

An Internal Benchmarking Efficiency Evaluation of a Brazilian Electrical Distributor Using Data Envelopment Analysis (DEA): A Case of Study

T.S. Antunes, F.S. Piran, G.S. Stefano and D.P. Lacerda

Abstract— Electricity distribution is an essential service where the efficiency of the service provided can have a significant impact on consumers' daily lives. This paper presents a model developed using the techniques Data Envelopment Analysis (DEA) and Overall Equipment Effectiveness (OEE) to evaluate the efficiency of the field service units in electric power distributors. In this study is proposing a new metric for efficiency analysis integrating the OEE and DEA. To achieve the proposed goal, a case study is carried out at an electric energy distributor. A comparative analysis was conducted with the results obtained through the use of the model OEE/DEA compared with the results of the OEE. The efficiency measured with the use of the model OEE/DEA shows differences concerning the results of the OEE. From these differences, it was observed that the field service units that were considered more efficient by the OEE did not obtain the same result by the model OEE/DEA.

Index Terms— Efficiency and Productivity, Data Envelopment Analysis (DEA), Energy Sector, Electricity Distribution Utilities, Field service.

I. INTRODUÇÃO

O setor de energia elétrica passou por períodos de crise e de desafios ao longo dos últimos anos [1]. Melhorias na qualidade dos serviços prestados e na redução nos custos operacionais das distribuidoras de energia elétrica tem sido o foco central em discussões sobre produtividade e a eficiência do setor.

A distribuição de energia elétrica é um serviço essencial no desenvolvimento da sociedade moderna, onde análises de performance devem ser conduzidas [2], [3]–[5]. Em 2017, a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), registrou que o número unidades consumidoras no país chegou à marca de 82,4 milhões de clientes, onde 86% correspondiam a residências [6]. Assim sendo, a avaliação da produtividade e da eficiência das distribuidoras de energia elétrica têm um impacto significativo no cotidiano dos consumidores.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no seu Terceiro Ciclo de Revisão Tarifária Periódica (3CRTTP) estabeleceu um novo método para o cálculo de produtividade e eficiência das distribuidoras.

Esse método, busca aprimorar o cálculo dos índices utilizados nas revisões tarifárias por meio da técnica de *benchmarking* para análise de eficiência dos custos operacionais usando a Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) [7]. A análise de produtividade e eficiência em distribuidoras de energia incentiva a busca de melhores práticas e resultados na qualidade dos serviços prestados com reduzidos custos operacionais. Esses aspectos refletem para os consumidores em benefícios pela redução da tarifa de energia por meio das revisões periódicas realizadas pela ANEEL[8].

A utilização da DEA para análise de eficiência em distribuidoras de energia vem sendo utilizada desde os anos 80 [9] a partir da avaliação da eficiência de distribuidoras de energia em Illinois [10] e no Texas [11]. Na Inglaterra foram realizados estudos de eficiência em 12 distribuidoras [12]. No Japão e Reino Unido, 21 distribuidoras de energia foram avaliadas [13], 24 na China [14], 8 no Paquistão [15], entre outros[16]. Uma característica comum entre esses estudos é a avaliação comparativa e externa (*benchmarking* externo) entre as distribuidoras tornando difícil, por consequência, uma análise das possibilidades de melhorias internas e a avaliação das iniciativas promovidas pela própria empresa.

No Brasil, Sollero e Lins (2004) avaliaram 22 distribuidoras, Ramos-Real et al. (2009) avaliaram 18 distribuidoras, Souza et al. (2014) avaliaram 60 distribuidoras, entre outros [17], [18]. Nesse conjunto de trabalhos remanesce a característica de avaliações comparativas externas entre distribuidoras, reforçando a escassez de trabalhos que avaliem introspectivamente apenas uma distribuidora de energia elétrica ao longo do tempo. Nesse sentido, mesmo uma empresa sendo a *benchmarking* na comparação externa, pode estar operando em uma eficiência inferior ao que atingiu ao longo do tempo. Dessa forma, uma análise interna (*benchmarking* interno) pode complementar a análise que atualmente vem sendo utilizada nos estudos anteriores. Nessa perspectiva, Xavier et al. (2015) efetuam uma avaliação de *benchmarking* interno no contexto brasileiro, porém os autores consideram no estudo mais do que uma unidade distribuidora de energia elétrica. Deste modo, o presente artigo se difere ao apresentar a análise de uma única distribuidora de energia elétrica ao longo do tempo.

Portanto, este artigo tem por objetivo realizar uma análise interna em uma única distribuidora de energia elétrica para medir a produtividade e a eficiência técnica das unidades de serviço de campo integrando a Análise Envoltória de Dados (DEA) e o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) adaptado pela empresa. Adicionalmente, é efetuado uma análise comparativa entre os índices de eficiência calculados com o modelo OEE/DEA e o OEE. Como indicador de eficiência, o

(Corresponding author: Tiago dos Santos Antunes)

T.S. Antunes is with the GMAP, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo/RS, Brasil (email: tsantunes@gmail.com).

F.S. Piran is with the GMAP, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo/RS, Brasil (email: fabiosartoripiran@gmail.com).

G.S. Stefano is with the GMAP, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo/RS, Brasil (email: gustavostefano@hotmail.com).

D.P. Lacerda are with the GMAP, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo/RS, Brasil (email: dlacerda@unisinis.br).

OEE apresenta limitações, pois deixa de levar em consideração os aspectos globais do processo de atendimento da distribuidora, como o número de atendimentos, disponibilidade de ativos e número de colaboradores por unidade [19]. Pela revisão da literatura, verificou-se que tampouco existem trabalhos que abordem e integrem a medição de produtividade e eficiência com OEE e DEA [20].

Algumas contribuições derivam deste trabalho. Primeiro, realizar a análise de eficiência das unidades de serviço de campo de uma distribuidora de energia elétrica integrando o OEE e a DEA. Segundo, a análise comparativa entre a métrica do modelo OEE/DEA e o OEE. Terceiro, a análise interna de séries temporais como técnica complementar para análise da produtividade e eficiência. Quarto, contribuir para avaliação das melhorias operacionais internas e seus impactos na eficiência técnica. Por fim, o trabalho questiona se, as tomadas de decisões, com base no OEE podem enviesar a análise e as decisões dos gestores.

Este artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta a síntese teórica sobre o OEE, DEA e o setor elétrico brasileiro. A seção três apresenta os procedimentos metodológicos utilizados, na quarta os resultados obtidos e a seção cinco traz as discussões sobre os resultados identificados. Por fim, a sexta seção apresenta as conclusões da pesquisa, as limitações e as sugestões para trabalhos futuros.

II. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS - OEE

A definição original do OEE proposta por Nakajima (1988), define o OEE como uma ferramenta quantitativa que mede a produtividade dos equipamentos pela análise das perdas de utilização de sua capacidade, identificando oportunidades de melhorias no processo [21]. Criado a partir dos conceitos da TPM (*Total Productive Maintenance*), o OEE busca identificar as principais perdas associadas aos equipamentos no processo produtivo agrupando-as em três categorias: i) perdas de disponibilidade, ii) perdas por desempenho, e iii) perdas de qualidade.

No contexto das distribuidoras de energia, as principais perdas estão relacionadas às perdas técnicas, comerciais e operacionais. As perdas técnicas são relativas aos mecanismos físicos de distribuição da energia, as perdas comerciais têm relação com a energia disponibilizada no sistema, mas não comercializada e as perdas operacionais tem relação com a capacidade de atendimento da demanda com os recursos disponíveis, como por exemplo, a utilização das equipes de campo.

O OEE tem sido tradicionalmente aplicado no ambiente industrial [22] e amplamente customizado para outros setores como em transportes, saúde, serviços e entre outros [19] para identificar os mais diversos tipos de perdas [23]. O OEE adaptado e utilizado pela empresa estudada, busca identificar e analisar as perdas operacionais das unidades de serviço de campo, visando o aumento no tempo produtivo das equipes de atendimento e a melhoria nos índices de produtividade e eficiência dessas unidades.

III. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA

A DEA, originalmente introduzida por Charnes, Cooper e Rhodes, é uma técnica amplamente utilizada para medição e análise da eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units - DMUs*) [24] as quais possuem múltiplas entradas e saídas [25]. A DEA é baseada em Programação Linear (PL) e objetiva calcular a eficiência de DMUs com funções similares [25], avaliando quais DMUs são eficientes e quais são ineficientes e, a partir disso, identificar referências com as quais as unidades ineficientes possam ser comparadas [26].

A eficiência relativa é definida para cada DMU por meio da razão da soma ponderada dos produtos pela soma ponderada dos insumos para gerar esses mesmos produtos e varia no intervalo de 0 a 1, sendo que 1 a DMU é considerada eficiente [25], [26]. Cada DMU considerada como ineficiente terá um conjunto de referências contendo uma ou mais DMUs eficientes que poderão ser utilizadas no processo de melhoria, este procedimento é conhecido como *Benchmarking* [25], [26].

A DEA possuiu dois modelos clássicos, o modelo com retornos constantes de escala, CCR ou CRS (*Constant Return to Scale*) e o modelo com retornos variáveis de escala, BCC ou VRS (*Variable Return to Scale*) [24], [27]. O primeiro, considera que as variações nos seus insumos geram uma variação proporcional nos seus produtos e o segundo considera que as DMUs podem operar com retornos crescentes ou decrescentes de escala [24], [27]. Em ambos modelos, há dois tipos de orientação possíveis: orientação a insumo e orientação a produto. A primeira busca minimizar os insumos utilizados mantendo constante os produtos e a segunda orientação busca maximizar os produtos, mantendo constante os *insumos* [28].

Neste estudo será utilizado o modelo CRS com orientação ao insumo. A seleção do modelo CRS ocorre pela similaridade das DMUs e pelo fato de é realizada uma análise comparativa interna [29]. A orientação a insumo ocorre devido as entradas serem consideradas de maior controle do que as saídas [5]. Além disso, uma redução na utilização dos insumos contribui para um reduzido custo operacional para a produção do mesmo nível de produtos, refletindo diretamente na eficiência das unidades de serviço de campo, melhorando os resultados operacionais da distribuidora, assim, traduzindo-se em benefícios para os consumidores com a redução na tarifa de energia pelas revisões tarifárias da ANEEL. As equações 1, 2 e 3 representam o modelo DEA com retorno constante de escala (CRS) utilizado neste estudo:

$$\text{Max Eff}_o = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{io}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{jo}} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j j_k} \leq 1 \text{ para } k = 1, 2, \dots, z \quad (2)$$

$$u_i \text{ e } v_j > 0 \quad (3)$$

Para o modelo descrito acima, considera-se a seguinte notação: Eff_o é a eficiência da DMU o em análise; v_i e u_j são

os pesos dos insumos i , $i = 1, \dots, r$ e produtos j , $j = 1, \dots, s$ respectivamente; x_{ik} e y_{jk} são os insumos i e produtos j da DMU k , $k = 1, \dots, n$; x_{io} e y_{jo} são os insumos i e produtos j da DMU o .

IV. SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO - SEB

Ao longo dos anos 90 o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) passou por profundas reformas regulatórias que tiveram como principais objetivos promover a livre concorrência e atrair investimento privado para o setor [30]. O SEB é composto por quatro divisões: geração, transmissão, distribuição e consumo (comercialização), em que o setor de distribuição é o responsável por entregar a energia gerada aos consumidores [6].

A tarifa de energia elétrica, esta pode ser decomposta em dois componentes de custos: i) Parcela A e ii) Parcela B. Na parcela A constam os custos não gerenciáveis, que independem da gestão das distribuidoras, como compra de energia, transmissão e encargos setoriais. Na parcela B, estão os custos gerenciáveis pela distribuidora como despesas operacionais e de manutenção, depreciação e a remuneração dos investimentos realizados [8]. No Reajuste Tarifário Anual, a parcela A é reconhecida e a parcela B é reajustada pela diferença entre o IGPM e o fator X, índice estabelecido pela ANEEL no período da revisão tarifária. O fator X é um mecanismo que visa repartir com os consumidores os ganhos de produtividade das distribuidoras [8], [31]. Nesse sentido, toda melhoria realizada pela empresa com o objetivo de melhorar a produtividade e eficiência se reflete em benefícios tanto para a distribuidora quanto para o cliente. A seguir são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo.

V. ESTUDO DE CASO

A distribuidora de energia elétrica em estudo está localizada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, tem mais de 99 mil km² de área de concessão, aproximadamente 2 mil colaboradores e próximo de 1.300.000 clientes e se caracteriza por possuir 17 unidades de serviço de campo distribuídas estrategicamente em sua área concessão. Cada unidade de serviço de campo é responsável por prestar integralmente a manutenção da rede elétrica e atender as solicitações dos clientes. A empresa distribui energia para 118 municípios, fornecendo mais de 30,4% da energia consumida no estado.

Para avaliar os níveis de produtividade e eficiência técnica dessas unidades, a distribuidora em estudo utiliza o OEE, uma adaptação do indicador OEE original, tendo como principal objetivo a mensuração da eficiência do processo de atendimento em campo realizado pelas equipes de serviço de campo.

A. Índice de Produtividade e Eficiência (OEE)

O OEE busca medir os níveis de produtividade e eficiência das equipes de serviço campo e, por fim, das unidades de serviço. Esse indicador surge pela necessidade de análises mais detalhadas da gestão dos tempos produtivos das equipes de serviço de campo que, até o ano de 2015, eram medidas pelo volume de serviços executados durante o turno de trabalho, fato que gerava comparações equivocadas entre as unidades [32].

As principais diferenças entre o modelo proposto por Nakajima (1988) e o adaptado pela empresa se refere ao número e ao tipo de perdas relacionados com produtividade e eficiência técnica das equipes de serviço de campo e, por consequência, das unidades de serviço de campo. O OEE está integrado ao sistema de gestão da empresa sendo o resultado do produto dos componentes de utilização (U), eficácia (E) e eficiência (EI).

O componente índice de utilização (U) pode ser afetado por três fatores: i) pela quantidade de atividades que a equipe realiza durante o turno de trabalho; ii) pelos atrasos ao iniciar o turno de trabalho, ou seja, se conectar no sistema da empresa ou ao encerrar o turno antes do previsto; e; iii) por permanecer períodos sem lançar atividades ou ordens de serviço. O componente índice de Eficácia (E) é comprometido quando a equipe não puder realizar o atendimento em campo por qualquer motivo. Deste modo, o tempo em deslocamento para o local e o tempo no local onde ocorreria o trabalho se tornam improdutivo. O componente índice de Eficiência (EI) está relacionado ao tempo padrão de cada atendimento. Se a equipe efetuar um atendimento acima do tempo padrão o indicador de eficiência ficará comprometido. A Tabela I sintetiza os principais conceitos utilizados pelo OEE utilizado pela empresa.

TABELA I
RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DO OEE

Nomenclatura Empregada	Descrição
Tempo total	Tempo de calendário somado ao tempo de hora extra
Tempo de calendário	Tempo programado para trabalho.
Tempo de hora extra	Tempo programado para trabalho além do tempo de calendário.
Tempo sem conexão no sistema	Tempo entre o início de turno da equipe previsto e o início de turno realizado pela equipe.
Tempo de atividade	Tempo programado para atividades, como atividades de treinamento e reuniões.
Tempo de não registro	Tempo de ociosidade entre o início de turno e o momento do lançamento da primeira ordem de serviço ou atividade.
Tempo de trabalho	Tempo ao qual a equipe esteve disponível para trabalhos em campo.
Tempo improdutivo	Tempo de trabalho utilizado para realizar uma ordem de serviço que ficou incompleta e precisará ser retrabalhada ou uma ordem de serviço que foi realizada completa, mas já não era necessária sua realização.
Tempo Produtivo	Tempo de trabalho utilizado para realizar ordens de serviço necessárias.
Tempo Padrão	Tempo de serviço ou tempo para deslocamento padronizado para as atividades.
Tempo de Desvio Padrão	Tempo de serviço ou deslocamento diferente do tempo padrão
Tempo de Serviço e Deslocamento Padrão	Tempo produtivo menos o tempo de desvio padrão

Posto isto, o conceito e a metodologia de cálculo permanecem sustentados pela definição original do OEE de Nakajima (1988), que busca identificar as principais fontes de perdas do processo produtivo e avaliar as diferenças entre planejamento e a execução. A seguir será apresentado o modelo OEE/DEA proposto por essa pesquisa.

B. Modelo OEE/DEA

O modelo OEE/DEA foi desenvolvido com o apoio de um grupo de especialistas da empresa que auxiliaram na análise

das variáveis do modelo, na coleta dos dados e na análise dos resultados. A seleção dos profissionais considerou a experiência no setor, conhecimento dos processos da empresa e por terem condições de apoiar o desenvolvimento do projeto, entre eles, Engenheiros de Operações, Analistas de Operações e Coordenadores de Operações.

Após entrevista com os especialistas, foi definido o período de análise, sendo de janeiro de 2016 a junho de 2016. A escolha do período pelos especialistas é embasada em dois pontos: i) anterior ao período de 2016 não existem dados disponíveis referente ao OEE, e; ii) por terem ocorrido mudanças na estrutura organizacional a partir de julho de 2016 que poderiam gerar viés na análise. Com isso, foram definidas 102 DMUs, em que cada DMU representa uma unidade de serviço de campo em um mês diferente, ou seja, representam a combinação das séries temporais das 17 unidades de serviço de campo e o período de seis meses em análise onde cada unidade é observada em diferentes períodos de tempo. O processo de definição das variáveis de insumo e de produto é considerada uma etapa importante na modelagem DEA [33]. O modelo OEE/DEA foi composto pelas variáveis do OEE utilizado pela empresa [32] e, para a DEA, com as variáveis identificadas na literatura, a saber, número de colaboradores, número de ativos e quantidade de ordens de serviço [34]. Para as variáveis do OEE a unidade correspondente de tempo é em minutos (min), para as variáveis DEA a unidade utilizada é quantidade (qtd). Posteriormente, essas variáveis foram validadas com o grupo focal de especialistas da empresa. A Tabela II sumariza as variáveis e as respectivas funções no modelo.

TABELA II
VARIÁVEIS UTILIZADAS NO MODELO OEE/DEA

Classe	Variável	Referência	Função no modelo
OEE	Tempo disponível total	[32], [35], [36]	Insumo 1
OEE	Tempo disponível realizado	[32], [35]	Insumo 2
OEE	Tempo sem conexão no sistema	[32], [35]	Insumo 3
OEE	Tempo de atividade	[32], [35]	Insumo 4
OEE	Tempo de não registro de serviço ou atividade	[32], [35]	Insumo 5
OEE	Tempo de retrabalho	[32], [35]	Insumo 6
OEE	Tempo de desvio de serviço	[32], [35]	Insumo 7
DEA	Número de veículos	[11], [37]	Insumo 8
DEA	Número de eletricitistas	[38], [36]	Insumo 9
DEA	Número de ordens de serviços não reguladas pela Aneel	[28], [36]	Insumo 10
DEA	Número de atendimento em fornecimentos	[28], [36]	Insumo 11
DEA	Número de atendimentos em chaves de média tensão	[37], [36]	Insumo 12
DEA	Número de atendimentos em transformadores de distribuição	[28], [36]	Insumo 13
DEA	Número de atendimentos em alimentadores	[28], [36]	Insumo 14
DEA	Número de ordens de serviço reguladas pela Aneel	[28], [36]	Produto 1

Foi definido o modelo de retorno constante de escala (CRS), sendo o mais indicado para análises de produtividade e eficiência quando o objetivo do estudo é a realização de *benchmarking* interno [39]. As variáveis selecionadas são similares em amplitude e escala nas DMUs justificando o

modelo CRS. A orientação a insumo foi definida para o modelo e se justifica em função dos argumentos a seguir. Primeiro, busca-se reduzir a utilização dos insumos mantendo os *produtos* constantes, ou seja, no caso das distribuidoras de energia elétrica, utilizar o mínimo necessário dos recursos nos processos operacionais para garantir o atendimento das demandas de campo com qualidade [35]. Segundo, a orientação a insumo se caracteriza pelo fato de ser melhor gerenciável do que a orientação a produto [40]. Deste modo, quanto menores os custos operacionais das unidades de serviço de campo, melhor o resultado operacional da distribuidora, onde um menor custo será repassado aos consumidores no momento das revisões tarifárias. A escolha do modelo e a orientação utilizada foram validadas com o grupo de especialistas da empresa.

Com o objetivo de validar o modelo definido pelos especialistas se estabeleceu um segundo modelo onde se manteve o produto 1 e todos os insumos foram agregados em uma única variável de entrada e a eficiência técnica foi calculada. Posteriormente foi realizado o teste estatístico de correlação entre as eficiências dos modelos calculados onde se obteve o score de 0,90, ou seja, ao nível de significância de 0,05, existe uma forte e positiva correlação entre os modelos, validando o modelo definido pelos especialistas. Ambos modelos tiveram o cálculo de eficiência técnica de cada uma das DMUs realizada através do *software* DEAP *Version* 2.1.

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A. Análise do OEE

A distribuidora de energia elétrica em estudo considera que uma unidade de serviço de campo é eficiente quando atinge o nível de 0,60 no OEE. Esse indicador é a média das eficiências técnicas das equipes de serviço de campo da unidade em análise. A Tabela III apresenta a eficiência calculada pelo OEE para cada uma das unidades de serviço de campo.

Quanto melhor for a eficiência, no caso, 1 ou próximo de 1, melhor o resultado operacional da unidade de serviço de campo. O OEE aponta que 42% das unidades não alcançaram o mínimo de 0,60 de eficiência e que nenhuma delas alcançou o índice de 0,70 de eficiência média no período. A reduzida eficiência compromete o atendimento das ordens de serviço reguladas pela ANEEL (produto 1). Entre os serviços comerciais realizados em uma distribuidora de energia elétrica, as ordens de serviços reguladas pela ANEEL têm a maior prioridade, visto que, em geral, são ordens de ligação de energia nova ou religações urgentes. Para avaliar se existe relação do OEE e do Produto 1 foi realizado um teste de correlação. Esse teste tem o propósito de verificar se melhorias no OEE poderiam resultar em uma maior produção do Produto 1. O teste apresentou uma correlação de 0,34 entre as variáveis. O resultado apontou uma fraca correlação entre as variáveis, indicando que as ações de melhorias locais no OEE não refletem uma maior produção de ordens de serviço executadas (Produto 1) ao longo do tempo.

A Tabela III apresenta os resultados do OEE. A unidade U17 foi considerada a unidade de melhor performance da amostra com 0,60 de eficiência. Tal fato pode ser explicado pelas

variáveis tempo sem conexão no sistema e tempo de retrabalho (insumos 3 e 6), em que ambos foram os menores entre as unidades, ou seja, a unidade apresentou uma elevada disponibilidade de recursos. Logo, a unidade U17 foi considerada *benchmark* pelos gestores para as demais unidades.

TABELA III
EFICIÊNCIA OEE POR UNIDADE DE SERVIÇO

DMU	Eficiência padrão no mês						Eficiência média
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
U1	0,41	0,51	0,49	0,48	0,62	0,63	0,52
U2	0,45	0,56	0,55	0,56	0,58	0,6	0,55
U3	0,44	0,53	0,56	0,55	0,62	0,63	0,56
U4	0,58	0,63	0,59	0,61	0,61	0,71	0,62
U5	0,59	0,66	0,63	0,67	0,65	0,69	0,65
U6	0,6	0,61	0,65	0,65	0,65	0,64	0,63
U7	0,58	0,55	0,61	0,61	0,63	0,67	0,61
U8	0,57	0,64	0,64	0,66	0,67	0,66	0,64
U9	0,52	0,6	0,59	0,61	0,66	0,69	0,61
U10	0,41	0,49	0,57	0,55	0,56	0,59	0,53
U11	0,41	0,53	0,55	0,55	0,57	0,58	0,53
U12	0,46	0,61	0,58	0,57	0,62	0,66	0,58
U13	0,53	0,57	0,62	0,59	0,64	0,62	0,6
U14	0,59	0,56	0,6	0,65	0,66	0,68	0,62
U15	0,57	0,56	0,64	0,65	0,62	0,66	0,62
U16	0,49	0,52	0,54	0,54	0,57	0,61	0,55
U17	0,61	0,69	0,64	0,65	0,72	0,7	0,67

B. Análise do OEE/DEA

A Tabela IV apresenta os resultados de eficiência de cada uma das unidades de serviço de campo para o modelo OEE/DEA. A unidade com maior eficiência técnica calculada pelo modelo foi a U15 com eficiência de 1, ou seja, a unidade teve a melhor conversão dos recursos para a produção das ordens de serviço reguladas pela ANEEL (Produto 1), em comparação com as demais, sendo definida pelo modelo como *benchmark* da amostra.

O pior resultado de eficiência técnica se refere a unidade U11 que teve como resultado médio de 0,42, 11 pontos percentuais menos em comparação ao OEE. O reduzido nível de eficiência pode ser observado ao analisar as folgas nas variáveis tempo de não registro no sistema e tempo de não registro de serviço ou atividade (insumos 3 e 5) vinculados com utilização do recurso e na variável desvio de serviço (insumo 7) que mede o atendimento das demandas acima do tempo estipulado como padrão para a atividade. Tal fato, expõe a necessidade de ações que garantam que as equipes de campo se conectem no sistema no horário programado para o recebimento das ordens de serviço e registrem as atividades corretamente. Além disso, aponta a necessidade de melhorias no controle das atividades de campo para identificar o motivo das divergências entre o tempo padrão estabelecido para os serviços executados em comparação ao que vem sendo realizado na unidade. Os dados referentes a análise de folgas são apresentados na Tabela V. No modelo OEE/DEA a unidade de serviço de campo U1 se mantém entre as unidades de pior eficiência técnica, com 0,53 de eficiência. A partir da

análise de folgas, se observa que a variável desvio de serviço (insumo 7) na unidade U1 tem a maior folga acumulada entre as demais unidades. Ou seja, os atendimentos que a unidade realiza tem um tempo médio acima das demais, tal fato é corroborado pelo nível de produção do produto 1 que é o menor entre as unidades.

Para o modelo OEE/DEA também foi realizado o teste estatístico de correlação para identificar se o nível de eficiência calculado pelo modelo tem relação com o atendimento das ordens de serviço reguladas pela ANEEL (produto 1). O teste realizado resultou em uma correlação de 0,75 entre a eficiência calculada pelo modelo e as quantidades de ordens de serviço executadas (produto 1), ou seja, ao realizar ações para elevar o indicador OEE/DEA a empresa tenderá a uma maior produção de ordens de serviço executadas (produto 1).

TABELA IV
EFICIÊNCIA OEE/DEA POR UNIDADE DE SERVIÇO

DMU	Eficiência padrão no mês						Eficiência média
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
U1	0,44	0,58	0,4	0,53	0,54	0,7	0,53
U2	0,8	0,38	0,56	0,63	0,72	1	0,68
U3	0,84	0,77	0,58	0,6	0,69	0,68	0,69
U4	0,61	0,85	0,74	0,82	0,85	1	0,81
U5	0,5	0,41	0,51	0,53	0,51	0,7	0,53
U6	0,56	0,52	0,56	0,66	0,61	0,74	0,61
U7	0,78	0,89	0,85	0,79	0,93	1	0,87
U8	0,8	0,89	0,56	0,71	0,6	0,66	0,7
U9	1	1	1	0,89	0,88	1	0,96
U10	0,83	0,86	0,76	1	0,93	0,82	0,87
U11	0,45	0,34	0,32	0,41	0,4	0,58	0,42
U12	0,53	0,45	0,46	0,49	0,48	0,45	0,48
U13	0,69	0,91	0,75	0,79	0,83	0,91	0,81
U14	0,67	0,92	0,7	0,79	0,76	0,96	0,8
U15	1	1	1	1	1	1	1
U16	1	0,81	0,63	0,97	0,7	0,75	0,81
U17	0,89	0,91	0,6	0,71	0,62	0,71	0,74

C. Comparativo entre OEE e o Modelo OEE/DEA

Posterior à análise individual do OEE e do modelo OEE/DEA é realizado o comparativo entre as médias de eficiência para cada unidade de serviço de campo (Fig. 1). Para a análise dos resultados foi calculado o teste de correlação entre o OEE e o OEE/DEA, onde a correlação entre as métricas foi de 0,22, ou seja, ao nível de significância de 0,05, existe uma fraca correlação entre o OEE e o OEE/DEA. Em seguida foi realizado o teste ANOVA para a análise das variâncias. O teste ANOVA confirmou que a diferença entre as médias das eficiências OEE e OEE/DEA são estatisticamente significantes (p -valor = 0,00394).

TABELA V
FOLGAS POR UNIDADE DE SERVIÇO

DM U	Disponibilidade Prevista		Disponibilidade Realizada		Disponibilidade não Logada		Tempo de Atividade		Tempo de Não Registro		Tempo de Retrabalho		Desvio de Serviço		Veículos	Eletricistas	Demais Notas de Comerciais	Incidências de fornecimento	Incidências em chaves de média tensão	Incidências em transformadores	Incidências em alimentadores	
	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Insumo 4	Insumo 5	Insumo 6	Insumo 7	Insumo 8	Insumo 9	Insumo 10	Insumo 11	Insumo 12	Insumo 13	Insumo 14								
	U1	6.766	8.267	445	726	1.974	327	1.834	40	93	156	0	727	413								66
U2	5.694	7.398	38	1.822	926	158	988	36	70	211	395	289	884	10								
U3	5.932	5.986	406	1.164	818	294	544	5	31	695	188	617	554	84								
U4	5.538	5.801	425	419	320	596	640	5	7	0	1.838	251	270	45								
U5	6.552	7.572	0	872	679	5	580	35	101	659	224	763	888	46								
U6	4.777	5.034	205	498	433	83	253	28	65	95	275	752	593	35								
U7	5.758	5.929	811	808	645	325	818	15	101	111	0	125	102	57								
U8	9.990	12.121	100	445	1.336	48	1.265	37	98	0	781	891	1.073	81								
U9	2.121	2.315	0	13	252	273	302	1	10	145	104	325	366	0								
U10	3.160	2.809	576	263	860	247	610	20	31	426	1	610	398	9								
U11	9.911	11.227	915	1.322	2.782	458	1.775	37	88	772	281	1.688	948	71								
U12	5.860	6.777	280	491	1.529	98	743	19	56	648	264	909	780	146								
U13	7.564	7.240	768	712	255	63	381	4	34	0	1.023	322	304	86								
U14	3.458	3.140	53	377	405	125	358	0	47	458	249	635	427	42								
U16	3.681	5.236	0	986	1.015	29	715	14	61	0	1.194	844	744	91								
U17	4.582	5.370	13	388	127	23	583	22	66	85	451	336	494	43								

Como pressuposto para a utilização da ANOVA foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (p -valor = 0,3172 e p -valor = 0,7198) indicando a normalidade dos dados. Os testes realizados somados a avaliação do gráfico de comparação (Fig. 1), apontam que as eficiências calculadas pelas duas métricas são significativamente diferentes e independentes, tendo o OEE uma eficiência média de 0,59 e o modelo OEE/DEA de 0,72 no período avaliado.

Observa-se que a unidade U17 que teve a melhor performance média avaliada pelo indicador OEE (0,67), no modelo OEE/DEA (0,74) não foi a unidade mais eficiente. Devido o OEE ser um indicador local e avaliar a utilização do tempo disponível de cada unidade para a execução dos serviços em campo, a unidade U17 foi considerada eficiente, tal fato pode ser observado na Tabela V ao avaliar os insumos 3 e 6, em que a unidade teve os menores índices dentre as unidades. No modelo OEE/DEA, a unidade apresentou uma oportunidade de melhorar a performance em 26 pontos percentuais, visto que, o insumo 2 apresenta uma folga de 0,39, ou seja, a unidade pode aumentar o nível de atendimento das ordens de serviços reguladas pela ANEEL (produto 1) com a atual capacidade.

O modelo OEE/DEA identificou a unidade U15 como a mais eficiente da amostra, sendo o *benchmark* para as demais unidades. O modelo OEE/DEA se torna uma métrica mais robusta ao agregar variáveis do processo de atendimento em campo que o OEE não considera. No caso da unidade U15 o modelo identificou que a unidade, em comparação às demais, teve melhor conversão dos insumos em produtos.

A unidade U1 se manteve entre as unidades ineficientes nas duas avaliações, tendo uma reduzida variação entre OEE e o modelo OEE/DEA. A unidade com pior eficiência avaliada pelo modelo OEE/DEA, foi a U11 com 0,42 de eficiência, apresentando uma ineficiência ainda maior do que havia sido

calculado pelo OEE, que foi de 0,53. Como o modelo estabelece os pesos para cada variável (entrada ou saída) da forma que lhe for mais benevolente, ou seja, visando a otimização da produção do produto 1, pode se observar um número maior de unidades eficientes no modelo OEE/DEA (76%) considerando a meta de eficiência estabelecida pela empresa, em relação ao OEE (58%).

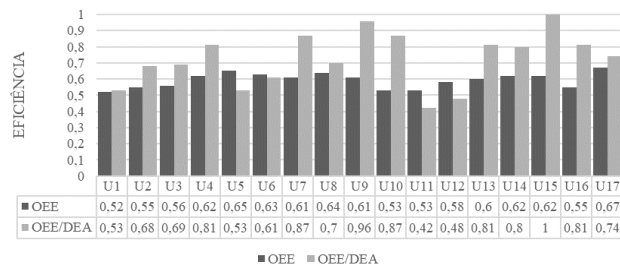


Fig. 1. Análise comparativa entre OEE e OEE/DEA. Fonte: Elaborado pelos autores.

VII. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises realizadas apontaram diferenças significativas na eficiência técnica medida entre o OEE e o OEE/DEA. A partir dos resultados, se observa a contribuição do OEE/DEA para o cálculo de eficiência das unidades de serviço de campo ao combinar as duas métricas e apresentar subsídio aos gestores para uma tomada de decisão sistemática e assertiva.

Com o OEE/DEA é possível estabelecer um novo *ranking* de eficiência entre as unidades de campo, fornecendo informações complementares, como a análise de folgas das variáveis, que o OEE não abrange. Além disso, o OEE/DEA pode auxiliar os gestores da empresa no processo de tomada de decisão, definindo quais das unidades tem a maior ineficiência e em quais variáveis devem se concentrar as ações de melhorias.

Deste modo, este trabalho contribui ao propor uma nova

métrica de avaliação da eficiência nas unidades de serviço de campo em uma distribuidora de energia elétrica. O OEE/DEA se mostrou complementar a análise do OEE utilizado pela empresa ao considerar na modelagem variáveis como número de atendimentos emergenciais e ordens de serviços reguladas pela ANEEL por exemplo, levando em consideração aspectos globais do processo de atendimento de campo e não somente o tempo de disponibilidade ou a avaliação de produtividade e eficiência pelo volume de serviços realizados em dado período.

O OEE não possibilita realizar análises relativas aos efeitos das ações para redução das suas perdas, visto que esse indicador mede a performance com base no tempo disponível do recurso, onde, o aumento do tempo de disponibilidade de recurso nem sempre é traduzido em eficiência global para empresa. Com isso, este trabalho permite avaliar os resultados obtidos pelo OEE frente aos resultados obtidos pelo modelo OEE/DEA e seus efeitos.

Esta pesquisa contribui para a discussão acerca das medições de performance em empresas distribuidoras de energia elétrica pois apresenta uma análise de *benchmarking* interno que integra o OEE à DEA. Deste modo, apresenta uma maneira de avaliar os efeitos das ações tomadas para melhorar o OEE sobre as demais variáveis do processo de atendimento de campo e permite avaliar relativamente as DMUs a partir da análise da utilização de cada uma das variáveis do modelo.

A utilização da DEA para medir a eficiência integrando os componentes do OEE amplia os ramos de aplicação da análise envoltória de dados para medir produtividade e eficiência. Sem a incorporação do OEE, as medições realizadas com a DEA poderiam deixar de considerar os níveis de utilização das unidades de serviço de campo, ou seja, a disponibilidade do recurso. Os modelos DEA sem os componentes do OEE realizariam comparações entre as DMUs, classificando aquelas eficientes sem avaliar se estariam sendo subutilizadas ou não.

Para a empresa estudada, a utilização do modelo DEA com os componentes do OEE integrados permite comparar de maneira global as unidades de serviço de campo, como também, avaliar as ações tomadas para melhorar os resultados do OEE em relação aos demais componentes das operações das unidades de serviço de campo. A utilização do OEE permite aos gestores medir a utilização, a performance e o índice de qualidade da execução dos serviços de campo obtida por suas equipes, porém, não permite identificar a eficiência com que executam tais serviços frente ao recurso consumido para tal. O uso da DEA apresentado neste trabalho permite que os gestores conheçam os resultados de cada uma das variáveis do modelo e abre uma infinidade de possibilidades de melhorias para o consumo de cada uma dessas variáveis.

Pode-se afirmar que a avaliação relativa das DMUs consideradas eficientes e dos consumos teóricos para cada variável do modelo OEE/DEA permitem à empresa controlar seus recursos e estabelecer metas para os consumos de cada um dos insumos das suas unidades de serviço de campo. A análise das folgas e dos *benchmarks* permite à empresa identificar as suas melhores práticas e com base nelas

estabelecer metas e procedimentos de trabalho que visem a garantir a utilização equilibrada dos recursos. Por fim, esta pesquisa contribui para a empresa, pois apresenta uma maneira inédita para medir a performance operacional das unidades de serviço de campo juntamente com a utilização da DEA.

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal propor uma análise de eficiência nas unidades de serviço de campo em uma empresa distribuidora de energia elétrica que permitisse avaliar o comportamento da eficiência dessas unidades por meio de um modelo DEA que incorporasse a medição de eficiência atual da empresa que é realizada pelo OEE.

Além de propor um novo método para avaliar eficiência das unidades de serviço de campo, uma das principais contribuições deste estudo foi identificar que a unidade de serviço de campo U17, de maior eficiência medida pelo OEE, não teve correspondência no modelo OEE/DEA, onde a unidade U15 foi a de maior eficiência. Deste modo, toda ação de melhoria com base na unidade U17, não geram melhores resultados operacionais, pois a unidade que melhor utiliza os recursos disponíveis é a unidade U15, sendo ela o *benchmark* para as demais unidades.

Contudo, esta pesquisa apresenta limitações. No que se refere ao modelo DEA, não foram consideradas variáveis monetárias, para trabalhos futuros sugere-se a discussão de novas pesquisas referentes ao comportamento da eficiência ao longo do tempo em distribuidoras de energia considerando variáveis econômicas e geográficas. Além disso, sugere-se também a ampliação do horizonte temporal de análise para um período acima de seis meses, visto que, devido aos eventos climáticos podem ocorrer sazonalidades nos resultados.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Numan, P. Z. Ming, J. B. Brima, I. J. Sowe, and M. K. Bodla, "Requirements Driven Implementation of Smart Grid Applications and Technology," pp. 2305–2310, 2016.
- [2] L. Felipe, R. Camargo, L. Henrique, D. Pacheco, and F. Sartori, "A method for integrated process simulation in the mining industry," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 264, no. 3, pp. 1116–1129, 2018.
- [3] A. de S. Barbosa and P. L. Carvalho, "Impacts of the change in regulation in Brazil: penalty simulation for violation of collective interruption indicators versus compensation for consumers," *CIREC - Open Access Proc. J.*, vol. 2017, no. 1, pp. 729–732, 2017.
- [4] R. B. Mansilha, D. C. Collatto, D. P. Lacerda, M. I. W. Motta, and F. S. Piran, "Environmental externalities in broiler production: An analysis based on system dynamics," *J. Clean. Prod.*, vol. 209, pp. 190–199, 2019.
- [5] F. Eidelwein, F. Antonio, S. Piran, D. Pacheco, L. Aline, and L. H. Rodrigues, "Exploratory Analysis of Modularization Strategy Based on the Theory of Constraints Thinking Process," *Glob. J. Flex. Syst. Manag.*, vol. 19, no. 2, pp. 111–122, 2018.
- [6] R. D. S. Constant and J. C. C. B. S. De Mello, "Brazilian Electricity Distributors Efficiency Index Based on Non Radial Efficiency," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 15, no. 9, pp. 1657–1663, 2017.
- [7] F. D. Arcoverde, M. E. Tannuri-Pianto, and M. C. S. Sousa, "Mensuração das eficiências das distribuidoras do setor energético brasileiro usando fronteiras estocásticas," *Proc. 33th Brazilian Econ. Meet.*, 2005.
- [8] G. Naciff de Andrade, L. Araujo Alves, C. E. Ribeiro Flora da Silva, and J. C. C. B. Soares de Mello, "Evaluating Electricity Distributors Efficiency Using Self-Organizing Map and Data Envelopment Analysis," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 12, no. 8, pp. 1464–1472, 2014.

- [9] P. Moreno, G. N. Andrade, L. Angulo, and J. C. C. B. S. De Mello, "Evaluation Of Brazilian Electricity Distributors Using A Network Dea Model With Shared Inputs," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 7, pp. 2209–2216, 2015.
- [10] R. Färe, S. Grosskopf, and J. Logan, "The relative efficiency of Illinois electric utilities," *Resour. Energy*, vol. 5, no. 4, pp. 349–367, 1983.
- [11] A. Charnes, W. W. Cooper, T. W. R. D. Divine, and D. Thomas, "Comparisons of DEA and existing ratio and regression systems for effecting efficiency evaluations of regulated electric cooperatives in Texas," *Res. Gov. Nonprofit Account.*, vol. 5, pp. 187–210, 1989.
- [12] T. Weyman-Jones, "Productive efficiency in a regulated industry," *Energy Econ.*, vol. 13, no. 2, pp. 116–122, 1991.
- [13] H. Toru, J. Tooraj, and P. Michael, "A comparison of UK and Japanese electricity distribution performance 1985-1998: lessons for incentive regulation," *Energy Journal, Int. Assoc. Energy Econ.*, vol. 0, no. 2, pp. 23–48, 2005.
- [14] Y.-J. Huang, K.-H. Chen, and C.-H. Yang, "Cost efficiency and optimal scale of electricity distribution firms in Taiwan: An application of metafrontier analysis," *ENERGY Econ.*, vol. 32, no. 1, pp. 15–23, Jan. 2010.
- [15] M. Zakaria and R. Noureen, "Benchmarking and regulation of power distribution companies in Pakistan," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 58, pp. 1095–1099, 2016.
- [16] A. Pahwa, X. M. Feng, and D. Lubkeman, "Performance Evaluation of Electric Distribution Utilities Based on Data Envelopment Analysis," *IEEE Power Eng. Rev.*, vol. 22, no. 11, p. 59, 2002.
- [17] G. O. S. Medeiros, J. W. M. Lima, and A. R. De Queiroz, "Weight Limits in the DEA Benchmarking model for Brazilian Electricity Distribution Companies," *2018 Simp. Bras. Sist. Eletr.*, pp. 1–6.
- [18] L. G. Machado, I. C. Carlos, L. A. Meza, and J. C. C. B. S. De Mello, "A Multiobjective Data Envelopment Analysis Model Applied to the Evaluation of Brazilian Electrical Distributors," pp. 4–9.
- [19] P. Muchiri and L. Pintelon, "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 46, no. 13, pp. 3517–3535, 2008.
- [20] A. De Paris, "Overall Equipment Effectiveness - OEE: Necessário, mas não suficiente. Uma análise integrando OEE e a Data Envelopment Analysis - DEA," 2016.
- [21] C. Andersson and M. Bellgran, "On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity," *J. Manuf. Syst.*, vol. 35, pp. 144–154, 2015.
- [22] R. Singh, D. B. Shah, A. M. Gohil, and M. H. Shah, "Overall equipment effectiveness (OEE) calculation - Automation through hardware & software development," *Procedia Eng.*, vol. 51, pp. 579–584, 2013.
- [23] P. H. Tsarouhas, "Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: A case study," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 51, no. 2, pp. 515–523, 2013.
- [24] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 2, no. 6, pp. 429–444, 1978.
- [25] J. S. Liu, L. Y. Y. Lu, W.-M. Lu, and B. J. Y. Lin, "A survey of DEA applications," *Omega*, vol. 41, no. 5, pp. 893–902, Oct. 2013.
- [26] J. Zhu, *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*, vol. 213. Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [27] W. . Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis," *Manage. Sci.*, no. 30, pp. 1078–1092, 1984.
- [28] L. A. Alves and J. C. C. B. S. De Mello, "Weights based clustering in data envelopment analysis using kohonen neural network: An application in Brazilian electrical sector," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 1, pp. 188–194, 2015.
- [29] E. Santos, D. Pacheco, M. Isabel, W. Motta, F. Antonio, and S. Piran, "International Journal of Production Economics Drum-buffer-ropo in an engineering-to-order system : An analysis of an aerospace manufacturer using data envelopment analysis (DEA)," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 222, no. February 2019, p. 107500, 2020.
- [30] L. Goncalves Machado, J. C. C. B. S. De Mello, and M. Costa Roboredo, "Efficiency Evaluation of Brazilian Electrical Distributors Using DEA Game and Cluster Analysis," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 11, pp. 4499–4505, 2016.
- [31] S. S. Xavier, J. W. M. Lima, L. M. M. Lima, and A. L. M. Lopes, "How Efficient are the Brazilian Electricity Distribution Companies?," *J. Control. Autom. Electr. Syst.*, vol. 26, no. 3, pp. 283–296, 2015.
- [32] L. P. da S. Lopes, "Aumento da eficiência em equipes operacionais através do mapeamento do fluxo do processo em uma empresa distribuidora de energia elétrica," 2016.
- [33] W. D. Cook, K. Tone, and J. Zhu, "Data envelopment analysis: Prior to choosing a model," *Omega (United Kingdom)*, vol. 44, pp. 1–4, 2014.
- [34] T. Jamasb and M. Pollitt, "Benchmarking and regulation: International electricity experience," *Util. Policy*, vol. 9, no. 3, pp. 107–130, 2001.
- [35] L. Hjalmarsson and A. Veiderpass, "Efficiency and ownership in Swedish electricity retail distribution," *J. Product. Anal.*, vol. 3, no. 1–2, pp. 7–23, 1992.
- [36] C. Hirschhausen, A. Cullmann, and A. Kappeler, "Efficiency analysis of German electricity distribution utilities - Non-parametric and parametric tests," *Appl. Econ.*, vol. 38, no. 21, pp. 2553–2566, 2006.
- [37] S. P. Santos, C. A. F. Amado, and J. R. Rosado, "Formative evaluation of electricity distribution utilities using data envelopment analysis," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 62, no. 7, pp. 1298–1319, Jul. 2011.
- [38] C. Rempel, C. A. Diehl, V. de Q. Martins, and P. B. Hansen, "Análise da eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica : uma abordagem DEA," in *XXI Congresso Brasileiro de Custos*, 2014.
- [39] A. Kleine, "A general model framework for DEA," *Omega*, vol. 32, no. 1, pp. 17–23, 2004.
- [40] F. A. S. Piran, D. P. Lacerda, L. F. R. Camargo, C. F. Viero, R. Teixeira, and A. Dresch, "Product modularity and its effects on the production process: an analysis in a bus manufacturer," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 88, no. 5–8, pp. 2331–2343, 2017.



Tiago dos Santos Antunes é Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Engenheiro de Produção pela Universidade Feevale. Técnico em Eletrotécnica pela Instituto Federal IFSUL. Com mais de 10 anos de experiência e atuação no setor elétrico de potência em distribuidoras de energia elétrica. Atualmente, atua na área de planejamento e controle de produção e operações industriais com foco em planejamento estratégico.



Fabio Sartori Piran é Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidades do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Formação Superior em Gestão de Produção pela Universidade Feevale. Pesquisador no GMAP-UNISINOS. Sócio consultor na HP Custos assessoria empresarial.



Gustavo Stefano Silva é Mestre e Bacharel em Engenharia de Produção e Sistemas na Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS com um ano de graduação sanduíche em *Engineering Management*, na universidade de *Loughborough*, na Inglaterra. Possui, ainda, experiência nas áreas de planejamento e controle de produção, planejamento de mercado e de vendas e em engenharia de processos. Atualmente, atua na área de governança de compras em Supply-Chain.



Daniel Pacheco Lacerda é Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (PQ-2) na área de Engenharia de Produção, desde 2017. Atua como Coordenador do Bacharelado em Engenharia de Produção/UNISINOS. Tem experiência profissional e acadêmica nas áreas de Estratégia de Operações,

Engenharia de Processos de Negócios, Gestão e Análise de Eficiência, Design Science Research e Teoria das Restrições.