem como a implantação de sistemas de gestão ambiental e de responsabilidade social (KOMINKO et al, 2018, PAN et al., 2020).

Se por um lado os modelos de “gerenciamento sustentável” ganham destaque contínuo por parte da academia, por outro lado, o desenvolvimento de modelos acurados de gestão, com foco na mensuração do desempenho organizacional é um tema de relevância central no debate sobre *Sustainable Management* (WAGNER e ENZLER, 2005; PANTZARTZIS et al., 2016), uma vez que eles ainda são incipiente e apresentam lacunas teóricas a serem preenchidas.

2.4.2. *Decision-making process*

O papel da tomada de decisão em um contexto empresarial pode ser definido de várias maneiras, e varia conforme o tipo de organização e os processos internos e externos existentes. De maneira

geral, conforme mostrado na Figura 6, o processo de decisão é influenciado por um determinado conjunto de condições (LIFSON, 1973).

Ainda, de acordo com Lifson (1973) “decisões” podem ser entendidas como sendo as respostas relativas a perguntas como: "o que devemos fazer?". Logo, o *locus* no qual o processo de tomada de decisão se insere, deve levar em consideração uma série de fatores, como por exemplo, o ciclo de vida do programa ou projeto em questão (LE e JEONG, 2016), todos os requisitos e as restrições existentes, bem como a capacidade de comunicação existente dentro da organização (HEINTZE e BRETSCHNEIDER, 2000).

Figura 6 – O processo de tomada de decisão



Fonte: Adaptado de National Research Council (2001).

Destaca-se que o processo de tomada de decisão permeia uma série de elementos relativos à tecnologia de informação, necessários para traçar alternativas de atuação, mensurar estados, medir os resultados, calcular riscos e incorporar valores. Assim sendo, o processo decisório, necessita de requisitos bem definidos *a priori*, os quais devem preconizar por um sistema de racionalidade e por um modelo de avaliação assertivo (CHEN, ZHANG e LAI, 2009).

Apesar dos modelos de decisão terem por objeto a definição de um conjunto de ações ótimas por parte de uma empresa, o modelo decisório não poderá ser completamente perfeito, uma vez

que o ambiente externo possui uma série de incertezas e comportamentos imprevisíveis. Como exemplo tem-se a mudança de marcos regulatórios por parte do governo, modificações no perfil de consumo por parte dos consumidores, entradas ou saídas de organizações rivais, bem como mudanças climáticas e eventos inesperados (KUMAR e MURTUGUDDE, 2013).

Por fim, no contexto da *Triple Bottom Line Theory*, o bom modelo decisório é aquele que, apesar da presença de incertezas e riscos, consegue permitir o melhor desempenho ambiental, econômico e social de seus processos. Para tal, é fundamental o reconhecimento de que os recursos são escassos e que uma série de pré-requisitos precisam ser alcançados de modo a obter decisões ótimas. Uma vez que estes problemas são complexos e envolvem diversas restrições, os modelos de otimização e de aferição do desempenho, que serão apresentados a seguir, merecem lugar de destaque.

2.5. Modelos de otimização e Medidas de eficiência

O desenvolvimento de modelos de otimização constitui um objeto de interesse por parte das organizações (FÁVERO e BELFIORE, 2012; BA, PRINS e PRODHON, 2016; LAENGLÉ et al., 2017). Especificamente no contexto do *Triple Bottom Line Theory*, há um vasto rol de aplicações pautadas em modelos de otimização. Como exemplos, podem-se citar os trabalhos de Rocha (2011); Xavier et al. (2010); Dos Santos, Balbino e Estevam (2015), que, ao avaliarem a geração de energia alternativa por meio da biomassa e de biodigestores, utilizaram modelos clássicos de otimização, os quais, conforme já mencionado, possuem uma abordagem puramente matemática.

Em especial, os modelos de otimização também permitem abordar o importante “problema da mistura” (PEREIRA, CARVALHO e DE CÁSSIO RODRIGUES, 2015), em que pode ser estudado, por exemplo, a determinação do *mix* ótimo do *blend* de resíduos para aproveitamento energético em cimenteiras, ou seja, estabelecer a proporção de cada tipo de resíduo sólido que será adicionado em um forno caldeira para a geração de energia. Segundo Vianna e Arenales (1995), o problema da mistura constitui um dos mais clássicos exemplos da programação linear. Destaca-se ainda que o supracitado problema da mistura é aderente ao contexto dos constructos *Reverse Logistics* e *Green Logistics*, uma vez que permite gerar valor não somente a um produto historicamente negligenciado, os resíduos, mas também a toda cadeia produtiva relacionada.

Destaca-se as técnicas da Pesquisa Operacional assumem lugar de destaque em modelos de otimização (FÁVERO e BELFIORE, 2012; LAENGLÉ et al., 2017; MERIGÓ E YANG, 2017). A Pesquisa Operacional, em seu caso clássico, consiste em formular e solucionar um modelo de programação linear para encontrar os valores ótimos de uma dada função matemática. Para tal, uma série de requisitos precisa ser alcançada, a saber: (i) determinar a natureza e o objetivo do problema a ser resolvido, ou seja, se ele é de maximização ou de minimização; (ii) construir uma equação matemática que descreva o problema em questão; (iii) estabelecer quais são as limitações de ordem financeira, física e organizacional o objeto alvo do estudo possui e por fim (iv) transformar as restrições do modelo em inequações lineares (MORABITO et al., 2018).

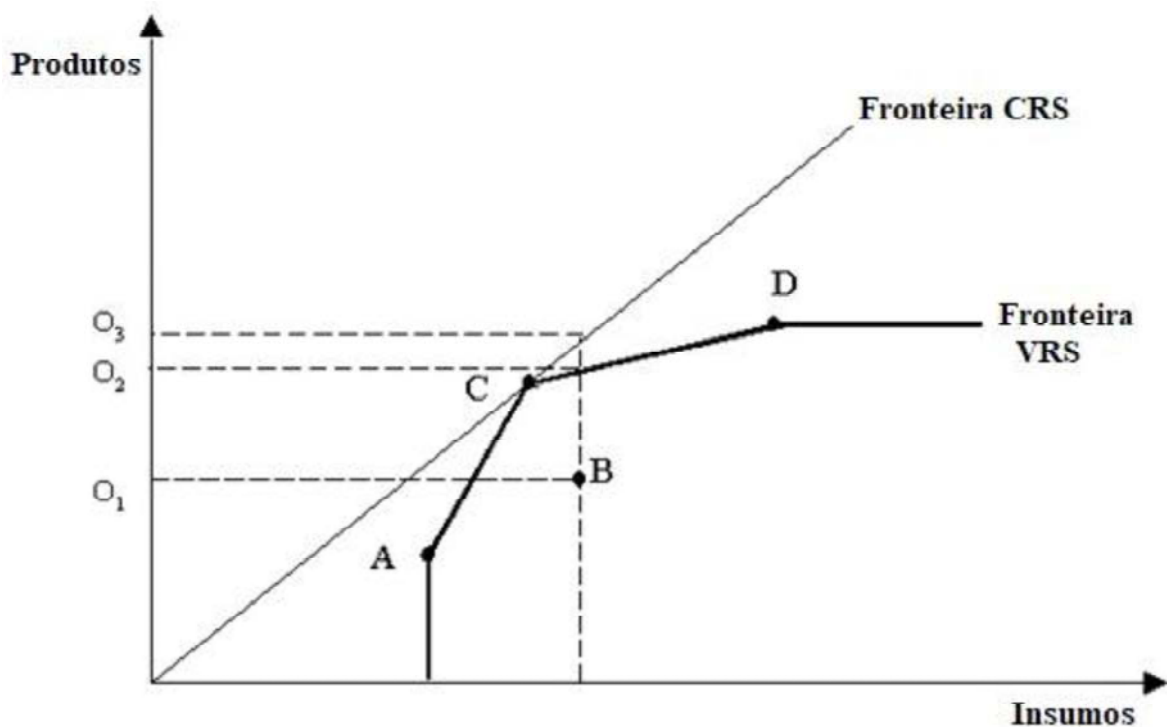
2.5.1. *Data Envelopment Analysis*

O modelo de Pesquisa Operacional *Data Envelopment Analysis* (DEA), ou simplesmente Análise Envoltória de Dados, proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), tem como objetivo mensurar o grau de desempenho de organizações (unidades tomadoras de decisão, ou simplesmente DMUs). Apesar de relevante, o modelo inicial previa retornos constantes de escala (CRS – *Constant Returns to Scale*) (CHARLES e KUMAR, 2013). Em função desta simplificação teórica, que não condiz com muitas situações reais, Banker, Charnes e Cooper (1984) propuseram a extensão deste modelo e consideraram retornos variáveis de escala (VRS – *Variable Returns to Scale*).

A Figura 7 apresenta a representação esquemática dos modelos CRS e VRS. De acordo com Pascoe et al. (2003), a fronteira de produção do modelo CRS é denotada pela bissetriz que parte da origem (0,0) e indica que os *outputs* alterar-se-ão na mesma proporção em que os *inputs* são modificados. De acordo com o modelo CRS, caso ocorra uma duplicação no nível de insumos utilizados, a produção será dobrada. O modelo VRS, por sua vez, admite a variabilidade nos retornos de escala, ou seja, a tecnologia de produção pode exibir retornos constantes, crescentes ou até mesmo decrescentes de escala. A suposição de retornos do tipo VRS é aderente ao contexto de diversas organizações, uma vez que dobrar o nível de insumos não necessariamente significa que os produtos irão alterar-se na mesma proporção.

O debate acerca do tipo de retornos de escala das organizações constitui um tema de interesse da literatura. Cooper, Seiford e Tone (2000) apresentam uma discussão substanciada de métodos para determinar os tipos retornos de escala. Em linhas gerais, compete ao pesquisador o exame minucioso sobre a eficiência técnica, considerando todos os tipos de retornos de escala (CRS e VRS). Assim sendo, é possível determinar se os níveis observados de utilização de insumos e geração de produtos estão ou não situados frente a fronteira correspondentes de eficiência.

Figura 7– Representação esquemática dos modelos DEA (CRS e VRS)



Fonte: Adaptado de Pascoe et al. (2003).

Ainda de acordo com a Figura 7, é possível perceber o efeito dos retornos de escala na estimação da fronteira de eficiência, considerando as seguintes DMU's: A, B, C e D. De maneira ilustrativa, a Figura 7 apresenta um exemplo em que o nível de utilização dos insumos é fixo. Segundo Pascoe et al. (2013), a fronteira de produção denota a capacidade máxima de saídas produzidas, em função do nível de entradas consumidas.

Para a pressuposição de retornos constantes de escala, a fronteira de eficiência é definida pelo seguimento que sai da origem e passa pelo ponto C, logo, as DMU's situadas abaixo desta fronteira, indicam a subutilização da capacidade. Já para o caso de retornos variáveis de escala,

a fronteira é definida pelo segmento de reta que une os pontos A, C e D. Por exemplo, para os retornos do tipo VRS, o ponto B representa uma DMU ineficiente, pois, com o nível de *inputs* gastos, a DMU B gera O1 *outputs*, entretanto, a mesma só seria eficiente caso o número de *outputs* produzidos fosse O2.

Em linhas gerais, os modelos de Análise Envoltória de Dados são pautados nas premissas da eficiência (CHARNES e COOPER, 1980). Segundo De Oliveira Fraga, De Freitas e De Freitas (2005, p. 311), consiste em: “alcançar os objetivos esperados utilizando o mínimo de recursos disponíveis”. É importante destacar que a eficiência não deve ser confundida com eficácia. Esta última, de acordo com Costa e Azeredo (2015, p. 88) pode ser definida como: “a relação entre resultados pretendidos e resultados obtidos”.

Diante do exposto os modelos da classe DEA, ao mensurarem a eficiência das organizações, jogam luz sobre um importante elemento de análise, a saber: a comparação de *performances* ou simplesmente, processo de *benchmarking* (ZHU, 2014). De acordo com este processo, é possível comparar unidades similares, definir padrões de qualidade a serem seguidos, bem como criar *rankings* de desempenho (LIU e PENG, 2008).

Destaca-se que as DMUs podem ser eficientes de duas formas: (i) eficiência com orientação aos *inputs*: a partir de um volume determinado de produtos ou serviços a serem gerados por uma organização, as unidades eficientes serão aquelas que conseguirem produzir com o menor custo possível (COOK, TONE e ZHU, 2014) e (ii) eficiência com orientação a *outputs*: mediante uma dotação orçamentária fixa, as organizações que conseguirem produzir mais resultados serão consideradas eficientes (COOPER, SEIFORD e ZHU, 2011).

Conforme evidenciado acima, os modelos da classe DEA podem ter orientações distintas, a saber: a *inputs* ou a *outputs*. Em linhas gerais, a orientação escolhida pelo modelo irá determinar o formato de sua modelagem matemática (MEZA et al., 2005). Os modelos de eficiência pautados na análise envoltória de dados basicamente possuem uma simples divisão: o somatório das saídas (*outputs*) pelo somatório das entradas (*inputs*). Cada variável utilizada nessa formulação possui um peso e o modelo de otimização retorna o valor ótimo para cada um destes pesos, de modo a maximizar saídas ou minimizar entradas (COOPER, SEIFORD e TONE, 2000). A Figura 8 apresenta a formulação básica para cada um destes modelos.

Figura 8– Representação matemática dos modelos de eficiência da classe DEA

Minimização de Inputs (orientado aos inputs) Maximização de outputs (orientado aos outputs)

$$Max\ Eff_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \quad K = 1, 2, \dots, n$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

$$Min\ Eff_0 = \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \geq 1, \quad K = 1, 2, \dots, n$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall j, i$$

Fonte: Adaptado de Meza et al. (2005).

Apesar de ser uma teoria consagrada, os modelos clássicos de DEA apresentam algumas limitações. Destaca-se que estes modelos são fortemente dependentes da qualidade dos dados disponíveis. Este processo foi comprovado por Andersen e Petersen (1993), que afirmaram que DMUs com valores ínfimos ou extremamente elevados, tanto para *inputs*, quanto para *outputs*, pode descolar artificialmente a fronteira de eficiência, levando a escores viesados de eficiência.

Ainda, conforme foi evidenciado na Figura 8 os modelos de DEA realizam a atribuição de pesos aos *inputs* e *outputs* de acordo com a melhor contribuição que estes possam oferecer. Esta flexibilidade faz com que pesos baixos sejam atribuídos às variáveis nas quais as DMUs tenham pior desempenho, mesmo que estas sejam importantes segundo o julgamento de especialistas da área. Assim sendo, aqui cabe o registro de que os modelos clássicos de DEA, possuem restrições mais “relaxadas” para o problema de otimização o que pode gerar resultados viesados (ANDERSEN e PETERSEN, 1993).

Reconhece-se aqui que os modelos DEA podem ser conjugados com outras abordagens teóricas, através de métodos híbridos, o que confere vastas possibilidades de aplicação desta teoria. Em especial, a sustentabilidade de organizações passa pela estrutura de mercado existente em uma dada região. Destaca-se que os modelos do tipo DEA tem sido vastamente

utilizados em estudos sobre estratégias competitivas em mercados oligopolísticos, através de jogos cooperativos (LI e LIANG, 2008; WU, LIANG e YANG, 2009; LOZANO, 2012).

A *Triple Bottom Line Theory* é aderente ao contexto dos mais variados tipos de organizações (NICOLOPOULOU e KARATAS-OZKAN, 2009; HALL, YUVAL e BARMAN, 2015; LAASCH et al., 2020). Destaca-se que há um amplo conjunto de bases de dados que podem ser utilizadas para se construir indicadores sobre o grau de desempenho de uma dada organização. Neste contexto, insere-se que a construção e disponibilização de informações sobre a sustentabilidade de uma organização é uma tendência no mercado global, sobretudo em empresas que possuem ações nas bolsas de valores (GOEL, 2010; SUKOHARSONO, 2019), ou que já passaram por processos de certificação (DE JONG, PAULRAJ e BLOME, 2014).

Neste contexto, destaca-se que o uso da Análise Envoltória de Dados é recorrente em pesquisas sobre a *Triple Bottom Line Theory*. Assim sendo, em função de ser uma técnica já consagrada pela literatura, diversos autores desenvolveram estudos sobre a mensuração da *performance* de distintas organizações utilizando os modelos clássicos de DEA. Em comum, estas pesquisas utilizaram em seus modelos, *inputs* e *outputs* relacionados com variáveis ambientais, econômicas e sociais. De maneira a sumarizar os principais trabalhos que utilizaram esta técnica, bem como listar todos os *inputs* e *outputs* escolhidos, o Quadro 1 apresenta um resumo das variáveis utilizadas em estudos sobre *Triple Bottom* e análise de desempenho.

Quadro 1 - *Inputs* e *outputs* utilizados pela literatura em estudos sobre TBL e análise de desempenho

Autores	Título	Entradas (Inputs)	Saídas (Outputs)
Assaf, Josiassen e Cvelbar (2012)	Does Triple Bottom Line reporting improve hotel performance?	(i) Número de quartos; (ii) Custos de materiais; (iii) Custos de serviços; (iv) Número de funcionários e capacidade da divisão de alimentos e bebidas (número de assentos)	(i) Venda de quartos; (ii) Vendas totais da divisão de alimentos e bebidas
Hang, Kuo e Chen (2013)	Industrial changes in corporate sustainability performance e an empirical overview using data envelopment analysis	Como o desempenho da sustentabilidade corporativa é uma meta de todas as empresas, o valor da variável de entrada é idêntico para todas as empresas.	(i) Econômico: Código de Conduta / Compliance / Corrupção, Governança Corporativa, Relações com Investidores, (ii) Ambiental: Desempenho ambiental (Eficiência), Política / Gestão Ambiental, Relatórios Ambientais (iii) Social: Indicadores de práticas trabalhistas, Desenvolvimento do capital humano, Atração e retenção de talentos
Sartori et al. (2015)	Data Envelopment Analysis in the Sustainability Context - a Study of Brazilian Electricity Sector by Using Global Reporting Initiative Indicators	(i) Consumo de energia direta por energia primária; (ii) Localização e tamanho da terra possuída, ou adjacente a, áreas protegidas e áreas de alto valor de biodiversidade fora das áreas protegidas; (iii) Emissões totais de gases de efeito estufa; (iv) Força de trabalho total; (v) Taxas de lesões; (v) Valor monetário de multas por não conformidade com leis e regulamentos	(i) Valor econômico direto gerado e distribuído; (ii) Investimentos em infraestrutura e serviços prestados para benefício público
McWilliams et al. (2016)	Strategic Decision Making for the Triple Bottom Line	(i) BTU de cada combustível necessário para produzir um megawatt-hora de eletricidade; (ii) Preço por BTU de cada combustível, (iii) Carbono gerado por MMBtu; (iv) Óxido de nitrogênio gerado por MMBtu	Megawatt-hora de eletricidade
Yang, Lee e Hu (2016)	Urban sustainability assessment of Taiwan based on data envelopment analysis	(i) Alimentos; (ii) Água; (iii) Gasolina; (iv) Eletricidade	(i) PIB real; (ii) Emprego; (iii) Resíduos; (iv) Esgoto; (v) SOx
Zhou et al. (2018)	Data Envelopment Analysis Application in Sustainability: The Origins, Development and Future Directions	(i) Econômico: Ativos, Capital, Materiais e Maquinário, custo de P&D, Despesas administrativas, despesas de marketing, operacionais custo, custo de transporte, custo de equipe, risco técnico, Risco comercial (ii) Ambiental: Consumo de energia, Uso do solo, Investimento em CO2 redução, investimento para proteção do meio ambiente, Pegada de carbono, pegada energética, pegada hídrica, Resíduos gerados, custo de tratamento de resíduos, risco de pesticidas, Erosão (iii) Social: Custo da segurança do trabalho, Saúde do trabalho, Trabalho humano, Investimento em gestão de relacionamento com o cliente, Pontualidade e precisão de entrega, rejeição do fornecedor taxa, controle qualitativo	(i) Econômico: rendimento de saída, receita ou lucro líquido, vendas, lucro, Retorno sobre ativos, valor agregado, participação de mercado, q de Tobin e valor de mercado, ativos intangíveis (ii) Ambiental: emissões de hidrocarbonetos, emissões de monóxido de carbono, Emissões de dióxido de carbono, óxido de nitrogênio emissões, emissão de SO2, prevenção da poluição e tratamento, Resíduos reciclados, Agroambiental pagamentos, certificação ambiental, CO2 estimado economia, iniciativas de economia de custos ambientais, clima mudança, gestão ambiental e inovação, Força ambiental (iii) Social: Qualidade, Flexibilidade, Serviço e satisfação do cliente, Diretos humanos, pontualidade e precisão na entrega, Capacidade e segurança, Comunidade, Diversidade, Social contribuição, transparência corporativa, cooperação
Chen, Su e Rogers (2019)	Measuring the performance of and tradeoffs within the triple bottom line	(i) Econômico: Consumo de combustível, Emprego (ii) Ambiental: PIB; Volume de frete (iii) Social: PIB; Volume de frete (iv) Modelo geral: PIB; Consumo de combustível	(i) Econômico: Volume de frete; PIB (ii) Ecológico: emissões de CO2 (iii) Social: Consumo de combustível; Emprego (iv) Modelo geral: volume de frete; Emprego; Emissões de CO2

Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Por fim, os modelos da classe DEA aderem-se a outros contextos e, assim, podem ser relevantes na análise do pilar econômico da *Triple Bottom Line Theory*. Neste contexto, destacam-se algumas aplicações específicas, como por exemplo: (i) estudos de decisões estratégicas (MCWILLIAMS, et al., 2016); (ii) análises comparativas sobre o desempenho de sustentabilidade urbana (YANG, LEE e HU, 2016); (iii) aferição da *performance* de cadeias de suprimento (CORTES, 2017), dentre outras aplicações.

Conforme evidenciado no Quadro 1 o rol de aplicações da TBL é diverso e a escolha das variáveis do modelo está atrelada ao objetivo de cada uma das pesquisas, bem como da definição de qual foi o tipo de organização em questão. Destaca-se que a busca de variáveis confiáveis e com boa disponibilidade de dados torna-se um desafio em pesquisas relacionadas à mensuração do grau de *performance* das organizações, uma vez que em muitos casos a transparência na governança de dados e de informações é variável dentre as empresas de um mesmo setor. Em função destas pesquisas de mensuração do desempenho serem recentes, há lacunas teóricas que podem ser sanadas em estudos futuros. Em especial, os trabalhos já realizados sobre este tema utilizaram os modelos de DEA da classe CCR e BCC, os quais possuem algumas imperfeições conforme já apontado ao longo deste trabalho.

Adicionalmente, em razão dos estudos sobre o *Triple Bottom Line* serem relativamente recentes, somente a partir do ano de 2012 as primeiras pesquisas envolvendo a temática da mensuração do desempenho com base nos princípios da TBL ganharam destaque na literatura (ASSAF, JOSIASSEN e CVELBAR, 2012). Neste contexto, os primeiros modelos utilizados para tal fim possuíam limitações teóricas. Este trabalho inova, uma vez que explora algumas das principais limitações dos modelos clássicos e contribui assim para o debate sobre o processo de tomada de decisão com base nas égides da TBL.

Diante do exposto, este trabalho aborda um dos problemas centrais das organizações na atualidade, a saber, o uso racional de recursos ambientais, econômicos e sociais. Paralelamente, a reflexão sobre a acurácia de um modelo de *performance* organizacional contribui para este ponto, uma vez que a mensuração precisa dos parâmetros de uma organização contribui de maneira decisiva para o planejamento estratégico como um todo, fomentando assim, políticas públicas e privadas mais assertivas (BOEKER e GOODSTEIN, 1991; MCGIVERN e TVORIK, 1997; JABER e CAGLAR, 2017).

2.5.2. Modelos complementares para a aferição do desempenho

Os métodos multicriteriais auxiliam na resolução de problemas complexos (GRECO, FIGUEIRA e EHRGOTT, 2016). Destaca-se que há uma vasta de modelos multicriteriais, dentre eles, destacam-se os seguintes: *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Electre* e *Promethee* (ZOPOUNIDIS e PARDALOS, 2010). A expressão *Analytic Hierarchy Process* foi cunhada no ano de 1974 no artigo intitulado *Estimating technological coefficients by the analytic hierarchy process* (SAATY e VARGAS, 1979). O desenvolvimento desta formulação surgiu em um contexto em que se iniciava a análise de problemas de elevada complexidade (ROY e VINCKE, 1981). A resolução destes problemas envolvia a escolha simultânea de múltiplos critérios. Desde este momento até os dias atuais, o interesse conferido a este método cresceu significativamente (SUBRAMANIAN e RAMANATHAN, 2012).

Em linhas gerais, a Análise Hierárquica de Processos (AHP) consiste em estabelecer um modelo estruturado em múltiplos critérios, os quais são elaborados em subníveis hierárquicos (ROSA et al., 2015). Destaca-se que o nível superior da hierarquia representa uma descrição geral do problema decisório e os demais níveis, situados nos estratos inferiores, contém os atributos (ou critérios) que são levados em conta para a estruturação do modelo e todo o rol de alternativas possíveis para a resolução do método (SOUZA, 2010; GALVEZ et al., 2015).

Após a definição precisa do problema a ser resolvido pela Análise Hierárquica de Processos, devem-se estabelecer todas as métricas (atributos e critérios) que serão utilizados (SOUZA, 2010). Destaca-se que o problema é segmentado em diversas partes e pode ser solucionado de maneiras distintas (YAVUZ, 2015). Sendo assim, a montagem do sistema decisório levará em consideração as restrições da organização, os possíveis critérios de decisão para cada tipo de processo envolvido e por fim, alternativas de decisão para racionalizar a decisão final dos tomadores de decisão (BRIOZO e MUNETTI, 2015).

Paralelamente aos métodos de otimização baseados no método AHP, destaca-se que as abordagens pautadas na Lógica Fuzzy, permitem trabalhar com situações que envolvem tanto incerteza, quanto subjetividade (ZADEH, 1978). Destaca-se que as supracitadas características configuram o processo *Fuzzy* como sendo uma robusta abordagem quantitativa (GANGA, CARPINETTI e POLITANO, 2011). Os estudos sobre a Lógica *Fuzzy* remontam a década de

60 e 70 (HOLMGREN, 1967; CHETTY, 1970; POPOVIC e LIANG, 1970). Em comum, as primeiras publicações eram voltadas a contextos puramente computacionais e as primeiras aplicações foram de cunho industrial. Com o passar dos anos o número de aplicações desta metodologia no contexto do *Triple Bottom Line* ganhou destaque por parte da comunidade científica (QIN et al., 2007; AGRAWAL, SINGH e MURTAZA, 2016; RODGER e GEORGE, 2017).

A lógica *Fuzzy*, também é conhecida como “lógica difusa”. Basicamente, ela foi concebida para funcionar com operadores multivalorados, ou seja, admite uma faixa de valores verdade para as variáveis entre 0 (valor falso) e 1 (valor verdadeiro), entretanto, podem assumir qualquer valor real dentro do intervalo $[0,1]$, diferentemente do que se verifica na lógica de Boole, que é puramente discreta (TURNEN, 1999; HÁJEK, 2013).

Em geral, os sistemas do tipo *Fuzzy* são pautados em um esquema sensorial, onde cada variável *Fuzzy* possui um conjunto de “funções de pertinência” em um dado universo “X”. Assim, pode-se dizer que, estas funções exprimem o conjunto de variáveis linguísticas do sistema, onde cada função de pertinência apresenta uma variável lógica associada (ZADEH, 1978). Conforme estabelece Cavalcanti et al. (2013), é possível agrupar estas funções de pertinência mediante processos de "defuzzyficação" com base em métodos como o centro de gravidade.

Destaca-se que a riqueza computacional da abordagem *Fuzzy*, tem sido empregada na resolução de problemas de alta complexidade, como é o caso dos modelos de apoio à tomada de decisões com múltiplas restrições (MACHACHA e BHATTACHARYA, 2000; LIN e CHEN, 2004). Neste contexto, torna-se pertinente adicionar os operadores *Fuzzy* em estudos sobre a aferição da *performance* de organizações (WU e TAN, 2006; GOKMEN et al., 2010; RAJAK, PARTHIBAN e DHANALAKSHMI, 2016). Diante do exposto, destaca-se que o terreno de aplicações de ferramentas computacionais é vasto, inclusive, a adoção de modelos híbridos de otimização pode ser uma alternativa viável na resolução de problemas complexos (GHIASI et al., 2016; SIMIĆ et al., 2017).

As análises sobre o grau de sustentabilidade das organizações, pautadas no *Triple Bottom Line Theory*, podem ser divididas em determinados pilares, a saber: ambiental, social e econômico (MIEMCZYK e LUZZINI, 2019). Diante do exposto, este trabalho abordou de maneira

profunda as inter-relações existentes entre os principais marcos teóricos do TBL. Em especial, assumiu-se que a sustentabilidade das organizações ultrapassa as métricas meramente econômico-financeiras e assim, reconheceu-se a importância de outras dimensões, notadamente expressas no contexto ambiental e na forma de articulação social das instituições.

Por fim, é digno de nota que o contexto de escassez de recursos e de elevada competição entre as cadeias globais, favorece o desenvolvimento de estudos pautados na mensuração da sustentabilidade das organizações, o que constitui destacado exercício teórico. Em virtude da alta complexidade relativa às atividades organizacionais, os principais modelos de otimização foram apresentados, assim pretendeu-se dialogar com a fronteira de produção do conhecimento sobre ferramentas de suporte a decisão.

2.6. Resumo de variáveis e hipóteses de pesquisa

Diante do exposto, algumas hipóteses de pesquisa merecem atenção. Especialmente no que diz respeito aos métodos de mensuração da eficiência das organizações, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984) propuseram os modelos clássicos de *Data Envelopment Analysis*, com retornos constantes e variáveis de escala, respectivamente. Apesar de relevantes, estes estudos seminais não levaram em consideração o impacto de entidades classificadas como *outliers* no cômputo da *performance* organizacional. De modo a suprir esta lacuna teórica Andersen e Petersen (1993) desenvolveram a Teoria da Supereficiência, que diz que a presença de *outliers* pode deslocar artificialmente a fronteira de eficiência calculada. Assim, formula-se a primeira hipótese de pesquisa:

H1: No contexto da *Triple Bottom Line Theory*, a remoção de organizações classificadas como *outliers* possui efeito direto na mensuração da *performance* organizacional.

No que diz respeito ao desempenho ambiental das organizações, Birkin e Woodward (1997) desenvolveram a chamada *The Eco-efficiency Theory*. Esta teoria descreve que há uma relação direta entre o desempenho ambiental de uma organização e a sua *performance* em termos financeiros. Desta forma, a teoria da Ecoeficiência afirma que as empresas podem melhorar seus níveis de produtividade e reduzir os custos, através da melhora da *performance* ambiental

(STONE, 1994; BEBBINGTON, 2001; LEHMAN, 2002). Aqui surge a segunda hipótese de pesquisa:

H2: Empresas com melhores índices de desempenho ambiental tendem a possuir melhores níveis de eficiência econômico-financeira.

Adicionalmente, outras teorias voltadas aos aspectos sociais das organizações assumem lugar de destaque, dentre elas, *The Stakeholder Theory*. De acordo com Freeman (1984), o termo *stakeholder* foi cunhado pelo *Stanford Research Institute* e tem por objeto o estudo de elementos relacionados à gestão organizacional, como os princípios de ética em negócios. Destaca-se que esta teoria abarca distintos elementos que influenciam a realidade das empresas, como por exemplo, os funcionários, os fornecedores, as comunidades locais, os credores e outros (ELIJIDO-TEM, 2007). Esta teoria afirma que as empresas precisam do suporte das partes interessadas para continuar a sua existência. O principal argumento desta teoria é que o desempenho financeiro das organizações se relaciona com o sucesso da empresa em gerenciar o relacionamento com os seus *stakeholders* (GRAY et al., 1995; ELIJIDO-TEM, 2007).

Especificamente no contexto social, outras abordagens acadêmicas se relacionam com *The Stakeholder Theory*, como é o caso da *Legitimacy Theory* (GUTHRIE e PARKER, 1989). Essa teoria diz que as organizações e a comunidade do seu entorno desenvolvem relações sociais próximas, dado que entre elas surge uma espécie de "contrato social". Neste panorama, a ação das organizações assume relevância na esfera local, e pode inclusive, ser fomentada por políticas normativas governamentais. Portanto, para que a gestão seja plena, as organizações precisam funcionar como um sistema que enfatiza o alinhamento com a sociedade, ou seja, a atuação da empresa deve se relacionar com as expectativas da sociedade (LAKO, 2011). A partir destas evidências teóricas, formula-se a terceira hipótese de pesquisa:

H3: Empresas com melhores índices de desempenho social tendem a possuir melhores níveis de eficiência econômico-financeira.

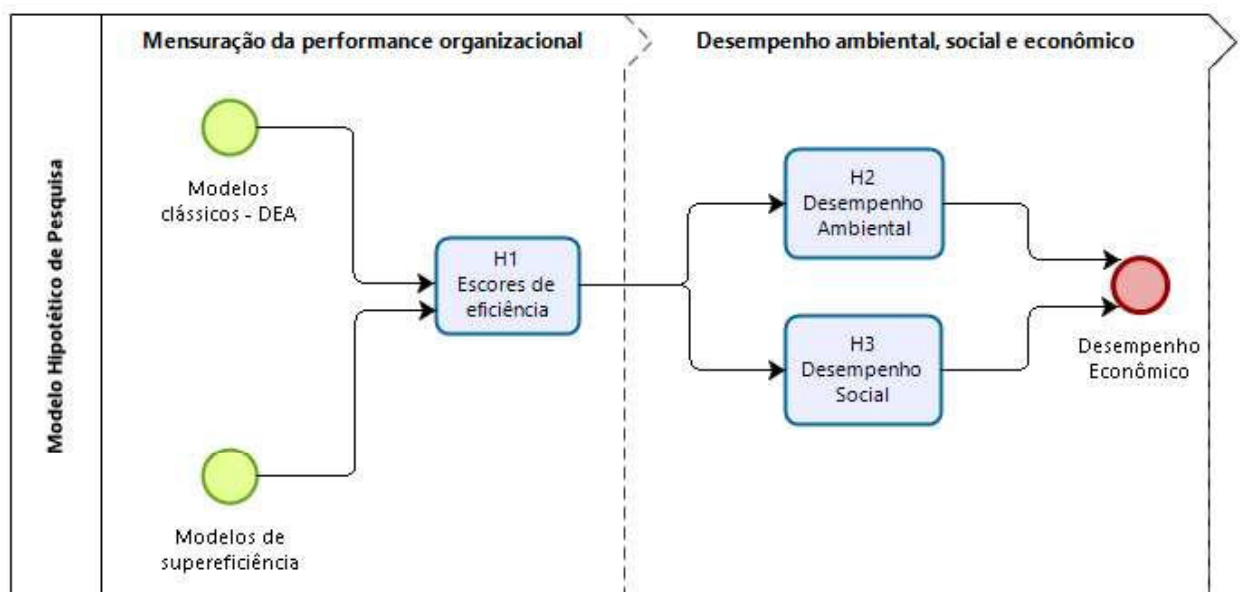
Por fim, um modelo teórico de pesquisa, que abarca os supracitados elementos é apresentado a seguir.

2.7. Modelo

Com base nas hipóteses de pesquisas elencadas ao longo do referencial teórico e resumidas na subseção anterior, a Figura 9 apresenta o modelo hipotético da tese. A primeira premissa a ser aceita ou refutada é o fato de que os escores obtidos pelos modelos clássicos de DEA, diferem-se daqueles baseados no modelo de Supereficiência (a partir da exclusão de *outliers*). De modo a testar a hipótese de igualdade entre as médias dos diferentes modelos será realizado um teste *t-Student-Welch* com o resultado dos modelos estimados (WELCH, 1947). Este procedimento está ilustrado na Figura 9, através da hipótese H1.

Complementarmente, após a mensuração dos escores de eficiência será investigado a possível relação existente entre o desempenho ambiental e social na performance econômico-financeira das empresas analisadas. Assim sendo, os valores calculados para cada uma das eficiências será comparado através de análises de correlação e regressão, mensurando assim a influência ou não do desempenho ambiental e social na esfera econômica das organizações. A Figura 9 ilustra estas hipóteses, a saber, H2 e H3.

Figura 9 – Modelo hipotético da tese de doutorado



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

3. METODOLOGIA

Este capítulo se estrutura em três subseções e apresenta os aspectos metodológicos empregados na pesquisa. A primeira subseção contempla a tipologia desta pesquisa. A segunda subseção descreve a base de dados, oriunda do *Global Reporting Initiative*. Por fim, a terceira subseção discute os modelos de mensuração da *performance* organizacional empregados, bem como os recursos computacionais utilizados para efetuar as análises propostas.

3.1. Tipo de pesquisa

Conforme mencionado no capítulo introdutório, o objetivo geral desta tese é avaliar, por meio de abordagens de suporte à decisão, a *performance* ambiental, econômica e social de organizações através dos pressupostos da *Triple Bottom Line Theory*. Dessa forma, no que diz respeito à natureza dos resultados esperados, classifica-se esta pesquisa como sendo aplicada. Especificamente no que diz respeito à abordagem do problema de pesquisa, trata-se de uma investigação de cunho quantitativo, uma vez que o propósito dela é mensurar a eficiência de companhias do setor de comercialização, distribuição e geração de energia no Brasil. Para isto, de acordo com o que será explicado na subseção seguinte, na coleta de dados realizou-se uma análise documental acerca dos relatórios de sustentabilidade empresarial, divulgados pelo *Global Reporting Initiative*, para cada uma das organizações que perfazem a amostra.

Em relação aos procedimentos técnicos, para validar o modelo proposto realizou-se um estudo de caso, tendo como *locus* de pesquisa organizações do setor energético brasileiro. Assim sendo, pretende-se desenvolver uma pesquisa empírica, uma vez que a investigação será centrada em um fenômeno contemporâneo inserido no contexto real das organizações (YIN, 2001). Por fim, esta pesquisa também pode ser classificada como descritiva “já que procurou descrever ou “quantificar” o estado do fenômeno ou as características da população em foco, num determinado instante de tempo” (GANGA, 2012, p. 204). Dito de outra forma

estudo de caso descritivo (que) objetiva descrever o comportamento das variáveis envolvidas numa pesquisa. Não se procura, por enquanto, determinar relações de causa e efeito, mas apenas descrever com detalhes a realidade como ela em embora os resultados possam ser usados posteriormente para a formulação de hipóteses de causa e efeito (MARTINS; MELLO; TURRIONI, 2014).

A partir da definição do tipo de pesquisa adotado nesta tese, procede-se a escolha da base de dados a ser utilizada, que será explicada pormenorizadamente na próxima subseção.

3.2. Fonte de dados

Esta tese fez uso de dados secundários provenientes do *Global Reporting Initiative* (GRI), para o ano mais recente e com informação completa. O banco de dados GRI é gratuito e fornece aos usuários o acesso a todos os tipos de relatórios de sustentabilidade e informações relevantes relacionadas às principais organizações globais (GRI, 2020). De acordo com o Quadro 2, todos os indicadores disponíveis no GRI foram divididos em três grandes grupos, a saber: ambiental, econômico e social. Em acréscimo, cada uma das variáveis foi definida como *input* ou *output*. Destaca-se que a escolha das variáveis levou em consideração a disponibilidade de dados, ou seja, foram selecionados aqueles *inputs* e *outputs* aderentes às esferas ambiental, econômica e social que disponíveis para o maior número de empresas do setor energético no Brasil.

Quadro 2 - Variáveis econômicas, ambientais e sociais disponíveis no GRI

Dimensão Econômica	Classificação
Receita operacional líquida - R\$ milhões	<i>Output</i>
Lajida ou Ebitda - R\$ milhões	<i>Output</i>
Patrimônio líquido - R\$ milhões	<i>Input</i>
Dimensão Ambiental	Classificação
Recursos aplicados em meio ambiente - R\$ milhões	<i>Input</i>
Emissões diretas de CO2 - t métricas	<i>Output</i>
Investimentos em P&D meio ambiente (Milhões R\$)	<i>Input</i>
Dimensão Social	Classificação
Média de horas de treinamento por empregado	<i>Input</i>
Obrigações sociais e trabalhistas - R\$ milhões	<i>Input</i>
Número de colaboradores	<i>Input</i>
Taxa de frequência de acidentes - empregados contratados	<i>Output</i>

Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Este trabalho analisou todas as empresas brasileiras de comercialização, distribuição e geração de energia, o que constitui uma amostra de 37 DMUs. Destaca-se que foram analisados todos os relatórios de sustentabilidade publicados no ano de 2017 e que se referem aos dados de 2016, o ano mais recente e com informação completa disponível. É digno de nota que cada relatório

possui aproximadamente 100 páginas e a estrutura varia significativamente em função de cada organização. Desta forma, o volume de páginas analisadas foi próximo a 4.000 laudas. Paralelamente, de modo a validar a busca e encontrar variáveis ausentes nos relatórios de sustentabilidade, procedeu-se a análise de todos os balanços patrimoniais e demonstrativos de resultado do exercício, para cada uma das organizações, disponível no *site* delas na guia demonstrativos de resultados.

O Quadro 3 a apresenta a relação de todas as DMUs que foram utilizadas nesta pesquisa. A escolha de empresas do setor energético brasileiro (geração, distribuição e comercialização) ocorreu em função do Brasil ser um dos países com a matriz energética mais limpa do mundo. A análise deste setor ainda se justifica uma vez que, o setor de energia é responsável por 17% das empresas brasileiras que publicam relatórios com base no modelo GRI (SARTORI et al., 2015).

Quadro 3 – Relação das *Decision Making Units* (DMUs) utilizadas nesta tese

AES Brasil	CGTEE	Eletrobras.Eletronorte	Itaipu Binacional
AES.Eletrapaulo	CHESF	Eletrobras.Eletronuclear	Light
AES Tietê	Coelba	Eletrobras Furnas	Neoenergia
CEEE-D	Copel	Eletrosul	Petrobras
CEEE-GT	CPFL.Renováveis	Enel Brasil	QGEP
Celpe	CTEEP	ENGIE Brasil Energia	TAESA
CEMIG	Dommo Energia	Equatorial Energia	Usina São Manoel
Celesc	Duke Energy	Gas Natural Fenosa Br.	-
Celpa	Elektro	Grupo CPFL Energia	-
CESP	Eletrobrás	Grupo Energisa	-

Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Após a análise completa dos relatórios de sustentabilidade e demonstrativos contábeis das organizações analisadas, algumas DMUs apresentaram ausência de valores para determinadas variáveis, bem como valores negativos para algumas delas. Conforme apontado por Gonçalves (2003) e Figueiredo (2005), a inclusão de *inputs* ou *outputs* negativos em modelos da classe DEA pode comprometer os resultados gerados, uma vez que se trata de uma abordagem de otimização pautada em critérios como a condição de não negatividade das variáveis inseridas no modelo.

Desta forma, destaca-se que as DMUs AES Brasil, CEE-D, CEE-GT, CGTEE, Coelba, Dommo Energia, Duke Energy, Eletrobrás, Eletrobrás Eletronuclear, Petrobrás e TAESA foram excluídas por não apresentarem informações ou por possuírem informações financeiras com valores negativos (Ebitda ou Patrimônio Líquido, por exemplo). Restaram, assim, 26 DMUs para serem analisadas.

3.3. Construção do modelo de eficiência para as organizações do setor energético

No tocante à modelagem DEA, admite-se que N DMUs, produzam s *outputs*, $y_n = (y_{n1}, \dots, y_{ns}) \in \mathfrak{R}_+^s$, a partir de m *inputs*, $x_n = (x_{n1}, \dots, x_{nm}) \in \mathfrak{R}_+^m$. Assim, é considerado eficiente a DMU que, em comparação com os demais, obtém máximos *outputs* a partir de um conjunto fixo de *inputs* (orientação a *outputs*) ou que consome menos *inputs* para gerar uma quantidade fixa de *outputs* (orientação a *inputs*).

A DEA é uma técnica não paramétrica de mensuração da eficiência, a qual foi difundida, sobretudo a partir dos trabalhos seminais de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984). A principal diferença entre estes modelos clássicos é que enquanto o primeiro pressupõe retornos constantes de escala (CRS), isto é, que qualquer variação nos *inputs* implique em variação proporcional nos *outputs*, o segundo contempla o pressuposto de retornos variáveis de escala (VRS), ou seja, que para determinados volumes de *inputs*, a variação de *outputs* perca a proporcionalidade. O Apêndice apresenta uma versão detalhada dos modelos matemáticos da classe DEA (Figura A1).

Neste trabalho admitiu-se o pressuposto VRS, pois, conforme apontado por Ferreira e Gomes (2012, p. 194), a hipótese CRS “[...] somente é apropriada quando todas as DMU estão operando em escala ótima. Competição imperfeita, restrições financeiras, dentre outras causas, podem levar uma DMU a não operar em escala de produção ótima”. Assim sendo o modelo clássico DEA (VRS) (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984) realizou o cálculo do escore de eficiência (Θ) da i -ésima DMU (θ_i) conforme apresentado na Equação 1 e as restrições do modelo são ilustradas na Equação 2. De maneira complementar, apesar da baixa aderência teórica ao problema proposto, os modelos com retornos constantes de escala (CRS) também foram estimados, com o objetivo de tornar a análise mais robusta.

$$\theta_i = \text{Max} \sum_{i=1}^m u_i y_{ij} + u_0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m u_i y_{ij} - \sum_{i=1}^s v_i x_{ij} + u_0 \leq 0; \forall_j = 1, \dots, N; \sum_{i=1}^s v_i x_{ij} = 1; u_i \geq 0 \forall_i = 1, m; v_i \geq 0 \forall_i = 1, m \quad (2)$$

destaca-se que u_i e v_i denotam os pesos relativos aos *outputs* e aos *inputs* de cada uma das DMUs. A variável u_0 representa os retornos de escala. Em linhas gerais, tem-se que: (i) rendimentos decrescentes: $u_0 < 0$; (ii) rendimento constante: $u_0 = 0$ e (iii) rendimentos crescentes: $u_0 > 0$. No que diz respeito aos escores de eficiência, caso uma DMU seja totalmente eficiente, temos que $\theta_i = 1$, o maior valor possível. Por outro lado, se $\theta_i = 0$, a DMU é classificada como totalmente ineficiente. Assim, $(1 - \theta_i)$ representa o “grau de ineficiência” da i -ésima DMU analisada.

De acordo com Banker et al. (2004), embora o modelo DEA com retornos variáveis de escala (VRS) possua flexibilidade quanto à escolha dos dados, o pesquisador deve-se ater-se ao problema conhecido como “maldição da dimensão”. Neste contexto, recomenda-se que o n° de DMUs seja igual a, pelo menos, três vezes a soma do n° de *inputs* e *outputs*, dado que uma pequena porção de DMUs em relação ao n° de *inputs* e *outputs* reduz o poder de discriminação da abordagem DEA (COOK, TONE e ZHU, 2014).

Este trabalho levou em consideração, a título ilustrativo, tanto uma orientação a *inputs* (eficientes serão aquelas organizações, que, para um nível fixo de produtos gerados, conseguiram minimizar o uso de insumos consumidos), quanto uma orientação a *outputs* (eficientes são aquelas organizações, que, para um nível fixo de insumos, conseguiram maximizar os produtos gerados). Destaca-se, entretanto, que a orientação a *inputs* é mais aderente em termos teóricos ao problema proposto, e isto se justifica por diversos motivos. Em primeiro lugar, pois está alinhada ao escopo da *Triple Bottom Line Theory*, que preconiza a utilização racional de recursos produtivos. Por outro lado, a escolha de uma orientação a *inputs* é pertinente, uma vez que as empresas possuem maior grau de gerenciamento quanto a seus gastos do que em relação aos produtos gerados. De maneira complementar, os modelos com

orientação a *outputs* também foram calculados, assim, através de distintas perspectivas verificou-se o desempenho geral da eficiência das organizações analisadas.

De modo a verificar a existência de potenciais *outliers*, assim como elaborar um *ranking* de eficiência e de *benchmarking* para as DMUs, Andersen e Petersen (1993) desenvolveram um modelo DEA que leva em consideração a questão da “supereficiência”. O modelo de supereficiência, contrariamente ao modelo clássico de DEA, propicia ao escore de eficiência alcançar valores superiores à unidade ($\theta_i > 1$), conforme apresentado pela Equação 3.

$$\begin{aligned} & \text{Min } E_j - \delta e' s^- - \delta e' s^+ \\ \text{s. a.: } & E_j X_j = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}} z_k X_k + s^- ; Y_j = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}} z_k Y_k - s^+ ; Z, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

X_j denota o vetor dos *inputs* (m-dimensional); Y_j representa o vetor dos *outputs* (s-dimensional) para a j-ésima DMU; E_j é definido como sendo um escalar que define a ação do vetor *input* para produzir o vetor *output*, dentro da tecnologia de produção existente; Z indica o vetor de intensidade; z_k é a intensidade da k-ésima DMU; δ , por sua vez, trata-se de uma constante; e' é o vetor linha (1, ..., 1) com dimensão apropriada; s^+ representa o vetor de folgas associado aos *outputs* e por fim, s^- denota o vetor de folgas atrelado aos *inputs*.

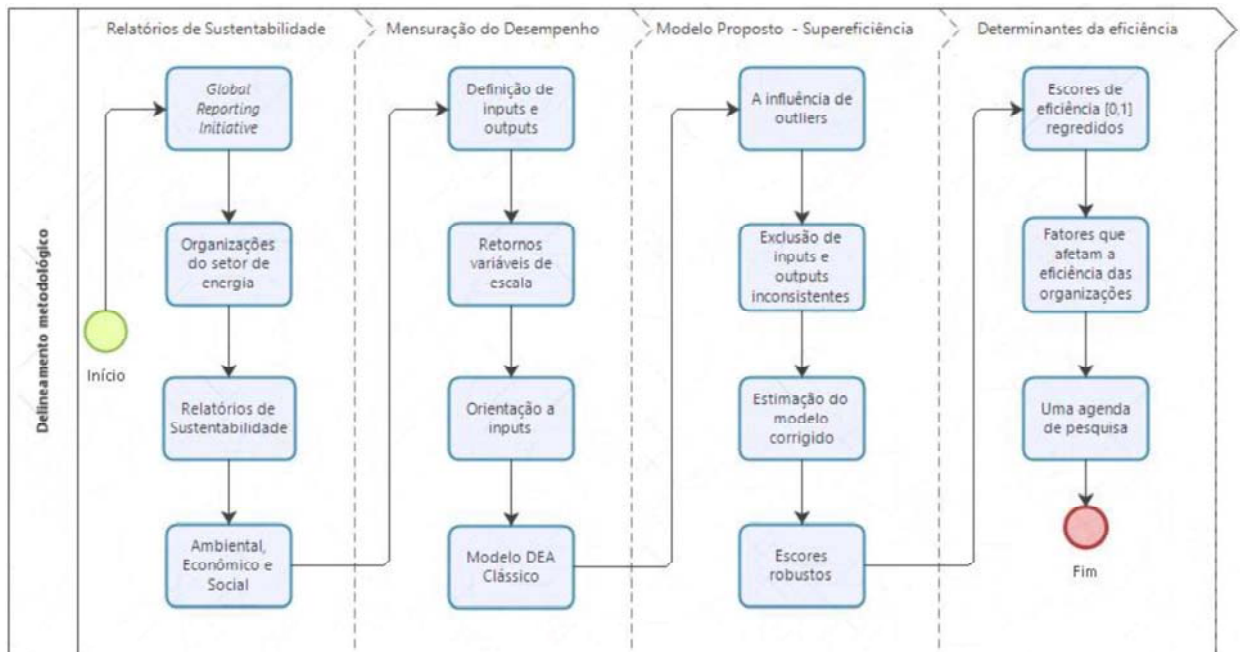
A relevância dos modelos DEA de supereficiência, no que diz respeito à identificação e eliminação de *outliers*, encontra respaldo em Banker e Chang (2006). Nesta tese utilizaram-se as classificações de *outliers* propostas por Hartman et al. (2001) e Avkiran (2007), que definiram que uma determinada DMU (organização) com escores de supereficiência maiores ou iguais a ($\theta_i = 2$), é um potencial *outlier*, uma vez que realiza um impacto expressivo na fronteira de eficiência. Assim sendo, a exclusão de organizações com valores atípicos de *inputs* e *outputs* é importante, dado que a fronteira de eficiência leva em consideração as informações de todas as organizações em conjunto. Recomenda-se que as DMUs classificadas como *outliers* reforcem os seus processos internos de auditoria de modo a garantir maior confiabilidade nos dados apresentados.

De modo a testar a hipótese de igualdade entre as médias dos diferentes modelos (DEA clássico e DEA com supereficiência), realizar-se-á um teste *t-Student-Welch* com o resultado dos modelos estimados, desta forma, poderá ser verificado em um exemplo prático os ganhos da remoção dos *outliers* na estimação do modelo de eficiência baseado em TBL para as organizações analisadas.

Apesar do modelo DEA determinar os escores de eficiência, ele não identifica quais são os fatores que explicam a eficiência das organizações. Assim, para verificar este efeito, os escores de eficiência serão regredidos através de um modelo de regressão do tipo Tobit. Este procedimento é endossado por McDonald (2009) e se justifica uma a variável de resposta (θ), é limitada à unidade (varia de 0 a 1). No contexto da *Triple Bottom Line theory*, fatores ambientais, econômicos e sociais afetam o desempenho das organizações. Este processo será detectado através de um modelo DEA em dois estágios, que após calcular os escores corrigidos da influência de *outliers*, irá regredir os valores da eficiência através de um modelo de regressão Tobit, considerando as variáveis: (i) anos desde a formação da empresa, (ii) número de empregados e (iii) presença capital aberto, coletadas junto ao *site* de cada organização.

Em termos computacionais, utilizou-se o *software Efficiency Measurement System* (EMS) para auferir aquelas DMUs classificadas como sendo *outliers*. Em seguida, com base no *software Gretl*, pretende-se regredir os escores de eficiência em variáveis não discricionárias que pudessem alterar o grau de eficiência das DMUs analisadas. Adicionalmente, destaca-se que os testes estatísticos a serem realizados, adotarão um nível de significância igual a 1%. A Figura 10 apresenta a síntese dos procedimentos descritos nesta seção.

Figura 10 – Síntese dos procedimentos metodológicos



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

A seguir, apresentar-se-á em detalhes os resultados obtidos na presente tese, contendo todas as análises apresentadas nesta metodologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos nesta tese. As seções 4.1, 4.2 e 4.3 contemplam a análise descritiva para os *inputs* e os *outputs* utilizados no modelo DEA de aferição da *performance* ambiental, econômica e social. Adicionalmente, cada uma destas subseções investiga quais foram as empresas de referência para cada uma das dimensões analisadas, bem como descreve os fatores que influenciaram o desempenho das organizações. De maneira complementar, a seção 4.4 aborda a relação existente entre os níveis de desempenho econômico, ambiental e social. Assim, pretende-se verificar se a eficiência econômica pode ser explicada pelos níveis de eficiência ambiental e social, respectivamente.

A posteriori, explorou-se a questão da detecção de *outliers* através dos modelos DEA da classe de supereficiência (seção 4.5). Desta forma foi possível calcular de modo mais acurado os indicadores de desempenho para as organizações analisadas. Ainda, comprovou-se empiricamente que os modelos de supereficiência produzem resultados distintos daqueles obtidos nos modelos clássicos de DEA. Em seguida, de posse dos escores de eficiência corrigidos, procedeu-se um estudo dos determinantes do desempenho das organizações (4.6). Ao término da seção, mediante todos os modelos calculados, apresentou-se um *ranking* global para a *performance* das empresas analisadas (4.7).

4.1. Desempenho Ambiental

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para os *inputs* e os *outputs* ambientais. Destaca-se que há uma grande variabilidade nos dados, o que se justifica pela oscilação no porte das empresas analisadas. Percebe-se ainda que os valores da média e da mediana são diferentes para todas as variáveis, logo, há um padrão assimétrico na frequência de distribuição destas variáveis.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* ambientais

	<i>Input</i>		<i>Output</i>	
	Investimento em Meio Ambiente (R\$)	Investimento em P&D (R\$)	Emissões Diretas (tCO ₂)	
Média	R\$ 328.977.868,08	R\$ 21.978.058,07	298,785	
Mediana	R\$ 65.400.000,00	R\$ 16.277.790,50	37,126	
Mínimo	R\$ 1.208.089,32	R\$ 924.100,00	373	
Máximo	R\$ 3.570.000.000,00	R\$ 99.230.000,00	4.801,366	
Desvio-padrão	807.100,533	21.790,858	945,222	

Fonte: Elaborado pelo autor.

De modo a verificar o padrão de relacionamento existente entre os *inputs* e os *outputs* ambientais, a Figura 11 apresenta uma matriz de correlação para eles, onde cada um dos valores apresentados consiste no coeficiente de correlação de Pearson³ (PEARSON, 1904). Destaca-se que a correlação entre duas variáveis mede a magnitude da relação existente entre elas. Este coeficiente varia de -1 a 1, onde, valores negativos denotam uma relação inversamente proporcional e valores positivos, indicam uma relação diretamente proporcional.

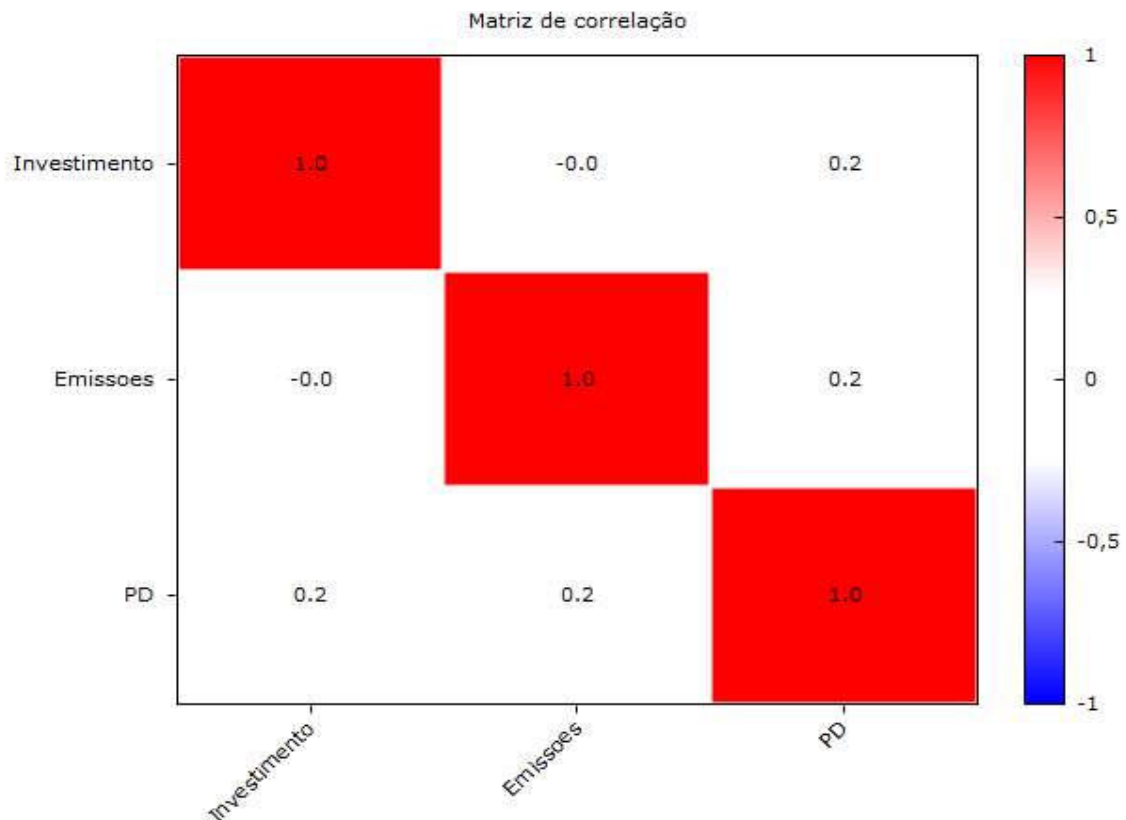
Os resultados apresentados indicam que os *inputs* e os *outputs* ambientais não são fortemente correlacionados. Por exemplo, a correlação existente entre os investimentos em meio ambiente (R\$) e as emissões diretas (t de CO₂) é negativa, assumindo o valor de -0,040, ou seja, para as empresas analisadas existe uma relação inversamente proporcional entre investir em meio ambiente e no grau de emissões diretas de gases do efeito estufa. De acordo com a diagonal principal da matriz de correlação, é possível observar que a correlação entre duas variáveis iguais é igual 1, como era de se esperar.

Percebe-se que a correlação existente entre os investimentos realizados em meio ambiente e o gasto com programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) é igual a 0,162. Este resultado pode ser interpretado da seguinte forma: a relação entre o investimento em meio ambiente e o gasto com projetos de P&D é diretamente proporcional para as empresas analisadas. Por fim, constatou-se que o coeficiente de correlação existente entre os investimentos em P&D e o grau

³ Destaca-se que o módulo da correlação é a proxy utilizada para se verificar a quão forte ou fraca é a relação existente entre duas variáveis. Assim, valores com um módulo igual ou superior a 0.9 indicam uma correlação muito forte. Valores compreendidos entre 0.7 a 0.9, positivos ou negativos, significam que a correlação é forte. Por sua vez, aqueles valores situados entre 0.5 a 0.7, positivos ou negativos, indicam uma correlação moderada. Para valores situados entre 0.3 a 0.5, positivos ou negativos, tem-se uma correlação fraca. Por fim, aqueles resultados situados entre 0 a 0.3, positivos ou negativos, indicam, uma correlação desprezível (MUKAKA, 2012).

de emissão de gases do efeito estufa é positivo e da ordem de 0,154. Isto indica que as empresas com a maior capacidade de investimento em programas de P&D tendem a ser justamente aquelas que mais emitem gases do efeito estufa. Isto pode ser justificado pelo fato de que as empresas com maiores níveis de emissão, tendem a possuir maior porte financeiro, conseqüentemente estão aptas a realizarem maiores aportes em programas de pesquisa e desenvolvimento.

Figura 11 – Diagrama de correlação para os *inputs* e *outputs* ambientais



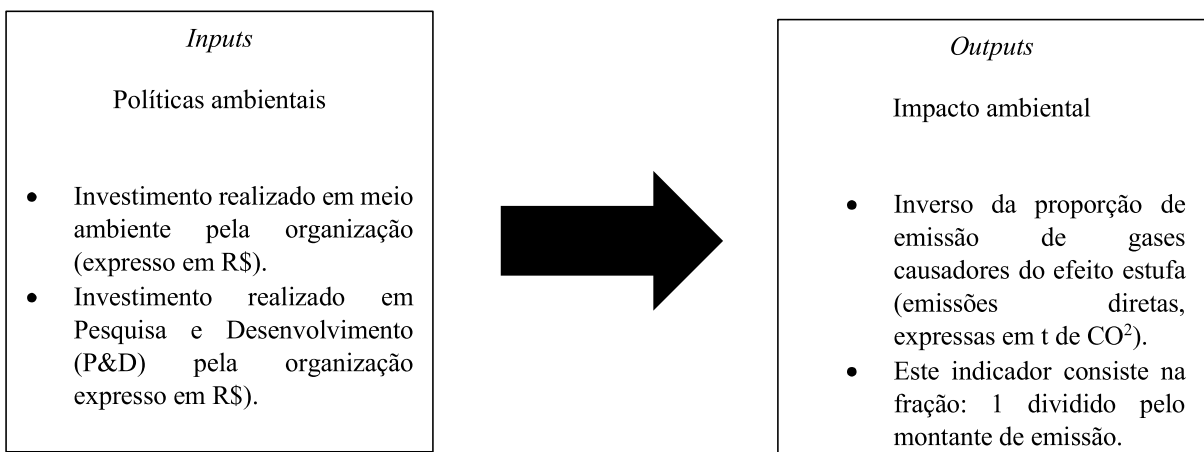
Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Destaca-se que o procedimento de cálculo do coeficiente de correlação entre os *inputs* e os *outputs* do modelo, é uma etapa necessária a ser feita antes de se iniciar a análise de eficiência (FERREIRA, 2009). Como explicitado no parágrafo anterior verificou-se baixa correlação entre as variáveis, logo, a inclusão destas no modelo DEA é pertinente para a avaliação da eficiência. Este fato possui amparo teórico, explicitado em Ferreira e Gomes (2012, p. 149), que afirmam que “[...] para cada par de variáveis insumos e para cada par de variáveis produtos

[deve-se excluir] uma delas quando tiverem alta correlação (por exemplo, acima de 0,8)”. Assim sendo, não foi necessário excluir nenhuma das variáveis escolhidas.

Desta forma, a Figura 12 apresenta quais foram os *inputs* e os *outputs* escolhidos. Deve-se ressaltar que, para garantir a coerência no cômputo dos escores de eficiência, considerou-se como *output* o inverso da proporção de emissão de gases do efeito estufa. Este fato vai de encontro com um dos requisitos dos modelos da classe DEA, que assumem que todas as variáveis devem ser possuir o mesmo sentido de direção (FERREIRA e GOMES, 2012). Desta maneira, espera-se que quão mais eficiente for a gestão da organização, maior deverá ser o indicador “inverso da proporção de emissão de gases do efeito estufa”.

Figura 12: *Inputs* e *outputs* dos do modelo de desempenho Ambiental



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Após a análise descritiva dos *inputs* e dos *outputs* ambientais, bem como da definição do modelo final de mensuração do desempenho para as organizações analisadas, procedeu-se o cômputo dos escores de eficiência, mediante os modelos de *Data Envelopment Analysis* (DEA).

Destaca-se que há uma vasta tipologia de modelos de eficiência, e em geral, a primeira variante a ser analisada consiste nos tipos de retornos de escala do modelo, que podem ser constantes: *Constant Returns to Scale* (CRS) ou variáveis: *Variable Returns to Scale* (VRS). A lógica destes modelos é simples, os modelos com retornos constantes são aqueles que ao se dobrarem os *insumos* consumidos, os *outputs* produzidos dobram na mesma proporção. Por outro lado, os

modelos com retornos variáveis são aqueles em que as variações no consumo de insumos, resultam em oscilações que não são necessariamente simétricas quanto à geração de produtos.

Destaca-se que os modelos com retornos constantes de escala (CRS) tendem a não ser muito realistas na mensuração do desempenho ambiental, pois, por exemplo, ao se dobrar o montante do investimento em P&D, não se espera que as emissões de gases geradores do efeito estufa se reduzam na mesma proporção, mas sim, em uma proporção que deve ser variável, dada a complexidade de fatores envolvidos no processo produtivo⁴. Desta forma, assume-se que os modelos com retornos variáveis (VRS) são aqueles que possuem maior aderência ao presente problema. Apesar desta questão, os modelos CRS foram apresentados meramente a título ilustrativo.

Complementarmente, a primeira análise sobre o desempenho ambiental teve por foco os modelos com orientação a *inputs*, ou seja, aqueles que consideram eficientes as DMUs que conseguem produzir uma quantidade fixa de produtos, minimizando o uso de *inputs*. A partir destas premissas foi possível calcular os escores de eficiência ambiental para as organizações estudadas. Os escores variam em uma escala de 0 (aquelas empresas que apresentaram os piores níveis de desempenho) a 1 (organizações que obtiveram a melhor *performance* ambiental na amostra analisada).

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a eficiência ambiental, considerando os modelos com retornos constantes e variáveis de escala, assumindo uma orientação a *inputs*. Na coluna relativa aos escores calculados, as entidades com os melhores níveis de eficiência foram destacadas em uma escala de tons verdes. Por outro lado, as organizações menos eficientes foram destacadas por tonalidades vermelhas. Para cada um dos modelos calculados há uma coluna que apresenta o *ranking* de eficiência para as DMUs analisadas. Uma vez que os modelos do tipo VRS são mais aderentes ao problema proposto, eles serviram como a base para filtrar os escores de eficiência em uma escala crescente de desempenho.

⁴ O modelo CRS assume que sempre que a quantidade de *inputs* for dobrada, o montante de *outputs* também dobrará. Destaca-se que esta abordagem foi a base do primeiro modelo de Eficiência desenvolvido pela literatura (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978). De modo a suprir esta lacuna teórica Banker, Charnes e Cooper (1984) introduziram um modelo mais realista para a maioria das situações reais, pautado em retornos variáveis de escala e designado por modelo *Variable Returns to Scale* (VRS).

Destaca-se que apenas três empresas foram eficientes de acordo com o modelo *Variable Returns to Scale* (VRS) orientado a *inputs*. Assim, as empresas com a melhor *performance* ambiental neste quesito foram a AES Tietê, Gas Natural Fenosa Brasil e CTEEP, respectivamente. Percebe-se que a AES Tietê apresentou o melhor desempenho mesmo considerando diferentes tipos de escala. Verifica-se que, conforme o modelo DEA (VRS) a eficiência média foi de 0.212 para as empresas em questão, ou seja, a ineficiência média foi da ordem de 0.788 (1- 0.212). Isso indica que, em média, de acordo com o atual nível de produto gerado, as empresas analisadas deveriam reduzir o uso dos insumos na ordem de 78.8% para se tornarem eficientes.

Tabela 2 - Eficiência Ambiental com orientação a inputs (retornos constantes e variáveis a escala)

DMU	Modelo CRS - Orientação a Inputs			Modelo VRS - Orientação a Inputs		
	Rank	Eficiência	Status	Rank	Eficiência	Status
AES Tiete	1	1.000	Eficiente	1	1.000	Eficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	9	0.023	Ineficiente	2	1.000	Eficiente
CTEEP	12	0.018	Ineficiente	3	1.000	Eficiente
Celipa	11	0.019	Ineficiente	4	0.422	Ineficiente
CEMIG	5	0.056	Ineficiente	5	0.360	Ineficiente
Equatorial Energia	14	0.010	Ineficiente	6	0.211	Ineficiente
CESP	2	0.091	Ineficiente	7	0.189	Ineficiente
AES Eletropaulo	6	0.045	Ineficiente	8	0.148	Ineficiente
Eletrosul	3	0.086	Ineficiente	9	0.144	Ineficiente
QGEP	4	0.078	Ineficiente	10	0.144	Ineficiente
Light	16	0.008	Ineficiente	11	0.117	Ineficiente
Celesc	7	0.036	Ineficiente	12	0.116	Ineficiente
Celpe	13	0.014	Ineficiente	13	0.087	Ineficiente
Usina Sao Manoel	18	0.002	Ineficiente	14	0.073	Ineficiente
Itaipu Binacional	10	0.021	Ineficiente	15	0.073	Ineficiente
Neoenergia	24	0.000	Ineficiente	16	0.055	Ineficiente
Elektrobras Furnas	15	0.009	Ineficiente	17	0.055	Ineficiente
Grupo Energisa	8	0.027	Ineficiente	18	0.054	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	26	0.000	Ineficiente	19	0.052	Ineficiente
CPFL Energia	22	0.001	Ineficiente	20	0.046	Ineficiente
CPFL Renovaveis	21	0.001	Ineficiente	21	0.039	Ineficiente
CHESF	17	0.006	Ineficiente	22	0.038	Ineficiente
Elektrobras Eletronorte	20	0.001	Ineficiente	23	0.032	Ineficiente
Elektro	19	0.002	Ineficiente	24	0.025	Ineficiente
Copel	23	0.000	Ineficiente	25	0.023	Ineficiente
Enel Brasil	25	0.000	Ineficiente	26	0.011	Ineficiente
Eficiência média		0.060			0.212	

Fonte: Elaborado pelo autor

Após esse procedimento procedeu-se o cálculo dos modelos de eficiência das classes CRS e VRS, entretanto, considerando uma orientação a *outputs*. A orientação relativa a *outputs* pode ser compreendida da seguinte forma: eficientes serão aquelas DMUs que para um nível fixo de insumos consumidos, conseguiram maximizar os níveis gerados de produtos. Reitera-se que os modelos com retornos variáveis (VRS) são os mais aderentes pelos mesmos motivos apresentados anteriormente.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos. Destaca-se que as empresas eficientes foram a AES Tietê, Gas Natural Fenosa Brasil e CTEEP, respectivamente. Note que as organizações com o melhor nível de desempenho, tanto para um modelo orientado a *inputs*, quanto para um orientado a *outputs* foram as mesmas. Isso demonstra a solidez dos resultados encontrados, uma vez que mesmo considerando diferentes perspectivas teóricas (variações quanto ao tipo de escala, bem como quanto à orientação do modelo), as empresas com o melhor grau de *performance* foram as mesmas.

Especificamente no caso da orientação a *outputs*, os resultados denotam que as empresas eficientes foram aquelas que conseguiram consumir um baixo nível relativo de insumos, e mesmo assim, gerar maiores níveis de produtos do que as suas concorrentes. Por fim, percebe-se que a eficiência média calculada foi igual a 0.147, ou seja, a ineficiência média foi da ordem de 0.853 ($1 - 0.147$). Isso indica que em média, de acordo com o atual nível de insumo consumido, as empresas analisadas deveriam ampliar a geração de produtos na ordem de 85.3% para se tornarem eficientes.

Tabela 3 - Eficiência Ambiental com orientação a outputs (retornos constantes e variáveis a escala)

DMU	Modelo CRS - Orientação a Outputs			Modelo VRS - Orientação a Outputs		
	Rank	Eficiência	Status	Rank	Eficiência	Status
AES Tiete	1	1	Eficiente	1	1.000	Eficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	9	0.023	Ineficiente	2	1.000	Eficiente
CTEEP	12	0.018	Ineficiente	3	1.000	Eficiente
Grupo Energisa	8	0.027	Ineficiente	4	0.118	Ineficiente
QGEP	4	0.078	Ineficiente	5	0.111	Ineficiente
CESP	2	0.091	Ineficiente	6	0.103	Ineficiente
Eletrosul	3	0.086	Ineficiente	7	0.097	Ineficiente
CEMIG	5	0.056	Ineficiente	8	0.070	Ineficiente
AES Eletropaulo	6	0.045	Ineficiente	9	0.056	Ineficiente
Celesc	7	0.036	Ineficiente	10	0.056	Ineficiente
Itaipu Binacional	10	0.021	Ineficiente	11	0.051	Ineficiente
Celpe	11	0.019	Ineficiente	12	0.028	Ineficiente
Eletrobras Furnas	15	0.009	Ineficiente	13	0.026	Ineficiente
Celpe	13	0.014	Ineficiente	14	0.026	Ineficiente
CHESF	17	0.006	Ineficiente	15	0.023	Ineficiente
Elektro	19	0.002	Ineficiente	16	0.010	Ineficiente
Equatorial Energia	14	0.010	Ineficiente	17	0.010	Ineficiente
Light	16	0.008	Ineficiente	18	0.010	Ineficiente
Usina Sao Manoel	18	0.002	Ineficiente	19	0.005	Ineficiente
Eletrobras Eletronorte	20	0.001	Ineficiente	20	0.003	Ineficiente
CPFL Renovaveis	21	0.001	Ineficiente	21	0.003	Ineficiente
Copel	23	0.000	Ineficiente	22	0.002	Ineficiente
CPFL Energia	22	0.001	Ineficiente	23	0.002	Ineficiente
Enel Brasil	25	0.000	Ineficiente	24	0.001	Ineficiente
Neoenergia	24	0.000	Ineficiente	25	0.000	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	26	0.000	Ineficiente	26	0.000	Ineficiente
Eficiência média		0.060			0.147	Ineficiente

Fonte: Elaborado pelo autor

Um fato que ajudou a notabilizar os modelos de eficiência da classe DEA é a possibilidade de estabelecer um *ranking* de eficiência entre as DMUs analisadas. Isso permite definir quais são as melhores e as piores práticas de gestão para as empresas analisadas. Este conhecimento é um importante instrumento de planejamento e tomada de decisão, uma vez que permite situar uma empresa em relação às suas concorrentes, e assim, fomentar o aperfeiçoamento de políticas internas com foco na melhoria dos indicadores ambientais, por exemplo.

Destaca-se que um dos princípios básicos dos modelos de DEA é a noção da fronteira de eficiência, ou seja, aquelas organizações que se situam no limiar superior de desempenho e que servem de referência para as demais. A partir dessa característica é possível realizar um processo de *benchmarking*, ou seja, um comparativo que diz em qual DMU uma determinada empresa deve se espelhar de modo a incrementar a sua eficiência. Os *benchmarks*, são, portanto, empresas que consumiram níveis similares de *inputs* e produziram maiores níveis de *outputs*, ou, empresas que produziram níveis similares de *outputs*, entretanto, que consumiram menores volumes de *inputs*.

De acordo com a teoria de *Data Envelopment Analysis*, as organizações que alcançaram o maior nível de desempenho situam-se em uma “fronteira de eficiência”, portanto, a distância entre uma DMU situada na fronteira, das demais, pode ser uma *proxy* para o grau de ineficiência da organização. Desta forma, comparar a *performance* de empresas concorrentes torna-se objeto de interesse. Assim, surge a seguinte pergunta: qual empresa concorrente, que consumindo níveis similares de insumos, conseguiu alcançar maiores níveis de produto? Ou ainda, qual empresa que para um nível similar de produtos gerados, conseguiu consumir menos insumos? A resposta para estas perguntas pode ser obtida através do estudo de *benchmarking* em relação às empresas analisadas.

A Tabela 4 apresenta a relação de *benchmarking* para todas as organizações, considerando apenas os modelos com retornos variáveis de escala (VRS) e assumindo orientações tanto a *inputs*, quanto a *outputs*. Perceba que esta análise é útil para as empresas ineficientes, pois mostra em quem elas devem se espelhar. No caso das empresas eficientes, o modelo somente indica que elas apresentaram o melhor desempenho, portanto, elas precisam se esforçar para manter a posição alcançada. Recomenda-se para estas entidades a elaboração de programas de melhoria contínua para que os níveis de *performance* permaneçam em patamares elevados. Por fim, destaca-se que a empresa AES Tietê foi a empresa de referência mais frequente, seguida pela Gas Natual Fenosa e pela CTEEP, respectivamente.

Tabela 4 - Benchmark para as organizações - modelo ambiental

DMU	Modelo VRS - Orientação a Inputs			Modelo VRS - Orientação a Outputs		
	Benchmark 1	Benchmark 2	Benchmark 3	Benchmark 1	Benchmark 2	Benchmark 3
AES Eletropaulo	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
AES Tiete	AES Tiete	-	-	AES Tiete	-	-
Celpe	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
CEMIG	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-
Celesc	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
Celipa	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-
CESP	AES Tiete	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	AES Tiete	-	-
CHESF	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
Copel	Gas Natural Fenosa Brasil	-	-	AES Tiete	-	-
CPFL Energia	Gas Natural Fenosa Brasil	-	-	AES Tiete	-	-
CPFL Renováveis	Gas Natural Fenosa Brasil	-	-	AES Tiete	-	-
CTEEP	CTEEP	-	-	CTEEP	-	-
Elektro	AES Tiete	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	AES Tiete	-	-
Eletrobras Eletronorte	AES Tiete	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	AES Tiete	-	-
Eletrobras Furnas	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
Eletrosul	AES Tiete	CTEEP	-	AES Tiete	-	-
Enel Brasil	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
ENGIE Brasil Energia	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
Equatorial Energia	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-
Gas Natural Fenosa Brasil	Gas Natural Fenosa Brasil	-	-	AES Tiete	-	-
Grupo Energisa	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	Gas Natural Fenosa Bra:	-	-
Itaipu Binacional	AES Tiete	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	AES Tiete	-	-
Light	AES Tiete	Gas Natural Fenosa Brasil	-	AES Tiete	-	-
Neoenergia	Gas Natural Fenosa Brasil	-	-	AES Tiete	-	-
QGEF	AES Tiete	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	AES Tiete	-	-
Usina Sao Manoel	AES Tiete	CTEEP	Gas Natural Fenosa Brasil	AES Tiete	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a análise das empresas de referência de acordo com o desempenho ambiental, procedeu-se o estudo dos fatores determinantes para a eficiência ambiental destas organizações. Conforme informado previamente, os escores de eficiência variam em uma escala de 0 a 1, onde 0 denota o menor nível possível de desempenho e 1 significa o maior valor para a eficiência de uma dada DMU. Desta forma, através de uma regressão Tobit, regressaram-se os escores de eficiência ambiental (variável dependente), levando-se em consideração as seguintes variáveis independentes: (i) longevidade da empresa (anos de existência, desde a sua fundação; (ii) abertura de capital (variável *dummy* que assume o valor 1 se a empresa tiver capital aberto ou 0, caso contrário) e (iii) porte da organização, dada pelo número de colaboradores.

Foram estimadas regressões para os modelos DEA de eficiência do tipo *Constant Returns to Scale* (CRS) e *Variable Returns to Scale* (VRS), tanto para uma orientação a *inputs*, quanto para uma orientação a *outputs*. Conforme abordado previamente, os modelos com retornos de escala variáveis são os mais realistas para o problema em questão (VRS). A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos. De acordo com os modelos CRS não foram encontradas evidências de que o número de anos de existência de uma empresa, a presença de capital aberto e o número de colaboradores impactam nos níveis de eficiência ambiental das organizações analisadas.

O mesmo, entretanto, não é válido para os modelos do tipo VRS. Para estes últimos, verificou-se que as empresas que possuem ações comercializadas na bolsa de valores tendem a ter melhores níveis de desempenho ambiental (significante ao nível de 99% de confiança para o modelo orientado a *inputs* e significante ao nível de 95% de confiança para o modelo orientado a *outputs*). Este resultado é pertinente, uma vez que para estar listada na bolsa de valores, uma dada organização assume o compromisso público de divulgar suas informações contábeis, bem como outros relatórios técnicos (KONAR e COHEN, 2001).

Destaca-se ainda que as empresas listadas na bolsa de valores precisam passar uma imagem de responsabilidade ampla para os seus acionistas, o que pode implicar em maiores níveis de eficiência. (CHEN, TANG e FELDMANN, 2015) Especificamente no tocante a variável “número de colaboradores”, ela foi significativa a um nível de 95% de confiança (tanto para o modelo orientado a *inputs*, quanto para o modelo orientado a *outputs*), entretanto, o coeficiente estimado, apesar de negativo, foi próximo de zero, ou seja, o impacto do número de funcionários na eficiência ambiental é limitado.

Tabela 5 - Regressão Tobit para os escores de eficiência ambiental

Modelo DEA do tipo: <i>Constant Returns to Scale (CRS)</i> com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.079	0.052	1.522	0.128	-
Anos de Existência	-0.001	0.001	-1.079	0.280	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.076	0.064	1.188	0.235	-
Nº de Colaboradores	-0.000	0.309	-1.193	0.233	-
Modelo DEA do tipo: <i>Constant Returns to Scale (CRS)</i> com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.079	0.052	1.522	0.128	-
Anos de Existência	-0.001	0.001	-1.079	0.280	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.076	0.064	1.188	0.235	-
Nº de Colaboradores	-0.000	0.309	-1.193	0.233	-
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale (VRS)</i> com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.010	0.096	0.103	0.918	-
Anos de Existência	0.002	0.002	1.027	0.304	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.248	0.091	2.737	0.006	***
Nº de Colaboradores	-0.000	0.617	-2.247	0.025	**
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale (VRS)</i> com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	-0.002	0.109	-0.021	0.983	-
Anos de Existência	0.001	0.002	0.718	0.473	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.215	0.095	2.253	0.024	**
Nº de Colaboradores	-0.000	0.000	-2.006	0.045	**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

Na seção 4.2 a seguir abordar-se-á o desempenho das organizações analisadas, levando-se em consideração a *performance* econômica delas. A próxima seção seguirá a mesma estrutura desta, portanto, será apresentada a análise descritiva das variáveis, seguida pela seleção de variáveis a serem utilizadas. Em sequência estimaram-se, os modelos clássicos de DEA, e por fim, os escores de eficiência foram regredidos em variáveis discricionários, mostrando quais são alguns dos fatores que impactam no desempenho econômico das empresas em questão.

4.2. Desempenho Econômico

A Tabela 6 apresenta as estatísticas descritivas para os *inputs* e os *outputs* econômicos. Destaca-se que há uma grande variabilidade nos dados, o que se justifica pela variação no porte das empresas analisadas. Percebe-se que os valores da média e da mediana são diferentes para todas as variáveis, logo, há um padrão assimétrico na frequência de distribuição destas variáveis.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* econômicos

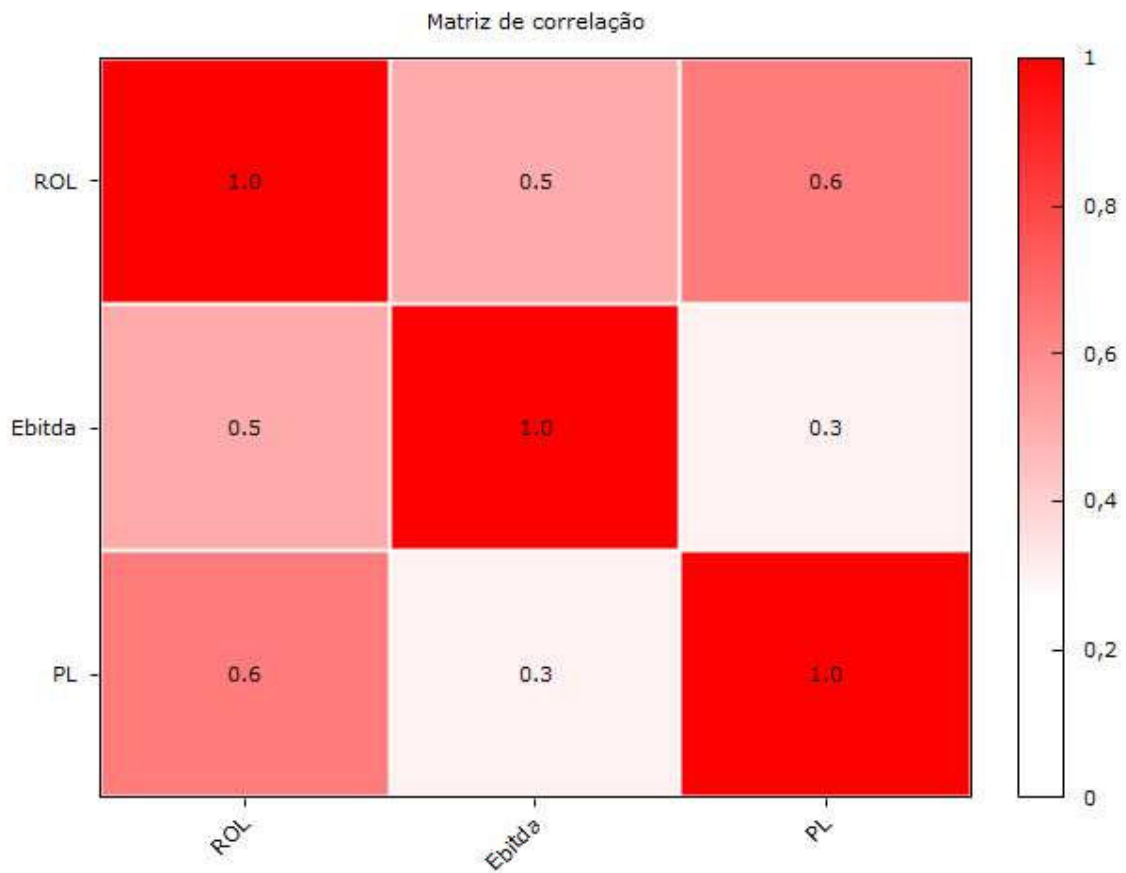
	<i>Input</i>		<i>Output</i>	
		Patrimônio Líquido (R\$)	Receita Operacional Líquida (R\$)	Lajida Ebitda (R\$)
Média	R\$	5.651.716.769.23	R\$ 8.189.078.915	1.508.282.479
Mediana	R\$	3.852.932.500.00	R\$ 7.807.600.000	906.500.000
Mínimo	R\$	550.748.000.00	R\$ 476.500.000	2.752.398
Máximo	R\$	15.155.446.000.00	R\$ 19.648.000.000	5.895.772.800
Desvio-padrão		4.742.983.708	5.892.010.813	1.462.923.934

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentados na Figura 13 indicam que os *inputs* e os *outputs* econômicos possuem correlações fracas a moderadas. Por exemplo, a correlação existente entre a Receita Operacional Líquida (ROL) e o Ebitda (ou Lajida) é positiva, assumindo o valor de 0,5027, ou seja, para as empresas analisadas existe uma relação diretamente proporcional entre os níveis da ROL e o montante de lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização. De acordo com a diagonal principal da matriz de correlação, é possível observar que a correlação entre duas variáveis iguais é igual 1, como era de se esperar.

Em acréscimo, verificou-se que a correlação existente entre a Receita Operacional Líquida (ROL) e os níveis de Patrimônio Líquido (PL) investimentos é igual a 0,6391. Por fim, constatou-se que o coeficiente de correlação existente entre o Ebitda (ou Lajida) e o Patrimônio Líquido foi igual a 0,2965. Isto indica que, para as empresas analisadas, o Ebitda varia positivamente em função da estrutura patrimonial e de dívidas das organizações.

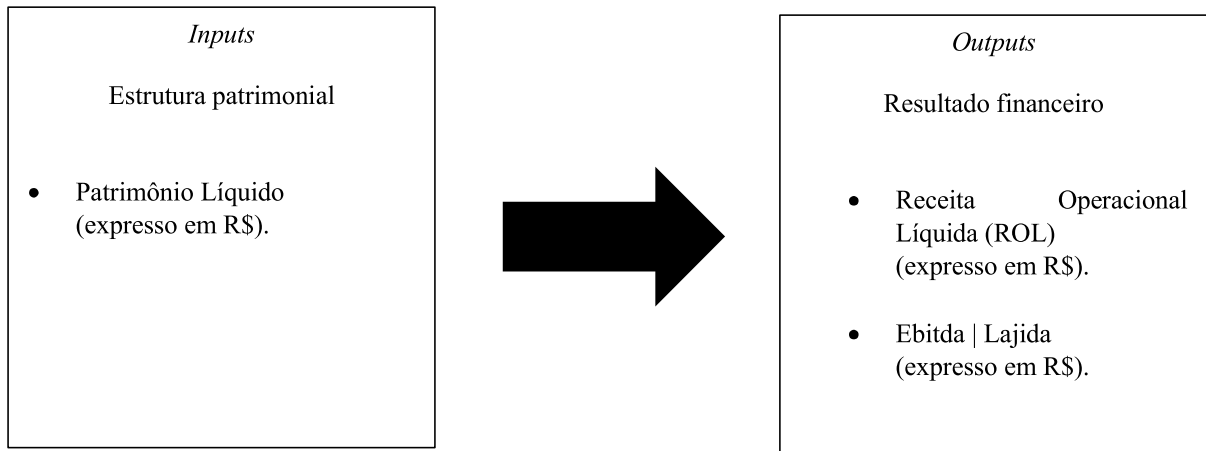
Figura 13 – Diagrama de correlação para os *inputs* e *outputs* econômicos



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

De maneira análoga àquela apresentada na seção anterior sobre o desempenho ambiental das organizações, reitera-se que não foi necessário excluir nenhuma das variáveis escolhidas, uma vez que nenhum par de variáveis possui correlações superiores a 0.8 (FERREIRA e GOMES, 2012). Desta forma, a Figura 14 apresenta quais foram os *inputs* e os *outputs* escolhidos para o cálculo da eficiência econômica das empresas analisadas.

Figura 14 - Inputs e outputs dos do modelo de desempenho Econômico



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

De maneira similar à realizada na subseção anterior, após a análise descritiva dos *inputs* e dos *outputs* econômicos, definiu-se o modelo de mensuração da *performance* para as organizações em questão. Assim, foi possível calcular os escores de eficiência, mediante os modelos de *Data Envelopment Analysis* (DEA) com retornos constantes (CRS) e variáveis (VRS) de escala, para orientações tanto a *inputs*, quanto a *outputs*.

Destaca-se que os modelos com retornos constantes (CRS) não são muito realistas na mensuração do desempenho econômico, pois, por exemplo, ao se dobrar o valor do patrimônio líquido de uma organização, não se espera que a receita operacional líquida e o Ebitda dobrem também na mesma proporção. Desta forma, assume-se que os modelos da classe VRS são aqueles mais aderentes ao problema proposto. De maneira ilustrativa, estimaram-se os modelos CRS e VRS para o desempenho econômico das organizações estudadas.

Complementarmente, a primeira análise sobre o desempenho econômico teve por foco os modelos com orientação a *inputs*, ou seja, aqueles que consideram eficientes as DMUs que conseguem produzir uma quantidade fixa de produtos, minimizando o uso de *inputs*. À partir destas definições foi possível calcular os escores de eficiência econômica para as empresas objeto desta pesquisa.

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para a eficiência econômica, considerando os modelos com retornos constantes e variáveis de escala, assumindo uma orientação a *inputs*. Em função da aderência teórica ao problema proposto, os resultados da eficiência foram classificados de forma decrescente, considerando os modelos com retornos variáveis de escala (VRS). Na coluna relativa aos escores calculados, as entidades com os melhores níveis de eficiência foram destacadas em uma escala de tons verdes. Por outro lado, as organizações menos eficientes foram destacadas por tonalidades vermelhas. Para cada um dos modelos calculados há uma coluna que apresenta o *ranking* de eficiência para as DMUs analisadas.

Tabela 7 - Eficiência Econômica com orientação a *inputs* (retornos constantes e variáveis a escala)

DMU	Modelo CRS - Orientação a <i>Inputs</i>			Modelo VRS - Orientação a <i>Inputs</i>		
	Rank	Eficiência	Status	Rank	Eficiência	Status
CTEEP	1	1,000	Eficiente	1	1,000	Eficiente
Itaipu Binacional	2	1,000	Eficiente	2	1,000	Eficiente
CPFL Energia	10	0,161	Ineficiente	3	1,000	Eficiente
Eletrobras Furnas	17	0,108	Ineficiente	4	1,000	Eficiente
CEMIG	16	0,109	Ineficiente	5	0,769	Ineficiente
Usina Sao Manoel	18	0,106	Ineficiente	6	0,698	Ineficiente
AES Eletropaulo	4	0,306	Ineficiente	7	0,546	Ineficiente
Neoenergia	14	0,131	Ineficiente	8	0,532	Ineficiente
Celesc	3	0,329	Ineficiente	9	0,420	Ineficiente
Grupo Energisa	5	0,257	Ineficiente	10	0,410	Ineficiente
Celpe	6	0,212	Ineficiente	11	0,350	Ineficiente
AES Tiete	12	0,138	Ineficiente	12	0,349	Ineficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	19	0,098	Ineficiente	13	0,328	Ineficiente
Elektro	8	0,186	Ineficiente	14	0,276	Ineficiente
Celipa	9	0,170	Ineficiente	15	0,260	Ineficiente
Light	7	0,205	Ineficiente	16	0,233	Ineficiente
QGEP	26	0,020	Ineficiente	17	0,198	Ineficiente
CHESF	21	0,072	Ineficiente	18	0,183	Ineficiente
Copel	23	0,061	Ineficiente	19	0,181	Ineficiente
Enel Brasil	13	0,137	Ineficiente	20	0,176	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	15	0,130	Ineficiente	21	0,156	Ineficiente
Equatorial Energia	11	0,149	Ineficiente	22	0,152	Ineficiente
CPFL Renovaveis	22	0,062	Ineficiente	23	0,132	Ineficiente
Eletrosul	24	0,037	Ineficiente	24	0,112	Ineficiente
Eletrobras Eletronorte	20	0,075	Ineficiente	25	0,082	Ineficiente
CESP	25	0,035	Ineficiente	26	0,077	Ineficiente
Eficiência média		0,204			0,408	

Fonte: Elaborado pelo autor

Reitera-se que os modelos VRS são aqueles mais realistas no que diz respeito ao problema estudado. Assim, as empresas com melhor *performance* econômica neste quesito foram a CTEEP, Itaipu Binacional, CPFL Energia e Eletrobrás Furnas, respectivamente. Adicionalmente, segundo o modelo VRS a eficiência média foi de 0.408 para as empresas em questão, ou seja, a ineficiência média foi da ordem de 0.592 (1- 0.408). Isso indica que em média, de acordo com o atual nível de produto gerado, as empresas analisadas deveriam reduzir o uso dos insumos na ordem de 59.2% para se tornarem eficientes.

Aqui cabe uma reflexão. Em comparação com os níveis de eficiência ambiental previamente calculados, percebe-se que o grau de eficiência econômica assume valores praticamente com o dobro do valor daqueles obtidos na *performance* ambiental. Esta evidência empírica mostra que apesar da relevância ambiental para a sociedade de forma em geral, as empresas ainda possuem como prioridade central os aspectos econômicos de sua operação em si. Diante do exposto, reitera-se a importância da TBL em um contexto organizacional, bem como da adoção de instrumentos de aferição do desempenho destas entidades através de perspectivas que extrapolem os aspectos meramente econômicos.

De modo análogo, após esse procedimento procedeu-se o cálculo dos modelos de eficiência econômica das classes CRS e VRS, entretanto, com uma orientação a *outputs*. A orientação relativa a *outputs* pode ser compreendida da seguinte forma: eficientes serão classificadas aquelas DMUs que, para um nível fixo de insumos consumidos, maximizaram o nível de produtos gerados. Assume-se novamente, pelos mesmos motivos já citados que os modelos com retornos variáveis de escala são os mais aderentes para a presente análise.

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos. Destaca-se que as empresas eficientes foram a CTEEP, Itaipu Binacional, CPFL Energia e Eletrobrás Furnas, respectivamente. Note que as organizações com melhor desempenho, tanto para um modelo orientado a *inputs*, quanto para *outputs* são as mesmas. Esse resultado é robusto, pois mostra que mesmo considerando diferentes teóricas as supracitadas empresas apresentaram os maiores índices de *performance*. Ainda, estes resultados indicam que estas empresas conseguiram consumir poucos insumos e ao mesmo tempo gerar maiores níveis de produtos do que as suas concorrentes. Por fim, percebe-se que a eficiência média calculada foi igual a 0.560, ou seja, a ineficiência média

foi da ordem de 0.440 (1- 0.560). Isso indica que em média, de acordo com o atual nível de insumo consumido, as empresas analisadas deveriam ampliar a geração de produtos na ordem de 44.4% para se tornarem eficientes.

Tabela 8 - Eficiência Econômica com orientação a *outputs* (retornos constantes e variáveis a escala)

DMU	Modelo CRS - Orientação a <i>Outputs</i>			Modelo VRS - Orientação a <i>Outputs</i>		
	Rank	Eficiência	Status	Rank	Eficiência	Status
CTEEP	1	1.000	Eficiente	1	1.000	Eficiente
Itaipu Binacional	2	1.000	Eficiente	2	1.000	Eficiente
CPFL Energia	10	0.161	Ineficiente	3	1.000	Eficiente
Eletrobras Furnas	17	0.108	Ineficiente	4	1.000	Eficiente
CEMIG	16	0.109	Ineficiente	5	0.968	Ineficiente
AES Eletropaulo	4	0.306	Ineficiente	6	0.893	Ineficiente
Grupo Energisa	5	0.257	Ineficiente	7	0.854	Ineficiente
Neoenergia	14	0.131	Ineficiente	8	0.813	Ineficiente
Eletrobras Eletronorte	20	0.075	Ineficiente	9	0.706	Ineficiente
Copel	23	0.061	Ineficiente	10	0.667	Ineficiente
CHESF	21	0.072	Ineficiente	11	0.651	Ineficiente
Light	7	0.205	Ineficiente	12	0.645	Ineficiente
Enel Brasil	13	0.137	Ineficiente	13	0.631	Ineficiente
Celesc	3	0.329	Ineficiente	14	0.556	Ineficiente
Equatorial Energia	11	0.149	Ineficiente	15	0.555	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	15	0.130	Ineficiente	16	0.539	Ineficiente
Celpe	6	0.212	Ineficiente	17	0.391	Ineficiente
Elektro	8	0.186	Ineficiente	18	0.380	Ineficiente
Celipa	9	0.170	Ineficiente	19	0.358	Ineficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	19	0.098	Ineficiente	20	0.190	Ineficiente
CPFL Renovaveis	22	0.062	Ineficiente	21	0.168	Ineficiente
CESP	25	0.035	Ineficiente	22	0.155	Ineficiente
Usina Sao Manoel	18	0.106	Ineficiente	23	0.151	Ineficiente
AES Tiete	12	0.138	Ineficiente	24	0.139	Ineficiente
Eletrosul	24	0.037	Ineficiente	25	0.113	Ineficiente
QGEP	26	0.020	Ineficiente	26	0.036	Ineficiente
Eficiência média		0.204			0.560	

Fonte: Elaborado pelo autor

Destaca-se que, assim como os modelos com orientação a *inputs*, os modelos com orientação a *outputs* também mostraram que a *performance* econômica das organizações analisadas foi praticamente o dobro daquela calculada para a eficiência ambiental. Estes resultados endossam a necessidade da adoção de políticas ambientais mais assertivas, bem como da contínua

conscientização sobre a importância que o meio ambiente pode produzir nos negócios de uma empresa, assim como de suas externalidades positivas que podem impactar a sociedade de forma em geral.

A Tabela 9 apresenta a relação de *benchmarking* para todas as organizações, considerando apenas os modelos com retornos variáveis de escala e assumindo orientações tanto a *inputs*, quanto a *outputs*. Perceba que essa análise é útil para as empresas ineficientes, pois mostra em quem elas devem se espelhar. No caso das empresas eficientes, o modelo somente indica que elas apresentaram o melhor desempenho, portanto, elas precisam se esforçar para manter a posição alcançada. Recomenda-se para estas entidades a elaboração de programas de melhoria contínua para que os níveis de *performance* permaneçam em patamares elevados. Por fim, destaca-se que a empresa Itaipu Binacional foi a empresa de referência mais frequente, seguida pela CPFL Energia, CTEEP e Eletrobras Furnas, respectivamente.

Tabela 9 - Benchmark para as organizações - modelo econômico

DMU	Modelo VRS - Orientação a <i>Inputs</i>		Modelo VRS - Orientação a <i>Outputs</i>	
	Bebchmark 1	Bebchmark 2	Bebchmark 1	Bebchmark 2
AES Eletropaulo	CTEEP	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
AES Tiete	CTEEP	-	CTEEP	Itaipu Binacional
Celpe	CTEEP	-	CTEEP	Itaipu Binacional
CEMIG	CPFL Energia	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Eletrobras Furnas
Celesc	CTEEP	-	CTEEP	Itaipu Binacional
Celpa	CTEEP	-	CPFL Energia	Itaipu Binacional
CESP	CTEEP	Itaipu Binacional	Itaipu Binacional	-
CHESF	CPFL Energia	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Eletrobras Furnas
Copel	CPFL Energia	Itaipu Binacional	Eletrobras Furnas	-
CPFL Energia	CPFL Energia	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
CPFL Renovaveis	CTEEP	Itaipu Binacional	Itaipu Binacional	-
CTEEP	CTEEP	-	CTEEP	-
Elektro	CTEEP	-	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Eletrobras Eletronorte	CTEEP	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Eletrobras Furnas	Eletrobras Furnas	-	Eletrobras Furnas	-
Eletrosul	CTEEP	-	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Enel Brasil	CTEEP	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
ENGIE Brasil Energia	CTEEP	Itaipu Binacional	Itaipu Binacional	-
Equatorial Energia	CTEEP	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Gas Natural Fenosa Brasil	CTEEP	-	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Grupo Energisa	CTEEP	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Itaipu Binacional	Itaipu Binacional	-	Itaipu Binacional	-
Light	CTEEP	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Neoenergia	CPFL Energia	Itaipu Binacional	CPFL Energia	Itaipu Binacional
QGEP	CTEEP	-	CPFL Energia	Itaipu Binacional
Usina Sao Manoel	CTEEP	-	CTEEP	Itaipu Binacional

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a análise das empresas de referência de acordo com o desempenho econômico, procedeu-se o estudo dos fatores determinantes para a eficiência econômica das organizações analisadas. Destaca-se que os escores de eficiência variam em uma escala de 0 a 1, onde 0 é o menor valor possível e 1 significa o maior valor para uma DMU. Desta forma, através de uma regressão Tobit, regrediu-se os escores de eficiência econômica (variável dependente), levando-se em consideração as seguintes variáveis independentes: (i) anos de existência da empresa, desde a sua fundação; (ii) variável *dummy* sobre a presença de capital aberto e (iii) número de colaboradores das organizações.

Foram estimadas regressões para os modelos DEA de eficiência do tipo *Constant Returns to Scale* (CRS) e *Variable Returns to Scale* (VRS), tanto para uma orientação a *inputs*, quanto para uma orientação a *outputs*. Conforme abordado previamente, os modelos com retornos de escala variáveis são os mais aderentes para o problema em questão (VRS). A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos. Destaca-se que o intercepto do modelo não possui interpretação prática e se trata de uma constante, que é estimado na regressão. De acordo com os modelos CRS e VRS não foram encontradas evidências de que o número de anos de existência de uma empresa, a presença de capital aberto e o número de colaboradores impactam nos níveis de eficiência econômica das organizações analisadas. Este resultado pode ser observado mediante a coluna de significância estatística, onde nenhum dos coeficientes estimados foi estatisticamente representativo, exceto da constante (intercepto do modelo).

Assim sendo, os fatores determinantes do desempenho econômico são explicados por outras variáveis que fogem ao escopo desta pesquisa, podendo ir desde questões endógenas quanto exógenas. Recomenda-se a título de trabalhos futuros e de continuação desta pesquisa, um estudo individualizado em cada uma das organizações analisadas, de modo a capturar a percepções dos gestores internos, bem como coletar dados internos de potenciais variáveis determinantes da *performance* econômica. Por se tratar de resultados específicos para algumas empresas do setor de energia, estes resultados não podem ser generalizados para outras empresas do segmento que não perfizerem a amostra.

Tabela 10 - Regressão Tobit para os escores de eficiência econômica

Modelo DEA do tipo: <i>Constant Returns to Scale (CRS)</i> com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.292	0.162	1.801	0.072	*
Anos de Existência	-0.001	0.001	-1.113	0.266	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	-0.019	0.146	-0.131	0.896	-
Nº de Colaboradores	-0.000	0.276	-0.882	0.378	-
Modelo DEA do tipo: <i>Constant Returns to Scale (CRS)</i> com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.292	0.162	1.801	0.072	*
Anos de Existência	-0.001	0.001	-1.113	0.266	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	-0.019	0.146	-0.131	0.896	-
Nº de Colaboradores	-0.000	0.276	-0.882	0.378	-
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale (VRS)</i> com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.518	0.180	2.875	0.004	***
Anos de Existência	0.000	0.001	0.165	0.869	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	-0.110	0.176	-0.624	0.532	-
Nº de Colaboradores	-0.000	0.308	-1.605	0.108	-
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale (VRS)</i> com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.594	0.168	3.534	0.000	***
Anos de Existência	-0.000	0.001	-0.174	0.861	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	-0.097	0.165	-0.586	0.558	-
Nº de Colaboradores	0.786	0.650	1.209	0.227	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

Na seção 4.3 a seguir o desempenho das organizações estudadas foi calculado através de outra perspectiva, levando-se em consideração a *performance* social destas entidades. A seção seguirá a mesma estrutura das seções anteriores, assim sendo, será apresentada a análise descritiva das variáveis, seguida pela seleção do modelo final de cômputo da eficiência. A seguir, os modelos clássicos de DEA foram estimados, e por fim, os escores de regressão foram regredidos em variáveis discricionários, mostrando quais são alguns dos fatores que impactam no desempenho social das empresas em questão.

4.3. Desempenho Social

A Tabela 11 apresenta as estatísticas descritivas para os *inputs* e os *outputs* sociais. Destaca-se que há uma grande variabilidade nos dados, o que se justifica pela variação no porte das empresas analisadas. Percebe-se que os valores da média e da mediana são diferentes para todas as variáveis, logo, há um padrão assimétrico na frequência de distribuição destas variáveis.

Tabela 11 - Estatísticas descritivas dos *inputs* e *outputs* sociais

	<i>Input</i>		<i>Output</i>	
	Nº de Colaboradores	Obrigações Sociais e Trabalhistas (R\$)	Treinamento (horas)	Taxa de Frequência*
Média	7152.19	R\$ 133.490.800.00	1.708	3
Mediana	4811.50	R\$ 105.243.500.00	48	2
Mínimo	146.00	R\$ 741.000.00	12	0
Máximo	44282.00	R\$ 384.108.000.00	43.238	12
Desvio-padrão	9109.35	118.042.258	8.471	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

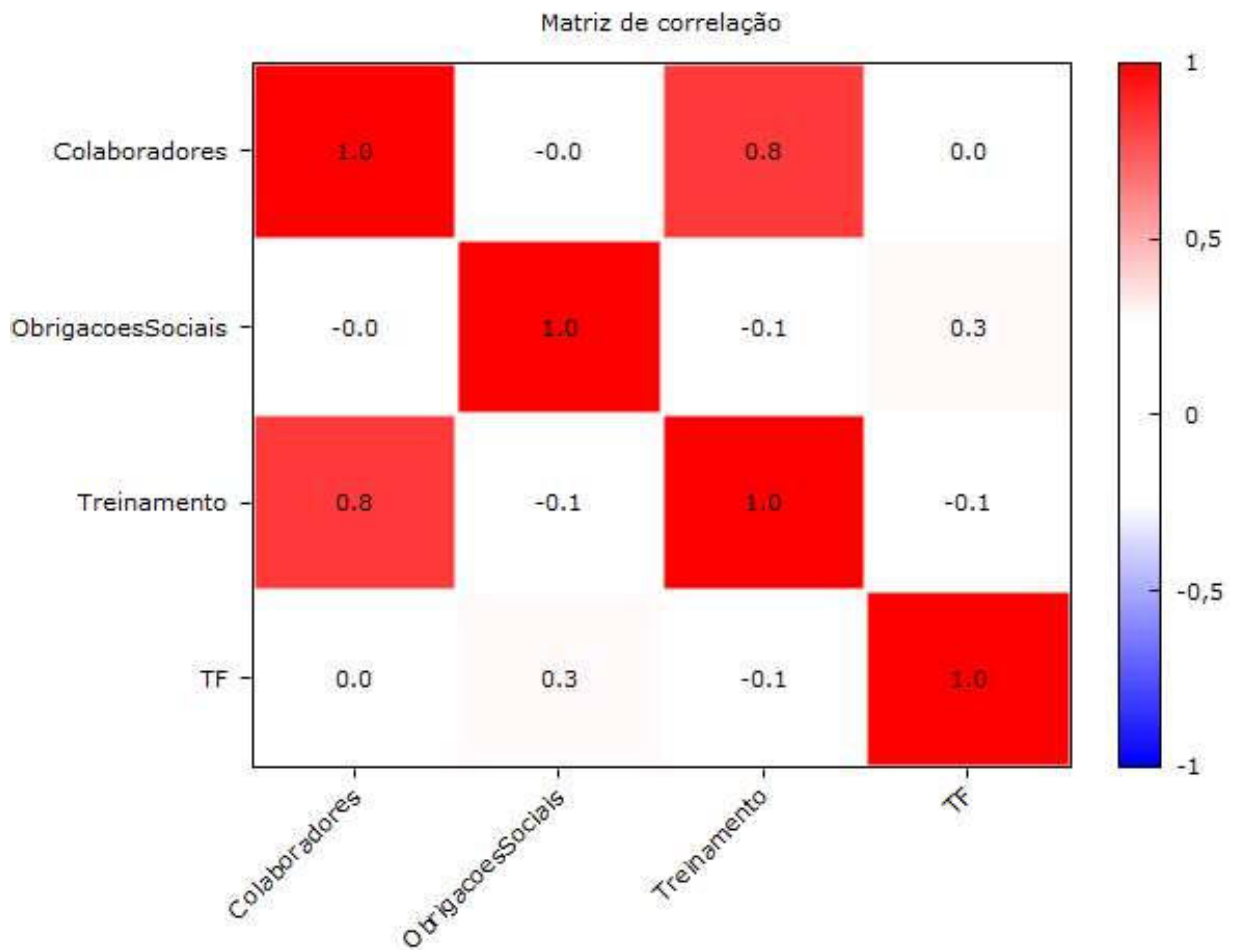
Nota: *A taxa de frequência funciona como uma estimativa de acidentes por milhão de horas trabalhadas. O cálculo dessa métrica segue a NBR 14280 da ABNT e para ela não são consideradas eventualidades como acidentes no trajeto para o trabalho.

Com o objetivo de verificar o padrão de relacionamento existente os *inputs* e os *outputs* sociais, a Figura 15 apresenta uma matriz de eles. Os resultados apresentados indicam que os *inputs* e os *outputs* sociais possuem correlações fracas e correlações fortes para as empresas analisadas. Por exemplo, número de colaboradores possui correlação próxima a zero em relação ao montante de obrigações sociais e trabalhistas (R\$), ou seja, a depender do salário pago pelos colaboradores, o montante de trabalhadores poderá impactar mais ou menos nesta rubrica.

Especificamente no tocante à correlação existente entre o número médio de horas de treinamento dos funcionários e o montante das obrigações sociais e trabalhistas (R\$), constatou-se uma correlação negativa da ordem de -0,0672. Ainda, de acordo com a diagonal principal da matriz de correlação, é possível observar que a correlação entre duas variáveis iguais é igual 1, como era de se esperar. Percebe-se que a correlação existente entre a taxa de frequência de acidentes de colaboradores e o montante de obrigações sociais e trabalhistas foi positiva e da ordem de 0,2735. Isso sinaliza que, para as empresas analisadas, aquelas com maiores taxas de acidente incorrem em maiores níveis de obrigações sociais e trabalhistas. Destaca-se que o número médio de horas de treinamento por parte dos funcionários varia negativamente com a taxa de frequência de acidentes, assumindo uma correlação igual a -0,0531, ou seja, quanto

mais se investe em treinamento, menores deverão ser as taxas de acidentes para as empresas em questão.

Figura 15 – Diagrama de correlação para os *inputs* e *outputs* sociais



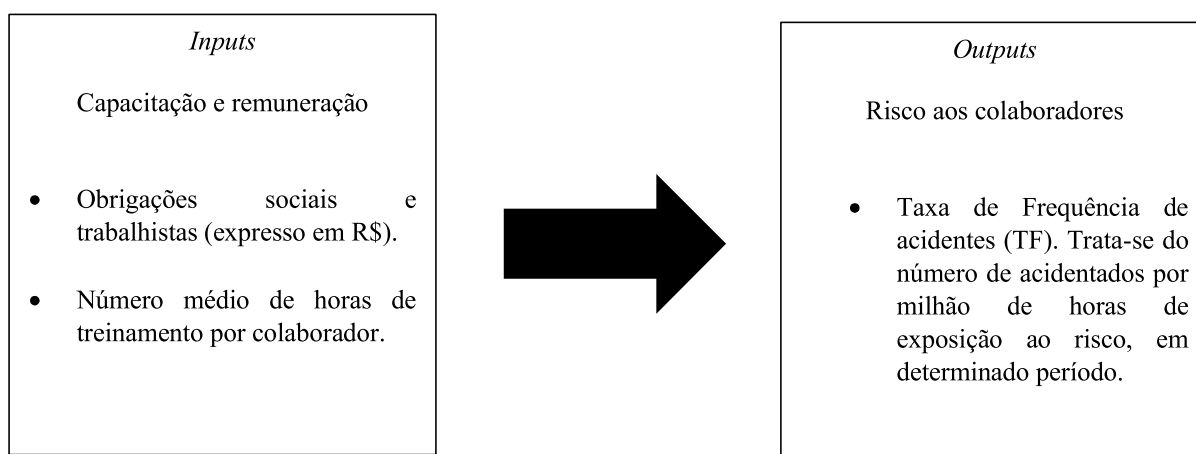
Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Por fim, destaca-se que o par de variáveis: número de colaboradores e número médio de horas de treinamento é fortemente correlacionado, assumindo o valor igual a 0,8310. De modo a tornar o modelo de DEA mais acurado, uma destas variáveis precisa ser excluída do estudo. Em função do número de colaboradores envolver distintos níveis, ou seja, as empresas possuem colaboradores diretos, indiretos, estagiários e demais colaboradores, esta variável torna-se imprecisa nos relatórios de sustentabilidade, uma vez que nem todas as empresas apresentam com precisão a estratificação do número de colaboradores em cada uma destas categorias.

Ademais, as organizações em muitos casos terceirizam muitas de suas atividades e não possuem controle gerencial preciso acerca do montante de funcionários terceiros. Em função destas evidências, optou-se por excluir a variável “número de colaboradores”, garantindo assim, que não haverá correlações entre os *inputs* e *outputs* superiores ao valor de 0.8 (FERREIRA e GOMES, 2012).

A Figura 16 apresenta um resumo de quais foram os *inputs* e os *outputs* sociais escolhidos. Deve-se ressaltar que, para garantir a coerência no cômputo dos escores de eficiência, considerou-se como *output* o inverso da proporção da taxa de frequência de acidentes, uma vez que se espera que quão mais eficiente for a gestão da organização, menor deverá ser este indicador, isto é, maiores deverão ser o inverso dele.

Figura 16 - Inputs e outputs dos do modelo de desempenho Social



Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

De modo análogo ao efetuado nas subseções anteriores, após a análise descritiva dos *inputs* e dos *outputs* sociais, definiu-se o modelo de mensuração da *performance* para as organizações em questão. Desta forma, foi possível calcular dos escores de eficiência, mediante os modelos de *Data Envelopment Analysis* (DEA) com retornos constantes (CRS) e variáveis (VRS) de escala, para orientações tanto a *inputs*, quanto a *outputs*. Novamente, conforme abordado nas seções prévias, destaca-se que os modelos com retornos constantes de escala (CRS) não são muito aderentes na mensuração do desempenho social, pois, por exemplo, ao se dobrar o montante de obrigações sociais e trabalhistas e o número de horas de treinamento de uma

organização, por exemplo, não se espera que a taxa de acidentes se reduza na mesma proporção exata. Desta forma, os modelos com retornos variáveis de escala (VRS) são mais realistas ao problema aqui abordado. Complementarmente, a primeira análise sobre o desempenho social teve por foco os modelos com orientação a *inputs*, ou seja, aqueles que consideram eficientes as DMUs que conseguem produzir uma quantidade fixa de produtos, minimizando o uso de *inputs*. À partir destas definições foi possível calcular os escores de eficiência social para as organizações estudadas.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos para a eficiência social, considerando os modelos com retornos constantes e variáveis de escala, assumindo uma orientação a *inputs*. Na coluna relativa aos escores calculados, as entidades com os melhores níveis de eficiência foram destacadas em uma escala de tons verdes. Por outro lado, as organizações menos eficientes foram destacadas por tonalidades vermelhas. Para cada um dos modelos calculados há uma coluna que apresenta o *ranking* de eficiência para as DMUs analisadas. Destaca-se que os valores de eficiência calculados mediante o modelo da classe VRS, foram classificados de ordem decrescente, mostrando as empresas mais eficientes na parte superior da Tabela 12 (última coluna). Reitera-se que os modelos VRS são aqueles mais realistas no que diz respeito ao problema estudado. Assim, as empresas com melhor *performance* econômica foram a CPFL Renováveis, Elektro, CESP, Gas Natural Fenosa e Celpa, respectivamente. Adicionalmente, segundo o modelo VRS a eficiência média foi de 0.505 para as empresas em questão, ou seja, a ineficiência média foi da ordem de 0.495 (1 - 0.505). Isso indica que em média, de acordo com o atual nível de produto gerado, as empresas analisadas deveriam reduzir o uso dos insumos na ordem de 49.5% para se tornarem eficientes.

Aqui cabe a continuação da reflexão acerca dos escores ambientais e econômicos. Em comparação com os níveis de eficiência ambiental previamente calculados, percebe-se que o grau de eficiência econômica e social assumem valores praticamente com o dobro do valor daqueles obtidos na *performance* ambiental. Esta evidência demonstra que apesar da relevância ambiental para a sociedade em geral, as empresas ainda possuem como prioridade central os aspectos econômicos e sociais de sua operação em si. Desta forma, destaca-se que há espaço para melhorias na *performance* em todas as esferas do TBL, entretanto, o pilar ambiental apresenta-se como o principal gargalo a ser superado pelas organizações.

Tabela 12 - Eficiência Social com orientação a *inputs* (retornos constantes e variáveis a escala)

DMU	Modelo CRS - Orientação a <i>Inputs</i>			Modelo VRS - Orientação a <i>Inputs</i>		
	Rank	Eficiência	Status	Rank	Eficiência	Status
CPFL Renovaveis	1	1.000	Eficiente	1	1.000	Eficiente
Elektro	2	1.000	Eficiente	2	1.000	Eficiente
CESP	3	0.599	Ineficiente	3	1.000	Eficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	4	0.524	Ineficiente	4	1.000	Eficiente
Celipa	10	0.096	Ineficiente	5	1.000	Eficiente
Enel Brasil	6	0.272	Ineficiente	6	0.892	Ineficiente
Usina Sao Manoel	8	0.137	Ineficiente	7	0.688	Ineficiente
QGEP	26	0.000	Ineficiente	8	0.671	Ineficiente
CEMIG	7	0.173	Ineficiente	9	0.648	Ineficiente
CTEEP	5	0.360	Ineficiente	10	0.570	Ineficiente
AES Tiete	9	0.097	Ineficiente	11	0.514	Ineficiente
Light	11	0.073	Ineficiente	12	0.463	Ineficiente
Equatorial Energia	20	0.029	Ineficiente	13	0.394	Ineficiente
Celpe	13	0.066	Ineficiente	14	0.357	Ineficiente
Celesc	21	0.029	Ineficiente	15	0.345	Ineficiente
Eletrosul	12	0.066	Ineficiente	16	0.333	Ineficiente
Neoenergia	22	0.025	Ineficiente	17	0.327	Ineficiente
CHESF	14	0.065	Ineficiente	18	0.312	Ineficiente
Eletrobras Eletronorte	15	0.062	Ineficiente	19	0.264	Ineficiente
Copel	17	0.040	Ineficiente	20	0.258	Ineficiente
Itaipu Binacional	16	0.043	Ineficiente	21	0.256	Ineficiente
AES Eletropaulo	23	0.021	Ineficiente	22	0.247	Ineficiente
Eletrobras Furnas	18	0.039	Ineficiente	23	0.215	Ineficiente
Grupo Energisa	24	0.009	Ineficiente	24	0.206	Ineficiente
CPFL Energia	19	0.039	Ineficiente	25	0.172	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	25	0.008	Ineficiente	26	0.008	Ineficiente
Eficiência média		0.187			0.505	

Fonte: Elaborado pelo autor

Após esse procedimento efetuou-se o cálculo dos escores de eficiência econômica, através dos modelos das classes CRS e VRS, considerando uma orientação a *outputs*. A orientação relativa a *outputs* pode ser compreendida da seguinte forma: eficientes serão aquelas DMUs que para um nível fixo de insumos consumidos, maximizaram o nível de produtos gerados. Reitera-se que os modelos com retornos variáveis são os mais aderentes pelos mesmos motivos apresentados anteriormente. A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos. Destaca-se que as empresas eficientes foram a CPFL Renováveis, Elektro, CESP, Gas Natural Fenosa e Celipa, respectivamente. Perceba que as organizações com melhor desempenho, tanto para um modelo

orientado a *inputs*, quanto para *outputs* são as mesmas. Esse resultado mostra que o resultado estimado é robusto e indica que estas empresas conseguiram consumir poucos insumos e ao mesmo tempo gerar maiores níveis de produtos do que as suas concorrentes. Por fim, percebe-se que a eficiência média calculada foi igual a 0.279, ou seja, a ineficiência média foi da ordem de 0.721 (1- 0.279). Isso indica que em média, de acordo com o atual nível de insumo consumido, as empresas analisadas deveriam ampliar a geração de produtos na ordem de 44.4% para se tornarem eficientes.

Tabela 13 - Eficiência Social com orientação a *outputs* (retornos constantes e variáveis a escala)

DMU	Modelo CRS - Orientação a <i>Outputs</i>			Modelo VRS - Orientação a <i>Outputs</i>		
	Rank	Eficiência	Status	Rank	Eficiência	Status
CPFL Renovaveis	1	1.000	Eficiente	1	1.000	Eficiente
Elektro	2	1.000	Eficiente	2	1.000	Eficiente
CESP	3	0.599	Ineficiente	3	1.000	Eficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	4	0.524	Ineficiente	4	1.000	Eficiente
Celpa	10	0.096	Ineficiente	10	1.000	Eficiente
Enel Brasil	6	0.272	Ineficiente	6	0.590	Ineficiente
CTEEP	5	0.360	Ineficiente	5	0.418	Ineficiente
CEMIG	7	0.173	Ineficiente	7	0.246	Ineficiente
Usina Sao Manoel	8	0.137	Ineficiente	8	0.170	Ineficiente
AES Tiete	9	0.097	Ineficiente	9	0.119	Ineficiente
Light	11	0.073	Ineficiente	11	0.092	Ineficiente
Celpe	13	0.066	Ineficiente	13	0.081	Ineficiente
CHESF	14	0.065	Ineficiente	14	0.072	Ineficiente
Eletrosul	12	0.066	Ineficiente	12	0.070	Ineficiente
Eletronorte	15	0.062	Ineficiente	15	0.066	Ineficiente
Itaipu Binacional	16	0.043	Ineficiente	16	0.046	Ineficiente
Copel	17	0.040	Ineficiente	17	0.043	Ineficiente
Eletronorte	18	0.039	Ineficiente	18	0.041	Ineficiente
CPFL Energia	19	0.039	Ineficiente	19	0.039	Ineficiente
Equatorial Energia	20	0.029	Ineficiente	20	0.039	Ineficiente
Celesc	21	0.029	Ineficiente	21	0.033	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	25	0.008	Ineficiente	25	0.031	Ineficiente
Neoenergia	22	0.025	Ineficiente	22	0.029	Ineficiente
AES Eletropaulo	23	0.021	Ineficiente	23	0.022	Ineficiente
Grupo Energisa	24	0.009	Ineficiente	24	0.009	Ineficiente
QGEP	26	0.000	Ineficiente	26	0.000	Ineficiente
Eficiência média		0.187			0.279	

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 14 apresenta a relação de *benchmarking* para todas as organizações, considerando apenas os modelos com retornos variáveis de escala e assumindo orientações tanto a *inputs*, quanto a *outputs*. Perceba que essa análise é útil para as empresas ineficientes, pois mostra em quem elas devem se espelhar. No caso das empresas eficientes, o modelo somente indica que elas apresentaram o melhor desempenho, portanto, elas precisam se esforçar para manter a posição alcançada. Recomenda-se para estas entidades a elaboração de programas de melhoria contínua para que os níveis de *performance* permaneçam em patamares elevados. Por fim, destaca-se que a empresa Itaipu Binacional foi a empresa de referência mais frequente, seguida pela CESP Celpe, Gas Natural Fenosa e CPFL Renováveis, respectivamente.

Tabela 14 - Benchmark para as organizações - modelo social

DMU	Modelo VRS - Orientação a Inputs			Modelo VRS - Orientação a Outputs		
	Bechmark 1	Bechmark 2	Bechmark 3	Bechmark 1	Bechmark 2	Bechmark 3
AES Eletropaulo	Celipa	-	-	Celipa	CESP	Elektro
AES Tiete	Celipa	CPFL Renovaveis	Gas Natural Fenosa Brasil	Celipa	Elektro	Gas Natural Fenosa Brasil
Celpe	Celipa	CESP	Elektro	Celipa	CESP	Elektro
CEMIG	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
Celesc	Celipa	-	-	Celipa	CESP	Elektro
Celipa	Celipa	-	-	Celipa	-	-
CESP	CESP	-	-	CESP	-	-
CHESF	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
Copel	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
CPFL Energia	Celipa	CESP	Elektro	CESP	Elektro	-
CPFL Renovaveis	CPFL Renovaveis	-	-	CPFL Renovaveis	-	-
CTEEP	Celipa	CESP	Elektro	Celipa	CESP	Elektro
Elektro	Elektro	-	-	Elektro	-	-
Eletrobras Eletronorte	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
Eletrobras Furnas	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
Eletrosul	Celipa	Elektro	Gas Natural Fenosa Brasil	CPFL Renovaveis	Elektro	Gas Natural Fenosa Brasil
Enel Brasil	Celipa	CPFL Renovaveis	Gas Natural Fenosa Brasil	Celipa	Elektro	Gas Natural Fenosa Brasil
ENGIE Brasil Energia	CPFL Renovaveis	-	-	Elektro	-	-
Equatorial Energia	Celipa	-	-	Celipa	CESP	Elektro
Gas Natural Fenosa Brasil	Gas Natural Fenosa B-	-	-	Gas Natural Fenosa B-	-	-
Grupo Energia	Celipa	-	-	CESP	Elektro	-
Itaipu Binacional	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
Light	Celipa	CESP	-	CESP	Elektro	-
Neoenergia	Celipa	-	-	CESP	Elektro	-
QGEF	Celipa	CPFL Renovaveis	-	QGEF	-	-
Usina Sao Manoel	Celipa	CPFL Renovaveis	Gas Natural Fenosa Brasil	CPFL Renovaveis	Elektro	Gas Natural Fenosa Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a análise das empresas de referência de acordo com o desempenho social, procedeu-se o estudo dos fatores determinantes para a eficiência social das organizações. Destaca-se que os escores de eficiência variam em uma escala de 0 a 1, onde 0 é o menor valor possível e 1 significa o maior valor para uma DMU. Desta forma, através de uma regressão Tobit, regrediu-se os escores de eficiência social, levando-se em consideração as seguintes variáveis independentes: (i) anos de existência da empresa, desde a sua fundação; (ii) variável *dummy* sobre a presença de capital aberto e (iii) número de colaboradores das organizações.

Foram estimadas regressões para os modelos DEA de eficiência do tipo *Constant Returns to Scale* (CRS) e *Variable Returns to Scale* (VRS), tanto para uma orientação a *inputs*, quanto para uma orientação a *outputs*. Conforme abordado previamente, os modelos com retornos de escala variáveis são os mais realistas para o problema em questão (VRS). A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos. De acordo com os modelos CRS e VRS não foram encontradas evidências de que o número de anos de existência das empresas analisadas impactam nos níveis de eficiência social delas.

O mesmo, entretanto, não é válido para a presença de capital aberto e para o número de colaboradores. Especificamente no que diz respeito a presença de capital aberto (tanto para os modelos CRS e VRS), verificou-se que as empresas que possuem ações comercializadas na bolsa de valores tendem a possuir maiores níveis de desempenho social. As justificativas para este fato são variadas, como por exemplo, a possibilidade de participação dos funcionários na divisão de parcela dos lucros, por exemplo. Em relação a variável “número de colaboradores”, ela foi significativa a um nível de 90% de confiança para os modelos CRS e alcançou 95% de confiança para os modelos VRS, entretanto, o coeficiente estimado, apesar de negativo, foi próximo de zero, ou seja, o impacto do número de funcionários na eficiência social é limitado.

Tabela 15 - Regressão Tobit para os escores de eficiência social

Modelo DEA do tipo: <i>Constant Returns to Scale</i> (CRS) com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.134	0.088	1.516	0.130	-
Anos de Existência	-0.001	0.002	-0.433	0.665	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.200	0.088	2.274	0.023	**
Nº de Colaboradores	-0.000	0.491	-1.814	0.070	*
Modelo DEA do tipo: <i>Constant Returns to Scale</i> (CRS) com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.134	0.088	1.516	0.130	-
Anos de Existência	-0.001	0.002	-0.433	0.665	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.200	0.088	2.274	0.023	**
Nº de Colaboradores	-0.000	0.491	-1.814	0.070	*
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale</i> (VRS) com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.383	0.101	3.791	0.000	***
Anos de Existência	0.000	0.002	0.098	0.922	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.291	0.095	3.074	0.002	***
Nº de Colaboradores	-0.000	0.538	-2.916	0.004	***
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale</i> (VRS) com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.030	0.115	0.264	0.792	-
Anos de Existência	0.002	0.002	0.728	0.467	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0.315	0.110	2.863	0.004	***
Nº de Colaboradores	-0.000	0.674	-1.998	0.046	**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

A próxima seção aborda a relação existente entre os níveis de eficiência econômica, ambiental e social. Pretende-se verificar se os bons níveis de *performance* ambiental e social levam a níveis mais satisfatórios ou não de desempenho econômico, por parte das organizações analisadas.

4.4. Relação existente entre o desempenho econômico, ambiental e social

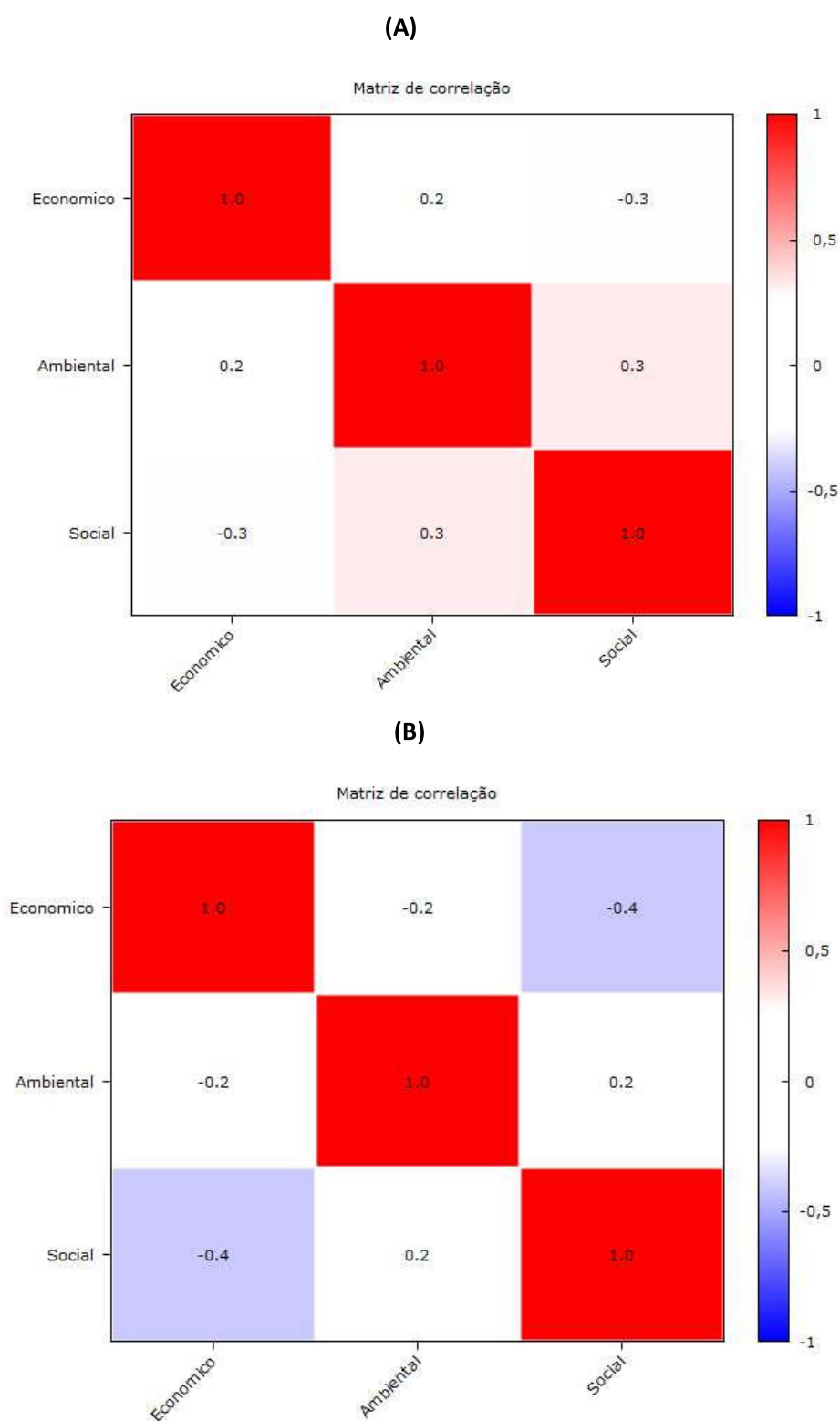
Após o cálculo do desempenho ambiental, econômico e social das organizações analisadas, procedeu-se a investigação de algumas das hipóteses desta pesquisa. Desta forma, através de uma inspeção de correlogramas, bem como da estimação de um conjunto de regressões Tobit, verificou-se se o desempenho econômico está ou não correlacionado com os níveis de *performance* ambiental e social.

Conforme evidenciado na seção do referencial teórico, destaca-se, que, de acordo com a teoria da Ecoeficiência, as empresas podem melhorar os seus níveis de produtividade e reduzir os custos, através da melhora da *performance* ambiental (STONE, 1994; BEBBINGTON, 2001; LEHMAN, 2002). Desta forma, assumiu-se como uma das premissas prévias desta pesquisa, que as empresas com os melhores índices de desempenho ambiental tenderiam a possuir melhores níveis de eficiência econômico-financeira.

Através da *Stakeholder Theory*, assumiu-se que o desempenho financeiro das organizações se relaciona com o sucesso da empresa em gerenciar o relacionamento com o seu entorno (GRAY et al., 1995; ELIJIDO-TEM, 2007). Ainda, segundo os aspectos da *Legitimacy Theory* (GUTHRIE e PARKER, 1989), assumiu-se previamente que as organizações e a comunidade do seu entorno desenvolvem relações sociais próximas, dado que entre elas surge uma espécie de "contrato social". Logo, para que a gestão seja plena, as organizações precisam funcionar como um sistema que enfatiza o alinhamento com a sociedade (LAKO, 2011). Assim sendo, assumiu-se como premissa básica que as empresas com melhores índices de desempenho social tendem a possuir melhores níveis de eficiência econômico-financeira.

.A Figura 17 apresenta um conjunto de correlogramas que relacionam os níveis de desempenho econômico com o grau de eficiência ambiental e social para as empresas analisadas. A Figura 17 está dividida em duas partes, (A) e (B), que apresentam, respectivamente, os resultados dos modelos com retornos variáveis de escala (VRS), considerando orientações a *inputs* e *outputs*. Destaca-se que o tipo de orientação do modelo impactará na análise a ser realizada, uma vez que o cômputo da eficiência orientada a *inputs* classificou como eficientes aquelas organizações que minimizaram o consumo de recursos, ao passo que na orientação a *outputs*, eficientes foram aquelas entidades que conseguiram maximizar os níveis de produção.

Figura 17 – Correlograma entre as eficiências ambiental, econômica e social



Nota: (A): Modelo com retornos variáveis de escala (VRS) com orientação a *inputs*.

Nota: (B): Modelo com retornos variáveis de escala (VRS) com orientação a *outputs*.

Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

De acordo com a parte (A) da Figura 17, percebe-se que a correlação existente entre o desempenho ambiental e econômico, apesar de fraca, é positiva e da ordem de 0.2. Este resultado é coerente e pode ser explicado da seguinte forma: as empresas eficientes foram aquelas que conseguiram minimizar o uso de insumos, sem comprometer a quantidade de produtos gerados, ou seja, os modelos DEA com orientação a *inputs* são aderentes com a questão do uso racional dos recursos produtivos. Desta forma, para as organizações analisadas, o desempenho ambiental é proporcional à performance econômica.

Ainda de acordo com a Figura (A), verificou-se que o desempenho econômico é inversamente proporcional à *performance* social, logo, para as empresas analisadas, aquelas com melhor desempenho econômico tendem a ter pior desempenho social, pois a correlação entre essas variáveis foi negativa e da ordem de -0.3. Este fato pode ser justificado pelo *trade-off* existente entre o objetivo das organizações: lucro *versus* bem-estar social. Em geral, empresas públicas não possuem o lucro como meta central, sendo elas norteadas pelo exercício social de suas atividades. Muitas delas, inclusive, são deficitárias. Por outro lado, em geral, as empresas privadas são norteadas por distintos fatores, dentre eles o lucro (GOLDRATT e COX, 2016). Por fim, ainda de acordo com a Figura (A), a correlação existente entre o desempenho ambiental e social é positiva e da ordem de 0.3.

Especificamente no tocante aos modelos com retornos orientados a *outputs*, apresentados na parte (B) da Figura 17, nota-se que a relação existente entre os desempenhos ambiental e econômico é negativa e da ordem de -0.2. Este resultado faz sentido, uma vez que o foco dos modelos orientados a *outputs* é justamente na maximização dos produtos gerados, sem se preocupar com o uso racional dos recursos produtivos. Novamente, ainda de acordo com a parte (B) da Figura 17, verifica-se que a correlação existente entre os níveis de desempenho social e econômico é negativa e da ordem de 0.4. Este fato ancora-se nos princípios norteadores das organizações, que variam de acordo com a sua natureza jurídica (serem públicas ou privadas), por exemplo. Por fim, verifica-se novamente que a correlação existente entre o desempenho ambiental e social é positiva e da ordem de 0.2.

Diante do exposto, destaca-se que apesar da sustentabilidade ser uma das metas globais a serem perseguidas pelas organizações, investir em meio ambiente ainda é um *trade-off* para as empresas, uma vez que a viabilidade econômico-financeira de muitos processos ambientais é ainda inviável (ROGERS e HUDSON, 2011; VAN DER VEEN, VENUGOPAL, 2014). Diante

do exposto, a Tabela 16 apresenta o resultado das regressões Tobit, levando-se em consideração a eficiência econômica como variável dependente e a eficiência ambiental, eficiência social e uma variável de interação (desempenho ambiental e social conjuntamente) como variáveis independentes.

Tabela 16 - Relação entre os níveis de desempenho econômico e a *performance* ambiental e social

Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale</i> (VRS) com orientação a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.542	0.187	2,897	0.004	***
Eficiência Ambiental	0.578	0.772	0.749	0.454	-
Eficiência Social	-0.365	0.238	-1.532	0.126	-
Interação	-0.355	0.790	-0.449	0.653	-
Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale</i> (VRS) com orientação a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Intercepto	0.710	0.089	8.000	0.000	***
Eficiência Ambiental	-0.180	0.473	-0.380	0.704	-
Eficiência Social	-0.422	0.113	-3.744	0.000	***
Interação	0.304	0.507	0.599	0.549	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

Conforme apresentado na Tabela 16, não há evidências fortes de que os níveis de desempenho econômico possam ser explicados pela *performance* ambiental e social das empresas analisadas, exceto, no caso do modelo com retornos variáveis de escala e com orientação a *outputs*, que indicou uma relação inversa entre os níveis de desempenho econômico e social, os quais foram significativos ao nível de 99% de confiança.

A seguir, abordar-se-á a questão da supereficiência em modelos da classe DEA. O objetivo da seção será a análise de DMUs que poderiam ser classificadas como *outliers* e assim, comprometer a estimação dos escores globais de eficiência. Desta forma foi possível comparar os resultados calculados com aqueles obtidos previamente nas seções 4.1, 4.2 e 4.3, e assim, comprovar a hipótese de que eles produzem resultados estatisticamente diferentes. Após a estimação dos escores corrigidos (escores de supereficiência), os determinantes do desempenho das organizações estudadas, serão novamente calculados através de uma regressão Tobit.

4.5. Modelos de desempenho (DEA) baseados na classe de supereficiência

Conforme apresentado ao longo desta tese, os modelos clássicos de *Data Envelopment Analysis* possuem duas tipologias básicas, uma delas, diz que os retornos do modelo podem ter rendimentos constantes (CSR) e a outra, indica que os retornos dos mesmos podem ser variáveis (VRS). Estes modelos foram propostos por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Cooper e Rhodes (1984), respectivamente. Destaca-se que estes modelos são seminais e amplamente utilizados pela literatura e pelo setor empresarial, por exemplo.

As aplicações destes modelos clássicos de DEA são as mais variadas possíveis. Por exemplo, estes métodos são amplamente utilizados em sistemas de reajuste e revisão tarifária. Um caso típico é o mercado de energia, onde a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) define incentivos tarifários para os prestadores de energia em função do nível de desempenho alcançado pelas organizações. No setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário não é diferente, modelos clássicos de eficiência são empregados em diversas etapas do ciclo tarifário proposto pelas agências de regulação.

Em função desta relevância e do amplo uso em situações práticas, os modelos de DEA assumem lugar de destaque na classificação de organizações quanto a sua eficiência. Uma vez que definir o desempenho é uma tarefa importante, o desenvolvimento de novos modelos de *performance* ambiental é objeto de interesse acadêmico. Especialmente no contexto da presente tese, que aborda a temática do *Triple Bottom Line*, a construção de modelos DEA para aferir o grau de eficiência de organizações é um tema que tem crescido de maneira substanciada.

Diante do exposto, esta seção apresenta de maneira pioneira um modelo DEA da classe de supereficiência, ou seja, trata-se de uma formulação nova, que antes de calcular os escores de eficiência, determina quais DMUs (ou organizações) apresentaram valores de *inputs* ou *outputs* que apresentaram valores atípicos em relação ao restante da amostra e assim, poderia ser classificada como *outliers*. De acordo com os formuladores deste modelo, Andersen e Petersen (1993), a presença de *outliers* pode deslocar artificialmente a fronteira de eficiência calculada, produzindo escores viesados. A Tabela 17 lista quais DMUs foram classificadas como *outliers* para cada um dos modelos estimados. A título ilustrativo, aquelas DMUs com valores atípicos, classificadas como *outliers* foram destacadas com o “x” para cada um dos modelos efetuados.

Os resultados completos para os testes de cada um dos modelos encontram-se no anexo desta pesquisa.

Tabela 17 - DMUs classificadas com *outliers* para distintos modelos de eficiência

DMU	Desempenho ambiental		Desempenho econômico		Desempenho social	
	VRS - <i>inputs</i>	VRS - <i>outputs</i>	VRS - <i>inputs</i>	VRS - <i>outputs</i>	VRS - <i>inputs</i>	VRS - <i>outputs</i>
AES Eletropaulo						
AES Tiete	x	x				
Celpe						
CEMIG						
Celesc						
Celpa					x	x
CESP					x	x
CHESF						
Copel						
CPFL Energia			x	x		
CPFL Renovaveis					x	x
CTEEP	x	x	x	x		
Elektro					x	x
Eletrobras Eletronorte						
Eletrobras Furnas			x			
Eletrosul						
Enel Brasil						
ENGIE Brasil Energia						
Equatorial Energia						
Gas Natural Fenosa Brasil	x	x			x	x
Grupo Energisa						
Itaipu Binacional			x	x		
Light						
Neoenergia						
QGEP						
Usina Sao Manoel						

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a devida identificação dos *outliers* todos os modelos foram reestimados, excluindo-se antes, aquelas DMUs com valores atípicos. Este resultado produziu escores de eficiência mais robustos. A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos para o modelo de *performance* ambiental, considerado retornos variáveis de escala e orientações tanto a *inputs* (eficiência média igual a 0.546) quanto a *outputs* (eficiência média igual a 0.382).

Os resultados apresentados são relevantes, uma vez que indicam que a remoção das DMUs classificadas como *outliers* produzem mudanças significativas nos escores de eficiência estimados. Desta forma, é possível obter indicadores de desempenho mais acurados e que

podem contribuir de maneira mais significativa para o delineamento de políticas públicas e privadas.

Tabela 18 - Modelo de supereficiência - desempenho ambiental

Modelo VRS - Orientação a <i>Inputs</i>				Modelo VRS - Orientação a <i>Outputs</i>			
DMU	Rank	Eficiência	Status	DMU	Rank	Eficiência	Status
CEMIG	1	1.000	Eficiente	CEMIG	1	1.000	Eficiente
Celpa	2	1.000	Eficiente	Celpa	2	1.000	Eficiente
CESP	3	1.000	Eficiente	CESP	3	1.000	Eficiente
Grupo Energia	4	1.000	Eficiente	Grupo Energia	4	1.000	Eficiente
QGEP	5	1.000	Eficiente	QGEP	5	1.000	Eficiente
Eletrosul	6	0.992	Ineficiente	Eletrosul	6	0.944	Ineficiente
AES Eletropaulo	8	0.700	Ineficiente	AES Eletropaulo	7	0.672	Ineficiente
Celesc	9	0.630	Ineficiente	Celesc	8	0.542	Ineficiente
Itaipu Binacional	13	0.538	Ineficiente	Itaipu Binacional	9	0.453	Ineficiente
Celpe	17	0.251	Ineficiente	Celpe	10	0.242	Ineficiente
Eletrobras Fumas	15	0.299	Ineficiente	Eletrobras Fumas	11	0.232	Ineficiente
CHESF	16	0.292	Ineficiente	CHESF	12	0.197	Ineficiente
Equatorial Energia	12	0.559	Ineficiente	Equatorial Energia	13	0.153	Ineficiente
Light	7	0.910	Ineficiente	Light	14	0.116	Ineficiente
Elektro	18	0.207	Ineficiente	Elektro	15	0.089	Ineficiente
Usina Sao Manoel	10	0.615	Ineficiente	Usina Sao Manoel	16	0.041	Ineficiente
Eletrobras Eletronorte	14	0.433	Ineficiente	Eletrobras Eletronorte	17	0.028	Ineficiente
CPFL Renovaveis	22	0.093	Ineficiente	CPFL Renovaveis	18	0.026	Ineficiente
Copel	23	0.056	Ineficiente	Copel	19	0.017	Ineficiente
CPFL Energia	20	0.111	Ineficiente	CPFL Energia	20	0.016	Ineficiente
Enel Brasil	21	0.098	Ineficiente	Enel Brasil	21	0.006	Ineficiente
Neoenergia	19	0.200	Ineficiente	Neoenergia	22	0.003	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	11	0.577	Ineficiente	ENGIE Brasil Energia	23	0.001	Ineficiente
Eficiência média		0.546				0.382	
Variância		0.123				0.168	

Fonte: Elaborado pelo autor

De maneira complementar, a Tabela 19 apresenta os resultados obtidos para o modelo de *performance* econômica, considerado retornos variáveis de escala, com orientações tanto a *inputs* (eficiência média igual a 0.722) quanto a *outputs* (eficiência média igual a 0.750). Novamente, percebe-se que a remoção de DMUs com valores atípicos faz com que os valores médios de eficiência atinjam um patamar de valores superiores. Novamente, percebe-se que as organizações tendem a possuir maiores níveis de *performance* econômica em detrimento da *performance* ambiental.

Tabela 19 - Modelo de supereficiência - desempenho econômico

Modelo VRS - Orientação a <i>Inputs</i>				Modelo VRS - Orientação a <i>Outputs</i>			
DMU	Rank	Eficiência	Status	DMU	Rank	Eficiência	Status
-	-	-	-	Usina Sao Manoel	1	1.000	Eficiente
AES Eletropaulo	1	1.000	Eficiente	AES Eletropaulo	2	1.000	Eficiente
AES Tiete	2	1.000	Eficiente	AES Tiete	3	1.000	Eficiente
CEMIG	3	1.000	Eficiente	CEMIG	4	1.000	Eficiente
Celesc	4	1.000	Eficiente	Celesc	5	1.000	Eficiente
Eletrobras Eletronorte	5	1.000	Eficiente	Eletrobras Eletronorte	6	1.000	Eficiente
Light	12	0.816	Ineficiente	Grupo Energisa	7	1.000	Eficiente
Equatorial Energia	14	0.595	Ineficiente	ENGIE Brasil Energia	8	1.000	Eficiente
QGEP	20	0.284	Ineficiente	Neoenergia	9	1.000	Eficiente
Eletrosul	21	0.270	Ineficiente	Eletrobras Furnas	10	1.000	Eficiente
Elektro	10	0.837	Ineficiente	Elektro	11	0.794	Ineficiente
Neoenergia	8	1.000	Eficiente	Light	12	0.792	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	6	1.000	Eficiente	Enel Brasil	13	0.788	Ineficiente
Celpe	11	0.831	Ineficiente	Celpe	14	0.771	Ineficiente
Celpa	13	0.777	Ineficiente	Celpa	15	0.722	Ineficiente
Copel	19	0.315	Ineficiente	Copel	16	0.667	Ineficiente
CHESF	18	0.339	Ineficiente	CHESF	17	0.658	Ineficiente
Gas Natural Fenosa Brasil	15	0.571	Ineficiente	Equatorial Energia	18	0.642	Ineficiente
CPFL Renovaveis	17	0.439	Ineficiente	CPFL Renovaveis	19	0.432	Ineficiente
Grupo Energisa	7	1.000	Eficiente	Gas Natural Fenosa Brasil	20	0.314	Ineficiente
CESP	22	0.246	Ineficiente	CESP	21	0.281	Ineficiente
Enel Brasil	16	0.566	Ineficiente	Eletrosul	22	0.254	Ineficiente
Usina Sao Manoel	9	1.000	Eficiente	QGEP	23	0.124	Ineficiente
Eficiência média		0.722				0.750	
Variância		0.086				0.082	

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, a Tabela 20 apresenta os resultados obtidos para o modelo de *performance* social, considerado retornos variáveis de escala e orientações tanto a *inputs* (eficiência média igual a 0.675) quanto a *outputs* (eficiência média igual a 0.303). Destaca-se novamente a relevância dos resultados apresentados, dado que indicam que a remoção das DMUs classificadas como *outliers* produzem alterações significativas nos escores de eficiência estimados, sobretudo naquele com orientação a *inputs*. Assim sendo, é possível obter indicadores de desempenho mais precisos para a eficiência social das organizações analisadas.

Tabela 20 - Modelo de supereficiência - desempenho social

Modelo VRS - Orientação a <i>Inputs</i>				Modelo VRS - Orientação a <i>Outputs</i>			
DMU	Rank	Eficiência	Status	DMU	Rank	Eficiência	Status
CEMIG	1	1.000	Eficiente	CEMIG	1	1.000	Eficiente
CTEEP	2	1.000	Eficiente	CTEEP	2	1.000	Eficiente
Enel Brasil	3	1.000	Eficiente	Enel Brasil	3	1.000	Eficiente
Usina Sao Manoel	6	0.882	Ineficiente	Usina Sao Manoel	4	0.529	Ineficiente
AES Tiete	10	0.697	Ineficiente	AES Tiete	5	0.408	Ineficiente
Eletrosul	16	0.509	Ineficiente	Eletrosul	6	0.297	Ineficiente
Light	8	0.825	Ineficiente	Light	7	0.281	Ineficiente
Celpe	7	0.836	Ineficiente	Celpe	8	0.248	Ineficiente
CPFL Energia	20	0.380	Ineficiente	CPFL Energia	9	0.201	Ineficiente
Eletronorte	17	0.483	Ineficiente	Eletronorte	10	0.199	Ineficiente
CHESF	11	0.624	Ineficiente	CHESF	11	0.184	Ineficiente
Equatorial Energia	5	0.960	Ineficiente	Equatorial Energia	12	0.174	Ineficiente
ENGIE Brasil Energia	21	0.117	Ineficiente	ENGIE Brasil Energia	13	0.167	Ineficiente
Eletrobras Furnas	19	0.431	Ineficiente	Eletrobras Furnas	14	0.152	Ineficiente
Itaipu Binacional	14	0.522	Ineficiente	Itaipu Binacional	15	0.137	Ineficiente
Copel	15	0.511	Ineficiente	Copel	16	0.128	Ineficiente
Celesc	9	0.765	Ineficiente	Celesc	17	0.088	Ineficiente
Neoenergia	13	0.564	Ineficiente	Neoenergia	18	0.076	Ineficiente
AES Eletropaulo	12	0.594	Ineficiente	AES Eletropaulo	19	0.066	Ineficiente
Grupo Energisa	18	0.465	Ineficiente	Grupo Energisa	20	0.034	Ineficiente
QGEP	4	1.000	Eficiente	QGEP	21	0.000	Ineficiente
Eficiência média		0.675				0.303	
Eficiência média		0.062				0.100	

Fonte: Elaborado pelo autor

As análises de supereficiência aqui apresentadas vão de encontro com a hipótese central desta pesquisa, de que a remoção de DMUs classificadas como *outliers* produzem mudanças significativas nos escores de eficiência calculados por modelos de *Data Envelopment Analysis*. Reconhece-se aqui a importância de se avaliar o desempenho de organizações, entretanto, a contribuição teórica desta tese é de que a tipologia do modelo escolhido pode causar variações significativas nos níveis de desempenho calculados. Desta forma, reitera-se a relevância dos modelos DEA de supereficiência, uma vez que eles identificam empresas com valores atípicos para os seus insumos e produtos, portanto, a remoção destas entidades produzem resultados mais significativos.

Destaca-se que a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) foi a única a obter eficiência máxima para todos os modelos de supereficiência estimados (desempenho ambiental, econômico e social), considerando orientações a *input* e *output* e retornos variáveis de escala. Este fato endossa a importância da análise de *outliers* em modelos de Análise Envoltória de Dados, uma vez que o modelo matemático para o cálculo da fronteira de eficiência é sensível

aos valores atribuídos a cada uma das DMUs. Este fato pode ser justificado pela presença da CEMIG junto ao Índice *Down Jones* de Sustentabilidade (SEARCY e ELKHAWAS, 2012; KANG et al., 2020) desde a sua criação, o que ocorre há exatos 21 anos. Este Índice contempla as organizações que se destacam ao redor do mundo por suas práticas ambientais, econômicas e sociais.

Apesar da constatação prévia de que nos modelos de supereficiência produziram resultados distintos dos modelos clássicos, torna-se necessário uma validação destes resultados. Desta forma, as Tabelas 23 a 25 apresentam testes de hipóteses para a igualdade de médias entre os modelos de supereficiência e os modelos clássicos de DEA. Destaca-se que a hipótese nula do teste é a igualdade entre as médias dos escores de eficiência para os diferentes modelos.

hipótese alternativa (levou em consideração tanto um caráter unicaudal, quanto bicaudal para o teste, considerando diferenças entre as médias). Desta forma, foi possível verificar com segurança se os escores eram iguais ou diferentes. Destaca-se que todos os testes analisaram somente aqueles modelos com retornos de escala variáveis, uma vez que são os mais representativos para o problema estudado.

A Tabela 21 apresenta os testes de hipótese para o modelo ambiental, levando-se em consideração uma orientação voltada a *inputs* e *outputs*. Especificamente no caso da orientação a *inputs*, o valor calculado para a estatística t foi igual a 3,533, que é superior aos valores críticos da estatística t, para o caso unicaudal (1,680) e bicaudal (2,015). Desta forma, rejeita-se a hipótese de igualdade entre as médias para os escores de eficiência estimados. Diante do exposto, pode-se dizer que os valores obtidos no modelo de supereficiência foram de fato diferentes daqueles calculados através dos modelos clássicos. A Tabela 21 ainda apresenta os testes de hipótese, consideração uma orientação voltada a *outputs*. Segundo este modelo, o valor calculado para o teste t foi igual a 2,228, que é superior aos valores críticos da estatística t, para o caso unicaudal (1,683) e bicaudal (2,020). Portanto, rejeita-se a hipótese de igualdade entre as médias para os escores de eficiência estimados.

Tabela 21 - Desempenho ambiental: Teste-t para o modelo DEA de Supereficiência e Clássico (*inputs e outputs*)

Orientação a <i>inputs</i>			
	<i>DEA Supereficiência - VRS (input)</i>	<i>DEA Clássico - VRS (input)</i>	
Média	0.546		0.212
Variância	0.123		0.094
Observações	23.000		26.000
Hipótese da diferença de média	0.000		
gl	44.000		
Stat t	3.533		
P(T<=t) uni-caudal	0.000		
t crítico uni-caudal	1.680		
P(T<=t) bi-caudal	0.001		
t crítico bi-caudal	2.015		
Orientação a <i>outputs</i>			
	<i>DEA Supereficiência - VRS (output)</i>	<i>DEA Clássico - VRS (output)</i>	
Média	0.382		0.147
Variância	0.168		0.100
Observações	23.000		26.000
Hipótese da diferença de média	0.000		
gl	41.000		
Stat t	2.228		
P(T<=t) uni-caudal	0.016		
t crítico uni-caudal	1.683		
P(T<=t) bi-caudal	0.031		
t crítico bi-caudal	2.020		

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a verificação dos modelos ambientais, procedeu-se a investigação dos escores de desempenho econômico. Assim, estão sumarizados na Tabela 22 os resultados para os testes de hipótese para o modelo econômico, levando-se em consideração as orientações a *inputs* e a *outputs*. Para o modelo orientado a *inputs*, tem-se que o valor calculado para a estatística t foi igual a 3,580, que é superior aos valores críticos da estatística t, para o caso unicaudal (1,679) e bicaudal (2,014). Ainda de acordo com a Tabela 22, para o modelo orientado a *outputs*, destaca-se que o valor calculado para o teste t foi igual a 2,172, que é superior aos valores críticos da estatística t, para o caso unicaudal (1,678) e bicaudal (2,012). Diante das evidências encontradas, rejeita-se a hipótese de igualdade entre as médias para os escores de eficiência estimados.

Tabela 22 - Desempenho econômico: Teste-t para o modelo DEA de Supereficiência e Clássico (*inputs e outputs*)

Orientação a <i>inputs</i>		
	<i>DEA Supereficiência - VRS (input)</i>	<i>DEA Clássico - VRS (input)</i>
Média	0.722	0.408
Variância	0.086	0.098
Observações	22.000	26.000
Hipótese da diferença de média	0.000	
gl	45.000	
Stat t	3.580	
P(T<=t) uni-caudal	0.000	
t crítico uni-caudal	1.679	
P(T<=t) bi-caudal	0.001	
t crítico bi-caudal	2.014	
Orientação a <i>outputs</i>		
	<i>DEA Supereficiência - VRS (output)</i>	<i>DEA Clássico - VRS (output)</i>
Média	0.750	0.560
Variância	0.082	0.105
Observações	23.000	26.000
Hipótese da diferença de média	0.000	
gl	47.000	
Stat t	2.172	
P(T<=t) uni-caudal	0.017	
t crítico uni-caudal	1.678	
P(T<=t) bi-caudal	0.035	
t crítico bi-caudal	2.012	

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, o mesmo procedimento foi realizado levando-se em consideração os escores de desempenho social das organizações. A Tabela 23 sumariza os resultados dos testes de hipótese, considerando as orientações a *inputs* e *outputs*. Especificamente no caso da orientação a *inputs*, destaca-se que o valor calculado para o teste t foi igual a 2,075, que é superior aos valores críticos da estatística t, para o caso unicaudal (1,679) e bicaudal (2,014). Desta forma, rejeita-se a hipótese de igualdade entre as médias para os escores de eficiência estimados.

Por sua vez, no que diz respeito à orientação a *outputs*, a estatística t foi igual a 0,239, que é interior aos valores críticos da estatística t, para o caso unicaudal (1,679) e bicaudal (2,014). Assim, aceita-se a hipótese de igualdade entre as médias para os escores de eficiência estimados. Destaca-se que este foi o único dos 6 modelos que atestou a igualdade entre as médias para os escores de eficiência, portanto, na grande maioria dos casos os escores de

supereficiência produziram medidas de eficiência que variam significativamente em relação aos modelos clássicos de *Data Envelopment Analysis*.

Tabela 23 - Desempenho social: Teste-t para o modelo DEA de Supereficiência e Clássico (*inputs e outputs*)

Orientação a <i>inputs</i>		
	<i>DEA Supereficiência - VRS (input)</i>	<i>DEA Clássico - VRS (input)</i>
Média	0.675	0.505
Variância	0.062	0.096
Observações	21.000	26.000
Hipótese da diferença de média	0.000	
gl	45.000	
Stat t	2.075	
P(T<=t) uni-caudal	0.022	
t crítico uni-caudal	1.679	
P(T<=t) bi-caudal	0.044	
t crítico bi-caudal	2.014	
Orientação a <i>outputs</i>		
	<i>DEA Supereficiência - VRS (output)</i>	<i>DEA Clássico - VRS (output)</i>
Média	0.303	0.279
Variância	0.100	0.146
Observações	21.000	26.000
Hipótese da diferença de média	0.000	
gl	45.000	
Stat t	0.239	
P(T<=t) uni-caudal	0.406	
t crítico uni-caudal	1.679	
P(T<=t) bi-caudal	0.812	
t crítico bi-caudal	2.014	

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a verificação empírica de que os escores calculados por meio do modelo de supereficiência, a seção 4.6 a seguir verificará quais são os determinantes da eficiência ambiental, econômica e social, para as empresas analisadas.

4.6. Determinantes do desempenho para o modelo DEA de supereficiência

Após o cálculo dos escores de eficiência, através dos modelos de supereficiência, todas aquelas DMUs classificadas como *outliers* foram removidas, portanto, os resultados obtidos podem ser considerados mais acurados frente aos modelos clássicos de DEA. A partir deste procedimento

é possível regredir os escores de eficiência através de um modelo de regressão Tobit e assim, verificar quais são os fatores que afetam o desempenho ambiental, econômico e social das organizações analisadas.

A Tabela 24 apresenta os resultados para o modelo de desempenho ambiental. Destaca-se que as variáveis “Anos de Existência”, “Capital aberto (*dummy*)” e “Nº de colaboradores” foram utilizadas como variáveis discricionárias do modelo. Verificou-se que as empresas com maior tempo de existência apresentaram maiores níveis de eficiência, segundo o modelo com orientação a *inputs*. Ainda segundo o modelo orientado a *inputs*, verificou-se que o número de colaboradores varia de maneira inversa ao grau de desempenho ambiental. Especificamente no caso do modelo orientado a *outputs*, verificou-se que as empresas listadas na bolsa apresentam correlação positiva com o desempenho ambiental e que, aquelas organizações com mais colaboradores apresentaram tendem a possuir piores níveis de desempenho ambiental.

Tabela 24 - Regressão Tobit para os escores de eficiência ambiental

Modelo VRS orientado a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Constante	0,236	0,169	1,393	0,164	-
Anos de Existência	0,006	0,002	2,560	0,010	**
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0,218	0,173	1,256	0,209	-
Nº de Colaboradores	-2,260e-05	9,851e-06	-2,295	0,022	**
Modelo VRS orientado a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Constante	0,134	0,217302	0,616	0,538	-
Anos de Existência	0,005	0,00321818	1,547	0,122	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0,363	0,207083	1,754	0,079	*
Nº de Colaboradores	-3,353e-05	1,13375e-05	-2,957	0,003	***

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

De maneira complementar, a Tabela 25 a seguir apresenta os resultados obtidos para o modelo de desempenho econômico. A única evidência encontrada é que o número de colaboradores tende a variar positivamente em função do grau de desempenho econômico observado. Destaca-se que esta evidência somente é significativa considerando um nível de 90% de confiança, portanto, esta não é uma evidência muito forte.

Tabela 25 - Regressão Tobit para os escores de eficiência econômica

Modelo VRS orientado a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Constante	0,742	0,320	2,321	0,020	**
Anos de Existência	0,000	0,002	0,120	0,842	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0,012	0,310	0,040	0,968	-
Nº de Colaboradores	9,443e-06	1,059e-05	0,891	0,373	-
Modelo VRS orientado a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Constante	0,953	0,290	3,285	0,001	***
Anos de Existência	0,000	0,002	-0,296	0,767	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	-0,207	0,273	-0,760	0,447	-
Nº de Colaboradores	1,8120e-05	1,043e-05	1,737	0,082	*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

Por fim, a Tabela 26 apresenta o resultado da regressão para os níveis de eficiência social das organizações analisadas. Em especial, no caso do modelo orientado a *inputs*, empresas que possuem capital aberto tendem a possuir maiores níveis de desempenho social. Por outro lado, o número de colaboradores tende a variar de maneira inversa com os graus de desempenho social.

Tabela 26 - Regressão Tobit para os escores de eficiência social

Modelo VRS orientado a <i>inputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Constante	0,775321	0,123	6,308	0,000	***
Anos de Existência	-0,003	0,002	-1,503	0,133	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0,250	0,104	2,405	0,016	**
Nº de Colaboradores	-9,169e-06	5,560e-06	-1,649	0,099	*
Modelo VRS orientado a <i>outputs</i>					
	Coefficiente	Erro Padrão	z	p-valor	Significância
Constante	0,397	0,165	2,404	0,016	**
Anos de Existência	-0,003	0,003	-0,967	0,334	-
Capital aberto (<i>dummy</i>)	0,066	0,143	0,457	0,647	-
Nº de Colaboradores	4,705e-06	8,549e-06	0,550	0,582	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

A seguir, de modo a resumir os principais resultados obtidos nesta pesquisa, a seção 4.7 apresenta um *ranking* global para os níveis de desempenho ambiental, econômico e social, considerando os modelos DEA de supereficiência, orientados tanto a *inputs*, quanto a *outputs*. Desta forma é possível verificar de forma conjunta quais foram as organizações com as melhores práticas no que diz respeito às dimensões do *Triple Bottom Line*

4.7. Desempenho global das empresas – *performance* ambiental, econômica e social

Por fim, após a estimação dos escores de eficiência, da atualização deles através da exclusão das DMUs classificadas como *outliers*, bem como da análise dos fatores determinantes da eficiência das organizações analisadas, torna-se relevante a definição de um índice global de eficiência. Este índice consiste na média (aritmética e geométrica) da eficiência ambiental, econômica e social para as DMUs desta pesquisa. Este procedimento é relevante, uma vez que se deseja verificar quais foram aquelas empresas que alcançaram bons desempenhos nas esferas ambiental, econômica e social de forma conjunta. Ainda, de acordo com esta análise, é possível mensurar quais das organizações analisadas apresentaram resultados ruins e precisam portanto, reforçar suas práticas internas.

Destaca-se que para o cômputo destes indicadores, levou-se em consideração apenas aquelas instituições que não foram classificadas como *outliers* para nenhuma das dimensões analisadas. De modo a apresentar uma versão ampla para os resultados, bem como verificar a consistência dos mesmos, frente a diferentes tipologias teóricas, as Tabelas 27 e 28 apresentam um *ranking* global de desempenho, tanto para os modelos com orientação a *inputs*, quanto para modelos orientados a *outputs*, respectivamente.

De acordo com a Tabela 27, verifica-se que a CEMIG apresentou os maiores níveis de desempenho. Destaca-se ainda que a supracitada companhia apresentou o melhor desempenho para os modelos ambiental, econômico e social, o que denota um bom desempenho desta empresa naquilo que diz respeito aos princípios do *Triple Bottom Line*. O desempenho da CEMIG é considerado o melhor deles mesmo considerando a média aritmética e geométrica dos escores de eficiência. Por sua vez, a empresa Copel apresentou o pior desempenho. A média aritmética dos escores de eficiência foi igual a 0,666, ou seja, ou grau de ineficiência das

empresas analisadas é da ordem de 33,4% (1 - 0,666). Levando-se em consideração a média geométrica das organizações em questão, o grau de ineficiência é igual a 28,4% (1 - 0,716).

Tabela 27 - *Ranking* global de eficiência após a estimação dos escores de supereficiência - Modelo VRS com orientação a *inputs*

Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale</i> (VRS) com orientação a <i>inputs</i>					
DMU	Ambiental	Econômico	Social	Média Aritmética	Média Geométrica
AES Tietê	-	-	-	-	-
Celpa	1.000	0.777	-	-	-
CESP	1.000	0.246	-	-	-
CPFL Energia	0.111	-	0.380	-	-
CPFL Renováveis	-	-	-	-	-
CTEEP	-	-	1.000	-	-
Elektro	0.207	0.837	-	-	-
Eletrobras Furnas	0.299	-	0.431	-	-
Gas Natural Fenosa Brasil	-	0.571	-	-	-
Itaipu Binacional	0.538	-	0.522	-	-
Usina São Manoel	-	-	-	-	-
CEMIG	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Light	0.910	0.816	0.825	0.851	0.850
Grupo Energisa	1.000	1.000	0.465	0.822	0.775
Celesc	0.630	1.000	0.765	0.798	0.784
AES Eletropaulo	0.700	1.000	0.594	0.765	0.746
QGEP	1.000	0.284	1.000	0.761	0.657
Equatorial Energia	0.559	0.595	0.960	0.705	0.684
Celpe	0.251	0.831	0.836	0.640	0.559
Eletrobras Eletronorte	0.433	1.000	0.483	0.638	0.593
Eletrosul	0.992	0.270	0.509	0.590	0.515
Neoenergia	0.200	1.000	0.564	0.588	0.483
ENGIE Brasil Energia	0.577	1.000	0.117	0.565	0.407
Enel Brasil	0.098	0.566	1.000	0.555	0.381
CHESF	0.292	0.339	0.624	0.418	0.395
Copel	0.056	0.315	0.511	0.294	0.208
Média	0.689	0.739	0.722	0.666	0.716

Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Conforme ilustrado na Tabela 28, verifica-se novamente que a CEMIG possui os maiores níveis de desempenho, considerando todas as dimensões em questão. Este resultado é importante, uma vez que mostra que, mesmo variando as tipologias metodológicas para a aferição do desempenho, a CEMIG mantém-se na primeira posição no *ranking* (considerando tanto a média aritmética, quanto a média geométrica). Ainda, de maneira análoga aquela apresentada na Tabela 27, a empresa Copel continuou a apresentar o pior grau de *performance*. A média aritmética dos escores de eficiência foi igual a 0,714, ou seja, o grau de ineficiência das

empresas analisadas é da ordem de 28,6% (1 - 0,714). Levando-se em consideração a média geométrica das organizações em questão, o grau de ineficiência é igual a 59,2% (1 - 0,408).

Tabela 28 - *Ranking* global de eficiência após a estimação dos escores de supereficiência - Modelo VRS com orientação a *outputs*

Modelo DEA do tipo: <i>Variable Returns to Scale</i> (VRS) com orientação a <i>outputs</i>					
DMU	Ambiental	Econômico	Social	Média Aritmética	Média Geométrica
AES Tietê	-	-	-	-	-
Celipa	1.000	0.722	-	-	-
CESP	1.000	0.281	-	-	-
CPFL Energia	0.016	-	0.201	-	-
CPFL Renováveis	-	-	-	-	-
CTEEP	-	-	1.000	-	-
Elektro	0.089	0.794	-	-	-
Usina São Manoel	-	-	-	-	-
Gas Natural Fenosa Brasil	-	0.314	-	-	-
Itaipu Binacional	0.453	-	0.137	-	-
CEMIG	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Grupo Energisa	1.000	1.000	0.034	0.678	0.325
Enel Brasil	0.006	0.788	1.000	0.598	0.169
AES Eletropaulo	0.672	1.000	0.066	0.579	0.354
Celesc	0.542	1.000	0.088	0.543	0.363
Eletrosul	0.944	0.254	0.297	0.499	0.415
Eletrobras Furnas	0.232	1.000	0.152	0.461	0.328
Celpe	0.242	0.771	0.248	0.420	0.359
Eletrobras Eletronorte	0.028	1.000	0.199	0.409	0.178
Light	0.116	0.792	0.281	0.396	0.296
ENGIE Brasil Energia	0.001	1.000	0.167	0.389	0.049
QGEP	1.000	0.124	0.000	0.375	0.000
Neoenergia	0.003	1.000	0.076	0.360	0.062
CHESF	0.197	0.658	0.184	0.346	0.288
Equatorial Energia	0.153	0.642	0.174	0.323	0.258
Copel	0.017	0.667	0.128	0.271	0.113
Média	0.672	0.502	0.201	0.714	0.408

Fonte: Elaborado pelo autor Thiago Henrique Martins Pereira.

Por fim, destaca-se que aferir o desempenho de organizações é uma tarefa complexa, e que a estimação de diferentes modelos é um processo importante, uma vez que propicia confrontar os resultados estimados através de distintas perspectivas. Ainda, em situações como as que se apresentam na referida tese, onde o grau de desempenho possui mais de uma dimensão (ambiental, econômico e social), é fundamental verificar quais foram aquelas entidades que alcançaram os níveis mais satisfatórios de desempenho de uma forma global.

Estes resultados tornam-se ainda mais importantes, uma vez que sinalizam para cada uma das organizações quais são as suas limitações. Desta forma é possível conceber políticas gerenciais direcionadas para a equalização de problemas, bem como para a manutenção daquelas atividades que já operam de modo eficiente em alguma esfera. A partir deste diagnóstico é possível aperfeiçoar o processo de tomada de decisão e contribuir não somente para o segmento econômico das organizações, mas sobretudo, ampliar o alcance e a efetividade de ações ambientais e sociais.

A seguir, apresentam-se as conclusões desta tese, enfatizando os principais resultados obtidos. A próxima seção também conta com uma recomendação de trabalhos pertinentes a serem executados no futuro, contribuindo assim, como uma agenda de pesquisa para a área de sustentabilidade e desempenho organizacional

5. CONCLUSÕES

O conceito de sustentabilidade possui destacada importância, tanto no contexto local, quanto na esfera global. Parte dessa relevância é fruto dos esforços da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas e que cunhou o famoso conceito de “Desenvolvimento Sustentável”. Esta terminologia propiciou o debate conjunto de duas importantes variáveis, a saber: a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico.

O desenvolvimento sustentável permitiu compreender os recursos ambientais como sendo elementos escassos, logo, os mesmos deveriam ser otimizados quanto ao seu uso. Assim sendo, o uso racional de recursos produtivos pode levar à satisfação das gerações atuais sem comprometer o uso das gerações futuras. Apesar de relevante, a consciência ambiental por parte das empresas e dos governos locais ainda é incipiente e necessita de esforços contínuos a nível mundial.

Em função desta relevância, a literatura produziu um vasto acervo teórico sobre os modelos de sustentabilidade organizacional. Em especial, a teoria do *Triple Bottom Line*, objeto de estudo da presente tese constituiu uma relevante mudança de paradigma conceitual, uma vez que unificou os elementos ambientais, econômicos e sociais dentro de uma única abordagem teórica. Em função desta ramificação, o “Tripé da Sustentabilidade” tem sido utilizado no ambiente empresarial como um importante modelo de conduta a ser seguido.

Conforme apontado nesta tese, o interesse por parte das organizações na temática da sustentabilidade pode ser explicado por distintas razões. Em primeiro lugar, investir em meio ambiente, como por exemplo em processos de logística reversa e na reciclagem de componentes pode resultar na redução de custos de produção e de matérias primas para as indústrias. Em segundo lugar, a adoção de práticas sustentáveis por parte das empresas pode gerar externalidades positivas para as comunidades locais, ou seja, trata-se de um importante instrumento de desenvolvimento social. Por fim, em um contexto de competição global, a sustentabilidade é vista como sendo um elemento de diferenciação para as organizações, desta forma, as empresas que investem em práticas sustentáveis criam um “*marketing verde*” que é capaz de atrair e fidelizar clientes.

Em função da relevância da temática da sustentabilidade no contexto das organizações, o número de publicações científicas sobre o *Triple Bottom Line* tem crescido continuamente ao longo do século XXI, conforme apresentado na seção das justificativas para a realização desta pesquisa. Destaca-se em especial, que dentre as pesquisas mais recentes sobre este tema, uma vertente de publicações notabilizou-se pela frequência de artigos, a saber, o desenvolvimento de modelos de mensuração da performance das organizações. Em especial, os relatórios de sustentabilidade das empresas tem sido amplamente utilizados com substrato de informações para a realização destas pesquisas.

Por se tratar de um tema relativamente novo, a mensuração da *performance* das organizações, no que refere as esferas ambiental, econômica e social constitui um campo fértil de pesquisas. Os principais modelos de decisão empregados para a mensuração do desempenho das organizações remete aos modelos de Análise Envoltória de Dados, que basicamente levam em consideração quais foram os *inputs* utilizados para produzir uma dada quantidade de *outputs*. Assim sendo, esta abordagem teórica permite determinar quais foram as instituições mais e as menos eficientes para um determinado segmento de mercado.

Diante do exposto, esta tese teve por objetivo avaliar, através de um modelo DEA de supereficiência, o desempenho de organizações do setor energético brasileiro no que diz respeito aos pilares ambiental, econômico e social, verificando quais variáveis afetam o desempenho destas empresas.

Desta forma, esta tese realizou cálculos de eficiência baseados em diversas métricas. Em primeiro lugar, os modelos clássicos de DEA foram executados de modo a se aferir o desempenho ambiental, econômico e social das organizações. Em um segundo momento, através de modelos DEA de supereficiência, foi possível detectar aquelas organizações que possuíam valores atípicos para os seus *inputs* e ou *outputs*. A partir da detecção e exclusão destas entidades, procedeu-se novamente o cômputo do desempenho das organizações. Desta forma, foi possível testar e validar a hipótese central desta tese, de que os modelos de supereficiência produzem variações significativas nos níveis de eficiência (em comparação aos modelos clássicos). Para comprovar esta hipóteses foram realizados diversos testes de hipóteses para a igualdade entre as médias dos modelos de eficiência calculados.

À partir do cálculo dos escores de eficiência livres da influência de *outliers*, construiu-se um índice geral de eficiência para as organizações estudadas. Verificou-se que a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) foi a única a obter eficiência máxima para todos os modelos de supereficiência estimados, levando-se em consideração a *performance* ambiental, econômica e social. Destaca-se que os resultados foram consistentes, uma vez que ela apresentou um resultado ótimo, mesmo em modelos distinto, com orientações a *inputs* e *outputs*. Este fato pode ser justificado pela presença da CEMIG junto ao *Down Jones Index* desde a sua criação, o que ocorre há exatos 21 anos. Diante do exposto, destaca-se que a CEMIG foi a empresa mais sustentável em relação a amostra analisada de DMUs.

Aqui cabe a continuação da reflexão acerca dos escores econômicos. Verificou-se que o grau de eficiência econômica assumiu valores superiores, daqueles obtidos na *performance* ambiental e social para as empresas analisadas. Esta evidência demonstra que apesar da relevância ambiental e social para a natureza e a sociedade em geral, as empresas ainda possuem como prioridade central os aspectos econômicos de sua operação em si. Desta forma, destaca-se que há espaço para melhorias na *performance* em todas as esferas do TBL, entretanto, o pilar ambiental, seguido pelo social apresentam-se como gargalos a serem superado pelas organizações. À partir destas evidências, as hipóteses secundárias desta deste, de que os níveis de desempenho econômico seriam explicados pelos níveis de desempenho ambiental e social das organizações, foram refutadas. Destaca-se, entretanto, que estes resultados devem ser considerados apenas para as empresas analisadas, no ano de realização deste estudo e para os *inputs* e *outputs* escolhidos.

Após a estimação dos modelos de supereficiência, os escores de desempenho obtidos, tanto para o modelo ambiental, econômico e social, foram regredidos através de variáveis discricionárias, a saber: “Anos de Existência”, “Capital aberto (*dummy*)” e “Nº de colaboradores” . Destaca-se que os fatores relacionados ao desempenho das organizações é variável e que a tipologia do modelo utilizado, como a sua orientação, por exemplo, é fundamental para verificar quais variáveis foram significativas e quais não apresentaram significância estatística.

Em linhas gerais, esta pesquisa contribuiu para a literatura, uma vez que de maneira pioneira, inseriu novas formulações para o cálculo da eficiência das organizações em um contexto de

sustentabilidade, gerando assim, uma abordagem teórica consistente. Em termos práticos, a principal contribuição desta tese consiste na difusão de uma ferramenta para a tomada de decisão por parte das empresas, que em um cenário de restrição econômica e de recursos ambientais escassos, precisam tornar a sua atividade eficiente, de modo a garantir o pleno funcionamento de sua atividade ao longo do tempo.

Espera-se que esta tese contribua para a geração de conhecimentos sobre a mensuração da *performance* de organizações, no que diz respeito às égides do *Triple Bottom Line*. Reconhece-se aqui a importância de modelos acurados para o processo de tomada de decisão, eliminando riscos e incertezas. A adoção destes métodos pode resultar em aumento de confiança e assim, sinalizar caminhos a serem seguidos, a partir da observância das melhores práticas setoriais, através dos modelos de *benchmarking*.

Destaca-se que esta tese contribuiu para a maturidade do autor enquanto pesquisador, uma vez que permitiu a resolução de problemas complexos, lastreados no estado da arte da teoria sobre *Triple Bottom Line*. Em termos institucionais, a contribuição deste trabalho para a Universidade FUMEC se deu através dos produtos gerados, publicações, que colocam o nome da instituição em evidência nos níveis nacional e internacional.

Por fim, esta tese possui limitações. Dentre elas, destaca-se que a avaliação do desempenho de organizações é uma tarefa complexa, uma vez que envolve um conjunto de incertezas, que vão desde a coleta das informações até a definição do modelo de *performance* a ser computado. Os resultados aqui obtidos dizem respeito a um conjunto específico de organizações, portanto, não podem ser generalizados para outros contextos. Recomenda-se para trabalhos futuros, a construção de novos modelos de desempenho, como aqueles baseados nas técnicas da *Stochastic Frontier Analysis*, extrapolando assim os horizontes de investigação desta pesquisa. Ainda, recomenda-se a realização de estudos complementares levando-se em consideração não somente os aspectos quantitativos das empresas do setor energético brasileiro, mas sobretudo, incorporando também a investigação dos aspectos qualitativos que levam estas empresas a apresentarem a melhor desempenho nas esferas ambiental, econômica e social. Desta forma, sugere-se a realização de pesquisas *in loco* com os gestores e funcionários destas organizações.

REFERÊNCIAS

ABAD-SEGURA, Emilio et al. Sustainable Management of Digital Transformation in Higher Education: Global Research Trends. **Sustainability**, v. 12, n. 5, p. 2107, 2020.

ADAMS, Frank G.; GABLER, Colin B.; LANDERS, V. Myles. Green logistics competency: A resource hierarchy view of supply chain sustainability. In: **Academy of Marketing Science World Marketing Congress**. Springer, Cham, 2017. p. 31-40.

AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh Kr; MURTAZA, Qasim. Triple bottom line performance evaluation of reverse logistics. **Competitiveness Review**, v. 26, n. 3, p. 289-310, 2016.

AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh Kr. Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 150, p. 104448, 2019.

ALDAKHIL, Abdullah Mohammed et al. Determinants of green logistics in BRICS countries: An integrated supply chain model for green business. **Journal of cleaner production**, v. 195, p. 861-868, 2018.

ALEISA, Esra; AL-JARALLAH, Rawa. A triple bottom line evaluation of solid waste management strategies: a case study for an arid Gulf State, Kuwait. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 7, p. 1460-1475, 2018.

ALLEGRETTI, Gabriela; SCHMIDT, Verônica; MACHADO, João Armando Dessimon. Sustentabilidade na suinocultura de terminação: indicadores ambientais de desempenho em um município gaúcho. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 667-674, 2014.

ALES, Edoardo et al. (Ed.). **Working in digital and smart organizations: legal, economic and organizational perspectives on the digitalization of labour relations**. Springer, 2018.

ALVES, Wellington; FERREIRA, Paula; ARAÚJO, Madalena. Sustainability awareness in Brazilian mining corporations: the case of Paraíba state. **Environment, Development and Sustainability**, v. 20, n. 1, p. 41-63, 2018.

ANDERSEN, Per; PETERSEN, Niels Christian. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. **Management science**, v. 39, n. 10, p. 1261-1264, 1993.

ANDERSEN, Mikael Skou. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. **Sustainability Science**, v. 2, n. 1, p. 133-140, 2007.

ANDERSSON, Pär; ARONSSON, Håkan; STORHAGEN, Nils G. Measuring logistics performance. **Engineering Costs and Production Economics**, v. 17, n. 1-4, p. 253-262, 1989.

ANDERSON, David R. et al. **An introduction to management science: quantitative approaches to decision making**. Cengage learning, 2015.

ANTONELLO, Claudia S. Estudo dos métodos e posicionamento epistemológico na pesquisa de aprendizagem organizacional, competências e gestão do conhecimento. **Encontro Anual da Anpad**, v. 26, 2002.

AROSIO, Marcello et al. Simplified pluvial flood risk assessment in a complex urban environment by means of a dynamic coupled hydrological-hydraulic model: case study of Mexico City. In: **5th IAHR Europe Congress—New Challenges in Hydraulic Research and Engineering**. Aronne Armanini, Elena Nucci, 2018.

ARVIDSON, Malin; LYON, Fergus. Social impact measurement and non-profit organisations: Compliance, resistance, and promotion. **VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations**, v. 25, n. 4, p. 869-886, 2014.

ASSAF, A. George; JOSIASSEN, Alexander; CVELBAR, Ljubica Knežević. Does triple bottom line reporting improve hotel performance?. **International Journal of Hospitality Management**, v. 31, n. 2, p. 596-600, 2012.

ATKINSON, Bernardine MC; VAN DER SOMMEN, Frank. The Quintuple Bottom Line Concept. In: **EnviroInfo**. 2006. p. 91-94.

ATKINSON, Adrian; DÁVILA, Julio D.; MATTINGLY, Michael. **The challenge of environmental management in urban areas**. Routledge, 2019.

AVKIRAN, Necmi K. Stability and integrity tests in data envelopment analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 41, n. 3, p. 224-234, 2007.

BA, BiromeHolo; PRINS, Christian; PRODHON, Caroline. Models for optimization and performance evaluation of biomass supply chains: An Operations Research perspective. **Renewable Energy**, v. 87, p. 977-989, 2016.

BANCO MUNDIAL. Um ajuste justo: análise da eficiência e equidade do gasto público no Brasil. **Brasil—Revisão das despesas públicas**, v. 1, 2017.

BANKER, Rajiv D.; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BANKER, Rajiv D. et al. Returns to scale in different DEA models. **European Journal of Operational Research**, v. 154, n. 2, p. 345-362, 2004.

BANKER, Rajiv D.; CHANG, Hsihui. The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units. **European Journal of Operational Research**, v. 175, n. 2, p. 1311-1320, 2006.

BARDELIN, Cesar Endrigo Alves. **Os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARMAN, Pranab. Inculcation of Environmental Values in School for Sustainable Development. **Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities**, v. 4, n. 4, p. 347-357, 2014.

BARTELINGS, Heleen; STERNER, Thomas. Household waste management in a Swedish municipality: determinants of waste disposal, recycling and composting. **Environmental and resource economics**, v. 13, n. 4, p. 473-491, 1999.

BARTH, Mary E.; MCNICHOLS, Maureen F. Estimation and market valuation of environmental liabilities relating to superfund sites. **Journal of Accounting Research**, v. 32, p. 177-209, 1994.

BARTH, Mary E.; MCNICHOLS, Maureen F.; WILSON, G. Peter. Factors influencing firms' disclosures about environmental liabilities. **Review of Accounting Studies**, v. 2, n. 1, p. 35-64, 1997.

BATTY, Michael et al. Smart cities of the future. **The European Physical Journal Special Topics**, v. 214, n. 1, p. 481-518, 2012.

BEBBINGTON, Jan. Sustainable development: a review of the international development, business and accounting literature. In: **Accounting Forum**. Taylor & Francis, 2001. p. 128-157.

BECKER, Henk A. Social impact assessment. **European Journal of Operational Research**, v. 128, n. 2, p. 311-321, 2001.

BECKER, Henk A.; VANCLAY, Frank (Ed.). **The international handbook of social impact assessment: Conceptual and methodological advances**. Edward Elgar Publishing, 2003.

BENDELL, Jem; SHAH, Rupesh. The fourth bottom line. **The Journal of Corporate Citizenship**, p. 13-16, 2002.

BICE, Sara; MOFFAT, Kieren. Social licence to operate and impact assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 32, n. 4, p. 257-262, 2014.

BIRKIN, Franck; WOODWARD, D. Management accounting for sustainable development. **Management Accounting: Magazine for Chartered Management Accountants**, v. 75, n. 7, p. 42-45, 1997.

BODINI, Antonio; BONDAVALLI, Cristina; ALLESINA, Stefano. Cities as ecosystems: growth, development and implications for sustainability. **Ecological Modelling**, v. 245, p. 185-198, 2012.

BOEKER, Warren; GOODSTEIN, Jerry. Organizational performance and adaptation: Effects of environment and performance on changes in board composition. **Academy of Management journal**, v. 34, n. 4, p. 805-826, 1991.

BOND, Alan; DUSÍK, Jiří. Impact assessment for the twenty-first century—rising to the challenge. **Impact Assessment and Project Appraisal**, p. 1-6, 2019.

BONEKAMP, Linda; SURE, Matthias. Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation. **Journal of Business and Media Psychology**, v. 6, n. 1, p. 33-40, 2015.

BONNY, Sylvie. Corporate concentration and technological change in the global seed industry. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1632, 2017.

BOONE, Tonya; JAYARAMAN, Vaidyanathan; GANESHAN, Ram. Sustainable Supply Chains. In: **Sustainable Supply Chains**. Springer, New York, NY, 2012. p. 1-8.

BORGERT, Altair et al. The Impact of Management Policies of Solid Waste in Costs Behavior: the Case of Brazilian Companies. **The Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 46, n. 2, p. 135-147, 2020.

BORTULUZI, Fernando A. et al. Exploring Alternatives of Accounting for Environmental Liabilities in the Company's Balance Sheet. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 187-196.

BRASIL, PNRS. Lei n 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei**, v. 9, 1998.

BRIOZO, Rodrigo Amancio; MUSETTI, Marcel Andreotti. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento–UPA 24 h. **Gestão E Produção**, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.

BURKI, Umar; ERSOY, Pervin; DAHLSTROM, Robert. Achieving triple bottom line performance in manufacturer-customer supply chains: Evidence from an emerging economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, p. 1307-1316, 2018.

BUYS, P. Social responsibility's fourth bottom line. **Word and Action**, v. 50, n. 411, p. 1-2, 2010.

CAM, Wynn Chi Nguyen. Fostering interconnectivity dimension of low-carbon cities: the triple bottom line re-interpretation. **Habitat International**, v. 37, p. 88-94, 2013.

CAMPAGNA, N. et al. Energy Management Concepts for the Evolution of Smart Grids. In: **2020 8th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)**. IEEE, 2020. p. 208-213.

CAMPBELL, Daniel E.; GARMESTANI, Ahjond S. An energy systems view of sustainability: energy evaluation of the San Luis Basin, Colorado. **Journal of Environmental Management**, v. 95, n. 1, p. 72-97, 2012.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. **Journal of urban technology**, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011.

CARDOSO, Germano Bezerra. Análise econômica do direito, políticas públicas e consequências. **Revista Jurídica da Presidência**, v. 17, n. 112, p. 293-313, 2015.

CARLEY, Michael J.; BUSTELO, Eduardo. **Social impact assessment and monitoring: a guide to the literature**. Routledge, 2019.

CARTER, Craig R.; JENNINGS, Marianne M. Logistics social responsibility: an integrative framework. **Journal of business logistics**, v. 23, n. 1, p. 145-180, 2002a.

CARTER, Craig R.; JENNINGS, Marianne M. Social responsibility and supply chain relationships. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 38, n. 1, p. 37-52, 2002b.

CARUSO, Loris. Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes?. **Ai & Society**, v. 33, n. 3, p. 379-392, 2018.

CASTLE, Emery N. Property Rights and the Potitical Economy of Resource Scarcity. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 60, n. 1, p. 1-9, 1978.

CAVALCANTI, Mônica T. et al. Aplicação da lógica fuzzy na análise sensorial de pão de forma enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 2, 2013.

CHANG, Dong-Shang; KUO, Li-chin Regina; CHEN, Yi-tui. Industrial changes in corporate sustainability performance—An empirical overview using data envelopment analysis. **Journal of Cleaner production**, v. 56, p. 147-155, 2013.

CHARLES, Vincent; KUMAR, Mukesh (Ed.). **Data envelopment analysis and its applications to management**. Cambridge Scholars Publishing, 2013.

CHARNES, Abraham; COOPER, William W.; RHODES, Edwardo. Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager. Auditing and accounting for program efficiency and management efficiency in not-for-profit entities. **Accounting, Organizations and Society**, v. 5, n. 1, p. 87-107, 1980.

CHEN, Tao; ZHANG, Jinlong; LAI, Kin-Keung. An integrated real options evaluating model for information technology projects under multiple risks. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 8, p. 776-786, 2009.

CHEN, Lujie; TANG, Ou; FELDMANN, Andreas. Applying GRI reports for the investigation of environmental management practices and company performance in Sweden, China and India. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 36-46, 2015.

CHEN, Long-Fei. Green certification, e-commerce, and low-carbon economy for international tourist hotels. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 18, p. 17965-17973, 2019.

CHEN, Wen-Chih; SU, Che-Ping; ROGERS, Mary Margaret. Measuring the performance of and tradeoffs within the triple bottom line. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 13, n. 1, p. 24-35, 2019.

CHETTY, Girija. Adaptive fuzzy logic based controller for a position control system. **WIT Transactions on Information and Communication Technologies**, v. 16, 1970.

CHOFREH, Abdoulmohammad Gholamzadeh et al. A review on sustainability transformation roadmaps using project management methodology. **Advanced Science Letters**, v. 21, n. 2, p. 133-136, 2015.

CONTI, Denise De et al. **Proposta e avaliação de indicadores de desempenho para gestão estratégica de unidades laboratoriais de instituição superior de ensino e pesquisa que impactam sobre a saúde humana**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COOK, Wade D.; TONE, Kaoru; ZHU, Joe. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, v. 44, p. 1-4, 2014.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; TONE, Kaoru. Data envelopment analysis. **Handbook on Data Envelopment Analysis, 1st ed.; Cooper, WW, Seiford, LM, Zhu, J., Eds**, p. 1-40, 2000.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. In: **Handbook on data envelopment analysis**. Springer, Boston, MA, 2011. p. 1-39.

CORMIER, Denis; MAGNAN, Michel. Investors' assessment of implicit environmental liabilities: An empirical investigation. **Journal of accounting and public policy**, v. 16, n. 2, p. 215-241, 1997.

CORTES, Alessandro. A Triple Bottom Line Approach for Measuring Supply Chains Sustainability Using Data Envelopment Analysis. **European Journal of Sustainable Development**, v. 6, n. 3, p. 119-128, 2017.

COSTA, Bruno Lazzarotti Diniz; AZEREDO, Túlio Marcos Alves. Inovação, eficiência e eficácia em políticas sociais: Reflexões a partir do Programa Bolsa Escola de Belo Horizonte. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 10, n. 46, 2005.

COSTA, Beatriz Souza; DIZ, Jamile B. Mata; DE OLIVEIRA, Márcio Luís. Cultura de consumismo e geração de resíduos. **Revista Brasileira de Estudos Políticos**, v. 116, 2018.

COSTA, Berta José; RODRIGUES, Susana; MORENO, Pilar. Circular Economy and Sustainability: Concepts, Perspectives, and (Dis) Agreements. In: **Mapping, Managing, and Crafting Sustainable Business Strategies for the Circular Economy**. IGI Global, 2020. p. 31-56.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017.

DAELLENBACH, Hans; MCNICKLE, Donald; DYE, Shane. **Management science: decision-making through systems thinking**. Macmillan International Higher Education, 2012.

DAI, Jing et al. 10 The interplay of green marketing and sustainable supply chain management. **Handbook on the Sustainable Supply Chain**, p. 148, 2019.

DALY, Herman E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Ambiente & sociedade**, v. 7, n. 2, p. 197-202, 2004.

DAMODARAN, Aswath. Return on capital (ROC), return on invested capital (ROIC) and return on equity (ROE): Measurement and implications. **Return on Invested Capital (ROIC) and Return on Equity (ROE): Measurement and Implications (July 2007)**, 2007.

DANEKE, Gregory; PRISCOLI, Jerome Delli; GARCIA, Margot. **Public involvement and social impact assessment**. Routledge, 2019.

DASCALU, Cornelia et al. The externalities in social environmental accounting. **International Journal of Accounting & Information Management**, v. 18, n. 1, p. 19-30, 2010.

DASKALOPOULOS, E.; BADR, O.; PROBERT, S. D. An integrated approach to municipal solid waste management. **Resources, conservation and recycling**, v. 24, n. 1, p. 33-50, 1998.

DE ANDRADE, Matheus Lemos et al. A miopia paradigmática e os jogos da verdade nas pesquisas de marketing. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 16, n. 3, p. 383-395, 2017.

DE BEER, Patrick; FRIEND, Francois. Environmental accounting: A management tool for enhancing corporate environmental and economic performance. **Ecological Economics**, v. 58, n. 3, p. 548-560, 2006.

DE CARVALHO, Lucas Silvestre et al. Green supply chain management and innovation: a modern review. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, 2020.

DE GIACOMO, Maria Rosa et al. Does green public procurement lead to life cycle costing (LCC) adoption?. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 25, n. 3, p. 100500, 2019.

DE JONG, Pieter; PAULRAJ, Antony; BLOME, Constantin. The financial impact of ISO 14001 certification: top-line, bottom-line, or both?. **Journal of Business Ethics**, v. 119, n. 1, p. 131-149, 2014.

DEMAJOROVIC, Jacques; MIGLIANO, João Ernesto Brasil. Política nacional de resíduos sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. **Gestão & Regionalidade**, v. 29, n. 87, p. 64-80, 2013.

DE OLIVEIRA FRAGA, Brendow; DE FREITAS, Alan Ferreira; DE FREITAS, Alair Ferreira. Significados da eficiência em empreendimentos de economia solidária. **Cadernos Gestão Social**, v. 5, n. 2, p. 321, 2015.

DE SANTI, Cristiano Ribeiro; CORREA, Carlos Alberto. Identificação de oportunidades de negócio na cadeia de valor dos resíduos plásticos de fontes pós-consumo através da reciclagem. **Unisanta BioScience**, v. 7, n. 6, p. 144-156, 2018.

DE SOUSA, Maria Da Conceição Sampaio; STOŠIĆ, Borko. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers. **Journal of Productivity analysis**, v. 24, n. 2, p. 157-181, 2005.

DE SOUSA JABBOUR, Ana Beatriz Lopes et al. Brazil's new national policy on solid waste: challenges and opportunities. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 16, n. 1, p. 7-9, 2014.

DE TOLEDO, Roberto Farias et al. A scientometric review of global research on sustainability and project management dataset. **Data in brief**, v. 25, p. 104312, 2019.

DEUS, Rafael Mattos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendência. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 685-698, 2015.

DICKEL, Paulo Roberto Garcia et al. Uso da logística reversa para descarte de lâmpadas fluorescentes à luz da PNRS: o caso do instituto federal de educação do Rio Grande do Sul. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 1, p. 265-284, 2018.

DOGAN, Ebru; BOLDERDIJK, Jan Willem; STEG, Linda. Making small numbers count: environmental and financial feedback in promoting eco-driving behaviours. **Journal of Consumer Policy**, v. 37, n. 3, p. 413-422, 2014.

DONATO, Cláudio José; TAKENAKA, Edilene Mayumi Murashita. O Aproveitamento de resíduos de madeira para o desenvolvimento sustentável. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 12, n. 4, 2016.

DOS SANTOS, Amanda Aguiar; BALBINO, Fernando Cesar; ESTEVAM, Celia Regina Nugoli. Modelo Matemático que Auxilia na Tomada de Decisão quanto a Implantação de Biodigestores em Propriedades Rurais Destinadas a Ordenha. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 3, n. 2, 2015.

ELIJIDO-TEN, Evangeline. Applying stakeholder theory to analyze corporate environmental performance. **Asian Review of Accounting**, 2007.

ELKINGTON, J. The triple bottom line. **Environmental management: Readings and cases**, v. 2, 1997.

ELKINGTON, John. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **Environmental quality management**, v. 8, n. 1, p. 37-51, 1998.

ELKINGTON, John. The triple bottom line for 21st century business. **The Earthscan reader in business and sustainable development**, p. 20-43, 2001.

ELKINGTON, J. **The triple bottom line of the 21st century**. Oxford Press, Oxford, 2002.

ELKINGTON, John. Enter the triple bottom line. In: **The triple bottom line**. Routledge, 2013. p. 23-38.

EMROUZNEJAD, Ali; YANG, Guo-liang. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 61, p. 4-8, 2018.

ESTEVEZ, Ana Maria; FRANKS, Daniel; VANCLAY, Frank. Social impact assessment: the state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 30, n. 1, p. 34-42, 2012.

FAHIMNIA, Behnam et al. **Green Logistics & Transportation: A Sustainable Supply Chain Perspective**. 2015.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; MARGARITIS, D. **Advances in DEA**. World Scientific, 2015.

FAUZI, Hasan; SVENSSON, Goran; RAHMAN, Azhar Abdul. “Triple bottom line” as “Sustainable corporate performance”: A proposition for the future. **Sustainability**, v. 2, n. 5, p. 1345-1360, 2010.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. **Pesquisa operacional para cursos de administração**. Elsevier Brasil, 2012.

FERNANDES, Iara J. et al. Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa. In: **Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais**. 2015.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antonio dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de saúde Pública**, v. 17, p. 689-696, 2001.

FERREIRA, C. M. D. C., GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. UFV, 2009.

FERRI, Giovane Lopes; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; RIBEIRO, Glaydston Mattos. Análise e localização de centros de armazenamento e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística reversa: um estudo de caso no município de São Mateus, ES. **Production**, v. 25, n. 1, p. 27-42, 2015.

FREEMAN, Robert. E.(1984), Strategic management: A stakeholder approach. **Boston: Pitman**, v. 46, 1984.

FIGUEIREDO, D.S. **Índice híbrido de eficácia e eficiência para loja de varejo**. Niterói, 2005. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal Fluminense.

FIGUEIREDO, Natalie Jimenez Verdi de. **Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica-estudo de caso**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FLEISCHMANN, Moritz et al. Quantitative models for reverse logistics: A review. **European journal of operational research**, v. 103, n. 1, p. 1-17, 1997.

FORAN, Barney et al. Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting. **Ecological economics**, v. 52, n. 2, p. 143-157, 2005.

FOSTER, Allan; ROBERTO, Samanta Souza; IGARI, Alexandre Toshiro. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**. São Paulo, v. 5, 2017.

FREUDENBURG, William R. Social impact assessment. **Annual review of sociology**, v. 12, n. 1, p. 451-478, 1986.

FUCCILLE, Luís Alexandre; BRAGATTI, Milton Carlos; DE ALMEIDA LEITE, Maria Luísa Telarolli. Geopolítica dos Recursos Naturais na América do Sul: um panorama dos recursos hídricos sob a ótica da Segurança Internacional | Geopolitics of Natural Resources in South America: a panorama of water resources under the view. **Mural Internacional**, v. 8, n. 1, p. 59-75, 2017.

GALINDO, Heitor Vitor Chaves et al. Estudo Exploratório Sobre Logística Reversa de Pós-Consumo no Mercado de Produtos Ópticos: Proposição de Práticas. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, 2016.

GALLEGO, Isabel. The use of economic, social and environmental indicators as a measure of sustainable development in Spain. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 13, n. 2, p. 78-97, 2006.

GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GALVEZ, Daniel et al. Reverse logistics network design for a biogas plant: An approach based on MILP optimization and Analytical Hierarchical Process (AHP). **Journal of Manufacturing Systems**, v. 37, p. 616-623, 2015.

GANGA, Gilberto Miller Devós; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; POLITANO, Paulo Rogério. A fuzzy logic approach to supply chain performance management. **Gestão & produção**, v. 18, n. 4, p. 755-774, 2011.

GANGA, Gilberto Miller Devós. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia de Produção**: um guia prático de conteúdo e forma. São Paulo, Atlas, 2012.

GEISSDOERFER, Martin et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **Journal of cleaner production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GEORGE, Donald AR; LIN, Brian Chi-ang; CHEN, Yunmin. A circular economy model of economic growth. **Environmental modelling & software**, v. 73, p. 60-63, 2015.

GHIASI, Mohammad M. et al. Application of ANFIS soft computing technique in modeling the CO₂ capture with MEA, DEA, and TEA aqueous solutions. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 49, p. 47-54, 2016.

GIDWANI, Vinay; CORWIN, Julia Eleanor. Governance of waste. **Economic and Political Weekly**, v. 52, n. 31, 2017.

GIMENEZ, Cristina; SIERRA, Vicenta; RODON, Juan. Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 149-159, 2012.

GOEL, Puneeta. Triple Bottom Line Reporting: An Analytical Approach for Corporate Sustainability. **Journal of Finance, Accounting & Management**, v. 1, n. 1, 2010.

GOH, Cheng Siew et al. Revisiting triple bottom line within the context of sustainable construction: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119884, 2020.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. **Estudos avançados**, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **The goal: a process of ongoing improvement**. Routledge, 2016.

GOKMEN, Gokhan et al. Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy logic. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 2, p. 902-909, 2010.

GONÇALVES, D.A. **Avaliação de eficiência de fundos de investimentos financeiros: utilização de DMU artificial em modelos DEA com outputs negativos**. Rio de Janeiro, 2003. Tese (Doutorado em Produção) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GRAY, Rob; KOUHY, Reza; LAVERS, Simon. Corporate social and environmental reporting. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, 1995.

GRECO, Salvatore; FIGUEIRA, J.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis**. New York: Springer, 2016.

GRI. Global Reporting Initiative. **Sustainability Disclosure Database**, Disponível em: <<https://database.globalreporting.org/about-this-site>>. Acesso em: 05 de Jul. de 2020.

GRUBERT, Emily. Rigor in social life cycle assessment: improving the scientific grounding of SLCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 3, p. 481-491, 2018.

GUERRINI, Andrea; ROMANO, Giulia; CAMPEDELLI, Bettina. Economies of scale, scope, and density in the Italian water sector: a two-stage data envelopment analysis approach. **Water resources management**, v. 27, n. 13, p. 4559-4578, 2013.

GUTHRIE, James; PARKER, Lee D. Corporate social reporting: a rebuttal of legitimacy theory. **Accounting and business research**, v. 19, n. 76, p. 343-352, 1989.

HALL, Jeremy; VREDENBURG, Harrie. The challenge of innovating for sustainable development. **MIT Sloan Management Review**, v. 45, n. 1, p. 61, 2003.

HALL, Matthew; MILLO, Yuval; BARMAN, Emily. Who and what really counts? Stakeholder prioritization and accounting for social value. **Journal of Management Studies**, v. 52, n. 7, p. 907-934, 2015.

- HÁJEK, Petr. **Metamathematics of fuzzy logic**. Springer Science & Business Media, 2013.
- HAN, Heesup; LEE, Myong Jae; KIM, Wansoo. Antecedents of green loyalty in the cruise industry: Sustainable development and environmental management. **Business Strategy and the Environment**, v. 27, n. 3, p. 323-335, 2018.
- HART, Stuart L. A natural-resource-based view of the firm. **Academy of management review**, v. 20, n. 4, p. 986-1014, 1995.
- HARTMAN, L.; PAINTER-MORLAND, Mollie. Exploring the Global Reporting Initiative Guidelines as a model for triple bottom-line reporting. **African Journal of Business Ethics**, v. 2, n. 1, p. 45-57, 2007.
- HARTMAN, Thomas E.; STORBECK, James E.; BYRNES, Patricia. Allocative efficiency in branch banking. **European Journal of Operational Research**, v. 134, n. 2, p. 232-242, 2001.
- HE, Bin et al. Product sustainable design: a review from the environmental, economic, and social aspects. **Journal of Computing and Information Science in Engineering**, v. 20, n. 4, 2020.
- HEINTZE, Theresa; BRETSCHEIDER, Stuart. Information technology and restructuring in public organizations: Does adoption of information technology affect organizational structures, communications, and decision making?. **Journal of Public Administration Research and Theory**, v. 10, n. 4, p. 801-830, 2000.
- HERREMANS, Irene M.; NAZARI, Jamal A.; MAHMOUDIAN, Fereshteh. Stakeholder relationships, engagement, and sustainability reporting. **Journal of Business Ethics**, v. 138, n. 3, p. 417-435, 2016.
- HINDLE, Tim. Triple bottom line. **The Economist**, v. 17, 2009.
- HOLLANDA, Lavinia et al. A geração de energia a partir de resíduos: uma possibilidade para o Brasil. **Boletim de Conjuntura**, n. 2, p. 15-20, 2016.
- HOLMGREN, George GS. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure 1. **Soil Science Society of America Journal**, v. 31, n. 2, p. 210-211, 1967.
- HRESC, Jessica; RILEY, Emily; HARRIS, Patrick. Mining project's economic impact on local communities, as a social determinant of health: A documentary analysis of environmental impact statements. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 72, p. 64-70, 2018.
- HUSSAIN, Nazim; RIGONI, Ugo; ORIJ, René P. Corporate governance and sustainability performance: Analysis of triple bottom line performance. **Journal of Business Ethics**, v. 149, n. 2, p. 411-432, 2018.
- INAYATULLAH, Sohail. Spirituality as the fourth bottom line?. **Futures**, v. 37, n. 6, p. 573-579, 2005.
- IOANNOU, Ioannis; SERAFEIM, George. The consequences of mandatory corporate sustainability reporting. **Harvard Business School research working paper**, n. 11-100, 2017.

ISLAM, KM Nazmul. Municipal solid waste to energy generation: An approach for enhancing climate co-benefits in the urban areas of Bangladesh. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 2472-2486, 2018.

JABER, Osama; CAGLAR, Dilber. The Role of Organizational Learning as a Mediator in Investigating the Relationship between Knowledge Management and Organizational Performance: The Case of Banks Listed in the Stocks Exchange of Palestine. **International Journal of Economic Perspectives**, v. 11, n. 1, 2017.

JACKSON, Tim. **Material concerns: Pollution, profit and quality of life**. Routledge, 2013.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Benchmarking and regulation: international electricity experience. **Utilities policy**, v. 9, n. 3, p. 107-130, 2000.

JAMES, Peter. The sustainability cycle: a new tool for product development and design. **The Journal of Sustainable Product Design**, p. 52-57, 1997.

JANJUA, Shahana Y.; SARKER, Prabir K.; BISWAS, Wahidul K. Development of triple bottom line indicators for life cycle sustainability assessment of residential buildings. **Journal of Environmental Management**, v. 264, p. 110476, 2020.

JIMÉNEZ-ZARCO, Ana Isabel; MORENO-GAVARA, Carme; NJOMKAP, Jean Claude Stone. Sustainability in Global Value-Chain Management: The Source of Competitive Advantage in the Fashion Sector. In: **Sustainable Fashion**. Palgrave Macmillan, Cham, 2019. p. 37-76.

KAMMEN, Daniel M.; ENGEL, Ditlev. **Green jobs and the clean energy economy**. Copenhagen Climate Council Thought Leadership Series, 2009.

KANG, Moonsoo et al. Sustainability efforts, index recognition, and stock performance. **Journal of Asset Management**, p. 1-13, 2020.

KAYE NIJAKI, Laurie; WORREL, Gabriela. Procurement for sustainable local economic development. **International Journal of Public Sector Management**, v. 25, n. 2, p. 133-153, 2012.

KEIL, Roger. Green work alliances: The political economy of social ecology. **Studies in Political Economy**, v. 44, n. 1, p. 7-38, 1994.

KEMP, René; ANDERSEN, M. Munch. Strategies for eco-efficiency innovation. In: **Strategy paper for the EU Informal Environmental Council Meeting**. 2004. p. 16-18.

KOMINKO, Halyna et al. Sustainable management of sewage sludge for the production of organo-mineral fertilizers. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 10, p. 1817-1826, 2018.

KONAR, Shameek; COHEN, Mark A. Does the market value environmental performance?. **Review of economics and statistics**, v. 83, n. 2, p. 281-289, 2001.

KOPICKI, Ronald; BERG, Michael J.; LEGG, Leslie. **Reuse and recycling-reverse logistics opportunities: Reverse Logistics Opportunities**. Council of Logistics Management, Oak Brook, IL, 1993.

KUMAR, Arun; MURTUGUDDE, Raghu. Predictability, uncertainty and decision making: A unified perspective to build a bridge from weather to climate. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 3-4, p. 327-333, 2013.

KURDVE, Martin et al. Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 304-315, 2015.

LAASCH, Oliver et al. Mapping the emerging field of responsible management: domains, spheres, themes, and future research. In: **Research Handbook of Responsible Management**. Edward Elgar Publishing, 2020.

LAENGLER, Sigifredo et al. Forty years of the European Journal of Operational Research: A bibliometric overview. **European Journal of Operational Research**, v. 262, n. 3, p. 803-816, 2017.

LAING, Timothy et al. Environmental improvement initiatives in the coal mining industry: maximisation of the triple bottom line. **Production Planning & Control**, v. 30, n. 5-6, p. 426-436, 2019.

LAGARINHOS, Carlos AF; TENÓRIO, Jorge AS. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. **Polímeros**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.

LAKO A. **Deconstruction of CSR and Business Paradigm**. Erlend Ed. Jakarta, 2001.

LARRINAGA, Carlos et al. Accountability and accounting regulation: the case of the Spanish environmental disclosure standard. **European Accounting Review**, v. 11, n. 4, p. 723-740, 2002.

LASI, Heiner et al. Industry 4.0. **Business & information systems engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LE, Tuyen; JEONG, H. David. Interlinking life-cycle data spaces to support decision making in highway asset management. **Automation in Construction**, v. 64, p. 54-64, 2016.

LEHMAN, Glen. Global accountability and sustainability: research prospects. In: **Accounting Forum**. 2002. p. 219-232.

LEUENBERGER, Andrea et al. Health impact assessment and health equity in sub-Saharan Africa: A scoping review. **Environmental impact assessment review**, v. 79, p. 106288, 2019.

LI, Yong-jun; LIANG, Liang. Method of allocating the fixed cost based on data envelopment analysis and cooperative game [J]. **Systems Engineering-Theory & Practice**, v. 11, p. 80-84, 2008.

LI, Kai; ROLLINS, Jason; YAN, Erjia. Web of Science use in published research and review papers 1997–2017: A selective, dynamic, cross-domain, content-based analysis. **Scientometrics**, v. 115, n. 1, p. 1-20, 2018.

LIFSON, M. W. Decisions, decisions, decisions. **Annals of biomedical engineering**, v. 1, n. 3, p. 285-315, 1973.

LIN, Ching-Torng; CHEN, Chen-Tung. A fuzzy-logic-based approach for new product Go/NoGo decision at the front end. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans**, v. 34, n. 1, p. 132-142, 2004.

LIVA, Patrícia Beaumord Gomes; PONTELO, Viviane Santos Lacerda; OLIVEIRA, Wedson Souza. Logística reversa. **Gestão e Tecnologia industrial. IETEC**, 2003.

LIU, W.; SHARP, J.; WU, Z. Preference, production, and performance in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, v. 145, n. 1, p. 105-127, 2006.

LIU, Fuh-Hwa Franklin; PENG, Hao Hsuan. Ranking of units on the DEA frontier with common weights. **Computers & Operations Research**, v. 35, n. 5, p. 1624-1637, 2008.

LIU, John S. et al. A survey of DEA applications. **Omega**, v. 41, n. 5, p. 893-902, 2013.

LOPES, Herton Castiglioni. O modelo estrutura-conduta-desempenho e a teoria evolucionária neoschumpeteriana: uma proposta de integração teórica. **Revista de economia contemporânea**, v. 20, n. 2, p. 336-358, 2016.

LOWITT, Eric. **The future of value: How sustainability creates value through competitive differentiation**. John Wiley & Sons, 2011.

LOZANO, Sebastián. Information sharing in DEA: A cooperative game theory approach. **European Journal of Operational Research**, v. 222, n. 3, p. 558-565, 2012.

MACHACHA, Lilybert L.; BHATTACHARYA, Prabir. A fuzzy-logic-based approach to project selection. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 47, n. 1, p. 65-73, 2000.

MARIUZZO, Patrícia. Hidrelétricas são a opção energética mais limpa e barata para o Brasil. **Inovação Uniemp**, v. 3, n. 2, p. 6-9, 2007.

MARTINS, Humberto Falcão. Gestão de recursos públicos: orientação para resultados e accountability. **Revista Eletrônica sobre a Reforma do Estado**, v. 3, p. 1-15, 2005.

MARTINS, Ana Isabel. Método alternativo para a estimação do custo do capital próprio—aplicação prática aos indicadores de criação de valor. **Dos Algarves-Revista da ESGHT/UAig**, p. 18-36, 2010.

MATOS, Arlinda César et al. Quadro político, jurídico e técnico da gestão de resíduos sólidos nos países do BRICS. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 12, n. 26, p. 155-160, 2016.

MACNAUGHTON, Gillian. Human rights impact assessment: A method for healthy policymaking. **Health and Human Rights Journal**, v. 17, n. 1, p. 63-75, 2015.

MAKSIMOVIC, Vojislav. Dana C. Andersen. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 88, p. 69-94, 2018.

MARDANI, Abbas et al. A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 216-256, 2017.

MARTINS, Roberto Antonio; MELLO, Carlos Henrique Pereira; TURRIONI, João Batista. **Guia para elaboração de monografia e TCC em Engenharia de Produção**. São Paulo: Atlas, 2014.

MARTINS, Luís Oscar Silva; SILVA, Leandro Teixeira; CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna. Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos no município de Santo Antônio de Jesus-BA. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, n. 2, p. 142-166, 2016.

MATOPOULOS, Aristides; BARROS, Ana Cristina; VAN DER VORST, JGAJ Jack. Resource-efficient supply chains: a research framework, literature review and research agenda. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2015.

MATTAROZZI, Victorio. **Sustentabilidade no setor financeiro: gerando valor e novos negócios**. Editora Senac São Paulo, 2019.

MATTERA, Marina; GAVA, Luana. Facing TBL with IoT: creating value and positively impacting business processes. **Social Responsibility Journal**, 2021.

MCDONALD, John. Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. **European journal of operational research**, v. 197, n. 2, p. 792-798, 2009.

MCGIVERN, Michael H.; TVORIK, Stephen J. Determinants of organizational performance. **Management Decision**, 1997.

MCWILLIAMS, Abigail et al. Strategic decision making for the triple bottom line. **Business Strategy and the Environment**, v. 25, n. 3, p. 193-204, 2016.

MEBRATU, Desta. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. **Environmental impact assessment review**, v. 18, n. 6, p. 493-520, 1998.

MELKAS, Helinä et al. Human impact assessment of robot implementation in Finnish elderly care. In: **International Conference on Serviceology**. 2016. p. 202-206.

MELOSI, Martin V. **Garbage in the Cities: Refuse reform and the Environment**. University of Pittsburgh Pre, 2004.

MERIGÓ, José M.; YANG, Jian-Bo. A bibliometric analysis of operations research and management science. **Omega**, v. 73, p. 37-48, 2017.

MEZA, Lidia Angulo et al. ISYDS-Integrated System for Decision Support (SIAD-Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

MICHELSEN, Gerd et al. Sustainable development—background and context. In: **Sustainability science**. Springer, Dordrecht, 2016. p. 5-29.

MIEDEMA, Allen K. Fundamental economic comparisons of solid waste policy options. In: **The Economics of Residential Solid Waste Management**. Routledge, 2017. p. 21-43.

MIEMCZYK, Joe; LUZZINI, Davide. Achieving triple bottom line sustainability in supply chains: The role of environmental, social and risk assessment practices. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 39, n. 2, p. 238-259, 2019.

MILES, Morgan P.; COVIN, Jeffrey G. Environmental marketing: A source of reputational, competitive, and financial advantage. **Journal of business ethics**, v. 23, n. 3, p. 299-311, 2000.

MIRA, Pamella Mattar et al. Consumo Responsável e Economia Solidária como Estratégia de Comercialização para Agricultura Familiar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 10-10, 2018.

MOH, Yiing Chiee; MANAF, Latifah Abd. Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82, p. 50-61, 2014.

MORABITO, Reinaldo et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Elsevier Brasil, 2018.

MUNIR, M. Tajammal et al. Resource recovery from organic solid waste using hydrothermal processing: Opportunities and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 96, p. 64-75, 2018.

MUKAKA, Mavuto M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi medical journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

NADALETI, Willian César; DOS SANTOS, Gabriel Borges; LOURENÇO, Vitor Alves. The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 3, p. 1373-1384, 2020.

NASCIMENTO, Victor Fernandez et al. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 4, p. 889-902, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Theoretical foundations for decision making in engineering design**. National Academy Press, 2001.

NESS, Barry et al. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological economics**, v. 60, n. 3, p. 498-508, 2007.

NICHOLS, Bridget Satinover; STOLZE, Hannah; KIRCHOFF, Jon F. Spillover effects of supply chain news on consumers' perceptions of product quality: An examination within the triple bottom line. **Journal of Operations Management**, v. 65, n. 6, p. 536-559, 2019.

NICOLOPOULOU, Katerina; KARATAS-OZKAN, Mine. CSR and social entrepreneurship: future global opportunities and challenges in Corporate Community Involvement strategies. **International Journal of Business and Globalisation**, v. 3, n. 2, p. 173-187, 2009.

NIGRI, Giorgia; MICHELINI, Laura. A systematic literature review on Social Impact Assessment: outlining main dimensions and future research lines. In: **International Dimensions of Sustainable Management**. Springer, Cham, 2019. p. 53-67.

NORMAN, Wayne; MACDONALD, Chris. Getting to the bottom of “triple bottom line”. **Business ethics quarterly**, v. 14, n. 2, p. 243-262, 2004.

O’NEIL, Jessica. ‘People, Planet, Profits’ and Perception Politics: A Necessary Fourth (and Fifth) Bottom Line? Critiquing the Current Triple Bottom Line in the Australian Context. In: **The Goals of Sustainable Development**. Springer, Singapore, 2018. p. 19-42.

OLIVEIRA, Leticia; DA SILVA, Melissa Trojahn; VISNIEVSKI, Janaina Elizandro. A luz do lixo. **Revista Educar Mais**, n. 1, 2017.

OTTMAN, Jacqueline; BOOKS, N. B. Green marketing: opportunity for innovation. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 60, n. 7, p. 136-667, 1998.

OU, Ching-Hsiewn; LIU, Wen-Hong. Developing a sustainable indicator system based on the pressure–state–response framework for local fisheries: A case study of Gungliaw, Taiwan. **Ocean & Coastal Management**, v. 53, n. 5-6, p. 289-300, 2010.

OZTURKOGLU, Yücel; SARI, FerikaOzer; SAYGILI, Ebru. A new holistic conceptual framework for sustainability oriented hospitality innovation with triple bottom line perspective. **Journal of Hospitality and Tourism Technology**, 2019.

PADILLA, Alcides J.; TRUJILLO, Juan C. Waste disposal and households’ heterogeneity. Identifying factors shaping attitudes towards source-separated recycling in Bogotá, Colombia. **Waste Management**, v. 74, p. 16-33, 2018.

PAES, Michel Xocaira et al. Transition to circular economy in Brazil: A look at the municipal solid waste management in the state of São Paulo. **Management Decision**, 2019.

PAKSERESHT, Soleiman et al. Gender impact assessment of urban projects in Iran. **Socio-Spatial Studies**, v. 2, n. 3, p. 1-7, 2018.

PAN, Xin-Xin et al. An empirical study on energy utilization efficiency, economic development, and sustainable management. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 12, p. 12874-12881, 2020.

PANTZARTZIS, Efthimia et al. Sustainable management of NHS assets backlog maintenance. **Built Environment Project and Asset Management**, 2016.

PAOLI, C.; VASSALLO, P.; FABIANO, M. An emergy approach for the assessment of sustainability of small marinas. **ecological engineering**, v. 33, n. 2, p. 167-178, 2008.

PASCOE, S.; KIRKLEY, J. E.; GRÉBOVAL, D.; MORRISON-PAUL, C. J. **Measuring and assessing capacity in fisheries. 2. Issues and methods.** *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 433/2. Rome, FAO. 2003. 130p.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and the environment.** JHU Press, 1990.

PEARSE, Peter H. Scarcity of natural resources and the implications for sustainable development. In: **Natural Resources Forum.** Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 1991. p. 74-79.

PEARSON, Karl. **On the theory of contingency and its relation to association and normal correlation.** Dulau and Company, 1904.

PERDICOÚLIS, Anastássios; DURNING, Bridget. An alternating-sequence conceptual framework for EIA-EMS integration. **Journal of environmental assessment policy and management**, v. 9, n. 04, p. 385-397, 2007.

PEREIRA, Thiago Henrique Martins; CARVALHO, Gustavo Menezes; DE CÁSSIO RODRIGUES, Alexandre. Otimização da produção de combustível alternativo de uma unidade de valorização energética. **Revista Petra**, v. 1, n. 1, 2015.

PHILLIPS, Robert et al. Triple bottom line sustainability assessment of window-to-wall ratio in US office buildings. **Building and Environment**, v. 182, p. 107057, 2020.

PIDD, Michael. Tools for thinking—Modelling in management science. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 11, p. 1150-1150, 1997.

PIECYK, Maja et al. (Ed.). **Green logistics: Improving the environmental sustainability of logistics.** Kogan Page Publishers, 2015.

POLONSKY, Michael Jay. An introduction to green marketing. **Electronic green journal**, v. 1, n. 2, 1994.

POPOVIC, D.; LIANG, N. Features extraction using fuzzy-logic-based object model. **WIT Transactions on Information and Communication Technologies**, v. 6, 1970.

PUJARI, Devashish. Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. **Technovation**, v. 26, n. 1, p. 76-85, 2006.

QIN, Xiao-Sheng et al. An interval-parameter fuzzy nonlinear optimization model for stream water quality management under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 180, n. 3, p. 1331-1357, 2007.

QUARSHIE, Anne M.; SALMI, Asta; LEUSCHNER, Rudolf. Sustainability and corporate social responsibility in supply chains: The state of research in supply chain management and business ethics journals. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 22, n. 2, p. 82-97, 2016.

RAIMUNDO, Danielle Rodrigues et al. Evaluation of greenhouse gas emissions avoided by wind generation in the Brazilian energetic matrix: A retroactive analysis and future potential. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 137, p. 270-280, 2018.

RAJAK, Sonu; PARTHIBAN, P.; DHANALAKSHMI, R. Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 503-513, 2016.

REBEHY, Perla Calil Pongeluppe Wadhy et al. Reverse logistics systems in Brazil: Comparative study and interest of multistakeholders. **Journal of environmental management**, v. 250, p. 109223, 2019.

REHMAN, Sana et al. Impact Of Sustainable Leadership Practices On Public Sector Organizations: A Systematic Review of Past Decade. **Journal of Public Value and Administration Insights**, v. 2, n. 3, p. 1-5, 2019.

RENDTORFF, Jacob Dahl. Society's Constitution and Corporate Legitimacy, or Why it Might be Unethical for Business Leaders to Think with Their Heart. In: **Power and Principle in the Market Place**. Routledge, 2016. p. 145-172.

ROCHA, Q. N. **Gestão de energia de resíduos de biomassa: otimização da distribuição geográfica das unidades industriais de geração de energia**. 2011. xi, 97 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

RODGER, James Allen; GEORGE, James A. Triple bottom line accounting for optimizing natural gas sustainability: A statistical linear programming fuzzy ILOWA optimized sustainment model approach to reducing supply chain global cybersecurity vulnerability through information and communications technology. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 1931-1949, 2017.

RODRIGUES, Alexandre de Cássio et al. **Determinantes da (in) eficiência do gasto público em educação: o caso dos municípios mineradores de Minas Gerais**. Mestrado em Administração Pública. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2015.

RODRIGUEZ, Rocio; SVENSSON, Göran; WOOD, Greg. Assessing corporate planning of future sustainability initiatives in private healthcare organizations. **Evaluation and Program Planning**, v. 83, p. 101869, 2020.

ROGERS, Katrina; HUDSON, B. The triple bottom line. **OD practitioner**, v. 43, n. 4, p. 4, 2011.

ROGGER, Cyrill; BEAURAIN, Francois; SCHMIDT, Tobias S. Composting projects under the Clean Development Mechanism: sustainable contribution to mitigate climate change. **Waste Management**, v. 31, n. 1, p. 138-146, 2011.

ROMANO, G.; GUERRINI, A. Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: a data envelopment analysis approach. **Utilities Policy**, v. 19, n. 3, p. 202-209, 2011.

ROMOLINI, Alberto; FISSI, Silvia; GORI, Elena. Scoring CSR reporting in listed companies—Evidence from Italian best practices. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 21, n. 2, p. 65-81, 2014.

ROSA, Carla Regina Mazia; STEINER, Maria Teresinha Arns; COLMENERO, João Carlos. Utilização de processo de análise hierárquica para definição estrutural e operacional de centros de distribuição: uma aplicação a uma empresa do ramo alimentício. **Gestão e Produção**, v. 22, n. 4, p. 935-950, 2015.

ROY, Bernard; VINCKE, Philippe. Multicriteria analysis: survey and new directions. **European Journal of Operational Research**, v. 8, n. 3, p. 207-218, 1981.

RUSKOV, Petko; TSOLOVA, Sia; PANOV, Stoyan. Model for technology adoption supporting system. In: **Proceedings of the International Scientific Conference—UNITECH, Gabrovo, Bulgaria**. 2016. p. 18-19.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. Estimating technological coefficients by the analytic hierarchy process. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 13, n. 6, p. 333-336, 1979.

SALA, Serenella. Triple bottom line, sustainability and sustainability assessment, an overview. In: **Biofuels for a More Sustainable Future**. Elsevier, 2020. p. 47-72.

SARKIS, Joseph; HELMS, Marilyn Michelle; HERVANI, Aref A. Reverse logistics and social sustainability. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 17, n. 6, p. 337-354, 2010.

SARTORI, S. et al. Data Envelopment Analysis in the Sustainability Context—a Study of Brazilian Electricity Sector by Using Global Reporting Initiative Indicators. **Cleaner Production Towards Sustainable Transition. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo**, 2015.

SASIKUMAR, P.; KANNAN, G. Issues in reverse supply chains, part I: end-of-life product recovery and inventory management—an overview. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 1, n. 3, p. 154-172, 2008.

SCHOTT FILHO, Odeir et al. Projeto Estiva: uma iniciativa de gestão de resíduos sólidos urbanos em comunidades de baixa renda. **Revista ELO—Diálogos em Extensão**, v. 6, n. 3, 2017.

SEARCY, Cory; ELKHAWAS, Doaa. Corporate sustainability ratings: an investigation into how corporations use the Dow Jones Sustainability Index. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, p. 79-92, 2012.

SENCOVICI, Luis Alfredo; DEMAJOROVIC, Jacques. Entraves e Perspectivas para a Logística Reversa do óleo lubrificante e suas embalagens. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS**, v. 4, n. 2, p. 83-101, 2015.

SÉNÉCHAL, Olivier. Research directions for integrating the triple bottom line in maintenance dashboards. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 331-342, 2017.

SHAPERO, Albert; SOKOL, Lisa. The social dimensions of entrepreneurship. **Encyclopedia of entrepreneurship**, p. 72-90, 1982.

SHEATE, William R. The evolving nature of environmental assessment and management: linking tools to help deliver sustainability. **Tools, techniques & approaches for sustainability collected writings in environmental assessment policy and management**, p. 1-29, 2009.

SHRIVASTAVA, Paul. Environmental technologies and competitive advantage. **Strategic management journal**, v. 16, n. S1, p. 183-200, 1995.

SIMAR, Leopold; WILSON, Paul W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. **Journal of econometrics**, v. 136, n. 1, p. 31-64, 2007.

SIMIĆ, Dragan et al. 50 years of fuzzy set theory and models for supplier assessment and selection: A literature review. **Journal of Applied Logic**, v. 24, p. 85-96, 2017.

SLAPER, Timothy F.; HALL, Tanya J. The triple bottom line: What is it and how does it work. **Indiana business review**, v. 86, n. 1, p. 4-8, 2011.

SMITH, Vernon L. Dynamics of waste accumulation: disposal versus recycling. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 86, n. 4, p. 600-616, 1972.

SMITH, V. Kerry. Measuring natural resource scarcity: Theory and practice. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 5, n. 2, p. 150-171, 1978.

SMITH, Steven Rathgeb; GRØNBJERG, Kirsten A. Scope and theory of government-nonprofit relations. **The nonprofit sector: A research handbook**, v. 2, p. 221-242, 2006.

SOUZA, Reinaldo Castro. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

SCHNEIDER, Geoffrey. **Microeconomic Principles and Problems: A Pluralist Introduction**. Routledge, 2019.

STAHEL, Walter R. The circular economy. **Nature News**, v. 531, n. 7595, p. 435, 2016.

STARIK, Mark; RANDS, GORDON P. Weaving an integrated web: Multilevel and multisystem perspectives of ecologically sustainable organizations. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 4, p. 908-935, 1995.

STEDILE, Nilva Lúcia Rech et al. A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, p. 3683-3694, 2018.

STEWART-OATEN, Allan; MURDOCH, William W.; PARKER, Keith R. Environmental impact assessment: "Pseudoreplication" in time?. **Ecology**, v. 67, n. 4, p. 929-940, 1986.

STOCK, James R. **Reverse logistics: White paper**. Council of Logistics Management, 1992.

STONE, Don. **No longer at the end of the pipe, but still a long way from sustainability: a look at management accounting for the environment and sustainable development in the United States**. Centre for Social and Environmental Accounting Research, University of Dundee, 1994.

STUBBS, Wendy; COCKLIN, Chris. Conceptualizing a “sustainability business model”. **Organization & environment**, v. 21, n. 2, p. 103-127, 2008.

SUBRAMANIAN, Nachiappan; RAMANATHAN, Ramakrishnan. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. **International Journal of Production Economics**, v. 138, n. 2, p. 215-241, 2012.

SUKOHARSONO, EkoGanis. Sustaining A Sustainability Report By Modifying Triple Bottom Line To Pentaple Bottom Line: An Imaginary Research Dialogue. **The International Journal of Accounting and Business Society**, v. 27, n. 1, p. 119-127, 2019.

TANG, Christopher S.; ZHOU, Sean. Research advances in environmentally and socially sustainable operations. **European Journal of Operational Research**, v. 223, n. 3, p. 585-594, 2012.

THANASSOULIS, E. The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution. **European Journal of Operational Research**, v. 126, n. 2, p. 436-453, 2000.

THOMPSON, R. G. et al. The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. **Journal of Econometrics**, v.46n n. 1,2, 1990.

TIETENBERG, Thomas H.; LEWIS, Lynne. **Environmental and natural resource economics**. Routledge, 2016.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

TONIAL, Graciele et al. Intellectual capital management and sustainability activities in Brazilian organizations: A case study. In: **Intellectual capital management as a driver of sustainability**. Springer, Cham, 2019. p. 119-138.

TUPPER, H. C.; RESENDE, M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. **Utilities Policy**, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.

TWIDELL, John; WEIR, Tony. **Renewable energy resources**. Routledge, 2015.

TURUNEN, Esko. **Mathematics behind fuzzy logic**. Heidelberg: Physica - Verlag, 1999.

ULANOWICZ, Robert E. et al. Quantifying sustainability: resilience, efficiency and the return of information theory. **Ecological complexity**, v. 6, n. 1, p. 27-36, 2009.

VANCLAY, Frank. The triple bottom line and impact assessment: how do TBL, EIA, SIA, SEA and EMS relate to each other?. In: **Tools, Techniques And Approaches For**

Sustainability: Collected Writings in Environmental Assessment Policy and Management. 2010. p. 101-124.

VAN DER VEEN, Jack AA; VENUGOPAL, Venu. Economic and environmental performance of the firm: Synergy or trade-off? Insights from the EOQ model. In: **Handbook of EOQ inventory problems.** Springer, Boston, MA, 2014. p. 121-137.

VIANNA, Andréa Carla Gonçalves; ARENALES, Marcos. Um problema de programação da produção numa fundição automatizada. **Gestão & Produção**, p. 244-263, 1995.

XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.

WAGNER, Bernd; ENZLER, Stefan (Ed.). **Material flow management: Improving cost efficiency and environmental performance.** Springer Science & Business Media, 2005.

WALLENIUS, Jyrki et al. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead. **Management science**, v. 54, n. 7, p. 1336-1349, 2008.

WELCH, Bernard L. The generalization of student's' problem when several different population variances are involved. **Biometrika**, v. 34, n. 1/2, p. 28-35, 1947.

WILBURN, Kathleen; WILBURN, Ralph. The double bottom line: Profit and social benefit. **Business Horizons**, v. 57, n. 1, p. 11-20, 2014.

WILSON, David C.; VELIS, Costas A. Waste management—still a global challenge in the 21st century: An evidence-based call for action. **Waste Management & Research**, v.31, n. 12, 2015.

WITHERS, Paul JA et al. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future.** Oxford; New York: Oxford University Press, 1987.

WORTHINGTON, A. C. A review of frontier approaches to efficiency and productivity measurement in urban water utilities. **Urban Water Journal**, v. 11, n. 1, p. 55-73, 2014.

WU, Dongrui; TAN, Woei Wan. Genetic learning and performance evaluation of interval type-2 fuzzy logic controllers. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 19, n. 8, p. 829-841, 2006.

WU, Jie; LIANG, Liang; YANG, Feng. Determination of the weights for the ultimate cross efficiency using Shapley value in cooperative game. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 1, p. 872-876, 2009.

XAVIER, Reinaldo S. et al. Heurística para modelagem e minimização do consumo de combustível para rotas de coleta de lixo. **Bento Gonçalves**, p. 12, 2010.

YANG, Wen-Chi; LEE, Yuh-Ming; HU, Jin-Li. Urban sustainability assessment of Taiwan based on data envelopment analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 341-353, 2016.

YARON, Jacob; BENJAMIN, McDonald; CHARITONENKO, Stephanie. Promoting efficient rural financial intermediation. **The World Bank Research Observer**, v. 13, n. 2, p. 147-170, 1998.

YAVUZ, M. Equipment selection based on the AHP and Yager's method. **Journal of the southern african institute of mining and metallurgy**, v. 115, n. 5, p. 425-433, 2015.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YOUSEFI, Saeed et al. Evaluating and ranking sustainable suppliers by robust dynamic data envelopment analysis. **Measurement**, v. 83, p. 72-85, 2016.

YUAN, Zengwei; BI, Jun; MORIGUICHI, Yuichi. The circular economy: A new development strategy in China. **Journal of Industrial Ecology**, v. 10, n. 1-2, p. 4-8, 2006.

ZADEH, Lotfi Asker. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. **Fuzzy sets and systems**, v. 1, n. 1, p. 3-28, 1978.

ZENG, Min; FENG, Huiping; TIAN, Guixian. The Construction and Evaluation of Green Logistics Ecosystem of E-commerce in China. **Ekoloji Dergisi**, n. 107, 2019.

ZHOU, Haibo et al. Data envelopment analysis application in sustainability: The origins, development and future directions. **European Journal of Operational Research**, v. 264, n. 1, p. 1-16, 2018.

ZHU, D. J. Sustainable development calls for circular economy. **Science and Technology Journal**,(9), p. 39-42, 1998.

ZHU, Joe. **Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets**. Springer, 2014.

ZOPOUNIDIS, Constantin; PARDALOS, Panos M. (Ed.). **Handbook of multicriteria analysis**. Springer Science & Business Media, 2010.

APÊNDICE

Figura A1 – Formulação básica dos modelos de Data Envelopment Analysis (DEA)

Modelo Primal		Modelo Dual	
<p>CCR (Constant Return to Scale) Charnes, Cooper e Rhodes (1978)</p> <p>Multiplicado model - input oriented</p> $\max \sum_{r=1}^m U_r Y_{r0}$ <p>subject to</p> $\sum_{r=1}^m U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m V_i X_{i0} = 1$ $U_r, V_i \geq 0$	<p>BCC (Variable Returns to Scale) Banker, Charnes e Cooper (1984)</p> <p>Multiplicado model - input oriented</p> $\max \sum_{r=1}^m U_r Y_{r0} + \varphi$ <p>subject to</p> $\sum_{r=1}^m U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} + \varphi \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m V_i X_{i0} = 1$ $U_r, V_i \geq 0$ $U_r \text{ livre em sinal}$	<p>CCR (Constant Return to Scale) Charnes, Cooper e Rhodes (1978)</p> <p>Envelopment model - input oriented</p> $\text{Min } \theta$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq \theta X_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} \geq Y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$	<p>BCC (Variable Returns to Scale) Banker, Charnes e Cooper (1984)</p> <p>Envelopment model - input oriented</p> $\text{Min } \theta$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq \theta X_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} \geq Y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$
<p>Multiplicado model - output oriented</p> $\min \sum_{i=1}^m V_i X_{i0}$ <p>subject to</p> $\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} - \sum_{r=1}^m U_r Y_{rj} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{r=1}^m U_r Y_{r0} = 1$ $U_r, V_i \geq 0$	<p>Multiplicado model - input oriented</p> $\min \sum_{i=1}^m V_i X_{i0} + \varphi$ <p>subject to</p> $\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} - \sum_{r=1}^m U_r Y_{rj} + \varphi \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{r=1}^m U_r Y_{r0} = 1$ $U_r, V_i \geq 0$	<p>Envelopment model - output oriented</p> $\text{Max } \phi$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq X_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} \geq \phi Y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{r0} = 1$ $\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$	<p>Envelopment model - output oriented</p> $\text{Max } \phi$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq X_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} \geq \phi Y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{r0} = 1$ $\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984).

Figura A2 - Teste de Supereficiência (modelo ambiental, orientado a *inputs*, retornos VRS)

	DMU	Score	Inves (I)\V	pesq. (I)\V	emiss (O)\V	Benchmarks	(S) Inves	(S) pesq.	(S) emiss
1	F1	14,84%	0,00	1,00	0,04	2 (0,05) 20 (0,95)	86,00	0,00	0,00
2	F2	big	0,57	0,43	11,99		17		
3	F3	4,88%	0,50	0,50	0,01	2 (0,02) 20 (0,98)	76,82	0,01	0,00
4	F4	36,04%	0,00	1,00	0,05	2 (0,02) 20 (0,98)	35,76	0,00	0,00
5	F5	11,63%	0,00	1,00	0,03	2 (0,05) 20 (0,95)	85,54	0,00	0,00
6	F6	42,17%	0,00	1,00	0,02	2 (0,00) 20 (1,00)	39,27	0,00	0,00
7	F7	18,85%	0,60	0,40	0,07	2 (0,10) 12 (0,35) 20 (0,54)	0,00	0,00	0,00
8	F8	3,85%	0,00	1,00	0,00	2 (0,02) 20 (0,98)	37,84	0,00	0,00
9	F9	1,19%	0,50	0,50	0,00	20 (1,00)	83,28	0,01	0,00
10	F10	2,34%	0,50	0,50	0,00	20 (1,00)	87,75	0,00	0,00
11	F11	2,06%	0,50	0,50	0,00	20 (1,00)	16,60	0,01	0,00
12	F12	211,36%	1,00	0,00	0,00		8		
13	F13	2,53%	0,62	0,38	0,00	2 (0,01) 12 (0,22) 20 (0,78)	0,63	0,83	0,00
14	F14	3,25%	0,37	0,63	0,00	2 (0,00) 12 (0,89) 20 (0,11)	0,01	0,02	0,00
15	F15	3,85%	0,50	0,50	0,01	2 (0,02) 20 (0,98)	44,16	0,05	0,00
16	F16	14,37%	1,00	0,00	0,08	2 (0,10) 12 (0,90)	0,00	66,57	0,00
17	F17	1,09%	0,50	0,50	0,00	20 (1,00)	34,90	0,01	0,01
18	F18	5,17%	0,44	0,56	0,00	12 (0,68) 20 (0,32)	0,05	0,23	0,01
19	F19	11,62%	0,50	0,50	0,00	2 (0,00) 20 (1,00)	17,31	0,01	0,00
20	F20	217,38%	0,00	1,00	0,02		22		
21	F21	5,41%	0,00	1,00	0,02	2 (0,12) 20 (0,88)	28,56	0,00	0,00
22	F22	7,31%	0,69	0,31	0,02	2 (0,05) 12 (0,01) 20 (0,94)	0,24	0,05	0,00
23	F23	11,72%	0,00	1,00	0,01	2 (0,01) 20 (0,99)	28,82	0,03	0,00
24	F24	3,26%	0,50	0,50	0,00	20 (1,00)	40,85	0,01	0,01
25	F25	14,36%	0,56	0,44	0,06	2 (0,11) 12 (0,55) 20 (0,34)	0,00	0,01	0,00
26	F26	7,34%	0,61	0,39	0,00	2 (0,00) 12 (0,22) 20 (0,77)	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: F1 - AES Eletropaulo; F2 - AES Tietê; F3 - Celpe; F4 - CEMIG; F5 - Celesc; F6 - Celpa; F7 - CESP; F8 - CHESF; F9 - Copel; F10 - CPFL Energia; F11 - CPFL Renováveis; F12 - CTEEP; F13 - Elektro; F14 - Eletrobras Eletronorte; F15 - Eletrobras Furnas; F16 - Eletrosul; F17 - Enel Brasil; F18 - ENGIE Brasil Energia; F19 - Equatorial Energia; F20 - Gas Natural Fenosa Brasil; F21 - Grupo Energisa; F22 - Itaipu Binacional; F23 - Light; F24 - Neoenergia; F25 - QGEP; F26 - Usina São Manoel.

Figura A3 - Teste de Supereficiência (modelo ambiental, orientado a *outputs*, retornos VRS)

	DMU	Score	Inves {V}	pesq {V}	emiss {V}	Benchmarks	(S)	(S)	(S)
							Inves	pesq	emiss
1	F1	776,14%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,45	99,93	0,00
2	F2	6,65%	0,00	0,07	1,00	23			
3	F3	884,99%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,92	14,99	0,00
4	F4	426,86%	0,00	20,75	1,00	2 (0,34) 20 (0,66)	18,92	0,00	0,00
5	F5	781,04%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,58	99,99	0,00
6	F6	608,63%	0,00	60,67	1,00	2 (0,23) 20 (0,77)	14,85	0,00	0,00
7	F7	974,53%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,67	99,99	0,00
8	F8	335,31%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,96	00,00	0,00
9	F9	370,22%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	96,62	99,81	0,00
10	F10	619,30%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,60	99,90	0,00
11	F11	029,49%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,99	00,00	0,00
12	F12	big	0,00	0,00	1,00	0			
13	F13	523,90%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	93,79	99,94	0,00
14	F14	124,66%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	92,70	65,72	0,00
15	F15	810,64%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	29,28	99,95	0,00
16	F16	029,76%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	97,54	00,00	0,00
17	F17	231,23%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	32,72	98,96	0,00
18	F18	229,66%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	87,54	99,28	0,00
19	F19	669,44%	0,00	21,27	1,00	2 (0,61) 20 (0,39)	09,22	0,00	0,00
20	F20	big	0,00	0,00	1,00	3			
21	F21	846,31%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,95	00,00	0,00
22	F22	975,42%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	84,43	37,67	0,00
23	F23	382,57%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	96,87	99,93	0,00
24	F24	162,60%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	99,98	00,00	0,00
25	F25	902,28%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	97,85	99,98	0,00
26	F26	972,98%	0,00	0,00	1,00	2 (1,00)	55,11	42,59	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: F1 - AES Eletropaulo; F2 - AES Tietê; F3 - Celpe; F4 - CEMIG; F5 - Celesc; F6 - Celpa; F7 - CESP; F8 - CHESF; F9 - Copel; F10 - CPFL Energia; F11 - CPFL Renováveis; F12 - CTEEP; F13 - Elektro; F14 - Eletrobras Eletronorte; F15 - Eletrobras Furnas; F16 - Eletrosul; F17 - Enel Brasil; F18 - ENGIE Brasil Energia; F19 - Equatorial Energia; F20 - Gas Natural Fenosa Brasil; F21 - Grupo Energisa; F22 - Itaipu Binacional; F23 - Light; F24 - Neoenergia; F25 - QGEP; F26 - Usina São Manoel.

Figura A4 - Teste de Supereficiência (modelo econômico, orientado a *inputs*, retornos VRS)

	DMU	Score	Patrim (0){V}	receit (0){V}	ebitda (0){V}	Benchmarks	{S} Patrim	{S} receit	{S} ebitda (0)
1	F1	54,63%	1,00	1,03	0,00	12 (0,12) 22 (0,88)	0,00	7,93	64,63
2	F2	34,90%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	03,84	25,71
3	F3	34,98%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	07,86	20,74
4	F4	76,89%	1,00	1,84	0,00	10 (0,95) 22 (0,05)	0,00	0,00	99,82
5	F5	41,98%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	17,38	20,40
6	F6	26,00%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	00,89	08,34
7	F7	7,72%	1,00	0,00	0,03	12 (1,00) 22 (0,00)	0,00	44,35	88,91
8	F8	18,33%	1,00	1,29	0,00	10 (0,08) 22 (0,92)	0,00	0,62	85,26
9	F9	18,13%	1,00	1,10	0,00	10 (0,13) 22 (0,87)	0,00	0,00	60,97
10	F10	big	1,00	63,72	88,37		4		
11	F11	13,18%	1,00	0,00	0,05	12 (0,98) 22 (0,02)	0,00	16,48	4,64
12	F12	234,92%	1,00	0,98	0,00		18		
13	F13	27,56%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	04,04	06,50
14	F14	8,19%	1,00	0,00	0,06	12 (0,35) 22 (0,65)	0,00	97,46	1,38
15	F15	big	1,00	82,60	0,00		0		
16	F16	11,21%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	94,25	99,63
17	F17	17,56%	1,00	0,40	0,00	12 (0,53) 22 (0,47)	0,00	1,33	40,76
18	F18	15,55%	1,00	0,00	0,10	12 (0,54) 22 (0,46)	0,00	48,86	1,80
19	F19	15,15%	1,00	0,00	0,06	12 (0,94) 22 (0,06)	0,00	47,56	66,87
20	F20	32,82%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	99,21	00,06
21	F21	40,96%	1,00	0,76	0,00	12 (0,09) 22 (0,91)	0,00	0,12	18,13
22	F22	big	1,00	15,25	25,37		13		
23	F23	23,28%	1,00	0,62	0,00	12 (0,78) 22 (0,22)	0,00	5,35	05,49
24	F24	53,17%	1,00	2,04	0,00	10 (0,38) 22 (0,62)	0,00	1,42	59,79
25	F25	19,81%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	17,82	19,32
26	F26	69,79%	1,00	0,00	0,00	12 (1,00)	0,00	99,78	55,98

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: F1 - AES Eletropaulo; F2 - AES Tietê; F3 - Celpe; F4 - CEMIG; F5 - Celesc; F6 - Celpa; F7 - CESP; F8 - CHESF; F9 - Copel; F10 - CPFL Energia; F11 - CPFL Renováveis; F12 - CTEEP; F13 - Elektro; F14 - Eletrobras Eletronorte; F15 - Eletrobras Furnas; F16 - Eletrosul; F17 - Enel Brasil; F18 - ENGIE Brasil Energia; F19 - Equatorial Energia; F20 - Gas Natural Fenosa Brasil; F21 - Grupo Energisa; F22 - Itaipu Binacional; F23 - Light; F24 - Neoenergia; F25 - QGEP; F26 - Usina São Manoel.

Figura A5 - Teste de Superficiência (modelo econômico, orientado a *outputs*, retornos VRS)

	DMU	Score	Patrim (O)\V	receit (O)\V	ebitda (O)\V	Benchmarks	(S)	(S)	(S)
							Patrim (O)	receit (O)	ebitda (O)
1	F1	453,76%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	29,43	52,52	85,35
2	F2	748,40%	6,80	0,50	0,50	12 (0,02) 22 (0,98)	5,79	38,80	25,13
3	F3	799,74%	9,42	0,50	0,50	12 (0,02) 22 (0,98)	0,02	32,63	04,58
4	F4	144,23%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	99,27	99,67	99,48
5	F5	816,73%	10,48	0,50	0,50	12 (0,27) 22 (0,73)	0,82	46,26	95,20
6	F6	519,97%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	88,86	03,83	95,21
7	F7	758,65%	0,90	0,50	0,50	10 (0,63) 22 (0,37)	10,67	30,82	60,30
8	F8	435,67%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	01,16	59,13	47,23
9	F9	149,02%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	72,47	86,70	0,56
10	F10	103,36%	0,00	0,50	0,50	6	64,51	91,79	76,01
11	F11	704,74%	0,60	0,50	0,50	10 (0,31) 22 (0,69)	97,32	38,79	58,65
12	F12	big	30,41	0,50	0,50	4			
13	F13	510,80%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	97,79	01,43	99,39
14	F14	160,35%	0,00	0,50	0,50	10 (1,00)	14,99	33,10	37,24
15	F15	248,11%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	27,94	12,31	53,90
16	F16	913,19%	0,55	0,50	0,50	10 (0,38) 22 (0,62)	42,87	54,37	90,48
17	F17	220,34%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	13,82	39,52	28,37
18	F18	202,24%	0,19	0,50	0,50	10 (0,57) 22 (0,43)	13,64	48,92	81,83
19	F19	327,32%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	92,65	00,95	97,03
20	F20	265,47%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	86,40	72,85	98,41
21	F21	195,32%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	27,84	41,29	82,31
22	F22	48,37%	0,13	0,50	0,50	23			
23	F23	276,23%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	26,45	31,35	12,18
24	F24	151,61%	0,00	0,50	0,50	22 (1,00)	92,28	99,75	96,75
25	F25	878,15%	0,81	0,50	0,50	10 (0,13) 22 (0,87)	7,63	41,34	89,05
26	F26	171,14%	9,29	0,50	0,50	12 (0,77) 22 (0,23)	3,73	90,04	85,30

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: F1 - AES Eletropaulo; F2 - AES Tietê; F3 - Celpe; F4 - CEMIG; F5 - Celesc; F6 - Celpa; F7 - CESP; F8 - CHESF; F9 - Copel; F10 - CPFL Energia; F11 - CPFL Renováveis; F12 - CTEEP; F13 - Elektro; F14 - Eletrobras Eletronorte; F15 - Eletrobras Furnas; F16 - Eletrosul; F17 - Enel Brasil; F18 - ENGIE Brasil Energia; F19 - Equatorial Energia; F20 - Gas Natural Fenosa Brasil; F21 - Grupo Energisa; F22 - Itaipu Binacional; F23 - Light; F24 - Neoenergia; F25 - QGEP; F26 - Usina São Manoel.

Figura A6 - Teste de Superficiência (modelo social, orientado a *inputs*, retornos VRS)

	DMU	Score	Obrig- (V)	treina (V)	acide (V)	Benchmarks	(S) Obrig- (I)	(S) treina (I)	(S) acide	
1	F1	18,36%	0,50	0,50	0,00	6 (1,00)	66,85	0,00	0,02	
2	F2	51,42%	0,70	0,30	0,01	6 (0,63) 11 (0,06) 20 (0,31)	0,01	0,00	0,00	
3	F3	35,69%	0,02	0,98	0,06	6 (0,98) 7 (0,00) 13 (0,02)	0,09	0,00	0,00	
4	F4	38,14%	0,50	0,50	0,08	6 (0,97) 13 (0,03)	69,16	0,00	0,00	
5	F5	22,13%	0,50	0,50	0,00	6 (1,00)	79,41	0,00	0,03	
6	F6	248,43%	0,10	0,90	0,00		21			
7	F7	65,82%	0,50	0,50	0,28		2	01,20	0,00	0,00
8	F8	19,90%	0,50	0,50	0,03	6 (0,98) 13 (0,02)	43,40	0,00	0,00	
9	F9	15,71%	0,50	0,50	0,02	6 (0,99) 13 (0,01)	06,03	0,00	0,00	
10	F10	14,43%	0,50	0,50	0,02	6 (0,98) 13 (0,02)	34,53	0,00	0,00	
11	F11	175,71%	1,00	0,00	0,00		5			
12	F12	56,99%	0,03	0,97	0,31	6 (0,78) 7 (0,06) 13 (0,17)	2,58	0,00	0,00	
13	F13	big	1,00	0,00	66,95		12			
14	F14	16,15%	0,50	0,50	0,03	6 (0,98) 13 (0,02)	29,69	0,00	0,00	
15	F15	13,45%	0,50	0,50	0,02	6 (0,99) 13 (0,01)	82,41	0,00	0,00	
16	F16	33,32%	0,61	0,39	0,05	6 (0,67) 13 (0,00) 20 (0,33)	0,02	0,00	0,00	
17	F17	89,16%	0,63	0,37	0,02	6 (0,38) 11 (0,02) 20 (0,60)	0,00	0,00	0,00	
18	F18	0,78%	1,00	0,00	0,00	11 (1,00)	0,00	63,44	0,02	
19	F19	39,37%	0,00	1,00	0,00	6 (1,00)	13,38	0,00	0,04	
20	F20	118,88%	0,50	0,50	0,29		4			
21	F21	13,52%	0,50	0,50	0,00	6 (1,00)	69,95	0,00	0,10	
22	F22	16,06%	0,50	0,50	0,02	6 (0,99) 13 (0,01)	94,16	0,00	0,00	
23	F23	26,86%	0,50	0,50	0,03	6 (0,99) 13 (0,01)	33,99	0,00	0,00	
24	F24	18,17%	0,50	0,50	0,00	6 (1,00)	70,47	0,00	0,04	
25	F25	67,10%	0,41	0,59	0,00	6 (0,45) 11 (0,55)	0,00	0,00	0,32	
26	F26	68,85%	0,52	0,48	0,01	6 (0,53) 11 (0,35) 20 (0,12)	0,01	0,00	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: F1 - AES Eletropaulo; F2 - AES Tietê; F3 - Celpe; F4 - CEMIG; F5 - Celesc; F6 - Celpa; F7 - CESP; F8 - CHESF; F9 - Copel; F10 - CPFL Energia; F11 - CPFL Renováveis; F12 - CTEEP; F13 - Elektro; F14 - Eletrobras Eletronorte; F15 - Eletrobras Furnas; F16 - Eletrosul; F17 - Enel Brasil; F18 - ENGIE Brasil Energia; F19 - Equatorial Energia; F20 - Gas Natural Fenosa Brasil; F21 - Grupo Energisa; F22 - Itaipu Binacional; F23 - Light; F24 - Neoenergia; F25 - QGEP; F26 - Usina São Manoel.

Figura A7 - Teste de Supereficiência (modelo social, orientado a *outputs*, retornos VRS)

	DMU	Score	Obrig (V)	treina (V)	acide (V)	Benchmarks	(S) Obrig ()	(S) treina ()	(S) acide
1	F1	495,71%	2,71	55,04	1,00	6 (0,05) 7 (0,45) 13 (0,49)	0,15	0,00	0,00
2	F2	842,61%	8,31	6,57	1,00	6 (0,09) 13 (0,23) 20 (0,68)	0,00	0,00	0,00
3	F3	238,09%	0,41	17,29	1,00	6 (0,60) 7 (0,06) 13 (0,35)	0,05	0,00	0,00
4	F4	406,85%	0,00	6,33	1,00	7 (0,94) 13 (0,06)	30,32	0,00	0,00
5	F5	022,72%	3,35	39,77	1,00	6 (0,04) 7 (0,67) 13 (0,29)	10,64	0,00	0,00
6	F6	big	33,86	24,73	1,00		7		
7	F7	59,49%	0,00	1,93	1,00		15		
8	F8	379,77%	0,00	16,77	1,00	7 (0,63) 13 (0,37)	53,94	0,00	0,00
9	F9	310,11%	0,00	27,19	1,00	7 (0,52) 13 (0,48)	99,44	0,00	0,00
10	F10	563,96%	0,00	28,24	1,00	7 (0,06) 13 (0,94)	80,52	0,00	0,00
11	F11	big	0,00	0,00	1,00		2		
12	F12	239,47%	0,09	3,16	1,00	6 (0,46) 7 (0,12) 13 (0,42)	14,07	0,00	0,00
13	F13	18,29%	0,00	0,00	1,00		20		
14	F14	516,57%	0,00	17,80	1,00	7 (0,51) 13 (0,49)	15,73	0,00	0,00
15	F15	443,75%	0,00	27,89	1,00	7 (0,36) 13 (0,64)	26,88	0,00	0,00
16	F16	430,91%	14,38	3,42	1,00	11 (0,05) 13 (0,50) 20 (0,45)	0,00	0,00	0,00
17	F17	169,52%	2,93	3,09	1,00	6 (0,27) 13 (0,03) 20 (0,70)	0,00	0,00	0,00
18	F18	266,67%	0,00	0,00	1,00	13 (1,00)	99,22	54,00	0,00
19	F19	591,72%	1,64	38,52	1,00	6 (0,53) 7 (0,22) 13 (0,25)	0,17	0,00	0,00
20	F20	35,16%	1,71	1,73	1,00		4		
21	F21	778,45%	0,00	23,05	1,00	7 (0,37) 13 (0,63)	99,57	0,00	0,00
22	F22	185,64%	0,00	25,68	1,00	7 (0,51) 13 (0,49)	87,02	0,00	0,00
23	F23	091,32%	0,00	14,95	1,00	7 (0,84) 13 (0,16)	99,23	0,00	0,00
24	F24	472,69%	0,00	43,24	1,00	7 (0,69) 13 (0,31)	98,09	0,00	0,00
25	F25	0,00%	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
26	F26	586,75%	6,60	4,05	1,00	11 (0,31) 13 (0,11) 20 (0,58)	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: F1 - AES Eletropaulo; F2 - AES Tietê; F3 - Celpe; F4 - CEMIG; F5 - Celesc; F6 - Celpa; F7 - CESP; F8 - CHESF; F9 - Copel; F10 - CPFL Energia; F11 - CPFL Renováveis; F12 - CTEEP; F13 - Elektro; F14 - Eletrobras Eletronorte; F15 - Eletrobras Furnas; F16 - Eletrosul; F17 - Enel Brasil; F18 - ENGIE Brasil Energia; F19 - Equatorial Energia; F20 - Gas Natural Fenosa Brasil; F21 - Grupo Energisa; F22 - Itaipu Binacional; F23 - Light; F24 - Neoenergia; F25 - QGEP; F26 - Usina São Manoel.