

## **Análise comparativa da eficiência a partir da Análise Envoltória de Dados e da Throughput Accounting**

**Mariana Paim Machado (GMAP | UNISINOS)**  
[marianapaimmachado@gmail.com](mailto:marianapaimmachado@gmail.com)

**Jaqueline Lilge Abreu (GMAP | UNISINOS)**  
[jaquelinelilgeabreu@outlook.com](mailto:jaquelinelilgeabreu@outlook.com)

**Daniel Pacheco Lacerda (GMAP | UNISINOS)**  
[dlacerda@unisin.br](mailto:dlacerda@unisin.br)

**Maria Isabel Wolf Motta Morandi (GMAP | UNISINOS)**  
[mmorandi@unisin.br](mailto:mmorandi@unisin.br)

**Fabio Antonio Sartori Piran (GMAP | UNISINOS)**  
[fpiran@unisin.br](mailto:fpiran@unisin.br)

*As empresas brasileiras não apresentam evolução significativa nos níveis de produtividade há mais de quatro décadas. Além disso, a produtividade do trabalhador brasileiro, se comparada ao padrão internacional, é limitada, visto que corresponde à 25% da produtividade dos trabalhadores nos Estados Unidos, por exemplo. Para incrementar a produtividade é essencial que o sistema de maximização do resultado e avaliação do desempenho seja adequado. Com o intuito de maximizar o resultado, a Teoria das Restrições foca na exploração da restrição. Para medir o desempenho da organização a Teoria das Restrições desenvolveu seu próprio sistema de medição, a Throughput Accounting. Ao analisar o desempenho do sistema, pesquisas no âmbito da Teoria das Restrições empregam a avaliação da eficiência. No entanto, essas tratam a eficiência como a razão entre entradas e saídas, o que sobrepõe o conceito de produtividade. Ademais, a Teoria das Restrições define produtividade, mas não eficiência. Tratar a eficiência como produtividade incorre em analisar limitadamente o cenário. E conseqüentemente, as ações de melhoria implementadas a partir dessa avaliação podem não resultar na maximização do ganho. Desta forma, mostra-se necessário verificar se há equivalência entre as medições. Nesse contexto, este estudo tem por objetivo comparar as medidas de eficiência e produtividade no âmbito da Teoria das Restrições, verificando se há semelhança entre as medições. Para tal, modelou-se os conceitos da Throughput Accounting no software iThink, transformando as variáveis originariamente determinísticas em estocásticas. Simulou-se 400 cenários e avaliou-se a produtividade. Posteriormente avaliou-se a eficiência técnica, de ganho e de custo por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). Então, foram realizadas comparações gráficas entre as avaliações. Os resultados demonstram que produtividade e eficiência na Teoria das Restrições são medidas distintas.*

*Palavras-chave: Teoria das Restrições, Throughput Accounting, Modelagem, Produtividade, Eficiência, Análise Envoltória de Dados.*

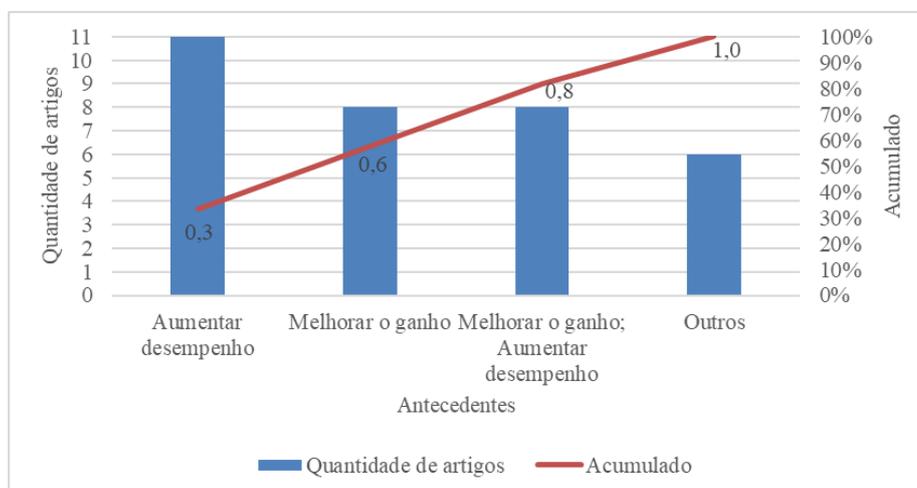
## 1. Introdução

As empresas brasileiras não apresentam evolução significativa nos níveis de produtividade há mais de quatro décadas (SILVA; FILHO; KOMATSU, 2016). Além disso, a produtividade do trabalhador brasileiro se comparada ao padrão internacional, é limitada, visto que corresponde à 25% da produtividade dos trabalhadores nos Estados Unidos, por exemplo (GRANDA, 2019). Segundo Mark Dutz, economista-chefe do Banco Mundial: “O aumento da produtividade não significa fazer as pessoas trabalharem mais horas, mas usar os recursos com mais eficiência” (G1, 2018). Para que o país seja capaz de retomar o crescimento da produtividade, as empresas devem utilizar eficientemente seus recursos, atingindo os melhores resultados possíveis com os recursos disponíveis.

Entre as medidas utilizadas pela Teoria das Restrições (TOC) para avaliar o resultado das empresas está o Ganho. O ganho é todo o dinheiro gerado pela empresa por meio das vendas realizadas (GOLDRATT; COX, 2002). Visando a maximização do resultado, a TOC é uma filosofia de gestão que defende que a estratégia ideal para incrementar o ganho global é maximizar ganho a partir da utilização da restrição, pois o desempenho de qualquer sistema é limitado pela restrição (SIMSIT; GÜNAY; VAYVAY, 2014). Logo, na busca da lucratividade, a tomada de decisão nas empresas aplicando a TOC deve se basear no ganho na restrição ao invés de buscar a otimização de todos os recursos.

A partir da análise de conteúdo realizada neste estudo, na revisão sistemática da literatura verificou-se que 80% das pesquisas analisadas no âmbito da TOC, objetivam o aumento do desempenho empresarial e o aumento do ganho para maximização da eficiência da organização, conforme Figura 1.

Figura 1 - Análise de antecedentes do corpus de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Porém, as pesquisas analisadas tratam a eficiência como a razão entre as entradas e as saídas, com uma sobreposição com o conceito de produtividade. Além disso, Abreu et al., (2020) identificou que os estudos no âmbito da Teoria das Restrições empregam eficiência e produtividade como sinônimos, sendo a relação entre entradas e saídas. Isto ocorre devido ao fato de no sistema de medição da *Throughput Accounting*, o conceito de produtividade ser definido como a relação entre o ganho e a despesa operacional. Porém, apesar Goldratt (1990) objetivar medir a eficiência global do sistema, a eficiência não é definida na literatura da Teoria das Restrições.

Tratar a eficiência como produtividade incorre em analisar limitadamente o cenário. Produtividade é a razão entre saídas e entradas, enquanto eficiência é a razão entre saídas e entradas comparada com a razão das saídas e entradas máxima (PIRAN et al., 2018). Consequentemente, pode-se concluir que a TOC não emprega precisamente o conceito de eficiência. É possível que os recursos não sejam utilizados adequadamente se as empresas limitam-se a analisar a produtividade e desconsideram a eficiência (BARTELSMAN; HALTIWANGER; SCARPETTA, 2013). Então, para que a empresa seja capaz de atingir o máximo lucro, no contexto da Teoria das Restrições, é necessário que a produtividade e a eficiência sejam avaliadas corretamente.

Portanto, o presente trabalho busca comparar as medidas de eficiência e produtividade no âmbito da Teoria das Restrições, verificando se há semelhança entre as medições. Para tal, este artigo está organizado em cinco seções, sendo esta primeira, a introdução. A segunda refere-se à fundamentação teórica. Na terceira são discorridos os métodos e procedimentos realizados, e os resultados apresentados na quarta seção. Por fim, são expostas as conclusões do estudo, assim como oportunidades de novas pesquisas.

## **2. Fundamentação Teórica**

Nesta seção serão apresentados os conceitos básicos para a condução desta pesquisa, como Teoria das Restrições, produtividade e eficiência na Teoria das Restrições e eficiência econômica em gestão de operações .

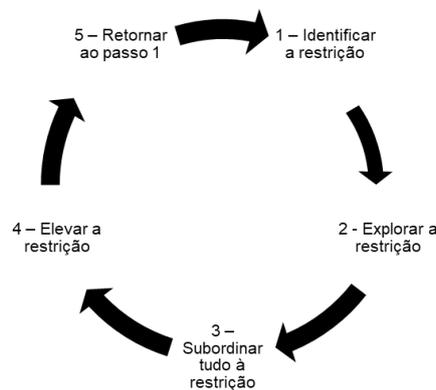
### **2.1. Teoria das Restrições**

A Teoria das Restrições é uma filosofia de gerenciamento voltada para a melhoria contínua, que propõe que a meta de toda e qualquer empresa é ganhar mais dinheiro hoje e no futuro (GOLDRATT; COX, 2002). Meta esta que pode ser alcançada por meio da melhor utilização

dos gargalos, ou restrições. Restrição é tudo aquilo que limita a empresa de ganhar mais dinheiro (SIMSIT; GÜNAY; VAYVAY, 2014). Sendo assim, a TOC propõe que as ações de melhoria não devem ser voltadas para todas as operações, mas focadas nas que limitam o desempenho da organização.

Para auxiliar os gestores na tomada de decisão e manter o foco na restrição, a TOC definiu o processo de focalização, ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Os 5 passos da focalização



Fonte: Baseado em Goldratt (1990)

Necessitando medir financeiramente as melhorias implementadas por meio dos 5 passos da focalização, a TOC criou seu sistema de medição de desempenho, conhecido como *Throughput Accounting*. Esse sistema é composto por medidas operacionais, que medem a eficiência local, e financeiras, que medem a eficiência global, e que relacionam-se entre si (GOLDRATT, 1990). Esse conjunto de medidas está descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Medidas de Desempenho na TOC

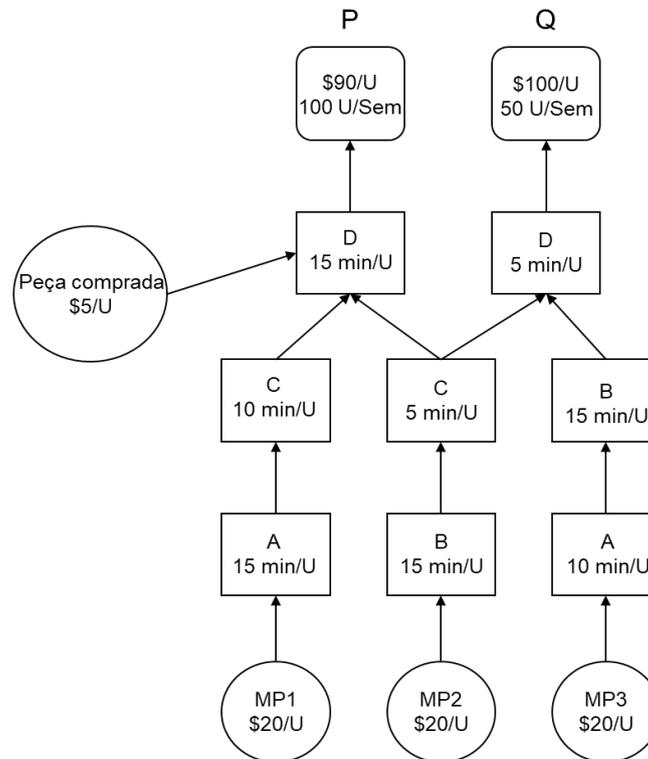
	<b>Medida</b>	<b>Definição</b>
Medidas Locais	Ganho	A proporção que o sistema gera dinheiro por meio das vendas.
	Inventário	Todo o dinheiro investido em mercadorias que o sistema pretende vender.
	Despesa Operacional	Todo o dinheiro utilizado para transformar inventário em ganho.
Medidas Globais	Lucro Líquido	O ganho diminuído das despesas operacionais.
	Retorno do Investimento	A relação entre lucro líquido e inventário.
	Fluxo de Caixa	Condição necessária para alcançar a meta.

Fonte: Adaptado de Stefano (2020)

Com isso, a *Throughput Accounting* defende que toda possível ação da empresa deve ser avaliada de acordo com seu impacto nas medidas de desempenho do Quadro 2, caso contrário, podem ser tomadas ações inadequadas (DUGDALE; JONES, 1998). Assim, o sistema de medição de desempenho proposto pela Teoria das Restrições visa alinhar toda a empresa com a meta de ganhar mais dinheiro hoje e no futuro. Objetivando ilustrar o sistema de medição

proposto, Goldratt (1990) desenvolveu um problema de mix dos produtos P e Q. O modelo original consta na Figura 3.

Figura 3 - Modelo do problema P e Q



Fonte: Goldratt (1990)

O modelo define um cenário perfeito, ou seja, a demanda, o preço de venda dos produtos, a qualidade do fornecedor e a eficiência das máquinas são fixas. Ademais, operam em capacidade máxima, preço de venda de produto determinado e absorção de toda produção pelo mercado conforme a demanda previamente estabelecida. Assim, provando que a ação que maximiza o ganho em uma empresa e, conseqüentemente o lucro, é a exploração do recurso restritivo.

Nesta seção foram explanados os conceitos de Teoria das Restrições pertinentes para este estudo. Na próxima seção será abordada a produtividade e eficiência na Teoria das Restrições.

## 2.2. Produtividade e eficiência na Teoria das Restrições

O livro “A Síndrome do Palheiro”, Goldratt (1990) explica o conceito de produtividade, conforme a Equação 1.

Equação 1 - Produtividade na TOC

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Ganho}}{\text{Despesa Operacional}}$$

Fonte: (Goldratt, 1990, p. 39-40)

Como ilustrado na Equação 1, produtividade é calculada a partir da relação entre saídas e entradas do sistema. Para a TOC, o incremento da produtividade auxilia a empresa a alcançar a meta (PESIC; ANDELKOVIC; DASIC, 2013). Então, qualquer ação que contribua para a meta da empresa, pode ser considerada uma ação produtiva.

Porém, a eficiência não é definida na literatura da TOC. Tal lacuna implica no emprego do conceito de eficiência análogo ao de produtividade, como ocorre no estudo de Aguilar, Garrido e González (2016). Aguilar, Garrido e González (2016) apresentam o incremento da eficiência utilizando o aumento da produtividade como evidência. Contudo, a definição de eficiência e produtividade são distintas. O conceito de eficiência será apresentado na próxima seção.

### **2.3. Eficiência econômica em Gestão de Operações**

A avaliação de eficiência trata-se da comparação dos outputs e inputs realizados com a utilização ótima dos recursos (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018). Entre as avaliações de eficiência, a eficiência técnica relaciona-se com a capacidade de produzir o mesmo rendimento, com menos recursos (FARRELL, 1957). Assim como obter a máxima produção utilizando um mesmo grupo de recursos (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018). A eficiência econômica analisa as entradas e saídas considerando as questões monetárias (SILVA PORTELA, 2014). A eficiência econômica é composta pela eficiência de custo, eficiência de receita e eficiência de lucro. Neste estudo avaliaremos as eficiências de custos e de receita.

A eficiência de custos refere-se ao resultado da união entre eficiência técnica e alocativa (CAMANHO; DYSON, 2008) e é avaliada em unidades monetárias. Para Portela e Thanassoulis (2014), a eficiência de custos refere-se à relação entre o custo mínimo e o custo realizado. Ou seja, representa a capacidade da empresa de manter a saída e minimizar as entradas.

Enquanto a eficiência de custos avalia o mix de insumos de entrada que resulta no custo mínimo, a eficiência de receita avalia a receita máxima, ou seja, a saída do sistema em unidades monetárias por meio do mix que resulta na máxima saída (CAMANHO; DYSON, 2005). Para que uma empresa seja considerada eficiente em relação à receita, deve ser capaz de, além de manter o custo, maximizar a receita obtida. Para possibilitar a avaliação da eficiência diferentes técnicas foram desenvolvidas, entre essas, a Análise Envoltória de Dados (DEA) que originou-se a partir da tese de doutorado de Edward Rhodes, orientada por W.W.Cooper, e promoveu o desenvolvimento e publicação do primeiro modelo de DEA em 1978, ( CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018).

A DEA é uma técnica utilizada para avaliações de produtividade e eficiência em processos de produção de bens e serviços (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018). É empregada para a avaliação de eficiência em hospitais, agências financeiras, turismo, sistemas de transporte, cadeia de suprimentos, entre outros (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018).

A DEA baseia-se na avaliação de eficiência das unidades de tomada de decisão (DMU), caracterizadas, frequentemente, por múltiplas entradas e saídas, que podem admitir uma diversidade de formatos, além da possibilidade de atribuição de pesos diferentes para cada (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). De acordo com Piran, Lacerda e Camargo (2018) as DMUs representam uma unidade produtiva que pode ser compreendida como um sistema de comparação, cada DMU possui respectivas entradas e saídas. Assim, na utilização de DEA a eficiência em cada DMU pode ser compreendida pela razão entre soma ponderada das saídas e das entradas (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018).

Na utilização de DEA deve-se definir qual a orientação da aplicação, ou seja, a *input* ou a *output*. A primeira refere-se a manter as saídas contínuas e otimizar o aproveitamento das entradas, enquanto a segunda, a permanecer com as entradas utilizadas e maximizar as saídas (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018).

Essas orientações são aplicadas em conjunto com o modelo escolhido. Os modelos mais utilizados são CRS (modelo de retorno constante de escala) e o VRS (modelo de retorno variável de escala) (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018). O modelo CRS está relacionado à avaliação global em porcentagem sobre a eficiência. A partir deste modelo pode-se identificar as causas das ineficiências nas DMUs. Este modelo é recomendado para avaliações que possuem uma associação constante de escala das entradas e saídas das DMUs (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018). Por sua vez, o modelo VRS é aplicado quando uma DMU não possui compatibilidade com as demais, sendo possível a comparação com outras com escala de igualdade (PIRAN; LACERDA; CAMARGO, 2018).

### **3. Procedimento metodológicos**

Para este estudo realizou-se uma modelagem, que possibilita a representação de um sistema real a partir de um modelo. Por meio da simulação de diferentes cenários no modelo proposto são exploradas possibilidades com o auxílio de um *software* ou programa (BALADEZ, 2009). Então, a modelagem mostra-se como um método adequado para identificar se há equivalência entre as avaliações de produtividade e eficiência na TOC.

### 3.1. Simulação computacional de Dinâmica de Sistemas

Para realizar a simulação, utilizou-se como base o modelo representado na Figura 3, com o auxílio do *software iThink*. Os dados, que no modelo original, são determinísticos, neste modelo foram transformados em estocásticos. Os itens variados e a amplitude da variação estão expostos na Tabela 1.

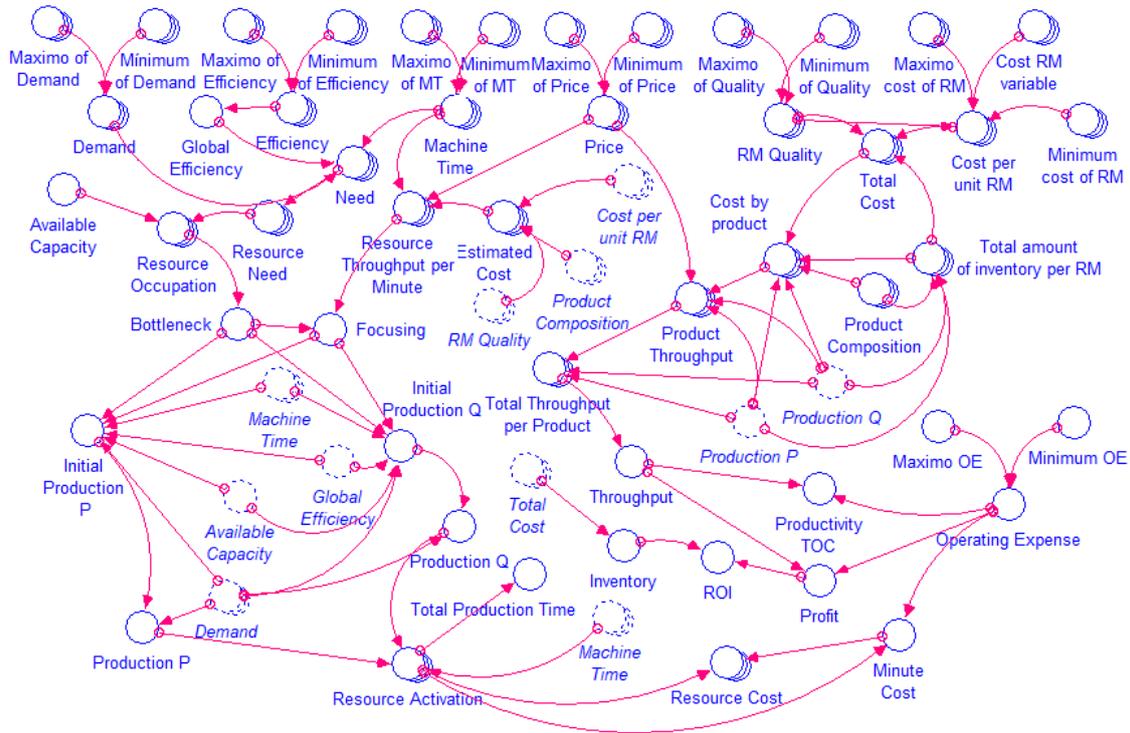
Tabela 1 - Variáveis e variações do modelo

Variável	Valor padrão	Variação em relação ao valor padrão
Demanda do produto P	100	De menos 25% a mais 25%
Demanda do produto Q	50	De menos 25% a mais 25%
Eficiência do recurso A	1	Até menos 25%
Eficiência do recurso B	1	Até menos 25%
Eficiência do recurso C	1	Até menos 25%
Eficiência do recurso D	1	Até menos 25%
Tempo de máquina do produto P no recurso A	15min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto P no recurso B	15min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto P no recurso C	15min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto P no recurso D	15min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto Q no recurso A	10min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto Q no recurso B	30min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto Q no recurso C	5min	De menos 25% a mais 25%
Tempo de máquina do produto Q no recurso D	5min	De menos 25% a mais 25%
Preço de venda do produto P	\$90	De menos 25% a mais 25%
Preço de venda do produto Q	\$100	De menos 25% a mais 25%
Qualidade da matéria-prima 1	1	Até menos 25%
Qualidade da matéria-prima 2	1	Até menos 25%
Qualidade da matéria-prima 3	1	Até menos 25%
Qualidade da Peça comprada	1	Até menos 25%
Custo da matéria-prima 1	\$20	De menos 25% a mais 25%
Custo da matéria-prima 2	\$20	De menos 25% a mais 25%
Custo da matéria-prima 3	\$20	De menos 25% a mais 25%
Custo da peça comprada	\$5	De menos 25% a mais 25%
Despesa operacional	\$6.000	De menos 25% a mais 25%

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Assim, obtém-se total de 25 parâmetros de entrada variando aleatória e independentemente entre si. Considerando a quantidade de parâmetros e o intervalo de variação, as combinações seriam infinitas. No modelo, considerou-se números inteiros, o que resultaria em aproximadamente  $15 \times 10^{73}$  cenários, mostrando-se superior à capacidade de processamento e de análise. Então, calculou-se o tamanho da amostra com população conhecida, conforme Barbetta (2002), com 95% de confiança, erro amostral de 5%. Este cálculo visa garantir a confiabilidade da pesquisa, certificando que a amostra analisada representa a população estudada. A quantidade de rodadas necessárias resultou em 400. O modelo construído é representado na Figura 4.

Figura 4 - Modelagem problema P e Q



Fonte: Elaborado pelos autores no *software iThink* (2020)

As setas da Figura 4 conectam os itens que se relacionam. Então, validou-se o modelo empregando os dados originais do problema. Os resultados constam na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados para validação do modelo

Dados	Problema original	Resultado do modelo
Bottleneck	Recurso B	Recurso B
Bottleneck time need (minute)	3.000	3.000
Bottleneck Throughput per Minute – Q	\$2	\$2
Bottleneck Throughput per Minute – P	\$3	\$3
Focusing	P	P
Production P	100	100
Production Q	30	30
Inventory	\$5.700	\$5.700
Throughput of P	\$4.500	\$4.500
Throughput of Q	\$1.800	\$1.800
Operating Expense	\$6.000	\$6.000
ROI	0,55	0,55
Profit	\$300	\$300

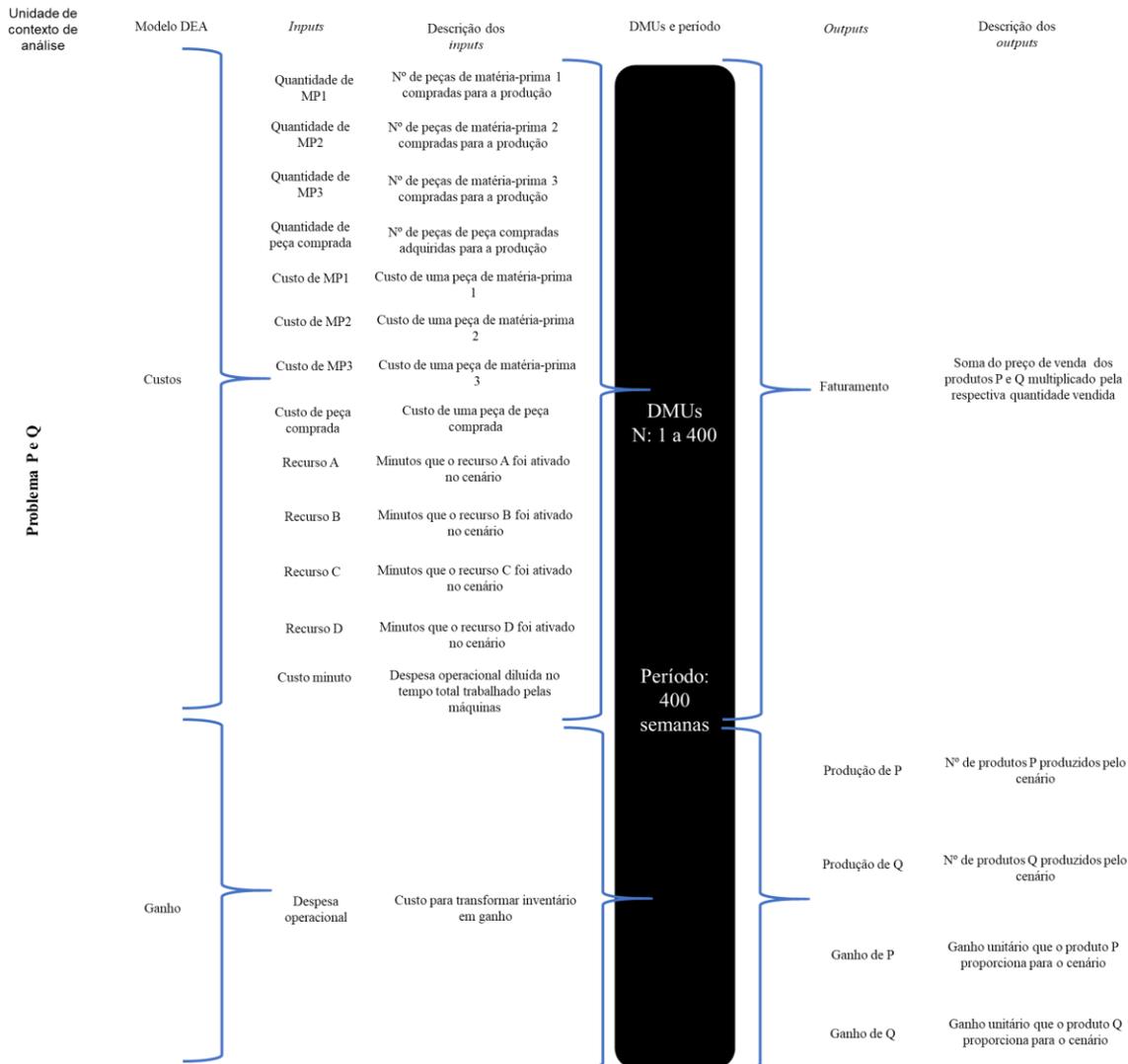
Fonte: Baseado em Goldratt (1990)

O modelo em questão foi validado devido à conformidade dos resultados com os resultados do modelo original. Simulou-se os 400 cenários necessários para a análise proposta. Posteriormente, é comparada a eficiência econômica e produtividade dos cenários. Verificando se há equivalência entre as medições.

### 3.2. Análise envoltória de dados (DEA)

Aplicou-se o DEA econômico nos 400 cenários obtidos por meio da simulação realizada. Buscando assim, identificar a eficiência econômica dos cenários. A literatura de DEA define esta medição como eficiência de receita, porém, devido ao fato de neste estudo empregar-se o ganho como *output*, denominou-se eficiência de ganho. O esquema do modelo DEA de ganho e de custos é representado na Figura 5.

Figura 5 - Modelo DEA de eficiência de Ganho e de Custo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Neste modelo de eficiência de ganho optou-se por orientar a *output*. Visto que, para este, objetiva-se analisar os cenários capazes de maximizar o ganho mantendo os insumos. Para a avaliação da eficiência de custos, utilizou-se o faturamento como *output* e o inventário como *input* objetivando identificar oportunidades de otimização no consumo de matéria-prima. Após a construção dos modelos e avaliação da eficiência por meio do *software MAXDEA*, analisou-se os dados obtidos.

### 3.3. Análise dos dados

Posteriormente à avaliação das eficiências e produtividade dos 400 cenários, foram realizados testes a fim de rejeitar ou não a hipótese de que há diferença entre a medida de produtividade e eficiência. Também foi utilizado o teste de hipóteses para verificar a existência de diferença

estatisticamente significativa entre as eficiências dos diferentes cenários. Para tanto, ordenou-se os cenários por eficiência e separou-os em quartis de alta, média alta, média baixa e baixa eficiência, tanto para a eficiência de ganho como para a de custos. O Quadro 2 apresenta as hipóteses testadas.

Quadro 2 - Modelos e hipóteses testadas

Modelos	Análises	Hipótese testada
DEA de ganho	Eficiência alta x média alta x média baixa x baixa	Ho = não existe diferença entre grupos H1 = existe diferença entre grupos
	Produtividade TOC x Eficiência de ganho	Ho = não existe diferença entre grupos H1 = existe diferença entre grupos
DEA de custos	Eficiência alta x média alta x média baixa x baixa	Ho = não existe diferença entre grupos H1 = existe diferença entre grupos
	Produtividade TOC x Eficiência de ganho	Ho = não existe diferença entre grupos H1 = existe diferença entre grupos

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

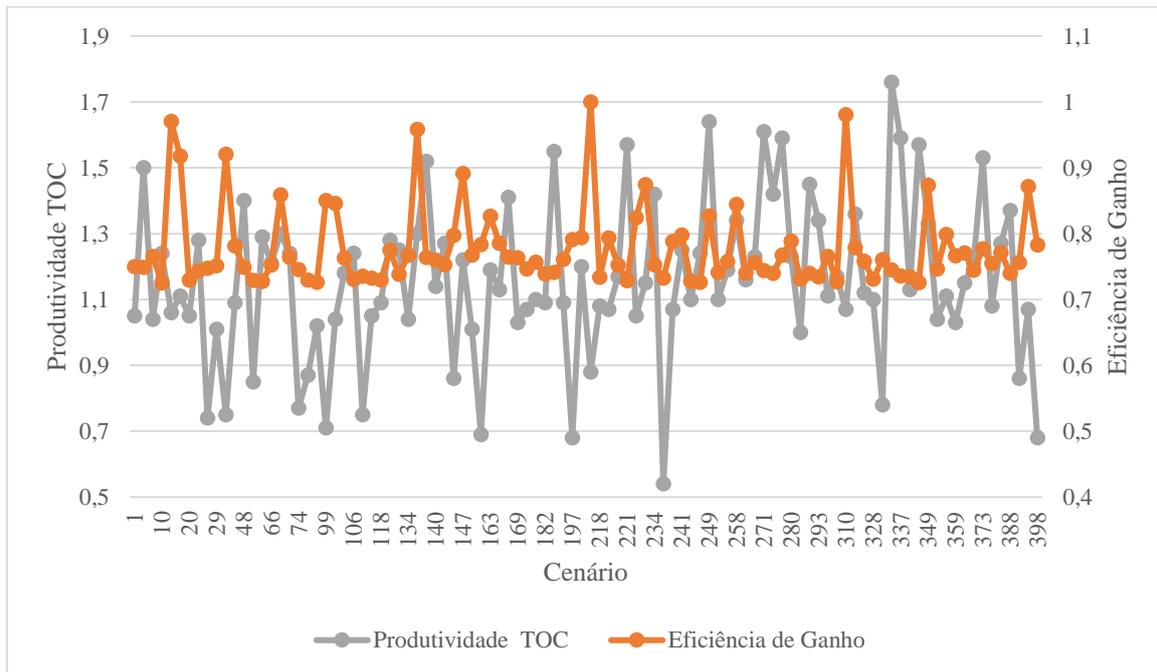
A fim de verificar o atendimento de pressupostos, realizou-se as análises estatísticas e constatou-se que os dados não são normais, então, foram submetidos ao teste não paramétrico de Wilcoxon para verificar se existe diferença entre as médias dos grupos descritos no Quadro 2. Realizou-se este teste com nível de significância de 95% no Excel via suplemento *Real Statistics*, que indicou  $p > 0,05$  para todos os testes. Logo, foi possível rejeitar  $H_0$  para todos os grupos, podendo-se afirmar que há diferença entre grupos.

Como há diferença entre grupos, iniciou-se as análises entre eficiência econômica e produtividade na Teoria das Restrições. Realizou-se essa análise por meio de gráficos comparativos. Procedimento válido pelo fato da DEA ser CRS, ou seja, os cenários são comparáveis. Posteriormente, com o intuito de confirmar a análise gráfica, realizou-se um teste de correlação por meio do Excel.

#### 4. Resultados

Para verificar se as avaliações de produtividade e eficiências são semelhantes ou distintas na TOC, comparou-se o comportamento dos dados obtidos nas análises. Ou seja, relacionou-se os resultados de alta e baixa eficiência com a produtividade dos cenários, que podem ser observados nas Figuras 6, 7, 8 e 9. Analisou-se os quartis de alta e baixa eficiência por apresentarem maior disparidade de valores em relação aos intermediários.

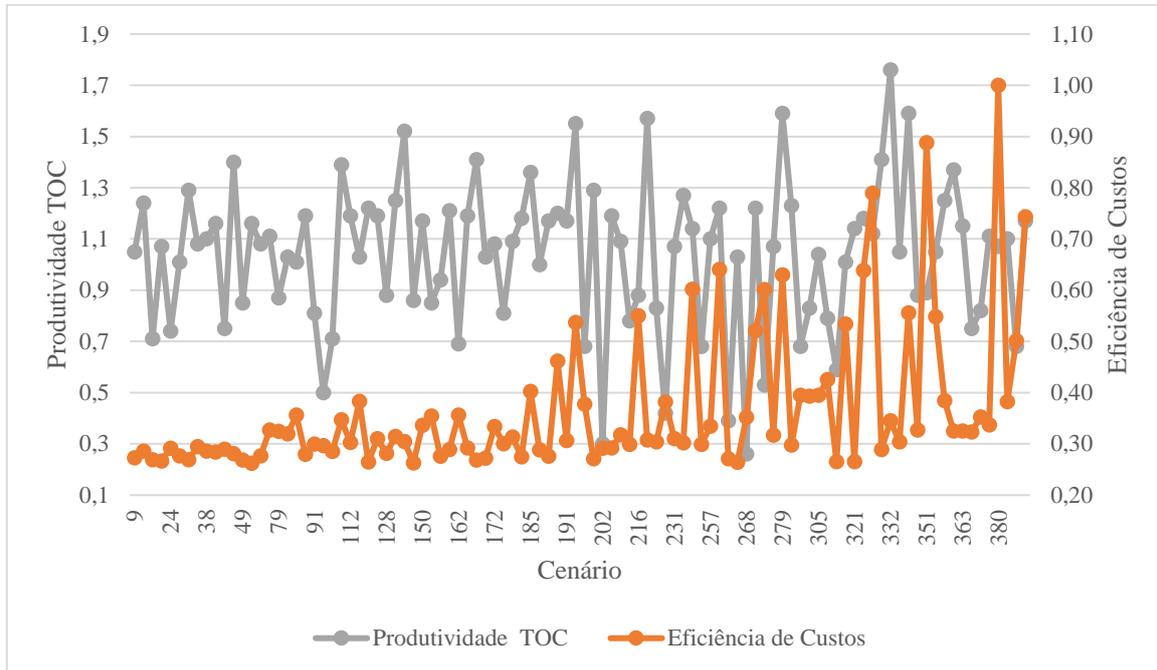
Figura 6 - Alta eficiência de ganho x produtividade



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Na Figura 6 comparou-se os resultados de eficiência dos cenários mais eficientes em ganho com suas produtividades. Comportamentos diferentes são ilustrados, onde há picos de eficiência, há vales de produtividade. Percebe-se que, apesar da produtividade da TOC considerar as mesmas variáveis utilizadas para a DEA de ganho, os resultados não indicam orientação equivalente, visto que cenários mais eficientes apresentam produtividades inferiores. Ademais, o teste de correlação entre a alta eficiência de ganho e produtividade apresentou  $r=0,12$  e  $r^2=0,015$ , o que equivale a correlação bem fraca (DEVORE, 2006) e indica que a eficiência econômica explica em 15% o comportamento da produtividade. Confirmando a análise de que alta eficiência de ganho e produtividade são medidas distintas. A alta eficiência e custo e produtividade são comparados na Figura 7.

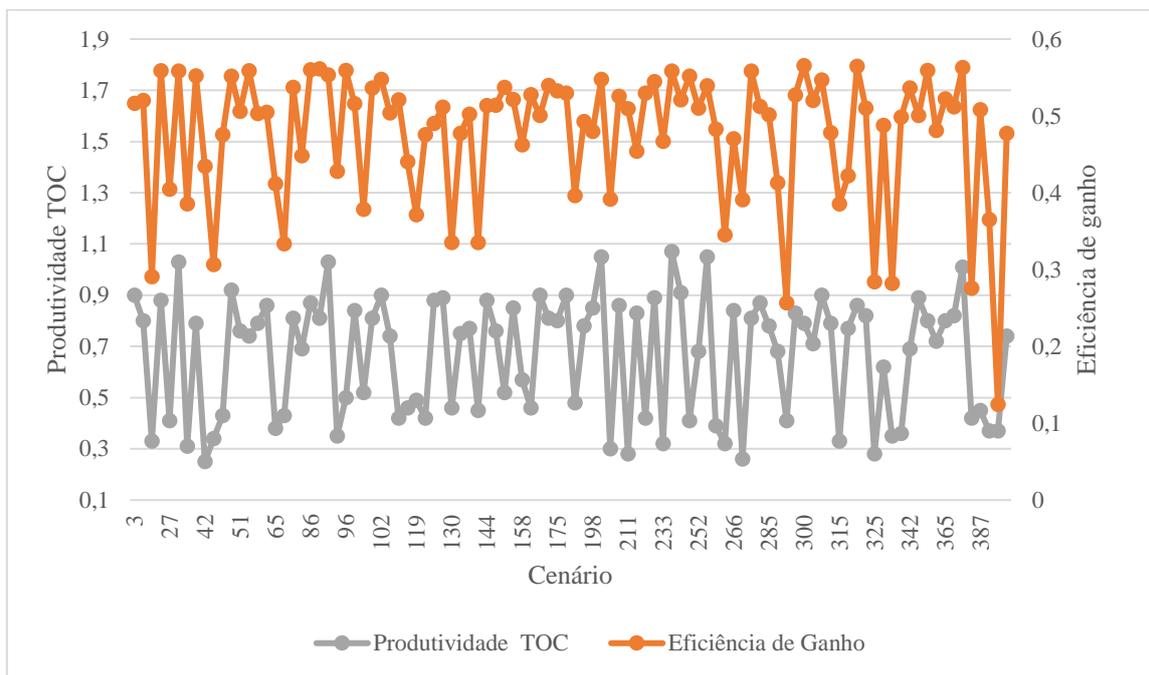
Figura 7 - Alta eficiência em custos x produtividade



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Posteriormente, o teste de correlação apresentou  $r=0,67$  e  $r^2=0,44$ , indicando correlação positiva moderada e que a alta eficiência de custos explica em 44% o comportamento da produtividade. Então, apesar de a eficiência de ganho e a produtividade empregarem as mesmas variáveis para avaliação, a eficiência de custos possui maior correlação com a produtividade. Porém, assim como determinados cenários, como o 191, ilustra comportamento semelhante entre eficiência e produtividade, cenários como 332 aponta comportamento contrário entre as avaliações. Logo, não é possível considerar a alta eficiência em custos equivalente à produtividade. Após analisar as altas eficiências, comparou-se as baixas eficiências, nas Figuras 8 e 9.

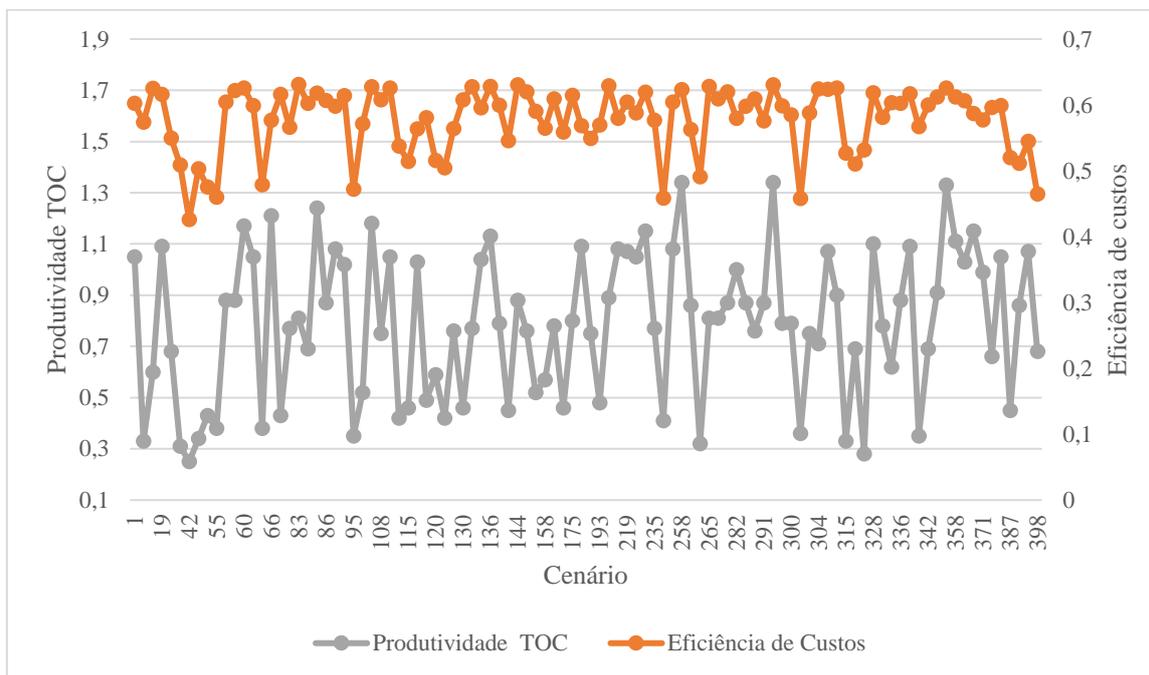
Figura 8 - Baixa eficiência em ganho x produtividade



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Neste gráfico da Figura 8, comparou-se os cenários menos eficientes em ganho e suas produtividades. Percebe-se maior semelhança entre o comportamento das medidas em relação à Figura 6. O teste de correlação aponta  $r=0,67$  e  $r^2=0,45$ . Logo, apresentam correlação positiva moderada (DEVORE, 2006) e a produtividade explica em 45% o comportamento da baixa eficiência de ganho. Assim como a alta eficiência de custos, há cenários nos quais a eficiência de custo e a produtividade comportam-se semelhantemente, como o 3, e outros, divergentemente, como o 113. Ou seja, identifica-se mais disparidade do que semelhança entre as avaliações. A Figura 9 ilustra comportamento das avaliações de baixa eficiência em custo e produtividade.

Figura 9 - Baixa eficiência em custo x produtividade



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

O teste de correlação apresenta  $r=0,07$  e  $r^2=0,006$ , correlação bem fraca e que o comportamento da produtividade é explicado em 0,6% pela baixa eficiência de custos. Provando que, produtividade e baixa eficiência de custos são medidas dissemelhantes.

Ao comparar cenários de baixa eficiência de ganho e de alta eficiência de custo com a produtividade do cenário, o comportamento mostra-se semelhante, apresentando correlação moderada. Contudo, ao comparar a produtividade com a eficiência dos cenários de alta eficiência de ganho e de baixa eficiência de custo, ocorre correlação bem fraca. Logo, um cenário eficiente em ganho ou ineficiente em custos não pode ser identificado baseando-se na produtividade. Isto explica-se devido ao fato de a produtividade configurar-se como uma medida absoluta e a eficiência como uma medida comparativa. Ou seja, ao medir a eficiência, realiza-se uma comparação entre o resultado obtido e o melhor que poderia ter sido atingido e ao medir a produtividade, analisa-se o resultado alcançado isoladamente. Então, por não comparar os dados, um cenário que, anteriormente alcançou desempenho ótimo não exercerá influência sob a avaliação da produtividade dos demais cenários, podendo fornecer visão limitada do desempenho. Além disso, a diferença entre os dados calculada pelo teste de Wilcoxon reforça que produtividade e eficiência são medidas distintas. Logo, a medida de produtividade da TOC não considera fatores importantes para a avaliação do desempenho. Por esse motivo, a avaliação da eficiência econômica, em conjunto com a avaliação da

produtividade na *Throughput Accounting* mostra-se relevante no âmbito de suportar a decisão gerencial visando maximizar o lucro.

## 5. Conclusões

A partir da análise dos resultados, conclui-se que há oportunidades de explorar a área de estudo dessa pesquisa. Isso ocorre devido a TOC não definir eficiência na literatura. Ademais, evidenciou-se que produtividade e eficiência, no âmbito da Teoria das Restrições, são medidas distintas. Ainda que na literatura pesquisada, eficiência e produtividade sejam empregadas analogamente. Em conjunto com as medidas propostas pela Teoria das Restrições, a técnica de avaliação de eficiência empregada neste estudo apresenta potencial para suportar a tomada de decisão objetivando o incremento do lucro.

O objetivo desta pesquisa foi atingindo, independentemente das limitações de não possuir acesso a todos os estudos realizados sobre eficiência na Teoria das Restrições, restringindo-se aos disponíveis nas bases de dados pesquisadas, e dos pressupostos do modelo construído.

A oportunidade de pesquisas futuras envolve, principalmente, a avaliação da eficiência no contexto da Teoria das Restrições por meio da DEA. Contribuindo, assim, para o incremento do desempenho dos sistemas produtivos e da economia do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Jaqueline; LACERDA, Daniel Pacheco; PIRAN, Fabio; ERMEL, Ana Paula Cardoso. Análise da Produtividade e Eficiência a partir da Teoria das Restrições. **ENEGEPE**, [S. l.], p. 21, 2020. DOI: 10.14488/enegep2020\_tn\_stp\_347\_1780\_40506.

AGUILAR-ESCOBAR, Víctor G.; GARRIDO-VEGA, Pedro; GONZÁLEZ-ZAMORA, María del Mar. Applying the theory of constraints to the logistics service of medical records of a hospital. **European Research on Management and Business Economics**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 139–146, 2016. DOI: 10.1016/j.iedee.2015.07.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iedee.2015.07.001>.

BALADEZ, Fabio. O passado , o presente e o futuro dos simuladores Abstract : [S. l.], 2009.

BARBETTA, Pedro Alberto. Estatística aplicada às ciências sociais. **Editora da UFSC**, [S. l.], p. 340, 2002.

BARTELSMAN, Eric; HALTIWANGER, John; SCARPETTA, Stefano. Cross-Country Differences in Productivity: The Role of Allocation and Selection. **American Economic Review**, [S. l.], v. 103, 2013.

CAMANHO, A. S.; DYSON, R. G. Cost efficiency measurement with price uncertainty: A DEA application to bank branch assessments. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 161, n. 2, p. 432–446, 2005.

DOI: 10.1016/j.ejor.2003.07.018.

CAMANHO, A. S.; DYSON, R. G. A generalisation of the Farrell cost efficiency measure applicable to non-fully competitive settings. **Omega**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 147–162, 2008. DOI: 10.1016/j.omega.2005.12.004.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.

DEVORE, Jay L. **Probabilidade E Estatística Para Engenharia**. 1. ed. [s.l.] : Cengage, 2006.

DUGDALE, David; JONES, T. Colwyn. Throughput accounting: Transforming practices? **British Accounting Review**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 203–220, 1998. DOI: 10.1006/bare.1997.0062.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency <http://www.jstor.org/stab>. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, [S. l.], v. 120, n. 3, p. 253–290, 1957.

G1. **Com envelhecimento da população, Brasil precisa aumentar produtividade para impulsionar economia, diz Banco Mundial**. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/com-envelhecimento-da-populacao-brasil-precisa-aumentar-produtividade-para-impulsionar-economia-diz-banco-mundial.ghtml>. Acesso em: 17 jun. 2020.

GOLDRATT, Eliyahu M. **THE HAYSTACK SYNDROME - Sifting Information Out of The Data Ocean**. Great Barrington: The North River Press Publishing Corporation, 1990.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A Meta**. São Paulo: NOBEL, 2002.

GRANDA, Ana Paula. **Estudo da FGV aponta baixa produtividade no país**. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-12/estudo-da-fgv-aponta-para-baixa-produtividade-no-pais>. Acesso em: 15 jun. 2020.

PESIC, Marija Andelkovic; ANDELKOVIC, Aleksandra; DASIC, Predrag. The theory of constraints as a basis for production process improvement model. **Actual Problems of Economics**, [S. l.], v. 148, n. 10, p. 251–260, 2013.

PIRAN, FÁBIO SARTONI; LACERDA, DANIEL PACHECO; CAMARGO, Luis Felipe Riehs. **Análise e Gestão da Eficiência: aplicação em sistemas produtivos de bens e de serviços**. 1. ed. Rio de Janeiro.

PIRAN; LACERDA; CAMARGO. **Análise e Gestão da Eficiência**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

PORTELA, Maria Conceição A. Silv.; THANASSOULIS, Emmanuel. Economic efficiency when prices are not fixed: Disentangling quantity and price efficiency. **Omega (United Kingdom)**, [S. l.], v. 47, p. 36–44, 2014. DOI: 10.1016/j.omega.2014.03.005.

SILVA, Felipe; FILHO, Naercio Menezes; KOMATSU, Bruno. Evolução da Produtividade no Brasil : Comparações Internacionais Evolução da Produtividade do Brasil : Comparações Internacionais. **Insper Policy Paper**, [S. l.], n. 15, 2016. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/wp-content/uploads/2016/01/Evolucao-Produtividade-Brasil-Comparacoes-internacionais.pdf>.

SILVA PORTELA, Maria Conceição A. Value and quantity data in economic and technical efficiency measurement. **Economics Letters**, [S. l.], v. 124, n. 1, p. 108–112, 2014. DOI: 10.1016/j.econlet.2014.04.023.  
SIMSIT, Zeynep Tuğçe; GÜNAY, Noyan Sebla; VAYVAY, Özalp. Theory of Constraints: A Literature Review. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], v. 150, n. 231, p. 930–936, 2014. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.09.104.

STEFANO, Gustavo. **DOESTHE THEORY OF CONSTRAINTS IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT REALLY MATTER? An Assessment of the Impactsof the TOC in the Redesignof a Supply Chain**. São Leopoldo.