

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS**

**JOÃO ANTÔNIO DE SOUZA TRINDADE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL:  
APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

**UBERLÂNDIA**  
**2019**

**JOÃO ANTÔNIO DE SOUZA TRINDADE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL:  
APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis.

**Área de concentração:** Controladoria

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Tavares

**UBERLÂNDIA**

**2019**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

## ATA DE DEFESA

|                                    |  |                 |          |                       |          |
|------------------------------------|--|-----------------|----------|-----------------------|----------|
| Defesa de:                         | Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 67, PPGCC.   |                 |          |                       |          |
| Data:                              | Vinte e seis de fevereiro de 2019  | Hora de início: | 08h30min | Hora de encerramento: | 10h55min |
| Matrícula do Discente:             | 11712CCT011  |                 |          |                       |          |
| Nome do Discente:                  | João Antônio de Souza Trindade   |                 |          |                       |          |
| Título do Trabalho:                | Avaliação da Eficiência na produção de trigo no Brasil: aplicação da análise envoltória de dados |                 |          |                       |          |
| Área de concentração:              | Contabilidade e Controladoria  |                 |          |                       |          |
| Linha de pesquisa:                 | Controladoria  |                 |          |                       |          |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: | PPGCC02: Controladoria e Gestão de Custos  |                 |          |                       |          |

Reuniu-se na sala 1F146, Bloco 1F, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis, assim composta: Professores Doutores: Júlio Orestes da Silva - UFG; Lara Cristina Francisco de Almeida Fehr - FACIC/UFU) e Marcelo Tavares - FAMAT/UFU), orientador do candidato. O Prof. Júlio Orestes da Silva participou da Banca Examinadora por meio do sistema de web conferência.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Marcelo Tavares, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título descrito na tabela acima. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Tavares, Presidente**, em 26/02/2019, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Lara Cristina Francisco de Almeida Fehr, Professor(a) do**



**Magistério Superior**, em 26/02/2019, às 14:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Júlio Orestes da Silva, Usuário Externo**, em 27/02/2019, às 13:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site  
[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1049128** e o código CRC **2B5B087C**.

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

- T736a Trindade, João Antônio de Souza, 1987-  
2019 Avaliação da eficiência na produção de trigo no Brasil [recurso eletrônico] : aplicação da análise envoltória de dados / João Antônio de Souza Trindade. - 2019.
- Orientador: Marcelo Tavares.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.944>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.
1. Contabilidade. 2. Trigo - Cultivo - Eficiência. 3. Trigo - Cultivo - Custos. 4. Economia agrícola - Brasil. I. Tavares, Marcelo, 1966-, (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis. III. Título.

---

CDU: 657

Gloria Aparecida - CRB-6/2047

**JOÃO ANTÔNIO DE SOUZA TRINDADE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL:  
APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação aprovada para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 26 de fevereiro de 2019.

---

Prof. Dr. Marcelo Tavares (Orientador)  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lara Cristina Francisco de Almeida Fehr  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

---

Prof. Dr. Júlio Orestes da Silva  
Universidade Federal de Goiás - UFG

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por ter iluminado as minhas escolhas e me dado força para encarar e vencer os desafios apresentados durante essa etapa da minha vida.

Agradeço a minha mãe por sempre estar ao meu lado, me incentivando e torcendo pelo meu sucesso.

Agradeço as minhas irmãs e sobrinhos por fazerem parte da minha vida.

Agradeço a minha querida Micheli pelo apoio, carinho e paciência, que mesmo estando longe sempre se fez presente.

Agradeço meu orientador, professor Marcelo Tavares, pelas orientações, ensinamentos e conselhos indispensáveis para a realização desta dissertação.

Agradeço aos membros das bancas, professora Edvalda Araújo Leal, professora Lara Cristina Francisco de Almeida Fehr e ao professor Júlio Orestes da Silva, pelas valiosas sugestões e contribuições apresentadas ao trabalho.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia pelos ensinamentos e experiências transmitidas durante as aulas.

Agradeço a Laila, secretária do PPGCC, pela atenção, disposição e paciência em sanar minhas dúvidas sempre da melhor maneira possível.

E por fim, agradeço aos amigos de mestrado, pelo apoio e convívio em momentos alegres e difíceis.

Muito obrigado a todos!

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil, em relação aos custos de produção nas safras 2010/11 a 2017/18. A pesquisa caracteriza-se como quantitativa, descritiva e aplicada, com utilização de dados secundários disponibilizados pela CONAB. A amostra foi formada pelas regiões de Cascavel/PR, Londrina/PR, Ubiratã/PR, Cruz Alta/RS e Passo Fundo/RS. Para os cálculos da eficiência, adotou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) com orientação por *inputs*. O *output* utilizado no modelo DEA foi à quantidade média de trigo produzida por região, tendo sido definidos cinco *inputs* (fertilizantes, agrotóxicos, transporte externo, encargos sociais e assistência técnica). Os resultados revelaram que os maiores custos médios de produção se referem a fertilizantes e agrotóxicos relacionados ao custeio com a lavoura, sendo a região de Londrina na safra 2011/12 a mais eficiente tecnicamente, ocupando a primeira posição na fronteira composta normalizada (escore de eficiência igual a 1). Em média a eficiência técnica total foi de 85%, na avaliação considerando três sistemas de plantio aplicados nas lavouras de trigo (avaliação geral). Já os escores médios de eficiência pura e de eficiência de escala obtidos foram de 94% e 90%, respectivamente, indicando que poderia haver uma melhor gestão dos recursos utilizados no processo produtivo. Por fim, na avaliação por categoria, considerando o sistema (PDAT), confirmou-se pouca variação nos escores de eficiência técnica e de escala alcançadas pelas DMUs analisadas nessa modalidade.

**Palavras-chave:** Eficiência. Trigo. DEA. Custos.

## ABSTRACT

The present study aimed to investigate the efficiency of the main wheat producing regions in Brazil in relation to production costs in the 2010/11 to 2017/18 harvests. The research is characterized as quantitative, descriptive and applied, with the use of secondary data made available by CONAB. The sample was formed by the regions of Cascavel/PR, Londrina/PR, Ubiratã/PR, Cruz Alta/RS and Passo Fundo/RS. For the efficiency calculations, the Data Envelopment Analysis (DEA) with input orientation was adopted. The output used in the DEA model was the average amount of wheat produced per region. Five inputs (fertilizers, agrochemicals, external transport, social charges and technical assistance) were defined. The results showed that the highest average costs of production refer to fertilizers and agrochemicals related to crop costs, and the region of Londrina in the 2011/12 harvest is the most technically efficient, occupying the first position in the normalized composite frontier (efficiency score equal to 1). On average, the total technical efficiency was 85%, in the evaluation considering three systems of planting applied in wheat crops (general evaluation). The mean scores of pure efficiency and scale efficiency were 94% and 90%, respectively, indicating that there could be better management of resources used in the production process. Finally, in the category evaluation, considering the system (PDAT), little variation was confirmed in the technical and scale efficiency scores reached by the DMUs analyzed in this modality.

**Keywords:** Efficiency. Wheat. DEA. Costs.

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Coeficiente de correlação entre os <i>inputs</i> e <i>output</i> .....                                  | 49 |
| Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis de custos por região - safras 2010/11 a 2017/18 .....              | 52 |
| Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis de insumos por sistema de plantio - safras 2010/11 a 2017/18 ..... | 53 |
| Tabela 4 - Eficiência das regiões produtoras de trigo nas safras - 2010/11 a 2017/18 .....                         | 55 |
| Tabela 5 - Custos atuais, custos alvos e percentuais de redução das DMUs.....                                      | 58 |
| Tabela 6 - Eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo .....                                    | 61 |
| Tabela 7 - Problemas das regiões produtoras de trigo pela eficiência pura e de escala .....                        | 63 |
| Tabela 8 - Eficiência das regiões produtoras de trigo no sistema PDAT nas safras - 2010/11 a 2017/18 .....         | 65 |
| Tabela 9 - Custos atuais, custos alvos e percentuais de redução das DMUs no sistema PDAT .....                     | 67 |
| Tabela 10 - Eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo no sistema PDAT .....                   | 69 |
| Tabela 11 - Problemas das regiões produtoras de trigo pela eficiência pura e de escala no sistema PDAT .....       | 70 |

## **LISTA DE QUADROS**

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Composição dos custos de produção do trigo segundo a CONAB ..... | 31 |
| Quadro 2 - Definições de eficiência .....                                   | 33 |
| Quadro 3 - Amostra das regiões produtoras de trigo .....                    | 43 |
| Quadro 4 - Classificação das DMUs .....                                     | 44 |
| Quadro 5 - Classificação das variáveis de insumos.....                      | 48 |

## **LISTA DE FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Sistemas de transações no agronegócio .....     | 19 |
| Figura 2 - Saldo comercial do agronegócio brasileiro.....  | 21 |
| Figura 3 - Área plantada de trigo.....                     | 23 |
| Figura 4 - Produção nacional de trigo .....                | 24 |
| Figura 5 - Etapas do método de cálculo da eficiência ..... | 41 |
| Figura 6 - Processo de produção da DMU .....               | 47 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| BCC     | <i>Banker, Charnes e Cooper</i>                                |
| CCR     | <i>Charnes, Cooper e Rhodes</i>                                |
| CEPEA   | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada               |
| CONAB   | Companhia Nacional de Abastecimento                            |
| CRS     | <i>Constant Return Scale</i>                                   |
| CV      | Coeficiente de Variação  |
| DEA     | <i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise Envoltória de Dados) |
| DMU     | <i>Decision Making Unit</i> (Unidade Tomadora de Decisão)      |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                    |
| FAO     | <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> |
| FGV     | Fundação Getúlio Vargas  |
| GEC     | Gestão Estratégica de Custos                                   |
| ha      | <i>Hectare</i>   |
| IGP-DI  | Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna               |
| IPCA    | Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo                  |
| MAPA    | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento            |
| PD      | Plantio Direto   |
| PDAT    | Plantio Direto (Alta Tecnologia)                               |
| PDAUI   | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)                    |
| PIB     | Produto Interno Bruto  |
| SIAD    | Sistema Integrado de Apoio à Decisão                           |
| SPSS    | <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>             |
| VRS     | <i>Variable Return to Scale</i>                                |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>22</b> |
| 1.1      | Contextualização e Problemática de Pesquisa .....   | 11        |
| 1.2      | Problema de Pesquisa .....  | 14        |
| 1.3      | Objetivo Geral e Específico .....   | 15        |
| 1.4      | Justificativas e Contribuições .....  | 15        |
| 1.5      | Delimitação do Estudo .....   | 17        |
| 1.6      | Estrutura do Trabalho .....   | 18        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>  | <b>19</b> |
| 2.1      | O Agronegócio e a Triticultura .....  | 19        |
| 2.2      | A Teoria da Produção e a Teoria dos Custos de Produção .....  | 25        |
| 2.3      | Gestão de Custos no Agronegócio .....   | 28        |
| 2.4      | Eficiência e Análise Envoltória de Dados (DEA) .....  | 32        |
| <b>3</b> | <b>ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>   | <b>40</b> |
| 3.1      | Classificação Tipológica da Pesquisa .....  | 40        |
| 3.2      | Método de Análise de Eficiência na DEA .....  | 40        |
| 3.3      | Definição da População e Seleção da Amostra de DMUs .....   | 41        |
| 3.4      | Seleção das Variáveis e Definição da Relação de Produção .....  | 45        |
| 3.5      | Ferramenta Computacional .....  | 50        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>51</b> |
| 4.1      | Análise Descritiva dos Dados .....  | 51        |
| 4.2      | Análise das Medidas de Eficiência Técnica e de Escala pela Avaliação Geral ..                                     | 54        |
| 4.3      | Análise das Medidas de Eficiência Técnica e de Escala pelo Sistema de Plantio Direto Alta Tecnologia (PDAT) ..... | 65        |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | <b>72</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>74</b> |
|          | <b>APÊNDICE A – CORRELAÇÃO DE PEARSON .....</b>   | <b>91</b> |

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização e Problemática de Pesquisa

Historicamente, a agricultura brasileira tem participação na economia nacional como segmento importante na geração de divisas e riquezas (BRESSAN *et al.*, 2009). De acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2017), a participação do agronegócio nas exportações totais do Brasil foi de 44% em 2017, tendo sido esse percentual impulsionado pelo volume recorde de vendas ao exterior naquele ano. Diante de tais fatos, o Brasil se mantém como um dos principais produtores e exportadores mundiais de alimentos e fibras, sobretudo, em virtude da crescente participação do país no mercado internacional (BORGES; DOMINGUES, 2017; BRASIL, 2017).

Nas últimas décadas, o agronegócio, que envolve a agricultura e a pecuária, tem apresentado saldos comerciais positivos em razão do aumento do consumo do mercado interno e externo, da abundância de recursos naturais existentes e das melhorias tecnológicas desenvolvidas (ZANELLA; LAGO, 2016). Além disso, outros fatores contribuíram para o fortalecimento do setor, como: postura empresarial, visão de negócio das diversas cadeias produtivas e políticas públicas, cabendo ressaltar as macroeconômicas, como as políticas de expansão do crédito e seguro agrícola (GAZZONI, 2013).

Assim, ao contrário de outros setores da economia, como a indústria e serviços, que tiveram contribuição negativa na formação do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017, o agronegócio, mais uma vez, teve um bom desempenho nas exportações, pois o superávit gerado foi superior a 81 bilhões de dólares, contribuindo para que a balança comercial brasileira encerrasse o ano superavitário em US\$ 66 bilhões (CEPEA, 2017). Diante dessa conjuntura econômica, o setor de agronegócio, desde a década de 1960, vem passando por várias transformações por meio da implantação de novas tecnologias e processos para se adaptar às imposições do mercado consumidor, principalmente, quando relacionado à cadeia produtiva agroalimentar inserida nesse contexto (GAZZONI 2013; COMIM *et al.*, 2017).

As cadeias produtivas são formadas pelos sistemas produtivos, fornecedores de insumos e serviços, indústrias de processamento e transformação, agentes de distribuição e comercialização, além dos consumidores finais (CASTRO, 2000; BATALHA, 2001; PROTIL; FERNANDES; SOUZA, 2009). Desse modo, o agronegócio abrange a produção agropecuária, da mais especializada à mais tradicional, da agricultura familiar à de grande porte, bem como abarca a indústria que produz insumos e processa os alimentos, os serviços e

comércios afins, envolvendo, portanto, diversas áreas da cadeia produtiva (BATALHA, 2001; VILELA, 2004).

Nesse panorama, a produção de grãos no Brasil tem participação relevante na cadeia produtiva nacional (SANTOS; SPROESSER; MARTINS, 2013; SILVA NETO; ARRUDA; BASTOS, 2016). De acordo com Santos (2017), dentre as diversas cadeias do agronegócio brasileiro, a produção de grãos é destaque, isso porque, nas últimas 10 safras (2007/08 a 2016/17), a área plantada apresentou um crescimento de, aproximadamente, 28,4%, enquanto a produção e a produtividade cresceram 65,5% e 29%, respectivamente.

A triticultura, como é conhecida o cultivo de trigo, assim como outras culturas de cereais (aveia, canola e cevada), ocupa uma posição importante entre os principais cultivos do período de inverno, concentrando-se, em particular, nas regiões Sul e Sudeste (FELIPE; FRAIRE, 2017). A esse respeito, Mori *et al.* (2016) ressalta que, historicamente, a produção nacional de trigo sempre esteve concentrada na região Sul, especificamente, nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, que respondem por mais de 90% da produção total.

De acordo com pesquisa da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017a), o cultivo de sementes de trigo, em 2016/17, ficou distribuído na região Sul, com uma produção de 90,5%, seguida pela região Sudeste, com 7,5%, e Centro-Oeste, com 2%. Ainda segundo dados da CONAB (2018a), na safra 2016/17, o Brasil produziu 6,72 milhões de toneladas. No entanto, foi necessária a importação de 7,88 milhões de toneladas para suprir a demanda do mercado interno. Já para a safra 2017/18, o mercado tritícola nacional apresentou uma redução em relação à produção recorde ocorrida na safra anterior. No que pese a quantidade produzida houve um decréscimo de 36,6%, totalizando 4,26 milhões de toneladas (CONAB, 2018a).

Nesse cenário, conforme explica Baumgratz *et al.* (2017), enquanto o consumo de trigo apresenta um crescimento contínuo, a produção nacional mal consegue atender à metade do consumo interno, diferentemente de outros cultivos de maior expansão, como as culturas de soja e milho. O consumo de trigo no Brasil gira em torno 11 milhões de toneladas ao ano, podendo chegar a 12 milhões de toneladas. Assim, em razão da necessidade de suprir a demanda do mercado interno, o Brasil figura como um dos maiores importadores do mundo, adquirindo grande parte do produto da Argentina (CONAB, 2018b).

Ainda no contexto mundial, Takeiti (2015) salienta que a produção de grãos de trigo proporciona agregação de valor para a economia global por ser um dos três cereais mais cultivados no mundo, ao lado do milho e do arroz. Dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2016a) apontam que a cultura de trigo é explorada

em 124 países ao redor do mundo, além de representar uma importante *commodity* na economia internacional, sendo responsável por movimentar mais de 80 bilhões de dólares em negociações somente no ano de 2016 (FAO, 2016b).

Nos últimos anos, para suprir a demanda total do mercado interno, o Brasil vem importando trigo dos Estados Unidos, Canadá e, em especial, da Argentina que, além de ser competitiva na produção do grão, conta com incentivos advindos de acordos estabelecidos com o Mercosul (MEIRELLES; PINTO, 2006). Segundo Brum, Silva e Müller (2005), desde a constituição do Mercosul (1991), em particular, após sua consolidação como zona de livre comércio (1995), ocorreu a entrada do trigo argentino no mercado brasileiro de forma expressiva em consequência da adoção de práticas de políticas tributárias favoráveis. Somado a isso, o governo brasileiro, nessa época, havia suprimido, praticamente, os subsídios aos produtores, deixando de comprar e estocar o produto, o que colaborou para desestimular a produção nacional (MELO; MORO, 2013).

Nessa perspectiva, os custos de produção apresentam-se como fatores determinantes para a competitividade dos produtores e uma importante ferramenta gerencial para se manter no mercado contra possíveis concorrentes, pois produtos com preços menores se beneficiam em relação à preferência dos compradores (MARION FILHO; CORTE, 2010). Segundo Raineri, Rojas e Gameiro (2015), a gestão de custos inserida no contexto do agronegócio é imprescindível para a expansão da competitividade do setor, tanto no mercado interno como no externo.

Para analisar as relações existentes entre produção e custos, a Teoria da Produção e a Teoria dos Custos de Produção oferecem discussões conceituais fundamentais para estudar essas associações (GARÓFALO; CARVALHO, 1995). No que tange à Teoria da Produção, Vasconcellos (2011) destaca que essa teoria se preocupa com a relação técnica ou tecnológica entre a quantidade física de produtos (*outputs*) e de fatores de produção (*inputs*), enquanto a Teoria dos Custos de Produção consiste em relacionar a quantidade física de produtos com os preços dos fatores de produção.

Portanto, dada uma tecnologia de produção existente, os administradores precisam decidir como produzir, tendo em vista que um processo de produção é definido como a transformação dos insumos (*inputs*) em produtos finais (PINDYCK; RUNBIFELD, 2010). Na produção, diferentes insumos ou fatores de produção são combinados de modo a gerar bens ou serviços com base na minimização dos custos ou maximização dos resultados por meio de uma função de produção (GARÓFALO; CARVALHO, 1995; PINDYCK; RUNBIFELD, 2010).

Diante disso, outro conceito relevante refere-se à eficiência, que pode ser entendido por meio de uma análise comparativa entre o que foi produzido e o que poderia ter sido produzido mediante as mesmas condições de recursos disponíveis (HELPAND; LEVINE, 2004). Conforme referencia Steffanello, Macedo e Alyrio (2009), é de interesse do produtor rural atingir o maior desempenho dos recursos que são utilizados, sendo necessário conhecer o nível de utilização dos insumos em termos de eficiência. Nesse sentido, as diferenças ocorridas no cenário econômico, transformações tecnológicas e mudanças de eficiência do processo produtivo são condicionantes que influenciam no desempenho da produtividade (ANJOS, 2005).

De acordo com Pereira (2014), para análise dos elementos que influenciam a eficiência das organizações, uma das técnicas utilizadas é a Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual possibilita confrontar unidades produtivas diferentes com base na quantidade de insumos utilizados e no nível de produtos gerados. Além disto, a DEA apresenta-se como um importante indicador de desempenho utilizado para calcular a eficiência comparada de várias unidades de produção, que são chamadas de DMUs (*Decision Making Units*).

Portanto, dada a importância da gestão de custos, assim como da identificação da eficiência produtiva das atividades do agronegócio, em especial, da triticultura, realizar uma análise da eficiência técnica e de escala das diferentes regiões brasileiras produtoras de trigo pode proporcionar conhecimento e resultados capazes de contribuir para a melhoria do processo produtivo e definição de políticas públicas para o fortalecimento da atividade rural, bem como para o aumento da produção. Na próxima seção, apresentam-se a questão de pesquisa e os objetivos geral e específico que norteiam o trabalho.

## 1.2 Problema de Pesquisa

Diante da relevância da triticultura para a economia nacional, da importância da gestão de custos e de se avaliar o desempenho nos processos produtivos do setor agrícola brasileiro, especialmente, da cultura de trigo, surge o seguinte problema de pesquisa: Qual a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil em relação aos custos de produção verificados pela CONAB?

### 1.3 Objetivo Geral e Específico

O objetivo principal deste estudo é investigar a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil em relação aos custos de produção do trigo. O período analisado refere-se às safras de 2010/11 a 2017/18.

Para atingir o objetivo geral e responder ao problema de pesquisa, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Detalhar os custos de produção do trigo por região produtora conforme dados divulgados pela CONAB;
- b) Determinar o desempenho de cada região produtora de trigo, nas regiões pesquisadas, a partir do cálculo de medidas de eficiência técnica e de escala, usando a metodologia DEA;
- c) Identificar os fatores e quantidades de ineficiência relativa de cada uma das regiões comparadas; e
- d) Determinar um *ranking* de eficiência das DMUs analisadas.

### 1.4 Justificativas e Contribuições

Dados da CONAB (2018b) apontam que o consumo interno de trigo é estimado em onze milhões de toneladas/ano. Considerando que o volume de grãos produzidos pelo mercado nacional gira em torno de seis milhões de toneladas, o Brasil, para suprir as necessidades internas, necessita importar o cereal de outros países, o que contribui para uma maior dependência do mercado externo, ficando, assim, refém dos preços praticados pelo mercado internacional. Kennedy (1997) defende que analisar a eficiência dos fatores de produção envolvidos no processo produtivo pode ajudar na introdução de melhorias e ganho de vantagens competitivas para as principais regiões produtoras do país.

Paralelamente, para que o produtor potencialize o desempenho econômico e produtivo em meio aos riscos e às instabilidades do mercado de trigo, é necessário desempenhar uma gestão eficiente das atividades agrícolas, associada à gestão da propriedade, como a redução de custos, minimização de desperdícios, otimização do ambiente produtivo e obtenção de níveis de produtividade cada vez melhores (BAUMGRATZ, 2017). Ressalta-se ainda que a prática do agronegócio, levando-se em consideração os custos de produção, é necessária, pois, ao conhecer a estrutura que compõe a matriz de custos do negócio, o produtor tem capacidade

de avaliar seus resultados, estabelecer modificações sobre as eventuais falhas identificadas e melhorar sua produtividade (PEREIRA, 2014).

A pesquisa realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) apontou que o trigo não está entre os doze produtos que mais contribuem com o PIB do agronegócio (MIRANDA, 2013). Segundo Brum e Müller (2008), esse quadro se agravou após a retirada da intervenção estatal durante da década de 1990, o que culminou em grandes dificuldades para viabilizar e expandir a cadeia trítícola, além de impossibilitar o alcance da autossuficiência produtiva.

Para Brum e Müller (2008), a cadeia trítícola brasileira está ameaçada e, dificilmente, conseguirá alcançar a autossuficiência, pois os produtores brasileiros não possuem vantagens comparativas e competitivas suficientes, como, por exemplo, em relação à Argentina que, atualmente, é o maior fornecedor de trigo ao Brasil. Diante disso, Camponogara *et al.* (2015) destacam que a situação atual vivenciada pela triticultura nacional demonstra que o momento é de reflexão e, por consequência, o setor anseia por políticas públicas de apoio permanente em favor do aumento da produção local com a finalidade de garantir o abastecimento interno e eliminar a dependência externa do produto.

Assim, este estudo permite analisar a eficiência da produção de trigo a partir de uma construção teórico-empírica lastreada nas teorias da Produção e dos Custos de Produção, visando realçar a relevância do controle de custos, do uso adequado dos fatores de produção no processo de gestão e na geração de informações para a definição de políticas públicas que deem suporte para o segmento. Essa afirmação é válida, pois, apesar de existirem estudos empíricos na literatura acerca da produção de trigo no Brasil (BRUM; HECK; LEMES, 2004; BRUM; SILVA; MÜLLER, 2005; MEIRELLES; PINTO, 2006; BRUM; MÜLLER, 2008; CORTE; WAQUILL, 2015; BAUMGRATZ, 2017; FELIPE; FRAILE, 2017), nenhum deles se dispôs a avaliar a eficiência da produção de trigo à luz dos custos de produção.

Além disso, nos últimos anos, diferentes culturas agrícolas têm sido investigadas em pesquisas cujo objetivo é o de analisar a eficiência produtiva. Entre esses estudos, destacam-se os de: Pachiel (2009); Salgado Júnior, Bonacim e Pacagnella Júnior (2009); Melo (2010); Macedo, Cípola e Ferreira (2010); Brunozi Júnior *et al.* (2012); Costa e Tavares (2014); Pereira (2014); Barbosa (2016); Donega (2016); Pereira e Silveira (2016) e Santos (2017). Essas pesquisas buscaram trazer melhorias e apresentar inovações para serem incorporadas aos processos produtivos, auxiliando na tomada de decisão por meio da utilização da metodologia DEA.

Portanto, o interesse deste estudo se justifica por abordar a produção de trigo das principais regiões produtoras do Brasil, haja vista que o país, apesar de ser um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos (CEPEA, 2017), não consegue atender à demanda interna por esse produto. Ademais, será uma contribuição que visa melhorar o resultado econômico e produtivo das atividades agrícolas das regiões retomencionadas.

Ainda, espera-se que este estudo proporcione contribuições no âmbito acadêmico, na estruturação científica do tema e na atualização de estudos dedicados ao agronegócio, complementando, por consequência, a literatura que aborda a gestão de custos. Outra contribuição desta pesquisa relaciona-se à mensuração da eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo, assim como demonstra a importância da implantação de ações, práticas e da utilização de ferramentas gerenciais como uma alternativa competitiva para as empresas rurais.

Os resultados gerados também contribuem para os formuladores de políticas públicas, uma vez que identificam quais regiões necessitam de mais investimentos, acesso ao crédito e serviços de extensão para viabilizar e ampliar a produção nacional de trigo, assim como impulsionar condições de competitividade para as regiões produtoras (PEREIRA, 2014; SANTOS, 2017).

Finalmente, a partir dos resultados gerados pelo uso da técnica DEA, será possível detectar as causas e os níveis de eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo, identificando-as em eficientes ou ineficientes, além de fornecer contribuições para o desenvolvimento e realização de novas pesquisas, ampliando a construção de conhecimento em relação à gestão dos custos atrelada à eficiência e voltado para a cadeia produtiva agropecuária nacional.

## 1.5 Delimitação do Estudo

Em conformidade com o objetivo delineado, este estudo se limita a analisar os custos de produção relacionados ao cultivo de trigo. Assim, o estudo irá verificar a eficiência técnica e de escala das principais regiões produtoras de trigo no Brasil.

Em se tratando do aspecto temporal, no que tange à delimitação do objeto de estudo, a análise dos custos de produção, bem como as variáveis de eficiência técnica e de escala, ficaram restritas ao período que compreende as safras 2010/11 a 2017/18, que é um intervalo de tempo considerado apropriado para aplicação da DEA. Segundo Kassai (2002), ao considerar vários anos, é possível analisar um grupo de dados de forma mais efetiva.

Quanto ao espaço, o estudo limita-se aos municípios de Cascavel (PR), Cruz Alta (RS), Londrina (PR), Passo Fundo (RS), e Ubiratã (PR), estando todos disponibilizados pela CONAB, pois são municípios que divulgam os dados sobre os custos de produção.

No que se refere à delimitação teórica, esta pesquisa está ancorada na Teoria de Produção e na Teoria dos Custos de Produção por realçar a importância dos fatores de produção e da gestão dos custos inseridos nos mais diversos processos produtivos, nesse caso, na produção de trigo.

No campo da delimitação conceitual, alguns termos abordados neste estudo necessitam ser balizados. Assim, entende-se eficiência como uma medida comparativa entre a relação ótima (indicador) dos insumos e os métodos necessários no processo produtivo com vistas ao desempenho no seu valor máximo (FARREL, 1957).

## 1.6 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução, que trouxe a contextualização do tema, o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa e as contribuições, as delimitações do estudo e, em seguida, a estrutura do trabalho, que se trata deste tópico.

O segundo capítulo contempla a fundamentação teórica, que apresenta as definições, características e o panorama do agronegócio e da triticultura, bem como o suporte teórico que embasam as discussões. Discute-se, também, a importância da gestão dos custos voltada ao agronegócio e, ainda, trata do conceito de eficiência e da Análise Envoltória de Dados (DEA).

No terceiro capítulo, são abordados os aspectos metodológicos empregados no desenvolvimento da pesquisa. No quarto capítulo, são apresentados os resultados, a análise e as discussões acerca das principais regiões produtoras de trigo no Brasil.

Por fim, no quinto capítulo, constam as considerações finais, apresentando as contribuições, limitações e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são apresentados, inicialmente, a contextualização da triticultura no cenário do agronegócio brasileiro e os aspectos da Teoria da Produção e dos Custos de Produção. Por fim, são discutidos a gestão de custos no agronegócio, os conceitos de eficiência e a Análise Envoltória de Dados (DEA).

### 2.1 O Agronegócio e a Triticultura

O agronegócio, ou *agribusiness*, como ficou conhecido mundialmente, é formado por um conjunto de operações da cadeia produtiva que está relacionado de maneira direta com a agricultura e com a pecuária (DUARTE *et al.*, 2011). Adicionalmente, o agronegócio pode ser entendido por meio da somatória de todas as atividades e operações envolvidas na cadeia produtiva durante a fabricação dos suprimentos agropecuários, nos processos de produção, nas operações de distribuição e comercialização de *commodities* (COOK; CHADDAD, 2000; KING *et al.*, 2010).

A Figura 1, a seguir, apresenta a cadeia de produção do setor de agronegócios e o sistema de comunicação que conecta as relações entre seus componentes.



A partir do esquema apresentado na Figura 1, Fermam (2009) elucida que o agronegócio compreende as atividades relacionadas às operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, como: (a) fornecimento de insumos, (b) produção agrícola, (c) agroindústria (processamento), (d) transporte e comercialização de produtos primários e processados. Para Zylbersztajn (2000, p. 5), esse sistema “engloba todas as instituições que afetam a coordenação dos estágios sucessivos do fluxo de produtos, tais como as instituições governamentais, mercados futuros e associações de comércio”.

No contexto histórico brasileiro, o segmento de agronegócio tem apresentado contribuições significativas para o desenvolvimento econômico, uma vez que, desde o período colonial, o país vem se beneficiando de sua capacidade produtiva em larga escala voltada para o mercado consumidor interno e para a exportação (SALGADO JÚNIOR; BONACIM;

PACAGNELLA JÚNIOR, 2009). Ao contrário de muitos outros segmentos da economia, esse setor desponta como um dos principais agentes econômicos do mercado mundial quanto à competitividade da sua produção baseada no desenvolvimento científico e tecnológico (SANTOS *et al.*, 2013).

Zanella e Lago (2016) ressaltam que o panorama do agronegócio brasileiro, nas últimas décadas, tem se mostrado competitivo, tanto no mercado interno quanto no externo, em decorrência das conquistas alcançadas, destacando-se, dentre elas: aumento significativo da área de plantio direto; implantação de tecnologias sustentáveis nas lavouras; e crescimento da produtividade. Com isso, conforme asseveram Carmo e Almeida (2016), o agronegócio nacional consegue proporcionar desenvolvimento econômico e social ao país por meio da geração de emprego e renda, proporcionando, assim, uma melhor qualidade de vida para os trabalhadores que atuam nesse setor.

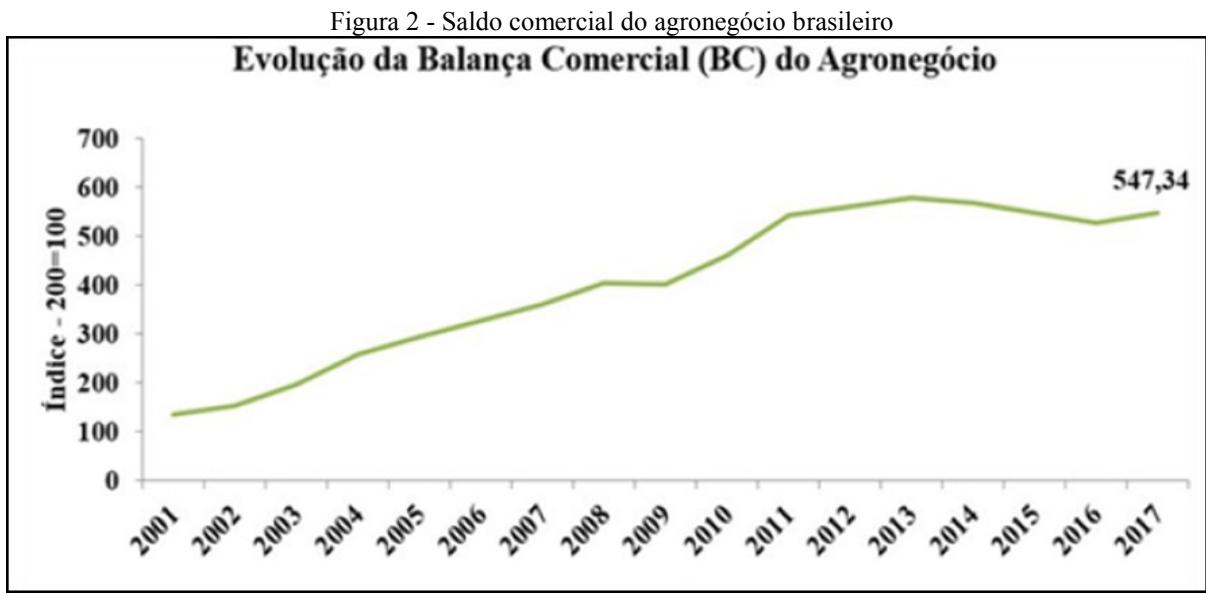
Além disso, o agronegócio brasileiro se destaca por ser moderno, eficiente e competitivo, ou seja, é um setor próspero, seguro e bastante representativo e lucrativo para a economia (MACOHON; SCARPIN; ZITTEI, 2015). Isso se justifica, principalmente, pelos avanços tecnológicos aplicados no setor agrícola, provocando ganhos de produtividade e maior eficiência nas unidades produtoras (LANNA; TEIXEIRA; REIS, 2011). Dentre os fatores que contribuíram para o crescimento das áreas de cultivo nas últimas décadas, no Brasil, estão o melhoramento genético e o desenvolvimento tecnológico e de infraestrutura logística em algumas regiões do país (OTTONELI; GRINGS; CERETTA, 2016).

A importância do agronegócio ultrapassa sua contribuição para além da geração de divisas e abastecimento do mercado interno, expandindo-se ao longo de toda a cadeia produtiva e movimentando as indústrias fornecedoras de insumos, de equipamentos e, principalmente, de alimentos (BRASIL, 2017). O agronegócio, portanto, tem se apresentado como o segmento que mais contribui para o PIB nacional, além de ocupar o primeiro lugar da balança comercial brasileira, uma vez que é o setor que mais exporta produtos e insumos para outros países (BREITENBACH, 2014).

De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o setor de agronegócio, no ano de 2017, gerou um *superávit* de 71 bilhões de reais para a economia, como também contribuiu para a geração de empregos diretos e indiretos, atingindo a ordem de 13,46 milhões de pessoas com ocupação em atividades agropecuárias (BRASIL, 2017). Esse crescimento na produção agrícola foi decorrente de um aumento de, aproximadamente, 30% nas exportações em relação ao ano anterior, o que foi suficiente para

atender com folga a demanda brasileira por alimentos e fibras, possibilitando que as exportações atingissem níveis recordes (CEPEA, 2017).

O acumulado dos últimos 17 anos (2001 a 2017) mostra como o saldo comercial do agronegócio brasileiro se desenvolveu nas primeiras décadas do Século XXI, conforme apresentado na Figura 2.



Fonte: CEPEA (2017).

Esse histórico demonstra que o saldo comercial que é calculado pelo total das receitas de exportações, diminuindo-se os gastos com importações em dólares, apresentou um aumento gradativo de cinco vezes o volume das exportações. Tal fato é capaz de demonstrar a representatividade que esse setor denota para a economia nacional, colocando o Brasil como um dos maiores fornecedores de produtos e insumos do mundo (CEPEA, 2017).

Dando sentido a essa afirmação, dentre as várias cadeias que engloba o agronegócio, o trigo está entre os alimentos mais consumidos no mundo. A cultura do trigo é uma importante atividade tanto na perspectiva econômica, como pelo seu aspecto social e, atualmente, representa 20% da área mundial cultivada, estando entre as três principais culturas de cereais em termos de quantidade produzida: milho, arroz e trigo, respectivamente (MORI *et al.*, 2016; BAUMGRATZ *et al.*, 2017; CONAB, 2017a). Conforme dados divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2018), a produção global de trigo na temporada 2017/18 foi de 758,73 milhões de toneladas.

Complementando, Corte e Waquill (2015) ressaltam que os hábitos alimentares dos brasileiros seguem uma tendência mundial por consumo de produtos industrializados,

demonstrando assim a necessidade por produtos derivados do trigo na forma de pão, massas alimentícias, biscoitos, bolos, entre outros (MIRANDA, 2013; FELIPE; FRAILE, 2017). Assim, o trigo consegue desempenhar uma função essencial, tanto na dieta humana, quanto na dieta animal, por reunir um elevado teor energético e ser fonte de carboidratos e proteínas (BAUMGRATZ *et al.*, 2017).

No que se refere à história da triticultura no Brasil, pode-se apontar que a produção, a industrialização e a comercialização do trigo e seus derivados, durante os anos de 1960 a 1990, foram objetos de intervencionismo por meio de políticas públicas, visando à regulação da cadeia produtiva e à autossuficiência por meio de subsídios cedidos aos produtores, ocorrendo, nesse caso, uma tentativa de disponibilizar uma completa estrutura competitiva ao setor (BRUM; HECK; LEMES, 2004; CALDARELLI, 2010; MELO; MORO, 2013; CORTE; WAQUILL, 2015). Entre esses elementos, podem-se citar a disponibilização de recursos financeiros mediante políticas públicas, a mão de obra especializada, os centros de pesquisas para a triticultura, entre outros (BRUM; HECK; LEMES, 2004).

Ainda vale frisar que a produção de trigo no Brasil, trazida pelos imigrantes europeus, foi pouco significativa nos quatro primeiros séculos (1500 a 1900) do país. Apesar de o Brasil ter sido pioneiro na exportação de trigo durante esse período, antes mesmo de países como os Estados Unidos e a Argentina, que são destaque na produção mundial desse cereal, a produção nacional nunca atingiu a autossuficiência (BRUM; HECK; LEMES, 2004; MEIRELLES; PINTO, 2006).

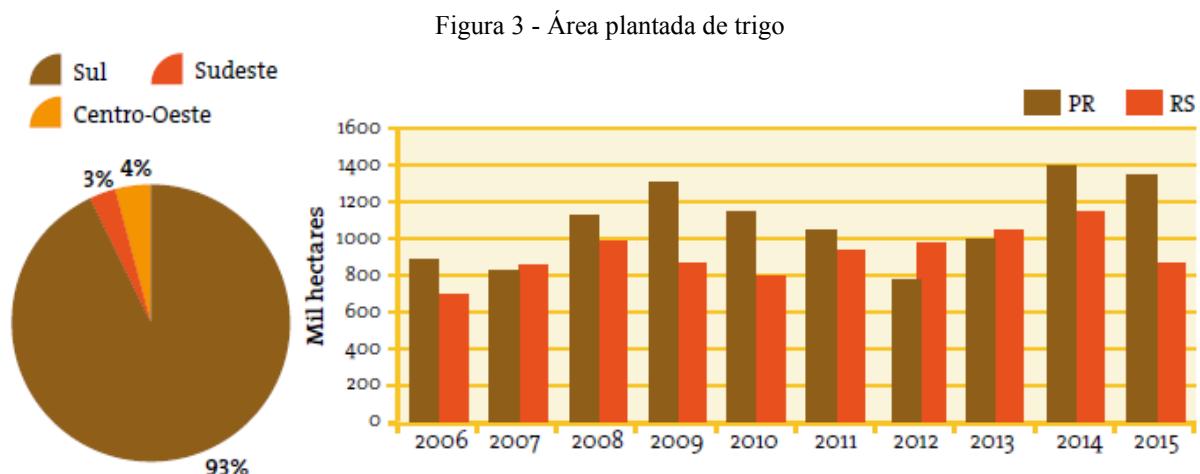
Assim, somente a partir da segunda metade do Século XX, em consequência da incorporação de tecnologias agrícolas na região Sul, apoiado, em particular, por altos investimentos custeados, sobretudo, pelo estado, o trigo voltou a ganhar força e representatividade em solo brasileiro, contudo ainda sem alcançar a tão desejada independência produtiva (BRUM; HECK; LEMES, 2004).

O cultivo de trigo é caracterizado por apresentar alta concentração espacial. Embora existam áreas de produção nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em sistema de sequeiro ou irrigado, a maior parte da produção acontece na região Sul, com notoriedade para os estados do Paraná e Rio Grande do Sul, os quais são responsáveis por mais de 90% da produção nacional (FARIAS *et al.*, 2016). Segundo Canziani e Guimarães (2009), o clima frio exigido pela cultura e o desenvolvimento de cultivares adaptada a essa região são capazes de explicar o predomínio da produção do trigo nessa faixa territorial do país.

Ademais, outros elementos como investimento em tecnologia e políticas públicas intervencionistas contribuíram para que, a partir da segunda metade do Século XX, o Sul do

país alcançasse lugar de destaque na produção nacional. Pontua-se ainda que o trigo é a principal cultura de inverno no Brasil, sendo cultivada em rotação com outras culturas, como soja e milho, sendo essa uma prática bastante comum entre as maiores regiões produtoras. Tradicionalmente concentrada na região Sul do país, a cultura tem se difundido desde a década de 80 para o Sudeste e Centro-Oeste em virtude do avanço tecnológico e pesquisas de manejo (CAMPONOGARA *et al.*, 2015; CONAB, 2017a).

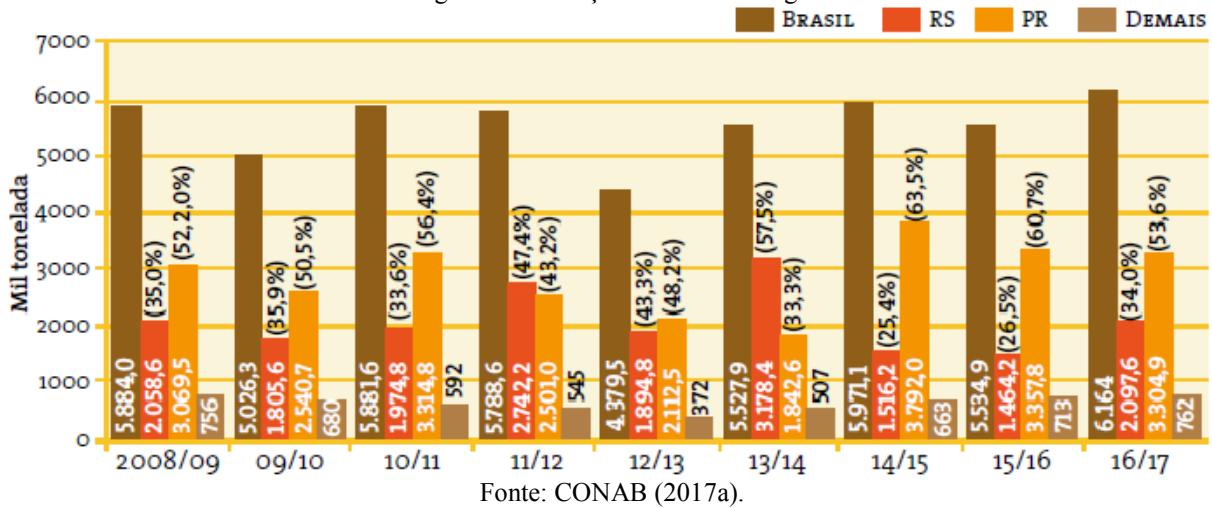
No Brasil, o plantio do trigo acontece nos meses de abril e maio nas regiões Sudeste e Centro-Oeste e, em maio, junho e julho, na região Sul. A colheita tem início na região Centro-Oeste a partir do mês de agosto e, entre setembro e outubro, nas regiões Sul e Sudeste (CONAB, 2017a). A seguir, a Figura 3 apresenta a distribuição das lavouras de trigo nas principais regiões produtoras.



Fonte: CONAB (2017a).

Outro aspecto relevante diz respeito à produção nacional de trigo que, conforme consta na Figura 4, tem apresentando variações nos últimos anos, ficando entre 5 e 6 milhões de toneladas produzidas. De acordo com os dados disponibilizados pela Embrapa Trigo, o consumo do mercado interno brasileiro é de, aproximadamente, 11 milhões de toneladas. Como pode ser percebido, esse número se mostra bem distante da realidade atual, sendo necessário, no mínimo, dobrar a produção para alcançar a autossuficiência (MORI *et al.*, 2016).

Figura 4 - Produção nacional de trigo



Fonte: CONAB (2017a).

A cultura do trigo é uma das mais cultiváveis ao redor do mundo, podendo ser produzida em uma grande diversidade de climas e solos. Entretanto, alguns aspectos são mais favoráveis ao seu desenvolvimento e proporcionam melhores resultados finais, enquanto outras situações causam enormes perdas do ponto de vista produtivo (CONAB, 2017a). Sobre essa questão, Pereira, Arêdes e Teixeira (2007, p. 592) apontam que:

A produção de *commodities* agrícolas, entre elas, o trigo, depende de fatores considerados instáveis, como os ambientais, oferta e demanda interna e externa, e, ainda, de fatores de comercialização, que exercem grande influência na variabilidade da produção e dos preços, impondo dificuldades no planejamento da produção e no abastecimento de mercados.

O volume de trigo transacionado no mercado internacional, entre 2009 e 2013, ficou em torno de 145 milhões de toneladas. Desse total, quatro países se destacam como sendo os maiores produtores no mundo, sendo eles: China, com 17,3%; Índia, com 12,8%; Estados Unidos, com 8,7%; e Rússia, com 7,3% (MORI *et al.*, 2016). Segundo Camponogara *et al.* (2015), China, Índia e EUA são os maiores produtores mundiais, com médias acima de 50 milhões de toneladas ao ano.

Em sentido oposto, o Brasil aparece entre as nações que mais importaram trigo durante os anos de 2009 a 2013. Sob essa perspectiva, entre os maiores importadores de toda a quantidade negociada ao redor do mundo, o Brasil ocupa a indesejada segunda posição, com 5%, ficando atrás apenas do Egito que, durante esse período, importou cerca de 7,2%, seguido pela Indonésia, com 4,6%, Argélia, com 4,5%, Japão, com 4,3%, e União Europeia, com 3,7% (MORI *et al.*, 2016). Ao considerar que a produção nacional de trigo representa algo em torno

de 50% do consumo total, entende-se a grande necessidade em suprir a escassez desse cereal por meio de importações de outros países (FRANCESCHI *et al.*, 2010).

De acordo com Luz (2014), ao analisar os parâmetros, receita, custo e lucro, entre os anos de 2008 a 2012, constatou-se que a triticultura brasileira apresenta o maior custo de produção por tonelada, sendo, em média, US\$ 268/ton, que é um valor totalmente superior ao padrão mundial, que é na ordem de US\$ 161/ton. Segundo Jesus Júnior, Sidonio e Moraes (2011), um importante fator limitador à produção de trigo no Brasil diz respeito à fertilidade do solo, o que eleva os custos de produção. Segundo esses autores, como a cultura de trigo requer grande quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo, há necessidade de elevado consumo de fertilizantes, sendo esse um dos principais custos de produção. Com custos mais altos, o trigo nacional perde competitividade em relação aos concorrentes mundiais.

Posto isso, a efetivação da cultura de trigo no Brasil precede algumas exigências: (i) mensurar sua relevância para o sistema de plantio inverno/verão; (ii) realizar o manejo do solo, dos insumos e do sistema de manuseio de forma sustentável; e (iii) calcular a lucratividade da cultura para a diluição dos custos fixos (BAUMGRATZ *et al.*, 2017). Desse modo, para que o produtor consiga viabilizar a produção de trigo frente às alternativas disponibilizadas pelo mercado, a potencialização da produção com vistas à eficiência produtiva e a diminuição de custos de produção torna-se fundamental.

Nesse sentido, devido à falta de competitividade e incentivos ao setor da triticultura no Brasil, fica clara a necessidade de acompanhar e administrar os custos de produção em todas as etapas do processo produtivo. Como consequência, as contribuições geradas por meio dessas informações poderão auxiliar os produtores rurais na sua gestão à medida que esses busquem maximizar o desempenho de suas atividades. No próximo tópico, serão apresentados os conceitos e aspectos que envolvem a Teoria da Produção e a Teoria dos Custos de Produção.

## 2.2 A Teoria da Produção e a Teoria dos Custos de Produção

A principal atividade que toda empresa desempenha é a produção, que é apoiada, basicamente, na utilização de fatores produtivos e de recursos (insumos) para geração de bens e serviços (MOCHÓN, 2007). A produção pode ser definida como “a criação de utilidades”, em que a utilidade significaria “a capacidade de um bem ou serviço de satisfazer uma necessidade humana” (FERGUSON, 1994, p. 144).

Outra definição de produção é encontrada na pesquisa de Vasconcellos (2011), a qual é conceituada como sendo o processo em que uma empresa transforma elementos produtivos adquiridos em forma de produtos ou serviços para a venda no mercado (VASCONCELLOS, 2011). Assim, a Teoria da Produção consiste na análise da combinação de vários insumos para atingir uma determinada quantidade de produção de forma economicamente eficiente (FERGUSON, 1994). O autor ainda acrescenta que é comum que todo processo de produção tenha necessidade de diferentes tipos de insumos, também denominados fatores de produção, tais como: equipamentos de capital (máquinas, ferramentas, meios de transporte, prédios) e matérias-primas naturais ou processadas.

Os fatores de produção são os recursos captados para gerar produtos e serviços a serem comercializados, sendo eles: a mão de obra, a terra e o capital, que são considerados os elementos de produção mais importantes (MANKINW, 2008). Em outras palavras, fatores de produção é tudo aquilo que a empresa utiliza em seu processo produtivo (PINDYCK; RUNBIFELD, 2010).

A Teoria da Produção tem, ao menos, duas funções importantes, uma vez que os seus princípios possibilitam conhecer os critérios para a verificação dos custos em razão dos bens produzidos. A primeira função da Teoria da Produção diz respeito à correlação efetiva entre produção e custos de produção. A segunda aplicabilidade concerne à sua utilização como suporte para análise dos fatores de produção que a firma necessita para realização do processo produtivo (GARÓFALO; CARVALHO, 1995; PINDYCK; RUNBIFELD, 2010).

Quanto à Teoria dos Custos de Produção, sua análise é fundamentada para os fatores de produção subjacentes à associação ótima de insumos com vistas a alcançar determinado nível de produto (GARÓFALO; CARVALHO, 1995). De acordo com Pindyck e Runbifeld (2010), a compreensão acerca da Teoria da Produção e da Teoria dos Custos de Produção auxilia no entendimento das características da oferta de mercado, bem como na administração econômica da empresa que busca a diminuição dos custos em relação à quantidade produzida.

É importante que se entenda que, em uma economia de mercado, as unidades econômicas têm, de um lado, os consumidores e, do outro, as firmas ou empresas responsáveis, respectivamente, por consumir e produzir bens e serviços (GARÓFALO; CARVALHO, 1995). Portanto, uma empresa detém controle sobre seus custos que, por sua vez, são sensibilizados, entre outros elementos, pelo seu nível de produção, bem como pela escolha dos fatores de produção (STIGLITZ; WALSH, 2003).

Partindo do pressuposto de que a empresa, na maioria das vezes, toma suas decisões de produção com vistas à diminuição dos custos, Pindyck e Runbifeld (2010) estabelecem três

passos para que a combinação ótima, isto é, as decisões que minimizam os custos de insumos aconteçam, como: (i) tecnologia de produção – a transformação dos insumos em produtos deve ocorrer de forma prática; (ii) restrições de custo – a empresa precisa mensurar o preço de todos os insumos utilizados; (iii) escolha de insumos – a empresa precisa determinar o quanto de cada insumo utilizar.

Por sua vez, Stiglitz e Walsh (2003) explicam que essa relação entre a quantidade de insumo utilizada no processo produtivo e o nível de produto é chamada função produção. Segundo Mochón (2007), a função produção busca mensurar a dependência entre a quantidade de fatores utilizados para produzir um bem, assim como determinar qual quantidade deverá ser produzida.

Wanderley (2002) acrescenta que a função produção é baseada em um modelo de transformação por meio do uso de recursos ou *inputs* para converter o estado atual de algo que resulta em um bem ou serviço. Já Azambuja (2002) define a função produção com uma descrição da relação técnica existente entre *inputs* e *outputs* em um processo de produção, durante um período de tempo, no qual a função produção determina o máximo de *output* decorrente de um determinado vetor de *input*.

Portanto, de forma resumida, pode-se afirmar que a função produção nada mais é do que a formulação matemática que descreve a fronteira de eficiência de modo a indicar a quantidade máxima de *outputs* que pode ser produzida, dada uma determinada quantidade de *inputs* (MARIANO, 2008).

Além disso, para Garófalo e Carvalho (1995), a função produção descreve a maneira de solucionar problemas técnicos da produção por meio da configuração de combinações de fatores que podem ser aplicados para o desenvolvimento do processo produtivo. Assim, observa-se que a função produção possibilita à empresa, sempre que necessário, optar pela forma mais eficiente possível de combinação de fatores para que, consequentemente, tenha ao seu alcance a maior quantidade produzida do produto (GARÓFALO; CARVALHO, 1995; STIGLITZ; WALSH, 2003).

Neste estudo, a escolha da Teoria da Produção e da Teoria dos Custos de Produção tem como objetivo proporcionar discussões capazes de sustentar a relação entre produção e custos de produção a partir da análise dos fatores de produção envolvidos em toda unidade produtiva existente (VASCONCELLOS, 2011). De acordo com Pindyck e Runbifeld (2010), o conhecimento da Teoria da Produção e da Teoria dos Custos de Produção é fundamental para a administração econômica da empresa, como também para entender o funcionamento e as características que envolvem o contexto econômico no qual está inserida.

Posto isso, com base nas teorias alicerces do presente estudo, entende-se que essas discussões constroem um reforço teórico capaz de contribuir para a análise do processo produtivo que inclui a produtividade e os fatores de produção aplicados no cultivo de trigo das principais regiões produtoras de trigo no Brasil. A seguir, discute-se a importância da gestão de custos inserida no panorama do agronegócio.

### 2.3 Gestão de Custos no Agronegócio

Diante da importância do agronegócio para a economia brasileira, torna-se pertinente a identificação da estrutura dos custos presentes nesse setor com vistas a alcançar níveis mais elevados de produtividade, como também gerenciar de maneira mais sólida a produção (CALLADO; CALLADO, 2009; XAVIER, 2018). Assim, ao considerarmos que a Contabilidade de Custos é essencial para o controle dos recursos e a gestão dos indicadores econômicos das empresas, de modo geral, as empresas que desempenham atividades agropecuárias também carecem de um sistema de gerenciamento de custos (BELINE *et al.*, 2009).

Callado e Callado (2009) entendem que a Contabilidade de Custos apresenta-se como uma ferramenta gerencial indispensável para a tomada de decisão, uma vez que é responsável por fornecer dados e informações úteis para a gestão das organizações. Ademais, a Contabilidade de Custos pode ser determinada como um procedimento organizado, tendo em vista que se utiliza de princípios da contabilidade geral para registrar os custos de operação de um empreendimento (BRUNI; FAMÁ, 2008).

Martins (2003) ressalta que a Contabilidade de Custos, nas últimas décadas, passou de mera auxiliar na avaliação de estoques e lucros globais para uma importante ferramenta de controle e de tomada de decisões. Assim, por meio da geração de informações de cunho estratégico, pela via da gestão de custos, assume aspecto primordial basear-se na utilização de informações seguras e adequadas (OLIVEIRA; PEREIRA, 2008).

Segundo Hansen e Mowen (2003), o cenário econômico estabeleceu a necessidade de uma reestruturação da gestão de custos. Sobre esse aspecto, Oliveira (2016) ressalta que o sistema de custos deve estar apoiado em um modelo conceitual consistente e eficiente direcionado para seu propósito e dotado de critérios que possibilitem garantir a produção de informações, bem como no suporte dirigido aos processos de gestão e controle.

Nessa perspectiva, em decorrência de um ambiente de negócios cada vez mais dinâmico e competitivo, a busca por informações de natureza gerencial capazes de auxiliar na

tomada de decisão torna-se essencial para toda unidade de negócio (SOUZA; HEINEN, 2012). Para que isso ocorra, o gerenciamento de custos deve abranger a melhoria contínua no âmbito dos processos produtivos e na redução dos custos de forma sistemática, tal como, exercer o monitoramento e controle, possibilitando aos gestores atuarem como facilitadores no processo de decisões estratégicas.

Para Raupp *et al.* (2012), a Gestão Estratégica de Custos (GEC) surgiu para suprir os espaços deixados pela contabilidade gerencial no que diz respeito à análise de custos. Sua principal finalidade é fornecer aos administradores informações úteis às decisões, envolvendo o quanto, quando e em que setor deverá ser investido ou sobre qual valor deve custar os produtos/serviços que a organização produz (MARTINS, 2003). De acordo com Shank e Govindarajan (1997), a grande atribuição dessa ferramenta gerencial está no fornecimento de informações para a tomada de decisão e na mensuração dos impactos das estratégias adotadas nos resultados.

Assim, a GEC é tida como uma ferramenta de gestão necessária pelo fato de viabilizar o entendimento e a análise de toda estrutura de custos da entidade com o propósito de apresentar informações relevantes para que os gestores consigam desenvolver estratégias e reduzir as incertezas no que diz respeito à tomada de decisão (BLEIL *et al.*, 2008). Conforme citado por Santos (2010), utilizar a gestão de custos no âmbito estratégico para gestão de negócios pode ser uma das mais acertadas decisões na sustentação de vantagem competitiva em uma organização.

Hofer *et al.* (2006) asseveraram como crucial um gestor rural deter o conhecimento técnico, a sensibilidade e a competência para o diagnóstico da empresa, pois essas competências determinam parte do seu sucesso na agropecuária. Para isso acontecer, Francischetti Júnior e Zanchet (2006) destacam a importância de o sistema de informações para propriedades rurais ser ajustado às variáveis do ambiente, às peculiaridades, como descentralização geográfica das operações internas, e às distâncias entre propriedades, entre outras.

Rossi e Neves (2004) ressaltam que somente a análise dos preços recebidos pelo produtor é incapaz de estabelecer a viabilidade da cultura, dado que os custos de produção também variam muito de uma safra para outra, sendo os insumos responsáveis por fatia relevante desses custos. Segundo Hofer *et al.* (2006), o empresário rural necessita encontrar formas para minimizar o custo da produção, evitar desperdícios e melhorar o planejamento e controle das atividades, facilitando a geração de dados precisos e relevantes em relação à situação real da produção e ao resultado das culturas de sua propriedade.

Assim, a partir do conhecimento dos custos de produção, o produtor terá condições de produzir com maior eficiência. Em complemento, Maher (2001, p.75) destaca que “os administradores precisam saber como os custos se comportam, para tomar decisões a respeito dos produtos, para planejar e para avaliar desempenho”. Dessa forma, a partir do entendimento de como se comportam os custos é que surge o conceito de gestão de custos (CUNHA *et al.*, 2011).

Oliveira (2016) investigou o comportamento dos custos nos estágios de produção da soja em relação aos fatores climáticos. A autora verificou que, nos primeiros estágios de produção da soja, o aumento da insolação e a redução da nebulosidade diária resultaram em uma diminuição dos custos de produção. Em relação à disponibilidade hídrica, o aumento de dias de precipitação e da precipitação total colaborou para o aumento dos custos de produção para algumas variáveis. Já em relação à temperatura, a pesquisa constatou que a elevação da temperatura máxima esteve associada à diminuição dos custos com sementes na etapa de semeadura.

Baumgratz *et al.* (2017) realizaram uma análise econômico-financeira da produção de trigo em propriedades do Rio Grande do Sul. Os resultados demonstraram que a margem operacional (MO) do plantio do trigo contribuiu com 80,9% dos custos operacionais da propriedade rural. De uma forma geral, os resultados financeiros das lavouras de trigo estudadas se apresentaram superiores ao desempenho na simulação em cenário sem cultivo do trigo. Ainda de acordo com os autores, os agricultores devem ficar atentos ao fator preço, que é determinante da viabilidade econômica do trigo, tendo em vista as oscilações de preço do cereal no mercado mundial.

Artuzo (2018) desenvolveu um estudo com o objetivo de identificar e analisar os elementos que compõem os custos de produção do milho e da soja. Dentre outros resultados, a pesquisa evidenciou que o conhecimento do comportamento dos custos das variáveis do custeio da lavoura é eficaz para o controle das atividades agrícolas, pois o produtor rural terá uma ferramenta capaz de apontar a melhor decisão no momento da aquisição de insumos.

Por sua vez, Pereira, Reis e Tavares (2018) investigaram o comportamento dos custos de produção do café arábica em relação à venda de máquinas agrícolas no estado de Minas Gerais. Os resultados apontaram que, embora o uso de máquinas agrícolas contribua para a melhoria do processo produtivo com foco na redução de custos, o que se constatou nessa pesquisa foram algumas oscilações nas variáveis analisadas acompanhadas pelo aumento do custo total de produção ao longo do período analisado.

Sendo assim, o levantamento do custo de produção agrícola é essencial para se conhecerem as principais tecnologias de produção em diferentes categorias, permitindo aos produtores analisar as suas ineficiências na alocação de recursos (CONAB, 2017a). Para este estudo, a apuração e determinação dos custos de produção são baseadas na metodologia desenvolvida pela CONAB, que visa conhecer e compreender o processo de elaboração de custo de produção, assim como possibilitar condições para estudos de políticas públicas e programas de governo, além de subsidiar discussões técnicas de melhoria do processo produtivo e de comercialização (CONAB, 2010).

No Quadro 1, apresentam-se os custos de produção do trigo para análise neste estudo, conforme a metodologia adotada pela CONAB.

Quadro 1 - Composição dos custos de produção do trigo segundo a CONAB

| Custo                   | Grupo               | Composição                                       | Sigla  |
|-------------------------|---------------------|--|--------|
| Custo Variável - CV (A) | Custeio da Lavoura  | Operação com animal                              | OPANI  |
|                         |                     | Operação com avião                               | OPAVI  |
|                         |                     | Operação com máquinas                            | OPAMAQ |
|                         |                     | Aluguel de máquinas                              | ALMAQ  |
|                         |                     | Aluguel de animais                               | ALANI  |
|                         |                     | Mão de obra                                      | MADO   |
|                         |                     | Administrador                                    | ADMI   |
|                         |                     | Sementes   | SEMS   |
|                         |                     | Fertilizantes                                    | FERTS  |
|                         |                     | Agrotóxicos                                      | AGRDX  |
|                         |                     | Água   | AGUA   |
|                         |                     | Receita  | RECEI  |
|                         |                     | Outros itens                                     | OUTRO  |
|                         | Outras Despesas     | Serviços diversos                                | SERVD  |
|                         |                     | Transporte externo                               | TRAEX  |
|                         |                     | Despesas administrativas                         | DEADM  |
|                         |                     | Despesas de armazenagem                          | DEARM  |
|                         | Custo Fixo - CF (B) | Seguro de produção                               | SEPROD |
|                         |                     | Seguro de crédito                                | SECRE  |
|                         |                     | Assistência técnica                              | ASTEC  |
|                         |                     | Contribuição Especial da Seguridade Social Rural | CESSR  |
|                         |                     | Despesas Financeiras                             | JUROS  |
|                         |                     | Depreciação de benfeitorias/instalações          | DEPEI  |
|                         |                     | Depreciação de máquinas                          | DEPMA  |
|                         | Outros Custos Fixos | Depreciação de implementos                       | DEPIM  |
|                         |                     | Manutenção periódica de benfeitorias/instalações | MPBI   |
|                         |                     | Encargos sociais                                 | ENCSO  |
|                         |                     | Seguro capital fixo                              | SEGCF  |
|                         | Renda de Fatores    | Remuneração esperada sobre capital fixo          | RESCF  |
|                         |                     | Terra própria                                    | TERRP  |
|                         |                     | Arrendamento                                     | ARREN  |
| Custo Total             |                     | (A+B)  | CT     |

Fonte: Elaborado a partir de dados da CONAB.

A partir do método de cálculo adotado pela CONAB, os custos de produção podem ser divididos em: (i) Custo variáveis, que são as variáveis de custeio com a lavoura, outras despesas e despesas financeiras; e (ii) Custo fixo, que é composto por depreciação, outros custos fixos e a renda de fatores. A soma desses custos (custos variáveis com os custos fixos) resultou no Custo Total (CT) da produção.

Rubino *et al.* (2008) defendem ser essencial o uso ordenado de uma abordagem sistemática (ou sistemática) voltada para o planejamento e controle dos custos, que pode ser realizada mediante o conhecimento da eficiência da alocação dos recursos produtivos. Assim, a compreensão acerca dos processos que envolvem a atividade produtiva (insumos, produtos) depende basicamente da capacidade de gestão e controle que os gestores necessitam ter no momento oportuno de tomar decisões importantes (KRUGER; MAZZIONI; BOETTCHER, 2009; RAINERI; ROJAS; GAMEIRO, 2015).

Nessa perspectiva, entende-se que o gerenciamento rural é útil para que o produtor consiga maximizar a rentabilidade de sua produção, uma vez que a gestão dos custos é indispensável ao passo que produtos agrícolas são *commodities* precificadas pelo mercado (DUARTE *et al.*, 2011; LUZ, 2014). Desse modo, mostra-se necessária a implementação de ferramentas de controle de custos no agronegócio, bem como o uso da contabilidade com vistas às melhorias de eficiência na produção. O tópico a seguir irá abordar os conceitos de eficiência e suas medidas de mensuração.

## 2.4 Eficiência e Análise Envoltória de Dados (DEA)

A acentuada concorrência no setor de agronegócios tem diminuído os resultados positivos dos produtores e, para ampliar a lucratividade do negócio, eles têm buscado por soluções que sejam capazes de aumentar a eficiência produtiva vinculada à redução dos custos de produção (COSTA; TAVARES, 2014). A eficiência pode ser conceituada como a relação ótima dos insumos e métodos necessários (*inputs*) no processo produtivo de modo a possibilitar a otimização dos produtos (*outputs*), ou seja, tem como finalidade alcançar o melhor desempenho dos recursos utilizados no sistema produtivo (PENÃ, 2008; COSTA; TAVARES, 2014).

Nesse sentido, a eficiência de um setor produtivo pode ser calculada por meio da comparação entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efetivamente aplicada em razão do volume de produtos gerados (GOMES; MANGABEIRA; MELLO,

2005). Portanto, entende-se eficiência a partir da relação produto e insumo que visa atingir o produto com máximo desempenho, conforme os recursos disponibilizados (PACHIEL, 2009).

Para Durand (1999), a capacidade da firma de procurar a maior eficiência produtiva levará à melhor utilização dos recursos, promovendo de forma sustentável a vantagem competitiva. Isso ocorre, pois, ao considerar os conceitos de eficiência sob a luz da Teoria da produção, o que se analisa é a quantidade física. Assim, o resultado da função produção, admitindo-se que a firma aplique da forma mais eficiente possível os fatores de produção, será a quantidade máxima de produção (MARIANO, 2008; SANTOS, 2017).

Segundo Santos (2017), o entendimento do conceito de eficiência passa também pela compreensão da firma e do objetivo que ela almeja alcançar, tendo em vista a relação da função produção e dos custos de produção que são estabelecidos pela transformação dos fatores utilizados e dos produtos gerados.

Assim, no Quadro 2 é apresentado as definições de diferentes autores sobre eficiência.

Quadro 2 - Definições de eficiência

| Autor (ano)                       | Definição de eficiência   |
|-----------------------------------|---|
| Farrell (1957)                    | Eficiência técnica é a capacidade da firma em obter o máximo de produto a quantidade de fatores disponível; e eficiência alocativa é descrita de acordo com uma determinada tecnologia e preços, a capacidade de a firma utilizar os fatores de produção em proporção ótima que minimize os custos de produção.                           |
| Lovell (1993)                     | Define eficiência organizacional a partir da definição de produtividade, afirmando que por eficiência de uma unidade produtiva entende-se a comparação entre os valores ótimo e observado dos dados de <i>input</i> e de <i>output</i> .  |
| Ferreira (1997)                   | A eficiência está associada à melhor forma de fazer a coisa certa.  |
| Tupy <i>et al.</i> (1998)         | A eficiência de uma firma (ou unidade produtiva) é medida pela comparação entre valores observados e valores ótimos de insumos e produtos.  |
| Sowlati (2001)                    | A eficiência analisa se uma firma opera suas atividades no seu tamanho ideal.   |
| Bezerra Filho (2002)              | O resultado obtido a partir da relação existente entre o volume de bens ou serviços produzidos ( <i>outputs</i> ) e o volume de recursos consumidos ( <i>inputs</i> ), visando alcançar o melhor desempenho na operacionalidade das ações de competência de uma organização.  |
| Dhungana, Nuthall e Nartea (2004) | A eficiência técnica é dividida em dois elementos: eficiência pura e a eficiência de escala. A eficiência denominada “pura” é atingida quando o efeito da escala é retirado da eficiência técnica. Portanto, para que uma firma seja eficiente em escala, a mesma deve alcançar o mesmo nível de eficiência técnica e de eficiência pura. |
| Alves (2007)                      | Eficiência se refere à menor relação custo/benefício possível para alcançar os objetivos propostos de maneira competente, segundo as normas preestabelecidas, podendo, assim, ser traduzida sob a forma de indicadores de produtividade das ações desenvolvidas.  |
| Oliveira (2007)                   | Fazer as coisas de maneira adequada; resolver problemas; salvaguardar os recursos aplicados; cumprir seu dever e reduzir custos.  |

Fonte: Adaptado de Barbosa (2016).

Os estudos sobre eficiência foram desenvolvidos, inicialmente, por Farrell (1957). Em sua pesquisa, foi proposto um modelo empírico capaz de determinar medidas de eficiência

não paramétricas para unidades produtivas que reunissem múltiplos insumos. Segundo ele, a eficiência pode ser decomposta em dois componentes, ou seja, eficiência técnica e alocativa (FARRELL, 1957; PACHIEL, 2009; MELO, 2010).

De acordo com Carlucci (2012), a eficiência técnica nada mais é que a capacidade máxima produtiva dada uma quantidade de insumos e, por sua vez, a eficiência alocativa refere-se à combinação ótima de insumos em razão do preço de cada um deles. Posteriormente, e a partir dos conceitos de eficiência definidos por Farrell (1957), Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram seus estudos, utilizando métodos matemáticos e aplicando programação linear, bem como construíram uma técnica capaz de determinar padrões de eficiência denominada *Data Envelopment Analysis* (DEA) ou Análise Envoltória de Dados. Neste estudo, será utilizada a sigla DEA por ser mais usual.

A DEA baseia-se na programação matemática para construir uma fronteira de produção (função delimitadora) linear por partes, envolvendo todos os dados com base em um conjunto de referência ou *benchmark* de forma que cada Unidade Tomadora de Decisão (DMU) seja avaliada (ALKHATHLAN; MALIK, 2010; WIDIARTO; EMROUNEJAD; ANASTASAKIS, 2017). Como afirmam Cooper, Seiford e Tone (2007), a metodologia DEA é utilizada para avaliar o desempenho de um conjunto de unidades que são denominadas *Decision Making Units* (DMUs) ou unidades tomadoras de decisão.

Melo (2010) ressalta que a DEA é uma técnica não paramétrica que, por meio de programação linear, cria fronteiras de produção de unidades produtivas as quais utilizam processos tecnológicos análogos para converter múltiplos insumos em múltiplos produtos. Segundo Gomes, Mangabeira e Mello (2005), “a mensuração dessas medidas de desempenho é feita via envelopamento dos dados, limitados por regiões (fronteiras) de máxima produção ou de mínimo custo”.

Para Vilela, Nagano e Merlo (2007), esse tipo de modelagem envolve uma grande variedade de técnicas econômétricas e de programação matemática e, por isso, consegue transformar um problema econômico de mensuração da eficiência, que tem como base uma função de produção, em um problema de otimização. Por esse motivo, a DEA pode ser utilizada como uma ferramenta de avaliação de eficiência gerencial devido à sua capacidade de detalhamento de informações (ZHU, 2000).

Dessa maneira, a metodologia DEA está diretamente ligada ao conceito de eficiência, pois, por meio da relação das variáveis *input* e *output*, é possível identificar as DMUs consideradas eficientes e, por meio delas, determinar uma fronteira eficiente (CARLUCCI, 2012). Assim, a DEA tem como objetivo avaliar o desempenho comparativo de unidades

(DMUs), transformando um aglomerado de entradas (*inputs*) a um conjunto de resultados (*outputs*) com base em determinados pressupostos (ZHONG; ZHAO, 2016).

Dando sentido a essas afirmações, Borenstein *et al.* (2003) ratificam que a principal finalidade da DEA está em identificar quais DMUs apresentam maior eficiência produtiva e, também, quais não apresentam essa eficiência, sendo necessário realizar ajustes em seus *inputs* e *outputs* com vistas a atingir a eficiência. Assim sendo, analisar os níveis eficiência por meio da DEA possibilita estabelecer a eficiência de unidades produtivas nas fronteiras de produção (KASSAI, 2002; CARLUCCI, 2012).

Existem dois modelos clássicos que são utilizados para a execução da DEA, sendo eles o de CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) e o de BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984). O modelo CCR, também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale* – retornos constantes de escala), foi pioneiro em DEA. Esse modelo pressupõe retorno constante de escala e projeta os pontos por meio de uma expansão radial na produção (ANJOS, 2005; OLIVEIRA, 2012). Para Macedo, Steffanello e Oliveira (2007), “este modelo avalia a eficiência total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes”.

Já o modelo BCC, ou VRS (*Variable Returns to Scale*), desconsidera a influência de retornos constantes de escala e admite que o conjunto de possibilidades de produção apresente retornos variáveis de escala em diferentes segmentos da superfície envoltória construída (OLIVEIRA, 2012). Por esse motivo, o modelo determina uma fronteira capaz de considerar retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente de tal modo que um acréscimo no *input* poderá possibilitar um acréscimo no *output*, não necessariamente proporcional, ou até mesmo um decréscimo (PIRES, 2017).

Desse modo, o que diferencia essas duas concepções de análise está ligado aos elementos da eficiência produtiva, que são: eficiência de escala e eficiência técnica. Assim, o modelo CCR é utilizado para calcular o indicador de eficiência de escala, enquanto que o modelo BCC calcula a eficiência técnica “pura” (ANJOS, 2005).

Nesse sentido, a DEA tem sido amplamente utilizada como ferramenta de avaliação da eficiência em diversos setores da economia, como foi possível verificar sua aplicação no setor bancário (EMROUZNEJAD; ANOUZE, 2010; CARVALHO *et al.*, 2017), no setor financeiro (ZHU, 2000; BISSO *et al.*, 2016; WIDIARTO; EMROUZNEJAD; ANASTASAKIS, 2017), no setor petrolífero (ZHONG; ZHAO, 2016) e no setor esportivo (ROBOREDO; AIZEMBERG; MEZA, 2015; GALVÃO; DORNELAS, 2017).

Por conseguinte, pesquisas de desempenho de unidades agrárias por meio da utilização de métodos com base em análise não paramétrica, como, por exemplo, a aplicação do DEA, vêm se tornando cada vez mais frequentes (STEFFANELLO; MACEDO; ALYRIO, 2009). Para Gomes, Mangabeira e Mello (2005), avaliar a eficiência de unidades produtivas tem relevância tanto para fins estratégicos, quanto para o planejamento e para a tomada de decisão, pois é possível verificar o intervalo entre a produção atual e a capacidade de melhoria, tal como determinar onde é mais adequado investir.

De acordo com Donega (2016), pesquisas com o objetivo de avaliar a eficiência vêm sendo realizadas desde a década de 1970, período no qual a metodologia DEA tornou-se conhecida. Essa situação pode ser confirmada no panorama do agronegócio em razão de a ampla quantidade de estudos direcionados à agricultura empregar a DEA como forma de mensuração da eficiência relativa e na geração de informações que auxiliam nas decisões dos produtores, além de indicar fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas que permeiam o processo produtivo (GOMES, 2008).

Considerando a utilização da DEA como ferramenta de avaliação da eficiência inserida no contexto do agronegócio, podem-se citar alguns trabalhos que utilizaram o método, tais como os de: Dhungana, Nuthall e Nartea, (2004); Gomes, Mangabeira e Mello (2005); Alemdar e Ören (2006); Lima, Reis e Alves (2012); Souza e Teixeira (2013); Costa e Tavares (2014); Mardani e Salarpour (2015); Barbosa (2016); Elhami, Akram e Khanadi (2016) e Santos (2017).

Utilizando a abordagem DEA, Dhungana, Nuthall e Nartea (2004) realizaram uma análise de eficiência em 76 fazendas nepalesas produtoras de arroz. Os resultados do estudo confirmaram a incidência de ineficiência econômica, alocativa, técnica e de escala. As variações significativas no nível de ineficiência da amostra analisada foram condicionadas às oscilações nas "intensidades de uso" de recursos como sementes, mão-de-obra, fertilizantes e máquinas.

Por sua vez, Alemdar e Ören (2006) avaliaram a eficiência técnica de uma amostra de 75 fazendas de trigo localizadas na região sudeste da Anatólia, na Turquia. Os cálculos obtidos por meio do uso da metodologia DEA revelaram que, em média, a eficiência técnica para os pressupostos de retornos constantes e variáveis (CRS e VRS) foram de 72% e 79%, respectivamente. Com base nesses resultados, os autores concluíram que os produtores poderiam aumentar sua produção em 21% e 27%, respectivamente, por meio de um melhor uso dos recursos disponíveis.

Já Mohammad *et al.* (2011), a fim de investigarem a relação entre as estimativas de eficiência e o tamanho da propriedade, examinaram pequenos produtores que cultivam trigo e arroz em Punjab, no Paquistão. Os resultados estimados apontaram que existem ganhos de melhoria de eficiência técnica para todas as categorias de fazendas que produzem trigo e arroz. Os achados ainda indicaram que as fazendas analisadas operam em nível de eficiência total e, em média, os produtores poderiam reduzir a quantidade de insumos em 25% sem prejuízo da produção e empregando a mesma tecnologia no processo produtivo.

Costa e Tavares (2014), por outro lado, realizaram uma pesquisa, utilizando a DEA para analisar a eficiência dos custos de produção do milho safra entre os anos de 1999 a 2008. Os autores relacionaram nove variáveis de entradas (*inputs*) e uma variável de saída (*output*), tendo sido possível identificar as fronteiras de eficiência das variáveis de custo analisadas na pesquisa. Com relação ao modelo DEA aplicado para medir a eficiência produtiva, o mesmo se mostrou viável na mensuração como medida de eficiência da produção do milho safra ao relacionar seus custos de produção. Desse modo, evidenciou que o ano de 2003 apresentou a maior eficiência, mas, em contrapartida, a DMU pior classificada foi em 2005.

Muazu *et al.* (2014) avaliaram a eficiência de 40 fazendas produtoras de arroz na Malásia. Os resultados da análise da DEA apontaram que, dos 40 lotes analisados, 15 eram eficientes, sendo as 25 fazendas restantes ineficientes na utilização de insumos agrícolas. Em termos percentuais, 44% das fazendas ineficientes apresentaram eficiência técnica superior a 90%, com 56% das fazendas ineficientes com escore de eficiência inferior a 90%. Assim, os autores entenderam que, devido à maior parte das fazendas estudadas serem tecnicamente ineficientes, existe oportunidade para melhorar o desempenho com a adoção de práticas utilizadas nas fazendas eficientes.

Já Mardani e Salarpour (2015) utilizaram a DEA para determinar a eficiência técnica e de escala de 23 províncias produtoras de batata no Irã. As variáveis de custos analisadas no estudo foram: mão de obra, fertilizantes, pesticidas, aluguel de terras, irrigação e combustível/aluguel de máquinas. Os resultados revelaram que a eficiência técnica média foi de 90% e a eficiência de escala, de 97%. Os autores concluíram que as unidades ineficientes podem usar novas tecnologias de irrigação e promover a aplicação direcionada de fertilizantes, pesticidas e máquinas para aumentar a eficiência da produção de batata.

Barbosa (2016), por sua vez, verificou a eficiência técnica e de escala de 11 municípios brasileiros produtores de soja. Os resultados mostraram que a eficiência de escala média foi de 92%, e a eficiência técnica, de 95%. Isso significa que as cidades (DMUs) ineficientes poderiam, em média, diminuir 5% dos insumos que, ainda assim, teriam como

retorno a mesma produção. Além disso, as referidas cidades, para operarem em escala ótima de produção, deveriam aumentar a quantidade produzida de soja em 8%.

Donega (2016) avaliou a eficiência técnica da produção de soja, milho e trigo do estado do Paraná entre as safras de 1998 a 2015. Para tanto, o autor utilizou cinco variáveis de *inputs* (operações com máquinas, insumos, pós-colheita, despesas financeiras e renda de fatores) e a variável preço final da saca como *output*. Os resultados da pesquisa revelaram que 55,56% da safra da soja, 38,89% da safra do trigo e 37,5% da safra do milho do período analisado apresentaram problemas de eficiência nos custos de produção.

Elhami, Akram e Khanali (2016) avaliaram o consumo de energia e os impactos ambientais da produção de grão-de-bico de 110 agricultores do Irã. Os autores utilizaram o modelo DEA para determinar unidades eficientes e ineficientes no consumo de energia e técnicas de algoritmo genético MOGA para otimizar o consumo de energia e a redução dos impactos ambientais decorrentes do processo produtivo. Os resultados da pesquisa indicaram a possibilidade de redução do consumo de energia e dos impactos ambientais no cultivo de grão-de-bico. De modo geral, os cálculos obtidos a partir da técnica MOGA apontou um desempenho superior se comparado à abordagem DEA.

Já Pereira e Silveira (2016) desenvolveram um estudo exploratório, pelo qual analisaram a Produtividade Total dos Fatores (PTF), medindo a eficiência produtiva de 17 usinas de cana-de-açúcar da região Centro Sul do Brasil por meio do modelo da DEA. Os principais resultados encontrados mostraram que a maioria das usinas da amostra não apresentou ganho de produtividade ao longo do tempo, uma vez que essas empresas têm certa resistência em adotar inovações tecnológicas capazes de melhorar o processo produtivo.

Raheli *et al.* (2017) analisaram a eficiência de produção e investigaram os determinantes que ocasionam os níveis de ineficiência do cultivo de tomate a partir de uma amostra de 150 produtores da região de Marand, província situada no leste do Azerbaijão. Para tanto, aplicou-se a DEA para analisar a eficiência técnica e de escala e, no segundo momento, um modelo de regressão fracionária (FRM). Os resultados apontaram valores médios de eficiência técnica, eficiência técnica pura e eficiência de escala em 92%, 99% e 92%, respectivamente. Além disso, por meio da regressão (FRM), os resultados indicaram que a idade dos agricultores, o nível de educação e o tamanho da propriedade afetaram de forma positiva a eficiência da produção de tomates.

De modo geral, comprehende-se que os produtores rurais buscam aumentar a eficiência do processo produtivo vinculada a uma melhor utilização dos recursos aplicados na lavoura. Assim, conclui-se que o uso da DEA aplicada às atividades agrícolas permite não só medir a

eficiência sob a ótica dos custos de produção, como também conhecer quais custos podem ser reduzidos, além de apontar a direção para o aumento da eficiência produtiva por meio da identificação de unidades produtoras (DMUs) eficientes e ineficientes (DONEGA, 2016).

Nesse sentido, a partir dos estudos apresentados nesta seção, é possível vislumbrar a dimensão e a importância da metodologia DEA inserida na agricultura e em outros setores da economia. No âmbito da triticultura nacional, percebe-se que estudos empíricos que visam analisar a eficiência (técnica e de escala) relacionada à aplicação da DEA, o que é proposto neste estudo, são escassos. Já no contexto internacional, existem inúmeras pesquisas que empregam medidas de eficiência tanto no cultivo de trigo, quanto em outros tipos de culturas agrícolas, conforme evidenciado nas pesquisas de Pereira (2014), Barbosa (2016) e Santos (2017).

Portanto, embora existam diversos trabalhos que discorrem acerca da produção de trigo no Brasil, ainda não foi investigada a relação entre a eficiência técnica e a de escala das principais regiões produtoras em relação aos custos de produção com a utilização da modelagem DEA. Finalmente, com base nas proposições apresentadas nesta seção do estudo, encerra-se a parte teórica desta dissertação. No capítulo seguinte, são apresentados os aspectos metodológicos que norteiam esta pesquisa.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os aspectos metodológicos utilizados para a construção da presente pesquisa. Inicialmente, segue a classificação tipológica da pesquisa e, na sequência, são apresentados o modelo de análise de eficiência na DEA, a definição da população e a amostra de DMUs, a seleção das variáveis e, por último, o suporte computacional utilizado.

#### 3.1 Classificação Tipológica da Pesquisa

A presente pesquisa se classifica como descritiva em relação aos objetivos. Isso porque, de acordo com Andrade (2007, p. 114), nesse tipo de pesquisa, “os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles”.

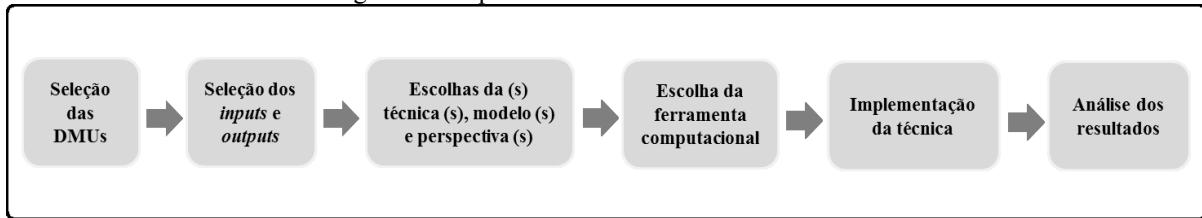
Quanto aos procedimentos técnicos, foi realizada a pesquisa documental. Para a análise documental, os dados secundários foram extraídos dos relatórios de custos de produção da CONAB relativos ao cultivo de trigo. Conforme Martins e Teóphilo (2009), a pesquisa documental é importante, pois permite trazer informações complementares, proporcionando, juntamente com as demais informações coletadas, uma compreensão mais abrangente sobre os achados do estudo.

Em relação à abordagem do problema, o presente estudo se classifica como quantitativo. De acordo com Richardson (2011), esse tipo de estudo é caracterizado pelo uso de quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no seu tratamento por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas.

#### 3.2 Método de Análise de Eficiência na DEA

A utilização da metodologia DEA para analisar a eficiência é composta por várias etapas. O método para analisar a eficiência de uma DMU é sempre o mesmo, independentemente da técnica escolhida, sendo a determinação da técnica, do modelo e da perspectiva somente uma das várias etapas desse método (MARIANO, 2008). A Figura 5 sintetiza a sequência das etapas.

Figura 5 - Etapas do método de cálculo da eficiência



Fonte: MARIANO (2008).

As etapas necessárias para a estruturação da metodologia DEA se basearam nos estudos de Dyson *et al.* (2001), Kassai (2002), Mariano (2008), Pereira (2014) e Santos (2017). De acordo com Mariano (2008), após todas as escolhas e observações realizadas nas etapas anteriores da implementação da técnica, deve-se proceder a uma análise minuciosa dos resultados obtidos.

Nesse aspecto, é importante ressaltar que a presente pesquisa tem como objetivo investigar a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil sob a ótica dos custos de produção apoiada na Teorias da Produção e na Teoria dos Custos de Produção com o fim de conhecer os possíveis determinantes da ineficiência, bem como apontar a direção para o aumento da eficiência das DMUs analisadas. Nos tópicos a seguir, é apresentado o conjunto de procedimentos e conceitos que envolvem a técnica DEA e que são necessários para se alcançar o objetivo geral proposto neste trabalho.

### 3.3 Definição da População e Seleção da Amostra de DMUs

Para aplicação do modelo DEA, é indispensável que as unidades escolhidas para análise apresentem características homogêneas. A esse respeito, para determinar se um conjunto de DMUs é homogêneo, devem ser considerados os seguintes aspectos: (i) se produzem produtos ou ofertem serviços similares de forma que possuam *inputs* e *outputs* semelhantes; (ii) se possuem o mesmo conjunto de recursos disponíveis; e (iii) se atuam dentro de condições ambientais semelhantes, ou seja, sob a mesma condição mercadológica (DYSON *et al.*, 2001; KASSAI, 2002; MARIANO, 2008).

Neste trabalho, a escolha das DMUs ocorreu de acordo com a disponibilidade de dados junto à CONAB e também conforme as presunções de homogeneidade citada por Dyson *et al.* (2001), segundo as quais o conjunto de DMUs utilizadas deve possuir os mesmos *inputs* e *outputs* trabalhando em um mesmo ambiente de mercado e que sejam passíveis de comparação. Quanto ao critério de seleção da amostra, pode-se afirmar que essa apresenta

característica não probabilística do tipo intencional, uma vez que a relação das regiões produtoras de trigo para análise da eficiência a partir dos custos de produção encontra-se disponível no sítio eletrônico da CONAB.

Assim sendo, para atingir o objetivo pretendido neste estudo, foi feita uma investigação das variáveis de custo de produção das principais regiões produtoras de trigo no Brasil. Contudo, apurou-se que a CONAB faz o levantamento apenas das regiões produtoras localizadas nos estados brasileiros de Mato Grosso do Sul (MS), Distrito Federal (DF), Minas Gerais (MG), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS).

Outro ponto a ser destacado refere-se à limitação da base de dados de custos, visto que, nesta pesquisa, foram consideradas como população de DMUs somente as regiões produtoras de trigo localizadas nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul por apresentarem as variáveis de custos necessárias (fertilizantes, agrotóxicos, assistência técnica, transporte externo e encargos sociais) para o cálculo das medidas de eficiência. Dessa forma, considera-se uma limitação do estudo o fato de não ter sido possível averiguar todas as regiões listadas nos relatórios de custos de produção de trigo da CONAB em virtude da não disponibilidade de dados suficientes, não sendo exequível, portanto, a realização dos testes necessários para a presente pesquisa.

De acordo com a CONAB, as plantações de trigo no Brasil estão concentradas com maior expressividade na região Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina), que é responsável por mais de 90% da produção nacional do grão em consequência das condições climáticas favoráveis à cultura. Nesse cenário, destacam-se os estados do Paraná e Rio Grande do Sul que, na safra 2016/17, foram responsáveis por 52,1% e 35,3%, respectivamente, de toda a produção do país (CONAB, 2017a).

Diante de tais fatos, as regiões produtoras localizadas nos municípios de São Gotardo (MG), Laguna Carapã (MS) e Brasília (DF) foram descartadas da amostra por apresentarem dados de custos incompletos durante o período de análise (2010-2017), conforme delimitado neste estudo. Outro aspecto que chama a atenção se centra no fato de Santa Catarina fazer parte da região tritícola Sul e não existirem informações de custos de produção nos relatórios consultados da CONAB. Por esse motivo, as regiões produtoras localizadas naquele estado também não fizeram parte da população/amostra da pesquisa.

Durante a coleta dos dados, as cidades foram organizadas, considerando-se os sistemas de plantio empregados nos processos de semeadura das lavouras de trigo. O levantamento dessas informações ocorreu por meio da planilha de custos de produção disponibilizada pela CONAB, sendo as cidades (regiões) classificadas conforme três sistemas de plantio: o Plantio

Direto, Plantio Direto (Alta Tecnologia) e Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) que serão indicados neste trabalho pelas siglas PD, PDAT, e PDAUI, respectivamente. Portanto, a amostra desta pesquisa é formada pelas cinco regiões referência na produção de trigo no Brasil: Cascavel/PR, Cruz Alta/RS, Londrina/PR, Passo Fundo/RS e Ubiratã/PR.

No que tange à delimitação do período para análise, o espaço temporal, nesta pesquisa, compreendeu os anos de 2010 a 2017, abrangendo as safras 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17 e 2017/18. A escolha desse período de safras se deve à disponibilidade dos dados de forma a contemplar as condições necessárias à aplicabilidade da técnica não paramétrica DEA que, segundo Kassai (2002), ao considerar vários anos ou períodos, é possível analisar um conjunto mais completo de dados.

Contudo vale ressaltar que há recomendações da literatura para que o período de tempo não seja muito extenso, pois isso pode tornar desconhecidas alterações importantes ocorridas em seu interior (SANTOS 2017). Nessa perspectiva, a DEA também presume que as DMUs analisadas estejam trabalhando com uma mesma tecnologia, de tal forma que a utilização de períodos muito extensos pode proporcionar distorções nos resultados (GOLANY; ROLL, 1989; SANTOS, 2017). A amostra das principais regiões produtoras de trigo em relação ao sistema de plantio e safra é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 - Amostra das regiões produtoras de trigo

| Região |                  | Sistema de Plantio                          | Safras              |
|--------|------------------|---|---------------------|
| 1      | Cascavel - PR    | Plantio Direto                              | 2010/11             |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2011/12 e 2012/13   |
|        |                  | Plantio Direto                              | 2013/14             |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2014/15 até 2017/18 |
| 2      | Londrina - PR    | Plantio Direto                              | 2010/11             |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2011/12 até 2017/18 |
| 3      | Ubiratã - PR     | Plantio Direto                              | 2010/11             |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2011/12 e 2012/13   |
|        |                  | Plantio Direto                              | 2013/14             |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2014/15 até 2017/18 |
| 4      | Cruz Alta - RS   | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) | 2010/11 e 2011/12   |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2012/13 até 2017/18 |
| 5      | Passo Fundo - RS | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) | 2010/11 e 2011/12   |
|        |                  | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            | 2012/13 até 2017/18 |

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Para a utilização da DEA, é fundamental definir as unidades que serão analisadas (DMU), as variáveis de *inputs* e *outputs*, bem como o modelo que será aplicado. Na literatura relacionada aos modelos DEA, uma firma é tratada como uma DMU, posto que esses modelos conseguem determinar uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (KASSAI, 2002).

Ao avaliar a eficiência relativa das DMUs, é possível verificar a existência de produtores eficientes pela sua capacidade de produção da mesma maneira que os produtores ineficientes seriam identificados pela distância entre o nível de produção da unidade ineficiente em relação à fronteira de eficiência existente (MELO, 2010). Sendo assim, nesta pesquisa, cada região produtora de trigo, safra e seu respectivo sistema de plantio foram considerados como sendo uma DMU, sendo o objetivo o de identificar as regiões e safras mais eficientes da amostra analisada. No Quadro 4, apresenta-se a classificação das DMUs utilizadas nesta pesquisa.

Quadro 4 - Classificação das DMUs

| DMU    | Região           | Safra   | Sistema de Plantio                          |
|--------|------------------|---------|---|
| DMU 1  | Ubiratã - PR     | 2010/11 | Plantio Direto                              |
| DMU 2  | Ubiratã - PR     | 2011/12 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 3  | Ubiratã - PR     | 2012/13 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 4  | Ubiratã - PR     | 2013/14 | Plantio Direto                              |
| DMU 5  | Ubiratã - PR     | 2014/15 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 6  | Ubiratã - PR     | 2015/16 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 7  | Ubiratã - PR     | 2016/17 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 8  | Ubiratã - PR     | 2017/18 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 9  | Londrina - PR    | 2010/11 | Plantio Direto                              |
| DMU 10 | Londrina - PR    | 2011/12 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 11 | Londrina - PR    | 2012/13 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 12 | Londrina - PR    | 2013/14 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 13 | Londrina - PR    | 2014/15 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 14 | Londrina - PR    | 2015/16 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 15 | Londrina - PR    | 2016/17 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 16 | Londrina - PR    | 2017/18 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 17 | Cascavel - PR    | 2010/11 | Plantio Direto                              |
| DMU 18 | Cascavel - PR    | 2011/12 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 19 | Cascavel - PR    | 2012/13 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 20 | Cascavel - PR    | 2013/14 | Plantio Direto                              |
| DMU 21 | Cascavel - PR    | 2014/15 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 22 | Cascavel - PR    | 2015/16 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 23 | Cascavel - PR    | 2016/17 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 24 | Cascavel - PR    | 2017/18 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 25 | Passo Fundo - RS | 2010/11 | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) |
| DMU 26 | Passo Fundo - RS | 2011/12 | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) |
| DMU 27 | Passo Fundo - RS | 2012/13 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 28 | Passo Fundo - RS | 2013/14 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 29 | Passo Fundo - RS | 2014/15 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 30 | Passo Fundo - RS | 2015/16 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 31 | Passo Fundo - RS | 2016/17 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 32 | Passo Fundo - RS | 2017/18 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 33 | Cruz Alta - RS   | 2010/11 | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) |
| DMU 34 | Cruz Alta - RS   | 2011/12 | Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos) |
| DMU 35 | Cruz Alta - RS   | 2012/13 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 36 | Cruz Alta - RS   | 2013/14 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 37 | Cruz Alta - RS   | 2014/15 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 38 | Cruz Alta - RS   | 2015/16 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 39 | Cruz Alta - RS   | 2016/17 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |
| DMU 40 | Cruz Alta - RS   | 2017/18 | Plantio Direto (Alta Tecnologia)            |

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Como pode ser observado no Quadro 4, a amostra foi composta por 40 DMUs, ou seja, unidades produtivas que realizam atividades semelhantes (produção de trigo) com *inputs* e *outputs* iguais para todas as unidades verificadas. Adicionalmente, é necessário salientar algumas regras acerca da quantidade de DMUs utilizadas nos modelos DEA. Para tanto, a literatura sugere que o número de DMUs seja, pelo menos, o dobro ou o triplo do número de variáveis utilizadas na aplicação do modelo (GOMES; MANGABEIRA, 2004; SENRA *et al.*, 2007).

O procedimento de coleta de dados foi executado no período correspondente a janeiro e fevereiro de 2018 por meio do portal de internet da CONAB ([www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)), na seção de produtos e serviços, subseção de custos de produção. Nesse processo, a CONAB realiza o levantamento dos custos de produção de trigo e organiza os dados em séries históricas, disponibilizando-os por região produtora desde 1998.

Após o levantamento dos custos de produção, foram calculadas as medidas de eficiência por meio da modelagem DEA, comparando-se os sistemas de plantio empregado nas lavouras de trigo. Isso se fez necessário a fim de avaliar as eficiências alcançadas pelas regiões que aplicaram técnicas de manejo diferentes entre si durante o período que compreendeu as safras avaliadas nesta pesquisa.

Desse modo, foi realizada a avaliação geral das regiões produtoras de trigo no Brasil, considerando os três sistemas de plantio aplicados nas lavouras de trigo, quais sejam, o sistema PD, PDAT e PDAUI e, de forma separada, o sistema PDAT por ter sido o mais recorrente dentre as regiões estudadas. Tal procedimento foi realizado com o objetivo de verificar se o escore de eficiência alcançado por essas regiões é influenciado por aspectos ligados a tecnologias introduzidas no processo de produção.

### 3.4 Seleção das Variáveis e Definição da Relação de Produção

Um dos pressupostos mais discutidos na aplicação do modelo DEA é a seleção das variáveis. A escolha de *inputs* e *outputs* corretos é importante para execução, interpretação e aceitação dos resultados (BOWLIN, 1998). Sendo assim, a seleção das variáveis de insumos e produtos deve ser criteriosa para que não ocorra erro na estimação do DEA, como aumentar a eficiência média das variáveis utilizadas ou maximizar a capacidade de ordenação do modelo (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005; SENRA *et al.*, 2007).

A esse respeito, a escolha das variáveis deve ser conduzida a partir de uma grande lista de possíveis variáveis, visto que essa listagem inicial permitirá um maior conhecimento sobre

as unidades avaliadas (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005). Segundo Santos (2017), por mais que reitere que o conjunto de DMUs seja homogêneo, a DEA também exige a identificação de diferença entre as unidades. Assim, uma relação maior de variáveis consegue auxiliar no reconhecimento de diferenças existentes entre as DMUs.

Não obstante, tendo sido definidas todas as variáveis associadas com o desempenho da DMU, é preciso chegar a um conjunto limitado que inclua apenas as variáveis de insumo e produto mais importantes capazes de diferenciar as DMUs avaliadas, assim como atender aos objetivos da análise (GOLANY; ROLL, 1989; SANTOS, 2017). Diante disso, Mariano (2008) destaca a necessidade de se seguirem alguns procedimentos para a seleção das variáveis estudadas.

Após a escolha dos *inputs* e *outputs*, esses devem ser testados por meio de técnicas estatísticas básicas para analisar se essa escolha ocorreu de forma adequada (MARIANO, 2008). Consoante a isso, Kassai (2002) afirma que, entre as ferramentas quantitativas de seleção de variáveis, a análise de correlação se coloca entre as mais citadas e utilizadas na literatura, pois o seu uso permite estudar a relação das variáveis sob duas perspectivas. A primeira é a causalidade, que examina o comportamento de uma variável em relação à outra; já a segunda é a redundância, que torna possível identificar variáveis com comportamento semelhante, pois se referem ao mesmo aspecto de desempenho.

Recomenda-se, também, a atenção a algumas regras e conceitos que envolvem a aplicação dos modelos DEA, como a relação entre o tamanho da amostra e a quantidade de variáveis incluídas, pois, se o número de DMUs selecionadas for inferior à quantidade de variáveis introduzidas, pode ocorrer um aumento dos indicadores de desempenho, ocasionando um número elevado de DMUs eficientes, podendo, consequentemente, ocorrer uma distorção dos resultados (GOMES; MANGABEIRA, 2004; ANJOS, 2005). Golany e Roll (1989) sustentam que o número de DMUs deveria ser pelo menos duas vezes o número de entradas (*inputs*) e de saída (*output*) consideradas. Por sua vez, Montoneri *et al.* (2012) asseveram que o número de DMUs deve ser de duas ou até quatro vezes o número de variáveis.

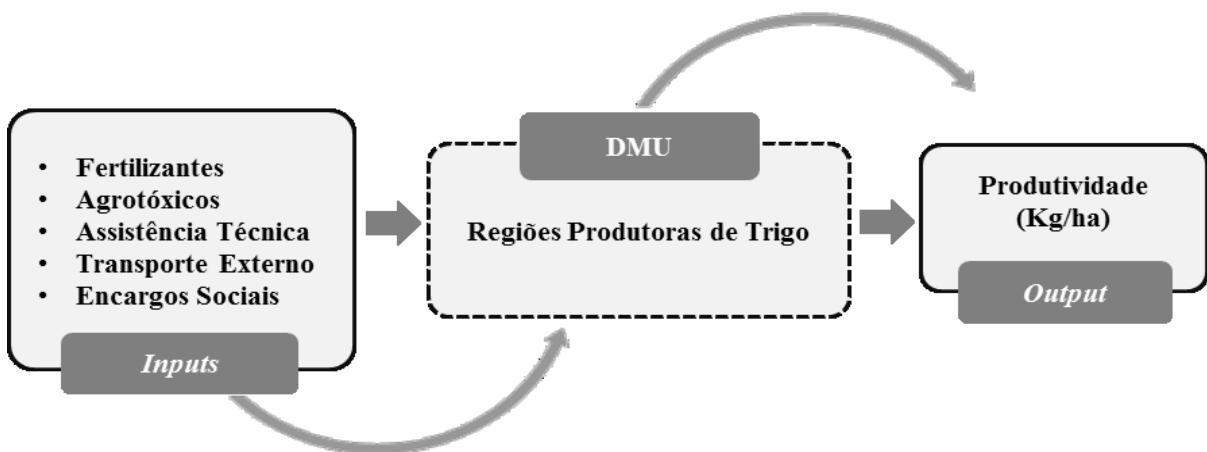
Para obter as medidas de eficiência, foi utilizado, a princípio, o modelo DEA-CCR, pois, segundo Macedo, Steffanello e Oliveira (2007), esse modelo se apresenta mais discriminante em relação às DMUs eficientes e não eficientes. Em seguida, os escores de eficiência técnica foram calculados, utilizando-se o modelo DEA-BCC. Para Banker, Charnes e Cooper (1984), esse modelo possibilita decompor a eficiência técnica em eficiência de escala e “pura eficiência”. Assim, é necessário calcular a eficiência, tanto pelo modelo CCR,

quanto pelo modelo BCC, para determinar a medida de eficiência de escala com o intuito de examinar se as ineficiências técnicas são relacionadas a fatores do processo de produção ou ao tamanho da escala de produção.

Outro aspecto importante para a elaboração da DEA refere-se à orientação do modelo. A DEA apresenta três opções em relação à orientação dos modelos: por *inputs*, por *outputs* e a mista, sendo as duas primeiras as mais aplicadas aos modelos clássicos. Segundo Melo (2010), “a orientação a *inputs*, quando se deseja minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção e a orientação a *outputs*, quando o objetivo é aumentar os produtos, sem alterar os recursos utilizados”. Por sua vez, Brunetta (2014) ressalta que a terceira opção é a orientação insumo-produto (mista), que consiste na união dos dois modelos anteriores, ou seja, aumentar ao máximo a produção, reduzindo ao mínimo possível o consumo de insumos.

Neste trabalho, optou-se por utilizar a orientação por *inputs* com o objetivo de reduzir o uso dos insumos utilizados na produção de trigo sem alterar a produtividade atual atingida pelas regiões analisadas. Adicionalmente, no que concerne ao processo produtivo de uma DMU, são apresentadas, na Figura 6, de modo sintético, as relações de produção que envolvem as variáveis *inputs* e *outputs* na produção de trigo, as quais serão utilizados neste estudo.

Figura 6 - Processo de produção da DMU



Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2014).

Ao observar a Figura 6, verifica-se que as entradas são as variáveis de custo de produção (insumos) mensuradas em unidade monetária (R\$). A saída é a produtividade média em Kg/ha obtida por região selecionada na amostra. Com relação aos custos de produção do

trigo (*inputs*), a listagem inicial de variáveis das regiões produtoras no Brasil está detalhada no Quadro 1, seção 2.3, sobre gestão de custos.

Considerando que o banco de dados da CONAB disponibiliza os valores de custos de produção de trigo em bases monetárias levantadas em diferentes períodos de tempo, todas as variáveis utilizadas no estudo foram deflacionadas a valores correntes de outubro/2018. A atualização foi realizada com a utilização do índice geral de preços (IGP-DI) calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Para seleção das variáveis que melhor representam a eficiência em relação aos custos de produção de trigo das principais regiões produtoras do Brasil, buscou-se construir uma base de dados com informações de natureza similar ao que é apresentado pela literatura relacionada aos custos da produção da agricultura. Segundo Donega (2016), essa etapa é considerada uma das mais importantes na execução da metodologia, pois as variáveis selecionadas devem ser as que melhor representam os custos dos agricultores ao ponto que uma escolha inapropriada pode gerar resultados que não condizem com a realidade.

Nesse sentido, a partir do levantamento junto à base de dados da CONAB, foram descartadas as variáveis que apresentaram valores zerados durante todo o período de análise para todas as DMUs, conforme classificadas na pesquisa, tendo sido verificada a existência de variáveis de custos zeradas para mais de 10 entre as 40 DMUs avaliadas, optando-se, então, pela sua exclusão da amostra. Ainda assim, restaram doze variáveis de insumos (*inputs*) e, assim, procedeu-se à análise de correlação de *Pearson* (Apêndice A) para verificar o grau de relacionamento entre as mesmas quanto ao fator produtividade (*output*). Depois de aplicado o teste de correlação, restaram cinco variáveis que foram selecionadas como *inputs* e uma variável, como *output*, para comporem o modelo inicial da DEA.

Desse modo, para uma melhor visualização, é apresentada, no Quadro 5, a matriz de variáveis que servirá de base para os cálculos e análise dos resultados desta pesquisa, conforme a unidade de medida, sigla e classificação.

Quadro 5 - Classificação das variáveis de insumos

| Variáveis           | Unidade  | Sigla | Classificação |
|---------------------|----------|-------|---------------|
| Fertilizantes       | (R\$/ha) | FERTS | <i>Input</i>  |
| Agrotóxicos         | (R\$/ha) | AGRTX | <i>Input</i>  |
| Assistência Técnica | (R\$/ha) | ASTEC | <i>Input</i>  |
| Transporte Externo  | (R\$/ha) | TRAEX | <i>Input</i>  |
| Encargos Sociais    | (R\$/ha) | ENCSO | <i>Input</i>  |
| Produtividade       | (Kg/ha)  | TRIGO | <i>Output</i> |

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

A variável de custo Fertilizante (FERTS) é a substância fornecedora de um ou mais nutrientes aplicados ao solo ou nas plantas que atua diretamente para o aumento da produtividade. O Agrotóxico (AGRTX) representa os custos com produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, cuja principal finalidade é alterar a composição da flora ou da fauna com o intuito de preservá-las da ação prejudicial de seres vivos nocivos. A variável de custo Assistência Técnica (ASTEC) atua na promoção de processos de gestão, produção, beneficiamento e comercialização das atividades e dos serviços agropecuários e não agropecuários.

Já a variável Transporte Externo (TRAEX) refere-se aos gastos com frete pago até a unidade armazenadora no limite correspondente a 50 km da propriedade. Na variável de custo Encargo Social (ENCS), são computados os gastos de acordo com o tipo de contratação com base na Lei nº 5.889, de 08/06/1973, regulamentada pelo Decreto nº 73.626, de 12/12/1974. Por fim, a variável Produtividade (*output*) se refere à quantidade média produzida de trigo nas regiões avaliadas neste estudo.

A opção em utilizar a correlação de *Pearson* para escolha das variáveis partiu da necessidade de verificar se há relação significativa entre a variável produtividade (*output*) e os demais insumos (*inputs*). Montoneri *et al.* (2012), Silva *et al.* (2014) e Souza, Scatena e Kehrig (2015) utilizaram a análise de correlação para classificação das variáveis, considerando-a como adequada para aplicação da metodologia DEA. Segundo Santos (2017), um dos requisitos do modelo DEA é que os *inputs* sejam positivamente correlacionados com os *outputs*. A seguir, a Tabela 1 contempla os resultados do coeficiente de correlação das variáveis selecionadas na pesquisa.

Tabela 1 - Coeficiente de correlação entre os *inputs* e *output*

|               | <b>FERTS</b> | <b>AGRTX</b> | <b>ASTEC</b> | <b>TRAEX</b> | <b>ENCSO</b> |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Produtividade | 0,391        | 0,516        | 0,549        | 0,665        | 0,714        |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme exibe a Tabela 1, o resultado do teste de correlação demonstrou a existência de relação significativa entre todas as variáveis selecionadas como *inputs* e o *output*, sendo uma aplicação adequada para o modelo DEA, conforme discutido anteriormente.

### 3.5 Ferramenta Computacional

Para aplicação de um modelo DEA, um componente primordial para suportar a realização do procedimento é a ferramenta computacional. Atualmente, existem vários *softwares* especializados para o cálculo da eficiência, como DEA Solver, DEA *Frontier*, *Frontier Analyst*, SIAD, SIEN, *OnFront*, DEA-SEAD, DEAP, SEM, dentre outros. De acordo com Mariano (2008), após a inserção da técnica e o alcance dos resultados, é necessário proceder a uma análise minuciosa dos resultados obtidos à luz de todas as escolhas realizadas nas etapas anteriores.

Para aplicação da metodologia DEA, foi selecionado o *software* SIAD v.3.0 - Sistema Integrado de Apoio à Decisão (MEZA *et al.*, 2005) para os cálculos necessários ao desenvolvimento do trabalho.

Complementando, utilizou-se o MS Excel (*Office 365*) e o *software* *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, v.17.0) para tabulação dos dados coletados e cálculos de medidas estatísticas descritivas, respectivamente, com o propósito de verificar os valores máximos, mínimos, médias, desvio padrão e coeficiente de variação. O próximo capítulo apresenta os resultados alcançados a partir da análise dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, com base na revisão teórica apresentada e nos procedimentos metodológicos realizados, apresentam-se os resultados empíricos da presente pesquisa. Assim, têm-se a análise descritiva das variáveis de custos investigadas, os resultados acerca da eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo e as respectivas análises.

### 4.1 Análise Descritiva dos Dados

Como demonstrado no tópico anterior, a amostra desta pesquisa é composta pelas regiões referência na produção de trigo no Brasil, conforme disponibilizado pela CONAB em um banco de dados com informações referentes aos custos de produção. Assim sendo, foram selecionados cinco elementos que integram o custo de produção do trigo (Fertilizantes, Agrotóxicos, Assistência Técnica, Transporte Externo e Encargos Sociais), como variáveis de entrada (*inputs*), e a produtividade média de trigo, como a variável de saída (*output*).

Destaca-se que as estatísticas descritivas (valores de mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação - CV), evidenciadas por variável conforme Tabela 2, foram calculadas considerando todas as observações do período em análise.

Assim, verifica-se, por meio da Tabela 2, que, dentre as variáveis de insumo selecionadas, FERTS e AGRTX são as que apresentaram as maiores médias para o período em análise, demonstrando serem os elementos de maior custo utilizados na produção de trigo. Tais resultados vão ao encontro do estudo realizado pela CONAB (2017a), que havia identificado a representatividade desses dois insumos na estrutura que compõem o custo variável de trigo. A variável FERTS teve as médias de custos mais altas entre as regiões estudadas, variando entre R\$ 499,81 (Londrina) e R\$ 661,96 (Cascavel). Por sua vez, a variável de custo AGRTX apresentou a maior média de custo na região de Cruz Alta com R\$ 343,86, e o menor custo médio R\$ 235,18 foi apresentado por Londrina.

Em sua pesquisa, Mendes Neto (2015) analisou as principais regiões produtoras de soja no Brasil e constatou que os gastos com fertilizantes (19%) e agrotóxicos (18%) estão entre os elementos de custos que mais participam na composição total dos custos de produção da soja. Esses resultados podem ser explicados, em parte, pelas cotações internacionais que interferem na formação dos preços das *commodities* agrícolas e dos custos de produção cotados em dólar e dependentes da matéria-prima da indústria petroquímica, como é o caso dos fertilizantes e defensivos agrícolas utilizados na produção de trigo.

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis de custos por região - safras 2010/11 a 2017/18

| Variável                           | Sigla  | Regiões     | Mínimo | Máximo | Média  | Desvio Padrão | C.V   |
|------------------------------------|--------|-------------|--------|--------|--------|---------------|-------|
| Fertilizantes<br>(R\$/ha)          | FERTS  | Cascavel    | 556,60 | 757,70 | 661,96 | 60,71         | 9,17  |
|                                    |        | Cruz Alta   | 457,20 | 687,00 | 606,74 | 77,76         | 12,82 |
|                                    |        | Londrina    | 397,60 | 626,80 | 499,81 | 66,14         | 13,23 |
|                                    |        | Passo Fundo | 475,00 | 747,70 | 642,95 | 85,80         | 13,34 |
|                                    |        | Ubiratã     | 403,40 | 718,90 | 557,96 | 115,78        | 20,75 |
|                                    | Geral  |             | 457,96 | 707,62 | 593,89 | 81,24         | 13,86 |
| Agrotóxicos<br>(R\$/ha)            | AGRTX  | Cascavel    | 193,70 | 295,60 | 253,41 | 41,30         | 16,30 |
|                                    |        | Cruz Alta   | 210,80 | 446,20 | 343,86 | 94,02         | 27,34 |
|                                    |        | Londrina    | 193,50 | 282,70 | 235,18 | 30,91         | 13,14 |
|                                    |        | Passo Fundo | 217,00 | 301,40 | 249,14 | 30,85         | 12,38 |
|                                    |        | Ubiratã     | 198,80 | 304,70 | 261,87 | 44,31         | 16,92 |
|                                    | Geral  |             | 202,76 | 326,12 | 268,69 | 48,28         | 17,22 |
| Assistência<br>Técnica<br>(R\$/ha) | ASTEC  | Cascavel    | 26,90  | 35,00  | 30,70  | 2,73          | 8,90  |
|                                    |        | Cruz Alta   | 2,50   | 35,10  | 26,98  | 10,55         | 39,10 |
|                                    |        | Londrina    | 15,20  | 16,10  | 15,53  | 0,40          | 2,60  |
|                                    |        | Passo Fundo | 2,50   | 33,60  | 26,96  | 10,26         | 38,04 |
|                                    |        | Ubiratã     | 20,50  | 32,80  | 26,66  | 3,93          | 14,73 |
|                                    | Geral  |             | 13,52  | 30,52  | 25,37  | 5,57          | 20,67 |
| Transporte<br>Externo<br>(R\$/ha)  | TRAEX  | Cascavel    | 61,40  | 113,80 | 90,18  | 22,65         | 25,11 |
|                                    |        | Cruz Alta   | 32,00  | 70,70  | 52,64  | 15,67         | 29,78 |
|                                    |        | Londrina    | 63,30  | 90,30  | 75,20  | 8,51          | 11,32 |
|                                    |        | Passo Fundo | 36,50  | 70,70  | 54,74  | 14,60         | 26,67 |
|                                    |        | Ubiratã     | 31,70  | 80,40  | 55,08  | 19,44         | 35,31 |
|                                    | Geral  |             | 44,98  | 85,18  | 65,57  | 16,17         | 25,64 |
| Encargos<br>Sociais<br>(R\$/ha)    | ENCISO | Cascavel    | 0,20   | 97,20  | 58,93  | 41,71         | 70,79 |
|                                    |        | Cruz Alta   | 33,70  | 105,60 | 69,11  | 33,84         | 48,97 |
|                                    |        | Londrina    | 0,20   | 82,50  | 31,08  | 25,82         | 83,07 |
|                                    |        | Passo Fundo | 33,70  | 83,40  | 64,93  | 21,50         | 33,11 |
|                                    |        | Ubiratã     | 0,20   | 73,00  | 35,56  | 24,19         | 68,03 |
|                                    | Geral  |             | 13,60  | 88,34  | 51,92  | 29,41         | 60,79 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação às variáveis de insumo ASTEC, TRAEX e ENCSO, essas apresentaram as menores médias de custo entre todas as variáveis analisadas. Nas regiões de Londrina, Cascavel e Ubatã, os coeficientes de variação da variável ASTEC atingiram os menores valores, sendo nesta ordem, 2,60%, 8,90% e 14,73%, respectivamente. Esses resultados indicam uma menor variação dos dados em relação às médias alcançadas se comparadas essas regiões às outras duas, ambas localizadas no Rio Grande do Sul.

Adicionalmente, outro ponto que merece destaque se refere à região de Londrina, pois, ao observar as variáveis que integram a matriz de custos utilizada nesta análise (Tabela 2), com exceção da variável TRAEX, que se refere a gastos com transporte externo, essa foi a região que apresentou os menores valores de custos dentre todas as regiões comparadas. Uma possível explicação para Londrina ter alcançado gastos menores, se comparada às demais regiões, pode estar associada ao preço pago na compra de insumos (CONAB, 2018c).

De acordo com estudo realizado pela CONAB, a inflação registrada na região de Londrina, entre os anos de 2010 e 2012, ficaram abaixo do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), o que provocou uma diminuição dos gastos com custeio da lavoura, custo variável e custo operacional. Os únicos itens que apresentaram crescimento acima da inflação foram os gastos com mão de obra e com sementes (CONAB, 2018c).

Após apresentar a análise descritiva das variáveis por região, a Tabela 3 evidencia a estatística descritiva das variáveis de insumos em relação ao sistema de plantio.

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis de insumos por sistema de plantio - safras 2010/11 a 2017/18

| Sistema de Plantio                                     | Insumos | Mínimo | Máximo | Média  | Desvio Padrão | C.V   |
|--|---------|--------|--------|--------|---------------|-------|
| Plantio Direto<br>(PD)                                 | FERTS   | 397,60 | 674,30 | 550,70 | 130,52        | 23,70 |
|  | AGRTX   | 207,30 | 290,00 | 250,93 | 41,54         | 16,55 |
|  | ASTEC   | 15,50  | 31,60  | 26,20  | 6,52          | 24,90 |
|  | TRAEX   | 36,00  | 85,90  | 60,38  | 18,85         | 31,23 |
|  | ENCSO   | 24,10  | 73,00  | 46,58  | 17,43         | 37,42 |
| Geral  |         | 136,10 | 230,96 | 186,96 | 42,97         | 26,76 |
| Plantio Direto (Alta Tecnologia)<br>(PDAT)             | FERTS   | 403,40 | 757,70 | 607,30 | 94,07         | 15,49 |
|  | AGRTX   | 193,50 | 446,20 | 272,46 | 70,19         | 25,76 |
|  | ASTEC   | 2,50   | 35,10  | 26,57  | 9,04          | 34,02 |
|  | TRAEX   | 31,70  | 113,80 | 70,33  | 20,58         | 29,26 |
|  | ENCSO   | 0,20   | 105,60 | 54,27  | 36,37         | 67,02 |
| Geral  |         | 126,26 | 291,68 | 206,19 | 46,05         | 34,31 |
| Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)<br>(PDAUI) | FERTS   | 457,20 | 622,70 | 543,88 | 90,10         | 16,57 |
|  | AGRTX   | 228,30 | 301,40 | 258,33 | 33,50         | 12,97 |
|  | ASTEC   | 24,30  | 27,40  | 26,00  | 1,42          | 5,45  |
|  | TRAEX   | 32,00  | 38,40  | 35,13  | 2,87          | 8,17  |
|  | ENCSO   | 33,70  | 34,30  | 34,00  | 0,35          | 1,02  |
| Geral  |         | 155,10 | 204,84 | 179,47 | 25,65         | 8,83  |

Fonte: Dados da pesquisa.

Analizando a Tabela 3, verifica-se que as médias das variáveis FERTS, AGRTX, ASTEC, TRAEX e ENCSO para o sistema de plantio direto com alta tecnologia (PDAT) são as mais elevadas, seguido pelo plantio direto (PD) e plantio direto com alta utilização de insumos (PDAUI). O sistema de plantio PDAT foi o mais utilizado durante o período de análise (Quadro 3, seção 3.3), o que pode ter influenciado para que essas variáveis de insumos atingissem os maiores valores médios.

Ainda de acordo com a Tabela 3, percebe-se, ao analisar o sistema PDAUI, que abrangeu as regiões de Cruz Alta e Passo Fundo, apenas nas safras 2010/11 e 2011/12, que esse apresentou a menor média geral entre as variáveis selecionadas. Os insumos aplicados nas lavouras de trigo pelo sistema PDAUI variaram entre R\$ 34,00, para ENCSO, e R\$ 543,88 para a variável FERTS. Os coeficientes de variação para essas variáveis também demonstram valores relativamente baixos, entre 1,02% e 16,57%, respectivamente,

identificando que as regiões que adotam esse tipo de sistema de plantio para produzir trigo apresentam menores variações em relação às médias verificadas, se comparado aos sistemas PD e PDAT. No tópico a seguir, são apresentadas as análises e resultados a partir do modelo de avaliação proposto.

#### 4.2 Análise das Medidas de Eficiência Técnica e de Escala pela Avaliação Geral

Os escores que detalham os níveis de eficiência de cada DMU, das principais regiões produtoras de trigo entre as safras de 2010/11 a 2017/18, encontram-se na Tabela 4. Esses valores foram calculados para a fronteira padrão, fronteira invertida, fronteira composta e fronteira composta normalizada, avaliando-se de forma geral, isto é, tendo como base os três sistemas de plantio (PD, PDAT e PDAUI) aplicados no processo produtivo de trigo das regiões (DMUs) em estudo.

Os resultados de eficiência (Tabela 4) mostram que, considerando o modelo orientado a *inputs* com retornos constantes (DEA-CCR) das 40 unidades (DMUs) analisadas, 8 foram identificadas como eficientes (eficiência igual a 1), correspondendo a 20% da amostra. Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que as regiões localizadas no estado do Paraná (Ubiratã e Londrina) foram as que apresentaram a maior incidência de escores eficientes dentre as 8 DMUs consideradas (7/8, ou seja, 88%). O destaque ficou para a Londrina com escores obtidos de 100% (DMU9, DMU10, DMU15 e DMU16).

Uma justificativa que pode ser considerada a partir desses resultados é o fato de essa região ser caracterizada pelo uso de alta tecnologia em seu processo produtivo (Quadro 3, seção 3.3). Segundo Sznitowski (2017), a inserção de tecnologias para correção de solos, o uso de materiais genéticos adaptados e suporte tecnológico em máquinas, equipamentos e demais insumos permitem aumentar o potencial produtivo do campo, conforme já evidenciado em outras culturas.

Um exemplo disso é fornecido por Fehr *et al.* (2012), os quais analisaram as variáveis de custo do café arábica nas principais regiões produtoras do Brasil, no período de 2003 a 2009. A análise de resultados do estudo constatou que a cidade de Luís Eduardo Magalhães, por aplicar em seu processo produtivo um elevado padrão tecnológico e uso de irrigação em 100% dos seus cafezais, conseguiu alcançar o maior nível de produtividade, ou seja, em torno de 50 sacas de café por *hectare*, que é um valor bem superior em relação às médias obtidas pelas demais cidades analisadas.

Por sua vez, Lanna e Reis (2012) avaliaram a influência da mecanização na viabilidade econômico-financeira de cafeicultores do sul do estado de Minas Gerais. Os principais resultados indicaram que a utilização da mecanização na colheita do café, quando possível, tem impacto expressivo na composição dos custos de produção. Ademais, a alternativa B (sistema de produção mecanizado) apresentou menor custo e melhor resultado dos indicadores econômico-financeiros em comparação com a alternativa A (sistema de produção manual).

Tabela 4 - Eficiência das regiões produtoras de trigo nas safras - 2010/11 a 2017/18

| <b>Ranking</b> | <b>DMU</b> | <b>Fronteira</b>    |                  |                 |                             |      |
|----------------|------------|---------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|------|
|                |            | <b>Padrão</b>       | <b>Invertida</b> | <b>Composta</b> | <b>Composta Normalizada</b> |      |
| 1              | DMU10      | Londrina 2011/12    | 1,00             | 0,67            | 0,67                        | 1,00 |
| 2              | DMU9       | Londrina 2010/11    | 1,00             | 0,70            | 0,65                        | 0,98 |
| 3              | DMU2       | Ubiratã 2011/12     | 1,00             | 0,71            | 0,65                        | 0,97 |
| 4              | DMU11      | Londrina 2012/13    | 0,96             | 0,73            | 0,61                        | 0,92 |
| 5              | DMU15      | Londrina 2016/17    | 1,00             | 0,80            | 0,60                        | 0,90 |
| 6              | DMU27      | Passo Fundo 2012/13 | 1,00             | 0,82            | 0,59                        | 0,88 |
| 7              | DMU3       | Ubiratã 2012/13     | 1,00             | 0,83            | 0,59                        | 0,88 |
| 8              | DMU1       | Ubiratã 2010/11     | 1,00             | 0,85            | 0,58                        | 0,86 |
| 9              | DMU16      | Londrina 2017/18    | 1,00             | 0,85            | 0,57                        | 0,86 |
| 10             | DMU13      | Londrina 2014/15    | 0,99             | 0,88            | 0,56                        | 0,83 |
| 11             | DMU25      | Passo Fundo 2010/11 | 0,94             | 0,86            | 0,54                        | 0,81 |
| 12             | DMU17      | Cascavel 2010/11    | 0,99             | 0,94            | 0,52                        | 0,79 |
| 13             | DMU12      | Londrina 2013/14    | 0,93             | 0,89            | 0,52                        | 0,78 |
| 14             | DMU26      | Passo Fundo 2011/12 | 0,93             | 0,89            | 0,52                        | 0,78 |
| 15             | DMU14      | Londrina 2015/16    | 0,93             | 0,91            | 0,51                        | 0,77 |
| 16             | DMU33      | Cruz Alta 2010/11   | 0,91             | 0,92            | 0,50                        | 0,74 |
| 17             | DMU35      | Cruz Alta 2012/13   | 0,94             | 1,00            | 0,47                        | 0,71 |
| 18             | DMU32      | Passo Fundo 2017/18 | 0,81             | 0,87            | 0,47                        | 0,70 |
| 19             | DMU19      | Cascavel 2012/13    | 0,91             | 0,97            | 0,47                        | 0,70 |
| 20             | DMU8       | Ubiratã 2017/18     | 0,77             | 0,84            | 0,47                        | 0,70 |
| 21             | DMU34      | Cruz Alta 2011/12   | 0,92             | 1,00            | 0,46                        | 0,69 |
| 22             | DMU18      | Cascavel 2011/12    | 0,91             | 0,99            | 0,46                        | 0,69 |
| 23             | DMU40      | Cruz Alta 2017/18   | 0,89             | 1,00            | 0,44                        | 0,67 |
| 24             | DMU37      | Cruz Alta 2014/15   | 0,81             | 0,93            | 0,44                        | 0,66 |
| 25             | DMU36      | Cruz Alta 2013/14   | 0,82             | 0,95            | 0,44                        | 0,66 |
| 26             | DMU31      | Passo Fundo 2016/17 | 0,75             | 0,91            | 0,42                        | 0,63 |
| 27             | DMU7       | Ubiratã 2016/17     | 0,70             | 0,90            | 0,40                        | 0,60 |
| 28             | DMU20      | Cascavel 2013/14    | 0,70             | 0,91            | 0,39                        | 0,59 |
| 29             | DMU29      | Passo Fundo 2014/15 | 0,74             | 0,96            | 0,39                        | 0,59 |
| 30             | DMU24      | Cascavel 2017/18    | 0,78             | 1,00            | 0,39                        | 0,59 |
| 31             | DMU28      | Passo Fundo 2013/14 | 0,72             | 0,94            | 0,39                        | 0,58 |
| 32             | DMU39      | Cruz Alta 2016/17   | 0,78             | 1,00            | 0,39                        | 0,58 |
| 33             | DMU30      | Passo Fundo 2015/16 | 0,71             | 0,95            | 0,38                        | 0,57 |
| 34             | DMU4       | Ubiratã 2013/14     | 0,74             | 0,99            | 0,37                        | 0,56 |
| 35             | DMU38      | Cruz Alta 2015/16   | 0,74             | 1,00            | 0,37                        | 0,56 |
| 36             | DMU5       | Ubiratã 2014/15     | 0,67             | 1,00            | 0,33                        | 0,50 |
| 37             | DMU23      | Cascavel 2016/17    | 0,65             | 0,99            | 0,33                        | 0,50 |
| 38             | DMU21      | Cascavel 2014/15    | 0,66             | 1,00            | 0,33                        | 0,50 |
| 39             | DMU6       | Ubiratã 2015/16     | 0,64             | 1,00            | 0,32                        | 0,48 |
| 40             | DMU22      | Cascavel 2015/16    | 0,59             | 1,00            | 0,30                        | 0,45 |
|                | Média      |                     | 0,85             | 0,91            | 0,47                        | 0,71 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda de acordo com a Tabela 4, a região de Londrina alcançou o nível de eficiência máxima (DMU10 Londrina 2011/12), ocupando a primeira posição com escore na fronteira composta normalizada com resultado igual a 1,00, classificando-se como uma região referência na produção de trigo. Conforme Donega (2016), os resultados atingidos por meio da composta normalizada, normalmente, permitem uma melhor descrição das DMUs, servindo como referência global para as demais unidades.

Desta forma, a DMU10 pode ser utilizada como modelo para as regiões ineficientes (fronteira padrão <1) com o propósito de transferir as boas práticas empregadas em seu sistema produtivo para as DMUs ineficientes com vistas ao aperfeiçoamento do processo e à melhor utilização dos recursos disponíveis. Verifica-se ainda que a eficiência média das DMUs foi de 85%, o que significa que os produtores poderiam reduzir os valores gastos com insumos (*inputs*) na ordem de 15% e, ainda assim, manteriam a mesma quantidade de trigo produzida (*output*).

A partir desses resultados, percebe-se que a DEA realiza uma análise da combinação dos fatores de produção que possibilita uma unidade obter o melhor resultado e a maior produtividade, o que corrobora com os pressupostos da Teoria da Produção e da Teoria dos Custos da Produção. Segundo Richetti (2000), essas teorias têm por objetivo a maximização dos resultados, caminhando na direção do maior nível de produção possível em face da combinação de determinadas quantidades de fatores produtivos. Ainda de acordo com o autor, essa otimização dos resultados é alcançada quando for possível maximizar a produção para um dado custo total ou diminuir o custo total para um dado nível de produção.

Observando-se ainda os resultados da Tabela 4, verifica-se que a DMU ineficiente identificada com o menor valor foi a DMU22 Cascavel 2015/16, que alcançou a eficiência padrão 0,59 e composta normalizada, de 0,45. Esses resultados indicam que, para a correção da ineficiência dessa região, isto é, para que ela se torne uma unidade eficiente, a mesma deveria reduzir o uso de insumos (Fertilizantes, Agrotóxicos, Encargos Sociais, Transporte Externo e Assistência Técnica) em 41%, permanecendo, assim, a mesma produtividade.

Partindo dessas considerações, as regiões ineficientes (DMU5, DMU6, DMU21, DMU22, e DMU23) localizadas nas cidades de Cascavel/PR e Ubiratã/PR apresentaram os piores escores, variando entre 59% e 67% (fronteira padrão). Os resultados obtidos por essas DMUs podem ser explicados, em parte, pela queda de 13,9% na produtividade (Kg/ha) e 23,7% na produção (t), entre as safras de 2016 e 2017, das regiões situadas no estado do Paraná e, ainda, em virtude de fatores climáticos, como as geadas e a estiagem nas lavouras que contribuíram para a redução da produção do cereal (CONAB, 2017b).

A partir desses resultados, pode-se deduzir que nem sempre o fator proximidade e ambiente mercadológico semelhante entre as regiões produtoras indicam efeitos positivos sobre o desempenho dessas unidades. Isso porque as cinco regiões com os piores escores assinalados fazem parte do Paraná (DMU5, DMU6, DMU21, DMU22 e DMU23), assim como as regiões com maiores níveis de eficiências na produção de trigo (DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU15, DMU16 e DMU27). Esse comportamento está em consonância com os achados das pesquisas de Pachiel (2009) e de Brunozi Júnior *et al.* (2012) que, após analisarem a eficiência de usinas de cana de açúcar do estado de São Paulo, os resultados apresentaram diferenças significativas nos escores de eficiência técnica e de escala.

Dessa forma, uma das principais contribuições da DEA encontra-se na capacidade que o modelo apresenta em revelar as fontes de ineficiência, como também indicar quais variáveis de *input* ou *output* devem ser reduzidas ou aumentadas para que a DMU alcance o nível de eficiência pretendida. A esse respeito, Melo (2010) ressalta que a modelagem DEA define a indicação dos alvos a serem alcançados pelas unidades ineficientes e, por sua vez, os resultados dos alvos permitem visualizar os ajustes necessários para orientar as unidades produtoras.

A Tabela 5 apresenta os custos atuais de cada DMU, os custos alvos e o percentual de redução a que cada variável precisa ser submetida a fim de minimizar desperdícios e alcançar a eficiência projetada. A partir da disposição desses dados, é possível verificar que, para cada variável da DMU em questão, dois valores distintos são estipulados. O valor atual representa o valor histórico da variável de insumo e o custo alvo é o valor que a variável deve assumir para atingir o índice de eficiência relativa igual a 1 (um).

De forma geral, a DEA oferece uma análise no sentido de verificar como as unidades ineficientes podem se transformar em eficientes, determinando, inclusive, a magnitude da melhoria desse desempenho, ou seja, de que forma a unidade ineficiente atingiria o índice de eficiência igual a 1 (um) em cada variável considerada (SOUZA; MACEDO, 2008).

Observa-se, a partir dos resultados apresentados na Tabela 5, que os alvos a serem atingidos são maiores na DMU22 (Cascavel 2015/16). Considerando o conjunto de variáveis analisadas, AGRTX, FERTS, ENCSO, TRAEX e ASTEC, essas poderiam ser reduzidas, em média, em 45,56%, seguida pela DMU38 (Cruz Alta 2015/16), que apresentou um nível de redução necessário para atingir a eficiência de 44,01% orientada aos *inputs*. Assim, relativo aos alvos, à técnica DEA pode ser manuseada como um ponto de partida para estratégias de melhorias de desempenho fornecendo informações, além de atuar como uma ferramenta

gerencial capaz de auxiliar no processo de gestão de custos das unidades menos eficientes, estipulando metas a serem alcançadas para atingir a fronteira de eficiência.

Tabela 5 - Custos atuais, custos alvos e percentuais de redução das DMUs

(continua)

| DMU   | Inputs | Atual<br>(R\$/ha) | Alvo<br>(R\$/ha) | Redução<br>(%) | DMU   | Inputs | Atual<br>(R\$/ha) | Alvo<br>(R\$/ha) | Redução<br>(%) |
|-------|--------|-------------------|------------------|----------------|-------|--------|-------------------|------------------|----------------|
| DMU1  | FERTS  | 425,13            | 425,13           | 0,00           | DMU21 | FERTS  | 670,44            | 443,37           | 33,87          |
|       | AGRTX  | 0,00              | 0,00             | 0,00           |       | AGRTX  | 286,90            | 189,73           | 33,87          |
|       | ASTEC  | 24,74             | 24,74            | 0,00           |       | ASTEC  | 35,00             | 18,84            | 46,18          |
|       | TRAEX  | 35,96             | 35,96            | 0,00           |       | TRAEX  | 108,01            | 69,47            | 35,69          |
|       | ENCSO  | 43,30             | 43,30            | 0,00           |       | ENCSO  | 94,38             | 30,12            | 68,08          |
| DMU2  | FERTS  | 403,37            | 403,37           | 0,00           | DMU22 | FERTS  | 757,68            | 450,31           | 40,57          |
|       | AGRTX  | 198,82            | 198,82           | 0,00           |       | AGRTX  | 295,58            | 175,67           | 40,57          |
|       | ASTEC  | 20,50             | 20,50            | 0,00           |       | ASTEC  | 33,09             | 19,67            | 40,57          |
|       | TRAEX  | 34,25             | 34,25            | 0,00           |       | TRAEX  | 113,83            | 67,65            | 40,57          |
|       | ENCSO  | 0,24              | 0,24             | 0,00           |       | ENCSO  | 92,67             | 31,96            | 65,51          |
| DMU3  | FERTS  | 475,25            | 475,25           | 0,00           | DMU23 | FERTS  | 687,51            | 448,03           | 34,83          |
|       | AGRTX  | 201,04            | 201,04           | 0,00           |       | AGRTX  | 275,31            | 179,41           | 34,83          |
|       | ASTEC  | 24,35             | 24,35            | 0,00           |       | ASTEC  | 32,35             | 19,49            | 39,76          |
|       | TRAEX  | 31,68             | 31,68            | 0,00           |       | TRAEX  | 106,20            | 68,12            | 35,86          |
|       | ENCSO  | 0,89              | 0,89             | 0,00           |       | ENCSO  | 93,38             | 31,41            | 66,36          |
| DMU4  | FERTS  | 656,65            | 488,87           | 25,55          | DMU24 | FERTS  | 556,63            | 434,36           | 21,97          |
|       | AGRTX  | 289,96            | 215,87           | 25,55          |       | AGRTX  | 268,71            | 209,69           | 21,97          |
|       | ASTEC  | 30,40             | 22,63            | 25,55          |       | ASTEC  | 29,40             | 17,58            | 40,20          |
|       | TRAEX  | 50,04             | 37,25            | 25,55          |       | TRAEX  | 112,74            | 72,06            | 36,08          |
|       | ENCSO  | 73,01             | 2,01             | 97,24          |       | ENCSO  | 97,25             | 27,62            | 71,60          |
| DMU5  | FERTS  | 617,10            | 412,02           | 33,23          | DMU25 | FERTS  | 475,04            | 445,62           | 6,19           |
|       | AGRTX  | 304,73            | 203,46           | 33,23          |       | AGRTX  | 301,36            | 212,55           | 29,47          |
|       | ASTEC  | 32,80             | 18,51            | 43,56          |       | ASTEC  | 25,41             | 22,69            | 10,71          |
|       | TRAEX  | 80,37             | 53,66            | 33,23          |       | TRAEX  | 38,36             | 35,98            | 6,19           |
|       | ENCSO  | 46,17             | 14,21            | 69,22          |       | ENCSO  | 33,67             | 0,39             | 98,83          |
| DMU6  | FERTS  | 718,94            | 456,56           | 36,50          | DMU26 | FERTS  | 622,65            | 508,25           | 18,37          |
|       | AGRTX  | 298,38            | 189,49           | 36,50          |       | AGRTX  | 228,31            | 212,03           | 7,13           |
|       | ASTEC  | 29,02             | 18,43            | 36,50          |       | ASTEC  | 27,41             | 25,45            | 7,13           |
|       | TRAEX  | 72,60             | 46,10            | 36,50          |       | TRAEX  | 36,53             | 33,92            | 7,13           |
|       | ENCSO  | 41,71             | 12,53            | 69,95          |       | ENCSO  | 34,26             | 1,50             | 95,63          |
| DMU7  | FERTS  | 633,48            | 445,23           | 29,72          | DMU27 | FERTS  | 596,17            | 596,17           | 0,00           |
|       | AGRTX  | 269,40            | 189,34           | 29,72          |       | AGRTX  | 226,75            | 226,75           | 0,00           |
|       | ASTEC  | 26,80             | 18,84            | 29,72          |       | ASTEC  | 2,45              | 2,45             | 0,00           |
|       | TRAEX  | 67,73             | 47,60            | 29,72          |       | TRAEX  | 37,17             | 37,17            | 0,00           |
|       | ENCSO  | 39,52             | 13,44            | 65,99          |       | ENCSO  | 0,00              | 0,00             | 0,00           |
| DMU8  | FERTS  | 533,79            | 413,58           | 22,52          | DMU28 | FERTS  | 701,41            | 504,53           | 28,07          |
|       | AGRTX  | 270,81            | 209,58           | 22,61          |       | AGRTX  | 217,03            | 156,11           | 28,07          |
|       | ASTEC  | 24,80             | 18,65            | 24,78          |       | ASTEC  | 31,00             | 22,30            | 28,07          |
|       | TRAEX  | 68,02             | 52,70            | 22,52          |       | TRAEX  | 64,86             | 46,65            | 28,07          |
|       | ENCSO  | 39,69             | 12,29            | 69,03          |       | ENCSO  | 70,72             | 21,67            | 69,36          |
| DMU9  | FERTS  | 397,64            | 397,64           | 0,00           | DMU29 | FERTS  | 653,51            | 483,37           | 26,04          |
|       | AGRTX  | 207,32            | 207,32           | 0,00           |       | AGRTX  | 218,66            | 161,73           | 26,04          |
|       | ASTEC  | 15,53             | 15,53            | 0,00           |       | ASTEC  | 32,38             | 23,95            | 26,04          |
|       | TRAEX  | 68,56             | 68,56            | 0,00           |       | TRAEX  | 64,23             | 47,51            | 26,04          |
|       | ENCSO  | 24,07             | 24,07            | 0,00           |       | ENCSO  | 76,33             | 20,78            | 72,77          |
| DMU10 | FERTS  | 477,12            | 477,12           | 0,00           | DMU30 | FERTS  | 747,72            | 533,14           | 28,70          |
|       | AGRTX  | 193,47            | 193,47           | 0,00           |       | AGRTX  | 264,08            | 188,30           | 28,70          |
|       | ASTEC  | 15,28             | 15,28            | 0,00           |       | ASTEC  | 33,58             | 23,94            | 28,70          |
|       | TRAEX  | 63,32             | 63,32            | 0,00           |       | TRAEX  | 70,74             | 50,44            | 28,70          |
|       | ENCSO  | 0,24              | 0,24             | 0,00           |       | ENCSO  | 80,45             | 19,07            | 76,30          |

(continua)

| DMU   | Inputs | Atual (R\$/ha) | Alvo (R\$/ha) | Redução (%) | DMU   | Inputs | Atual (R\$/ha) | Alvo (R\$/ha) | Redução (%) |
|-------|--------|----------------|---------------|-------------|-------|--------|----------------|---------------|-------------|
| DMU11 | FERTS  | 507,45         | 485,11        | 4,40        | DMU31 | FERTS  | 720,17         | 542,64        | 24,65       |
|       | AGRTX  | 210,52         | 196,80        | 6,52        |       | AGRTX  | 262,33         | 197,66        | 24,65       |
|       | ASTEC  | 15,17          | 14,50         | 4,40        |       | ASTEC  | 32,24          | 24,29         | 24,65       |
|       | TRAEX  | 73,22          | 62,47         | 14,68       |       | TRAEX  | 62,86          | 47,36         | 24,65       |
|       | ENCSO  | 0,69           | 0,66          | 4,40        |       | ENCSO  | 75,65          | 15,11         | 80,02       |
| DMU12 | FERTS  | 449,74         | 419,98        | 6,62        | DMU32 | FERTS  | 626,95         | 507,29        | 19,09       |
|       | AGRTX  | 226,60         | 211,45        | 6,69        |       | AGRTX  | 274,49         | 222,10        | 19,09       |
|       | ASTEC  | 16,11          | 15,04         | 6,62        |       | ASTEC  | 31,17          | 25,16         | 19,28       |
|       | TRAEX  | 69,39          | 64,80         | 6,62        |       | TRAEX  | 63,12          | 51,07         | 19,09       |
|       | ENCSO  | 82,50          | 20,92         | 74,64       |       | ENCSO  | 83,35          | 12,07         | 85,52       |
| DMU13 | FERTS  | 523,10         | 518,63        | 0,85        | DMU33 | FERTS  | 457,17         | 416,15        | 8,97        |
|       | AGRTX  | 249,35         | 247,22        | 0,85        |       | AGRTX  | 268,04         | 186,79        | 30,31       |
|       | ASTEC  | 0,00           | 0,00          | 0,00        |       | ASTEC  | 24,29          | 21,26         | 12,48       |
|       | TRAEX  | 90,27          | 76,28         | 15,50       |       | TRAEX  | 33,56          | 30,55         | 8,97        |
|       | ENCSO  | 39,28          | 33,12         | 15,69       |       | ENCSO  | 33,67          | 0,58          | 98,27       |
| DMU14 | FERTS  | 626,77         | 520,13        | 17,01       | DMU34 | FERTS  | 620,58         | 443,57        | 28,52       |
|       | AGRTX  | 282,72         | 245,98        | 13,00       |       | AGRTX  | 235,61         | 187,64        | 20,36       |
|       | ASTEC  | 0,00           | 0,00          | 0,00        |       | ASTEC  | 26,85          | 22,73         | 15,36       |
|       | TRAEX  | 81,54          | 76,08         | 6,70        |       | TRAEX  | 31,97          | 29,57         | 7,51        |
|       | ENCSO  | 35,49          | 33,11         | 6,71        |       | ENCSO  | 34,26          | 0,83          | 97,58       |
| DMU15 | FERTS  | 520,13         | 520,13        | 0,00        | DMU35 | FERTS  | 687,03         | 521,65        | 24,07       |
|       | AGRTX  | 245,98         | 245,98        | 0,00        |       | AGRTX  | 210,83         | 198,41        | 5,89        |
|       | ASTEC  | 0,00           | 0,00          | 0,00        |       | ASTEC  | 2,48           | 2,14          | 13,56       |
|       | TRAEX  | 76,08          | 76,08         | 0,00        |       | TRAEX  | 41,40          | 32,52         | 21,44       |
|       | ENCSO  | 33,11          | 33,11         | 0,00        |       | ENCSO  | 0,00           | 0,00          | 0,00        |
| DMU16 | FERTS  | 496,63         | 496,63        | 0,00        | DMU36 | FERTS  | 650,84         | 536,13        | 17,62       |
|       | AGRTX  | 265,41         | 265,41        | 0,00        |       | AGRTX  | 361,12         | 241,40        | 33,15       |
|       | ASTEC  | 0,00           | 0,00          | 0,00        |       | ASTEC  | 28,91          | 23,81         | 17,62       |
|       | TRAEX  | 79,23          | 79,23         | 0,00        |       | TRAEX  | 48,64          | 40,07         | 17,62       |
|       | ENCSO  | 33,25          | 33,25         | 0,00        |       | ENCSO  | 41,25          | 0,54          | 98,70       |
| DMU17 | FERTS  | 599,81         | 453,47        | 24,40       | DMU37 | FERTS  | 571,19         | 461,79        | 19,15       |
|       | AGRTX  | 0,00           | 0,00          | 0,00        |       | AGRTX  | 367,24         | 231,29        | 37,02       |
|       | ASTEC  | 28,80          | 26,39         | 8,37        |       | ASTEC  | 31,01          | 21,95         | 29,22       |
|       | TRAEX  | 61,37          | 38,36         | 37,50       |       | TRAEX  | 62,49          | 50,52         | 19,15       |
|       | ENCSO  | 46,89          | 46,19         | 1,50        |       | ENCSO  | 63,61          | 8,02          | 87,39       |
| DMU18 | FERTS  | 690,01         | 443,36        | 35,75       | DMU38 | FERTS  | 674,85         | 500,29        | 25,87       |
|       | AGRTX  | 198,20         | 179,50        | 9,44        |       | AGRTX  | 446,15         | 249,84        | 44,00       |
|       | ASTEC  | 26,88          | 13,88         | 48,35       |       | ASTEC  | 35,10          | 24,09         | 31,38       |
|       | TRAEX  | 65,76          | 58,05         | 11,73       |       | TRAEX  | 70,74          | 52,44         | 25,87       |
|       | ENCSO  | 0,24           | 0,22          | 9,44        |       | ENCSO  | 100,56         | 7,12          | 92,92       |
| DMU19 | FERTS  | 659,43         | 440,61        | 33,18       | DMU39 | FERTS  | 647,51         | 503,05        | 22,31       |
|       | AGRTX  | 193,69         | 175,95        | 9,16        |       | AGRTX  | 421,20         | 250,74        | 40,47       |
|       | ASTEC  | 28,46          | 14,29         | 49,80       |       | ASTEC  | 33,78          | 24,41         | 27,72       |
|       | TRAEX  | 67,59          | 58,15         | 13,96       |       | TRAEX  | 66,00          | 51,28         | 22,31       |
|       | ENCSO  | 0,99           | 0,90          | 9,16        |       | ENCSO  | 104,76         | 6,16          | 94,12       |
| DMU20 | FERTS  | 674,32         | 469,05        | 30,44       | DMU40 | FERTS  | 544,83         | 484,84        | 11,01       |
|       | AGRTX  | 255,52         | 177,74        | 30,44       |       | AGRTX  | 440,78         | 244,77        | 44,47       |
|       | ASTEC  | 31,63          | 22,00         | 30,44       |       | ASTEC  | 33,34          | 22,25         | 33,28       |
|       | TRAEX  | 85,94          | 59,78         | 30,44       |       | TRAEX  | 66,28          | 58,98         | 11,01       |
|       | ENCSO  | 45,63          | 26,28         | 42,40       |       | ENCSO  | 105,64         | 12,49         | 88,18       |

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação às variáveis FERTS e AGRTX (Tabela 5), que são os elementos de custo mais representativos do conjunto de variáveis avaliadas, observa-se que o percentual de redução da variável FERTS apresenta-se elevado para a DMU22, de 40,57%, e DMU6, de 36,5%. Já a necessidade de redução do custo da AGRTX mostrou-se expressiva para as DMUs (40, 38, 22 e 39) com percentuais de 44,47%, 44%, 40,57% e 40,47%, respectivamente. Adicionalmente, ressalta-se que os percentuais mais elevados de redução de custo são condicionados a variável ENCSO, visto que, dentre as DMUs analisadas, elas precisam ser reduzidas em média seus custos na ordem de 63,83% para que as unidades ineficientes consigam alcançar a fronteira de eficiência.

Sob tal enfoque, Pereira (2014) evidencia que, por meio da compreensão dos alvos a serem alcançados pelas DMUs ineficientes, é possível avaliar o quanto deve ser reduzido em cada insumo, bem como atuar na diminuição de desperdícios, direcionando-se para a busca pela eficiência. Em complemento, Gomes, Mangabeira e Mello (2005) apontam que os valores em relação aos custos atuais e aos custos alvos contribuem com o fornecimento de informações para a agricultura, podendo-se identificar em qual etapa do processo produtivo ocorrem os gargalos que prejudicam os resultados.

Nessa perspectiva, e sob a luz da Teoria da Produção e da Teoria dos Custos de Produção, a identificação dos custos em qualquer atividade produtiva é uma importante ferramenta gerencial para o administrador. Assim, conhecer de maneira mais ampla a matriz de custos que envolve a atividade produtiva permite apontar o elemento de custo que contribui para o maior ou o menor percentual para o resultado final de um produto. Segundo Pindyck e Rubinfeld (2010), é por meio dessas teorias que será possível definir a possibilidade de redução ou aumento das quantidades utilizadas dos fatores de produção em uso para se obter uma determinada quantidade de produtos finais.

Após observar os resultados na Tabela 5, é possível verificar que a maioria das regiões apresentaram percentuais para redução de *inputs*, ou seja, as DMUs ineficientes são capazes de utilizar os recursos empregados nas lavouras de trigo de maneira mais eficiente. Já quanto às DMUs classificadas como eficientes, há indicativo de estarem operando próximo da melhor utilização dos recursos aplicados na produção de trigo. Portanto, os níveis de utilização de recursos captados pelas DMUs, somados à realidade do produtor, podem servir de subsídios à adoção de medidas específicas e adequadas às possibilidades de cada ambiente, o que poderia se traduzir em melhor gestão da propriedade (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005; MELO, 2010).

Para analisar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica, foi utilizado, inicialmente, o modelo DEA com retornos constantes de escala (DEA-CCR). Na sequência, foi utilizado o modelo com retornos variáveis (DEA-BCC) para avaliar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica (Tabela 6). De acordo com Nova e Santos (2008), o modelo CCR permite uma avaliação da eficiência global e identifica as fontes e estimativas de montantes das ineficiências identificadas, enquanto que o modelo BCC diferencia ineficiências técnicas e de escala, estimando a eficiência técnica pura a uma dada escala de operações.

Tabela 6 - Eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo

| DMU   |                     | Eficiência Técnica<br>CCR | Eficiência Técnica<br>BCC | Eficiência de Escala |
|-------|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| DMU1  | Ubiratã 2010/11     | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU2  | Ubiratã 2011/12     | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU3  | Ubiratã 2012/13     | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU4  | Ubiratã 2013/14     | 0,74                      | 0,85                      | 0,88                 |
| DMU5  | Ubiratã 2014/15     | 0,67                      | 0,68                      | 0,98                 |
| DMU6  | Ubiratã 2015/16     | 0,64                      | 0,68                      | 0,94                 |
| DMU7  | Ubiratã 2016/17     | 0,70                      | 0,74                      | 0,95                 |
| DMU8  | Ubiratã 2017/18     | 0,77                      | 0,80                      | 0,97                 |
| DMU9  | Londrina 2010/11    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU10 | Londrina 2011/12    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU11 | Londrina 2012/13    | 0,96                      | 0,99                      | 0,96                 |
| DMU12 | Londrina 2013/14    | 0,93                      | 0,95                      | 0,99                 |
| DMU13 | Londrina 2014/15    | 0,99                      | 0,99                      | 1,00                 |
| DMU14 | Londrina 2015/16    | 0,93                      | 0,93                      | 1,00                 |
| DMU15 | Londrina 2016/17    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU16 | Londrina 2017/18    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU17 | Cascavel 2010/11    | 0,99                      | 1,00                      | 0,99                 |
| DMU18 | Cascavel 2011/12    | 0,91                      | 0,98                      | 0,93                 |
| DMU19 | Cascavel 2012/13    | 0,91                      | 0,98                      | 0,93                 |
| DMU20 | Cascavel 2013/14    | 0,70                      | 1,00                      | 0,70                 |
| DMU21 | Cascavel 2014/15    | 0,66                      | 0,85                      | 0,78                 |
| DMU22 | Cascavel 2015/16    | 0,59                      | 0,81                      | 0,74                 |
| DMU23 | Cascavel 2016/17    | 0,65                      | 0,86                      | 0,76                 |
| DMU24 | Cascavel 2017/18    | 0,78                      | 0,98                      | 0,80                 |
| DMU25 | Passo Fundo 2010/11 | 0,94                      | 1,00                      | 0,94                 |
| DMU26 | Passo Fundo 2011/12 | 0,93                      | 1,00                      | 0,93                 |
| DMU27 | Passo Fundo 2012/13 | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU28 | Passo Fundo 2013/14 | 0,72                      | 0,88                      | 0,82                 |
| DMU29 | Passo Fundo 2014/15 | 0,74                      | 0,87                      | 0,85                 |
| DMU30 | Passo Fundo 2015/16 | 0,71                      | 0,99                      | 0,72                 |
| DMU31 | Passo Fundo 2016/17 | 0,75                      | 1,00                      | 0,75                 |
| DMU32 | Passo Fundo 2017/18 | 0,81                      | 1,00                      | 0,81                 |
| DMU33 | Cruz Alta 2010/11   | 0,91                      | 0,98                      | 0,93                 |
| DMU34 | Cruz Alta 2011/12   | 0,92                      | 0,99                      | 0,93                 |
| DMU35 | Cruz Alta 2012/13   | 0,94                      | 1,00                      | 0,94                 |
| DMU36 | Cruz Alta 2013/14   | 0,82                      | 1,00                      | 0,82                 |
| DMU37 | Cruz Alta 2014/15   | 0,81                      | 0,92                      | 0,88                 |
| DMU38 | Cruz Alta 2015/16   | 0,74                      | 0,90                      | 0,82                 |
| DMU39 | Cruz Alta 2016/17   | 0,78                      | 0,96                      | 0,81                 |
| DMU40 | Cruz Alta 2017/18   | 0,89                      | 1,00                      | 0,89                 |
|       | Média               | 0,85                      | 0,94                      | 0,90                 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme se observa na Tabela 6, os resultados exibidos com base no modelo de retornos constantes permitiram verificar que o nível médio de ineficiência apontado foi de 0,15 (1-0,85). Como o modelo é orientado a *inputs*, esse valor sugere que, em média, as regiões produtoras poderiam ter gastos 15% menores com fertilizantes, agrotóxicos, assistência técnica, transporte externo e encargos sociais sem que houvesse qualquer modificação na quantidade de trigo produzido.

Já os escores médios de eficiência pura e de eficiência de escala são respectivamente, 0,94 e 0,90 (Tabela 6). Dessa forma, as regiões produtoras de trigo e classificadas como ineficientes podem reduzir, em média, 6% dos insumos utilizados no processo produtivo que, ainda assim, alcançarão a mesma produção. Importante destacar que essas regiões, para conseguirem atuar em escala ótima de produção, devem aumentar a quantidade produzida de trigo em 10%.

Resultados semelhantes foram obtidos por Barbosa (2016) após o autor verificar a eficiência técnica e de escala de 11 municípios brasileiros produtores de soja, tendo sido constatados escores de eficiência de escala na ordem de 0,92 e eficiência técnica, de 0,87. Por sua vez, Raheli *et al.* (2017) investigaram 150 produtores de tomates no Azerbaijão, encontrando valores médios de eficiência técnica, eficiência técnica pura e eficiência de escala de 0,92, 0,99 e 0,92, respectivamente.

As DMUs que apresentam eficiência no modelo de retorno constante (DEA-CCR) igual a 100% são: DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU 15, DMU 16 e DMU27. Essas oito DMUs são eficientes tecnicamente e operam em sua escala ótima de produção, podendo-se inferir que essas regiões estão otimizando seus recursos em sua escala ótima de produção (Tabela 6). Já o modelo de retornos variáveis (DEA-BCC) apresentou dezessete DMUs eficientes. Entretanto, esse modelo apresentou problemas de escala em nove delas (DMU17, DMU20, DMU25, DMU26, DMU31, DMU32, DMU35 DMU36 e DMU40).

Quanto a esses resultados, Barbosa (2016) ressalta que essa situação pode ser decorrente da utilização incorreta da escala de produção, nesse caso, da produção de trigo. Complementando, Melo (2010) enfatiza que a ineficiência de escala pode ocorrer em virtude de uma DMU estar operando abaixo da escala ótima e, assim, apresentar retornos crescentes de escala ou, ao contrário, atuar acima da escala ótima e proporcionar retornos decrescentes de escala.

Na sequência, a Tabela 7 apresenta os resultados de problemas de eficiência e de escala das regiões produtoras de trigo a partir dos escores obtidos de eficiência pura e de eficiência de escala.

Tabela 7 - Problemas das regiões produtoras de trigo, pela eficiência pura e de escala

| Sistema de Plantio | DMU   | Condição            | Retorno de Escala | Problema Maior |
|--------------------|-------|---------------------|-------------------|----------------|
| PD                 | DMU1  | Ubiratã 2010/11     | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU4  | Ubiratã 2013/14     | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU9  | Londrina 2010/11    | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU17 | Cascavel 2010/11    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU20 | Cascavel 2013/14    | Ineficiente       | Crescente      |
| PDAT               | DMU2  | Ubiratã 2011/12     | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU3  | Ubiratã 2012/13     | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU5  | Ubiratã 2014/15     | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU6  | Ubiratã 2015/16     | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU7  | Ubiratã 2016/17     | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU8  | Ubiratã 2017/18     | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU10 | Londrina 2011/12    | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU11 | Londrina 2012/13    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU12 | Londrina 2013/14    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU13 | Londrina 2014/15    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU14 | Londrina 2015/16    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU15 | Londrina 2016/17    | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU16 | Londrina 2017/18    | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU18 | Cascavel 2011/12    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU19 | Cascavel 2012/13    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU21 | Cascavel 2014/15    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU22 | Cascavel 2015/16    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU23 | Cascavel 2016/17    | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU24 | Cascavel 2017/18    | Ineficiente       | Crescente      |
| PDAUI              | DMU27 | Passo Fundo 2012/13 | Eficiente         | Constante      |
|                    | DMU28 | Passo Fundo 2013/14 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU29 | Passo Fundo 2014/15 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU30 | Passo Fundo 2015/16 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU31 | Passo Fundo 2016/17 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU32 | Passo Fundo 2017/18 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU35 | Cruz Alta 2012/13   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU36 | Cruz Alta 2013/14   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU37 | Cruz Alta 2014/15   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU38 | Cruz Alta 2015/16   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU39 | Cruz Alta 2016/17   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU40 | Cruz Alta 2017/18   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU25 | Passo Fundo 2010/11 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU26 | Passo Fundo 2011/12 | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU33 | Cruz Alta 2010/11   | Ineficiente       | Crescente      |
|                    | DMU34 | Cruz Alta 2011/12   | Ineficiente       | Crescente      |

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nos resultados da Tabela 7, é possível identificar os principais problemas enfrentados pelas regiões produtoras de trigo (DMUs) no que diz respeito ao aspecto de escala ou de eficiência. A propósito dessas afirmações, de acordo com Pereira (2014), caso uma DMU seja eficiente apenas em escala, o problema é a relação dos insumos com o produto. Sendo a DMU eficiente apenas tecnicamente, o problema é a escala produtiva, mas, se for eficiente tanto em escala quanto em técnica, não apresenta problemas.

Assim, das 40 DMUs analisadas, oito não apresentaram problemas, duas apresentaram problema de eficiência e nove, problemas de escala. Por fim, a maioria das DMUs analisadas na amostra apresentaram problemas de escala e eficiência (21/40, ou seja, 52,5%), indicando apresentar ineficiência técnica devido à alta utilização de insumos, e ineficiência de escala, por estarem operando abaixo da escala ótima, sendo pouco produtivas nas operações (MELO, 2010).

Ainda na Tabela 7, verifica-se que as DMUs eficientes que apresentaram os maiores escores de eficiência (DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU15, DMU16 e DMU27) não foram impactadas por problemas relacionados à utilização dos insumos, tampouco por problemas decorrentes de escala de produção. Assim, entende-se que os produtores dessas regiões administram os recursos aplicados nas lavouras de trigo de maneira mais adequada.

Quanto às DMUs identificadas como ineficientes (32/40, ou seja, 80%), a correção da ineficiência dessas regiões produtoras passa em parte pela melhor gestão dos custos de produção utilizados no processo de semeadura das lavouras de trigo, assim como pelo tamanho da propriedade em que o produtor opera. A existência de retornos de escala crescentes para as DMUs ineficientes, conforme Tabela 7, demonstra que essas regiões, ao atuarem nesse tipo de escala, estão operando abaixo da escala ótima, devendo aumentar a sua produção para ser mais produtiva (MARIANO, 2008).

Ainda em relação às DMUs classificadas como ineficientes, somente a DMU13 e a DMU14 apresentaram como problema maior a variável de eficiência (eficiência pura). Esse tipo de situação possibilita que as unidades produtoras (DMUs) atuem na sua escala ótima, contudo seus recursos são gerenciados de maneira inadequada, resultando em desperdícios (MARIANO, 2008).

Quanto às DMUs classificadas com problemas de escala (17, 20, 25, 26, 31, 32, 35, 36 e 40), esse fato se deu em decorrência de terem alcançado escores de eficiência técnica pura (BCC) igual a 1 (um) e de eficiência de escala menor que 1 (um). Diante dessa situação, Pereira (2014) sugere avaliar o nível de produção a fim de identificar e ampliar a produção a custos decrescentes até que se tornem 100% eficientes. Assim, essas DMUs conseguiram atuar no ponto de retornos constantes a custos médios mínimos. Finalmente, as DMUs (1, 2, 3, 9, 10, 15, 16 e 27) que não apresentaram problemas são regiões consideradas eficientes e caracterizadas por utilizarem seus recursos sem desperdícios, bem como por estarem operando em sua escala ótima, devendo manter a mesma escala de produção desempenhada.

### 4.3 Análise das Medidas de Eficiência Técnica e de Escala pelo Sistema de Plantio Direto Alta Tecnologia (PDAT)

As regiões produtoras de trigo em estudo, apesar de apresentarem aspectos semelhantes e atenderem aos pressupostos necessários para serem analisadas em conjunto, se diferenciam em relação ao sistema de plantio empregado nas lavouras de trigo. Desse modo, este tópico tem como objetivo analisar as medidas de eficiência dessas regiões (DMUs), considerando o sistema PDAT. Cabe ressaltar que a escolha por examinar apenas as especificidades relativas a esse sistema se deu em decorrência de a quantidade de regiões que cultivam trigo nas variações PD e PDAUI não serem suficientes para aplicação da técnica DEA.

Conforme visto no Quadro 3, seção 3.3, o sistema de plantio mais utilizado nas principais regiões produtoras de trigo do Brasil é o plantio direto caracterizado por uma produção de alta tecnologia. De acordo com a CONAB (2017a), esse tipo de cultivo aplica modernos sistemas de irrigação e pacotes tecnológicos que contribuem para elevar os níveis de produtividade, assim como proporcionar uma boa qualidade aos grãos produzidos.

Diante disso, as regiões foram comparadas com suas respectivas safras, mas apenas com aquelas que fazem uso do mesmo sistema de produção (Tabela 8), totalizando 31 DMUs.

Tabela 8 - Eficiência das regiões produtoras de trigo no sistema PDAT nas safras - 2010/11 a 2017/18  
(continua)

| <b>Ranking</b> | <b>DMU</b> | <b>Fronteira</b>    |                  |                 |                             |
|----------------|------------|---------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|
|                |            | <b>Padrão</b>       | <b>Invertida</b> | <b>Composta</b> | <b>Composta Normalizada</b> |
| 1              | DMU10      | Londrina 2011/12    | 1,00             | 0,67            | 0,67                        |
| 2              | DMU2       | Ubiratã 2011/12     | 1,00             | 0,71            | 0,64                        |
| 3              | DMU11      | Londrina 2012/13    | 0,96             | 0,73            | 0,61                        |
| 4              | DMU15      | Londrina 2016/17    | 1,00             | 0,80            | 0,60                        |
| 5              | DMU27      | Passo Fundo 2012/13 | 1,00             | 0,82            | 0,59                        |
| 6              | DMU3       | Ubiratã 2012/13     | 1,00             | 0,84            | 0,58                        |
| 7              | DMU16      | Londrina 2017/18    | 1,00             | 0,85            | 0,57                        |
| 8              | DMU13      | Londrina 2014/15    | 0,99             | 0,88            | 0,56                        |
| 9              | DMU12      | Londrina 2013/14    | 1,00             | 0,89            | 0,56                        |
| 10             | DMU14      | Londrina 2015/16    | 0,93             | 0,91            | 0,51                        |
| 11             | DMU32      | Passo Fundo 2017/18 | 0,87             | 0,87            | 0,50                        |
| 12             | DMU28      | Passo Fundo 2013/14 | 0,95             | 0,96            | 0,50                        |
| 13             | DMU29      | Passo Fundo 2014/15 | 0,95             | 0,96            | 0,49                        |
| 14             | DMU8       | Ubiratã 2017/18     | 0,83             | 0,84            | 0,49                        |
| 15             | DMU31      | Passo Fundo 2016/17 | 0,90             | 0,92            | 0,49                        |
| 16             | DMU35      | Cruz Alta 2012/13   | 0,94             | 1,00            | 0,47                        |
| 17             | DMU40      | Cruz Alta 2017/18   | 0,94             | 1,00            | 0,47                        |
| 18             | DMU19      | Cascavel 2012/13    | 0,92             | 0,99            | 0,47                        |
| 19             | DMU18      | Cascavel 2011/12    | 0,91             | 1,00            | 0,46                        |
| 20             | DMU37      | Cruz Alta 2014/15   | 0,84             | 0,93            | 0,45                        |
| 21             | DMU30      | Passo Fundo 2015/16 | 0,87             | 0,96            | 0,45                        |

(continua)

| <b>Ranking</b> | <b>DMU</b> | <b>Fronteira</b>  |                  |                 | <b>Composta<br/>Normalizada</b> |      |
|----------------|------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|------|
|                |            | <b>Padrão</b>     | <b>Invertida</b> | <b>Composta</b> |                                 |      |
| 22             | DMU24      | Cascavel 2017/18  | 0,88             | 1,00            | 0,44                            | 0,66 |
| 23             | DMU36      | Cruz Alta 2013/14 | 0,82             | 0,95            | 0,44                            | 0,66 |
| 24             | DMU7       | Ubiratã 2016/17   | 0,75             | 0,90            | 0,42                            | 0,63 |
| 25             | DMU39      | Cruz Alta 2016/17 | 0,80             | 1,00            | 0,40                            | 0,60 |
| 26             | DMU23      | Cascavel 2016/17  | 0,76             | 0,99            | 0,38                            | 0,58 |
| 27             | DMU38      | Cruz Alta 2015/16 | 0,76             | 1,00            | 0,38                            | 0,57 |
| 28             | DMU21      | Cascavel 2014/15  | 0,76             | 1,00            | 0,38                            | 0,57 |
| 29             | DMU5       | Ubiratã 2014/15   | 0,72             | 1,00            | 0,36                            | 0,54 |
| 30             | DMU22      | Cascavel 2015/16  | 0,70             | 1,00            | 0,35                            | 0,53 |
| 31             | DMU6       | Ubiratã 2015/16   | 0,68             | 1,00            | 0,34                            | 0,51 |
|                |            | Média             | 0,88             | 0,92            | 0,48                            | 0,73 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando a fronteira padrão (Tabela 8) pelo modelo de retornos constantes de escala (CCR), que compreende a eficiência técnica e a eficiência de escala, ficou demonstrado que, das trinta e uma DMUs, sete apresentaram máxima eficiência, correspondendo as DMUs classificadas como eficientes cerca de 23% da amostra (DMU2, DMU3, DMU10, DMU12, DMU15, DMU 16 e DMU27). Por sua vez, a quantidade de DMUs ineficientes representou a maioria das safras avaliadas no estudo, ou seja, em torno de 77%. A eficiência média foi de 0,88, ou 88% (Tabela 8), o que significa que houve uma ineficiência média de 0,12 (1-0,88), sendo possível reduzir os insumos utilizados no processo produtivo na ordem de 12% sem que ocorra redução da produção.

Comparando com os resultados alcançados pela avaliação geral (Tabela 4, seção 4.2), observa-se que as DMUs identificadas como eficientes corresponderam a 20% da amostra (DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU15, DMU16, DMU27), assim como a eficiência média que apresentou o percentual de 85%. Percebe-se, portanto, que a análise em que se considera os três sistemas de plantio (PD, PDAT e PDAUI), mostra escores de eficiências inferiores em relação ao que foi encontrado no sistema PDAT. Assim, é possível inferir que existe uma relação de eficiência maior para as regiões produtoras de trigo que empregam o sistema PDAT.

Ainda de acordo com a Tabela 8, observa-se que a eficiência média atingida foi na ordem de 88%, o que indica que DMUs que empregam o sistema PDAT teriam a possibilidade de reduzir o consumo de insumos em aproximadamente 12%, mantendo a mesma produtividade. Já em relação às DMUs analisadas pelos três sistemas de produção (PD, PDAT e PDAUI), verificam-se por meio dos resultados (Tabela 4, seção 4.2), que os produtores de trigo foram 3% menos eficientes no consumo de insumos se comparados aos

produtores que utilizam o PDAT, uma vez que a eficiência média apresentada para essas unidades foi de 85%.

Na Tabela 9, são apresentadas as metas de redução para que as DMUs ineficientes se tornem eficientes. Percebe-se de forma geral, que os maiores níveis de redução necessários para atingir a fronteira de eficiência, ou seja, eficiência igual a 1 são verificados para a DMU6, DMU21, DMU22 e DMU23 relativos aos custos com encargos sociais. Os alvos a serem alcançados por essas unidades ineficientes precisam reduzir em média 45,66%, 42,79%, 50,36%, e 46,85%, respectivamente. Constatação semelhante foi encontrada na Tabela 5, seção 4.2, quando comparados com os resultados das DMUs, considerando os três sistemas de plantio (avaliação geral).

Tabela 9 - Custos atuais, custos alvos e percentuais de redução das DMUs no sistema PDAT

(continua)

| DMU   | Inputs | Atual<br>(R\$/ha) | Alvo<br>(R\$/ha) | Redução<br>(%) | DMU   | Inputs | Atual<br>(R\$/ha) | Alvo<br>(R\$/ha) | Redução<br>(%) |
|-------|--------|-------------------|------------------|----------------|-------|--------|-------------------|------------------|----------------|
| DMU5  | FERTS  | 617,10            | 442,07           | 28,36          | DMU24 | FERTS  | 556,63            | 490,37           | 11,90          |
|       | AGRTX  | 304,73            | 218,30           | 28,36          |       | AGRTX  | 268,71            | 236,72           | 11,90          |
|       | ASTEC  | 32,80             | 19,44            | 40,74          |       | ASTEC  | 29,40             | 17,17            | 41,61          |
|       | TRAEX  | 80,37             | 50,84            | 36,74          |       | TRAEX  | 112,74            | 73,39            | 34,90          |
|       | ENCSO  | 46,17             | 33,07            | 28,36          |       | ENCSO  | 97,25             | 70,71            | 27,29          |
| DMU6  | FERTS  | 718,94            | 477,89           | 33,53          | DMU28 | FERTS  | 701,41            | 506,21           | 27,83          |
|       | AGRTX  | 298,38            | 203,01           | 31,96          |       | AGRTX  | 217,03            | 206,70           | 4,76           |
|       | ASTEC  | 29,02             | 19,74            | 31,96          |       | ASTEC  | 31,00             | 17,78            | 42,63          |
|       | TRAEX  | 72,60             | 49,40            | 31,96          |       | TRAEX  | 64,86             | 61,77            | 4,76           |
|       | ENCSO  | 41,71             | 0,46             | 98,89          |       | ENCSO  | 70,72             | 0,37             | 99,48          |
| DMU7  | FERTS  | 633,48            | 473,31           | 25,28          | DMU29 | FERTS  | 653,51            | 508,21           | 22,23          |
|       | AGRTX  | 269,40            | 201,28           | 25,28          |       | AGRTX  | 218,66            | 207,78           | 4,98           |
|       | ASTEC  | 26,80             | 19,11            | 28,70          |       | ASTEC  | 32,38             | 18,14            | 43,98          |
|       | TRAEX  | 67,73             | 50,61            | 25,28          |       | TRAEX  | 64,23             | 61,03            | 4,98           |
|       | ENCSO  | 39,52             | 0,42             | 98,94          |       | ENCSO  | 76,33             | 0,39             | 99,49          |
| DMU8  | FERTS  | 533,79            | 441,70           | 17,25          | DMU30 | FERTS  | 747,72            | 557,06           | 25,50          |
|       | AGRTX  | 270,81            | 219,66           | 18,89          |       | AGRTX  | 264,08            | 229,21           | 13,20          |
|       | ASTEC  | 24,80             | 19,78            | 20,26          |       | ASTEC  | 33,58             | 21,48            | 36,02          |
|       | TRAEX  | 68,02             | 49,87            | 26,69          |       | TRAEX  | 70,74             | 61,40            | 13,20          |
|       | ENCSO  | 39,69             | 32,84            | 17,25          |       | ENCSO  | 80,45             | 0,54             | 99,33          |
| DMU11 | FERTS  | 507,45            | 485,11           | 4,40           | DMU31 | FERTS  | 720,17            | 570,02           | 20,85          |
|       | AGRTX  | 210,52            | 196,80           | 6,52           |       | AGRTX  | 262,33            | 236,19           | 9,96           |
|       | ASTEC  | 15,17             | 14,50            | 4,40           |       | ASTEC  | 32,24             | 23,80            | 26,19          |
|       | TRAEX  | 73,22             | 62,47            | 14,68          |       | TRAEX  | 62,86             | 56,60            | 9,96           |
|       | ENCSO  | 0,69              | 0,66             | 4,40           |       | ENCSO  | 75,65             | 0,68             | 99,10          |
| DMU13 | FERTS  | 523,10            | 518,63           | 0,85           | DMU32 | FERTS  | 626,95            | 546,28           | 12,87          |
|       | AGRTX  | 249,35            | 247,22           | 0,85           |       | AGRTX  | 274,49            | 239,17           | 12,87          |
|       | ASTEC  | 0,00              | 0,00             | 0,00           |       | ASTEC  | 31,17             | 23,44            | 24,81          |
|       | TRAEX  | 90,27             | 76,28            | 15,50          |       | TRAEX  | 63,12             | 55,00            | 12,87          |
|       | ENCSO  | 39,28             | 33,12            | 15,69          |       | ENCSO  | 83,35             | 0,48             | 99,42          |
| DMU14 | FERTS  | 626,77            | 520,13           | 17,01          | DMU35 | FERTS  | 687,03            | 521,65           | 24,07          |
|       | AGRTX  | 282,72            | 245,98           | 13,00          |       | AGRTX  | 210,83            | 198,41           | 5,89           |
|       | ASTEC  | 0,00              | 0,00             | 0,00           |       | ASTEC  | 2,48              | 2,14             | 13,56          |
|       | TRAEX  | 81,54             | 76,08            | 6,70           |       | TRAEX  | 41,40             | 32,52            | 21,44          |
|       | ENCSO  | 35,49             | 33,11            | 6,71           |       | ENCSO  | 0,00              | 0,00             | 0,00           |

(continua)

| DMU   | Inputs | Atual (R\$/ha) | Alvo (R\$/ha) | Redução (%) | DMU   | Inputs | Atual (R\$/ha) | Alvo (R\$/ha) | Redução (%) |
|-------|--------|----------------|---------------|-------------|-------|--------|----------------|---------------|-------------|
| DMU18 | FERTS  | 690,01         | 443,36        | 35,75       | DMU36 | FERTS  | 650,84         | 536,13        | 17,62       |
|       | AGRTX  | 198,20         | 179,50        | 9,44        |       | AGRTX  | 361,12         | 241,40        | 33,15       |
|       | ASTEC  | 26,88          | 13,88         | 48,35       |       | ASTEC  | 28,91          | 23,81         | 17,62       |
|       | TRAEX  | 65,76          | 58,05         | 11,73       |       | TRAEX  | 48,64          | 40,07         | 17,62       |
|       | ENCSO  | 0,24           | 0,22          | 9,44        |       | ENCSO  | 41,25          | 0,54          | 98,70       |
| DMU19 | FERTS  | 659,43         | 440,42        | 33,21       | DMU37 | FERTS  | 571,19         | 477,90        | 16,33       |
|       | AGRTX  | 193,69         | 178,59        | 7,80        |       | AGRTX  | 367,24         | 237,40        | 35,35       |
|       | ASTEC  | 28,46          | 14,10         | 50,44       |       | ASTEC  | 31,01          | 21,76         | 29,84       |
|       | TRAEX  | 67,59          | 58,45         | 13,52       |       | TRAEX  | 62,49          | 52,28         | 16,33       |
|       | ENCSO  | 0,99           | 0,22          | 77,62       |       | ENCSO  | 63,61          | 31,13         | 51,06       |
| DMU21 | FERTS  | 670,44         | 506,78        | 24,41       | DMU38 | FERTS  | 674,85         | 514,52        | 23,76       |
|       | AGRTX  | 286,90         | 216,87        | 24,41       |       | AGRTX  | 446,15         | 255,22        | 42,79       |
|       | ASTEC  | 35,00          | 16,67         | 52,38       |       | ASTEC  | 35,10          | 23,93         | 31,81       |
|       | TRAEX  | 108,01         | 69,75         | 35,42       |       | TRAEX  | 70,74          | 53,93         | 23,76       |
|       | ENCSO  | 94,38          | 21,40         | 77,33       |       | ENCSO  | 100,56         | 27,31         | 72,84       |
| DMU22 | FERTS  | 757,68         | 513,82        | 32,18       | DMU39 | FERTS  | 647,51         | 515,30        | 20,42       |
|       | AGRTX  | 295,58         | 208,35        | 29,51       |       | AGRTX  | 421,20         | 255,37        | 39,37       |
|       | ASTEC  | 33,09          | 16,46         | 50,27       |       | ASTEC  | 33,78          | 24,29         | 28,09       |
|       | TRAEX  | 113,83         | 68,19         | 40,09       |       | TRAEX  | 66,00          | 52,52         | 20,42       |
|       | ENCSO  | 92,67          | 0,26          | 99,72       |       | ENCSO  | 104,76         | 23,42         | 77,64       |
| DMU23 | FERTS  | 687,51         | 513,82        | 25,26       | DMU40 | FERTS  | 544,83         | 510,06        | 6,38        |
|       | AGRTX  | 275,31         | 208,35        | 24,32       |       | AGRTX  | 440,78         | 254,37        | 42,29       |
|       | ASTEC  | 32,35          | 16,46         | 49,13       |       | ASTEC  | 33,34          | 21,87         | 34,40       |
|       | TRAEX  | 106,20         | 68,19         | 35,79       |       | TRAEX  | 66,28          | 62,05         | 6,38        |
|       | ENCSO  | 93,38          | 0,26          | 99,72       |       | ENCSO  | 105,64         | 49,69         | 52,96       |

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesse sentido, quanto mais elevado for o indicador de redução das variáveis de custo das DMUs ineficientes, maior deverá ser a preocupação dos agricultores em direcionar ações para uma melhor utilização dos recursos de produção durante as etapas que envolvem o processo de plantio de trigo, para que assim seja possível alcançar os alvos pretendidos. Portanto, por meio dos resultados expressos na Tabela 9, é possível inferir que a maioria das DMUs que operam sob o sistema PDAT tem capacidade de redução dos insumos (*inputs*) utilizados no processo de produção do trigo.

A seguir, a Tabela 10 apresenta os resultados do efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica. Segundo Pachiel (2009), o escore que representa o nível de eficiência de escala resulta da divisão do coeficiente da eficiência técnica com retornos constantes (CCR) pela eficiência técnica com retornos variáveis (BCC), indicando valores iguais a um para melhor desempenho e, quanto mais próximo de zero, maior o grau de ineficiência.

Tabela 40 - Eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo no sistema PDAT

| DMU   |                     | Eficiência Técnica<br>CCR | Eficiência Técnica<br>BCC | Eficiência de Escala |
|-------|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| DMU2  | Ubiratã 2011/12     | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU3  | Ubiratã 2012/13     | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU5  | Ubiratã 2014/15     | 0,72                      | 0,72                      | 0,99                 |
| DMU6  | Ubiratã 2015/16     | 0,68                      | 0,70                      | 0,98                 |
| DMU7  | Ubiratã 2016/17     | 0,75                      | 0,76                      | 0,98                 |
| DMU8  | Ubiratã 2017/18     | 0,83                      | 0,84                      | 0,99                 |
| DMU10 | Londrina 2011/12    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU11 | Londrina 2012/13    | 0,96                      | 0,99                      | 0,96                 |
| DMU12 | Londrina 2013/14    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU13 | Londrina 2014/15    | 0,99                      | 0,99                      | 1,00                 |
| DMU14 | Londrina 2015/16    | 0,93                      | 0,93                      | 1,00                 |
| DMU15 | Londrina 2016/17    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU16 | Londrina 2017/18    | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU18 | Cascavel 2011/12    | 0,91                      | 0,98                      | 0,93                 |
| DMU19 | Cascavel 2012/13    | 0,92                      | 1,00                      | 0,92                 |
| DMU21 | Cascavel 2014/15    | 0,76                      | 0,86                      | 0,88                 |
| DMU22 | Cascavel 2015/16    | 0,70                      | 0,82                      | 0,86                 |
| DMU23 | Cascavel 2016/17    | 0,76                      | 0,88                      | 0,86                 |
| DMU24 | Cascavel 2017/18    | 0,88                      | 1,00                      | 0,88                 |
| DMU27 | Passo Fundo 2012/13 | 1,00                      | 1,00                      | 1,00                 |
| DMU28 | Passo Fundo 2013/14 | 0,95                      | 1,00                      | 0,95                 |
| DMU29 | Passo Fundo 2014/15 | 0,95                      | 0,99                      | 0,96                 |
| DMU30 | Passo Fundo 2015/16 | 0,87                      | 0,99                      | 0,87                 |
| DMU31 | Passo Fundo 2016/17 | 0,90                      | 1,00                      | 0,90                 |
| DMU32 | Passo Fundo 2017/18 | 0,87                      | 1,00                      | 0,87                 |
| DMU35 | Cruz Alta 2012/13   | 0,94                      | 1,00                      | 0,94                 |
| DMU36 | Cruz Alta 2013/14   | 0,82                      | 1,00                      | 0,82                 |
| DMU37 | Cruz Alta 2014/15   | 0,84                      | 0,92                      | 0,91                 |
| DMU38 | Cruz Alta 2015/16   | 0,76                      | 0,90                      | 0,85                 |
| DMU39 | Cruz Alta 2016/17   | 0,80                      | 0,96                      | 0,83                 |
| DMU40 | Cruz Alta 2017/18   | 0,94                      | 1,00                      | 0,94                 |
|       | Média               | 0,88                      | 0,94                      | 0,94                 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, do mesmo modo que na avaliação geral, realizou-se o cálculo do efeito de escala de produção (Tabela 6, seção 4.2), a Tabela 10 apresenta os escores obtidos para as DMUs avaliadas pelo sistema PDAT. A partir desses resultados, observa-se que o nível médio de ineficiência de escala foi de 0,94, dessa forma, para operarem em escala ótima de produção, os agricultores dessas regiões deveriam aumentar a produção de trigo em 6%. Por outro lado, o resultado da eficiência média de escala considerando os três sistemas de plantio apontou variação diferente, o escore apresentado foi de 0,90.

Em relação ao retorno de escala, em ambas as análises foi predominantemente crescente, com a maioria das DMUs avaliadas apresentando problemas de escala e eficiência. Além do retorno e dos índices de escala, houve mudanças percebidas na classificação das DMUs do sistema PDAT. Na avaliação por esse tipo de sistema de plantio, em três de um total de oito DMUs apresentaram problemas de escala (DMU19, DMU24 e DMU28), diferentemente dos resultados obtidos pela avaliação geral, em que estas mesmas unidades

apresentaram problemas de escala e eficiência, em decorrência de terem atingidos escores de eficiência menor que 1 quando submetidas ao modelo (BCC).

Por fim, a Tabela 11 apresenta a classificação relativa aos principais problemas de escala enfrentados pelas regiões produtoras de trigo em análise.

Tabela 11 - Problemas das regiões produtoras de trigo pela eficiência pura e de escala no sistema PDAT

| DMU   | Condição            | Retorno de Escala | Problema Maior |
|-------|---------------------|-------------------|----------------|
| DMU2  | Ubiratã 2011/12     | Eficiente         | Constante      |
| DMU3  | Ubiratã 2012/13     | Eficiente         | Constante      |
| DMU5  | Ubiratã 2014/15     | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU6  | Ubiratã 2015/16     | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU7  | Ubiratã 2016/17     | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU8  | Ubiratã 2017/18     | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU10 | Londrina 2011/12    | Eficiente         | Constante      |
| DMU11 | Londrina 2012/13    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU12 | Londrina 2013/14    | Eficiente         | Constante      |
| DMU13 | Londrina 2014/15    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU14 | Londrina 2015/16    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU15 | Londrina 2016/17    | Eficiente         | Constante      |
| DMU16 | Londrina 2017/18    | Eficiente         | Constante      |
| DMU18 | Cascavel 2011/12    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU19 | Cascavel 2012/13    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU21 | Cascavel 2014/15    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU22 | Cascavel 2015/16    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU23 | Cascavel 2016/17    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU24 | Cascavel 2017/18    | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU27 | Passo Fundo 2012/13 | Eficiente         | Constante      |
| DMU28 | Passo Fundo 2013/14 | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU29 | Passo Fundo 2014/15 | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU30 | Passo Fundo 2015/16 | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU31 | Passo Fundo 2016/17 | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU32 | Passo Fundo 2017/18 | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU35 | Cruz Alta 2012/13   | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU36 | Cruz Alta 2013/14   | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU37 | Cruz Alta 2014/15   | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU38 | Cruz Alta 2015/16   | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU39 | Cruz Alta 2016/17   | Ineficiente       | Crescente      |
| DMU40 | Cruz Alta 2017/18   | Ineficiente       | Crescente      |

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme a Tabela 11, existem sete DMUs tecnicamente eficientes operando com retornos de escala constante. Contudo, a maioria das DMUs analisadas (22/31, ou seja, 71%) que compõe a amostra apresentaram retornos de escala crescente, com problemas de escala e eficiência. Adicionalmente, das 22 DMUs verificadas com problemas de escala, 14, ou 64% também apresentaram problemas de ineficiência.

Em resumo, observa-se que o maior problema evidenciado nas regiões produtoras de trigo tanto pela avaliação geral, quanto pelo sistema PDAT, está relacionado ao fato de os agricultores dessas DMUs estarem produzindo abaixo da sua escala ótima de produção,

devendo aumentar a produção para que essas regiões sejam mais produtivas, atrelado a uma melhor gestão dos insumos utilizados na produção.

Por fim, entende-se como importante analisar os efeitos da eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo, segregando as regiões/safras (DMUs) que aplicaram nas lavouras de trigo a técnica de manejo do solo pela avaliação geral (PD, PDAT e PDAUI), bem como as regiões que empregaram apenas o sistema PDAT no processo de produção. Para tanto, buscou-se fornecer informações diretamente ligadas a uma melhor gestão dos recursos utilizados na produção de trigo que levem a decisões mais assertivas dos produtores e gestores que atuam no setor tritícola nacional.

Espera-se também, que governos e entidades de classe possam utilizar essas informações como suporte à criação de políticas públicas que vise garantir o abastecimento interno e eliminação da dependência do trigo importado, através da ampliação da produção nacional (CAMPONOGARA *et al.*, 2015).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil em relação aos custos de produção, nas safras 2010/11 a 2017/18, por meio da técnica DEA orientada a *inputs*. Os custos de produção foram detalhados e agrupados para cada uma das regiões estudadas, sendo elas; Cascavel/PR, Londrina/PR, Ubiratã/PR, Cruz Alta/RS e Passo fundo/RS. O levantamento dos dados utilizados nesta pesquisa foi realizado por meio de acesso aos relatórios de custos de produção de trigo, organizado e disponibilizado em séries históricas por região produtora pela CONAB.

Em relação aos cálculos das medidas de eficiência, analisou-se a eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo, adotando, prioritariamente, o modelo (DEA-CCR) orientado por *inputs*. Ainda considerando esse modelo, buscou-se investigar os valores alvos que cada região (DMU) precisaria alcançar, assim como o percentual de redução a que cada variável precisa ser submetido a fim de minimizar desperdícios e alcançar a eficiência projetada. Por fim, verificaram-se os efeitos de escala através do cálculo da eficiência de escala a partir da divisão do coeficiente da eficiência técnica com retornos constantes (CCR) pela eficiência técnica com retornos variáveis (BCC).

Os principais resultados encontrados com relação à eficiência técnica demonstraram que a região de Londrina/PR, na safra 2011/12, alcançou o nível de eficiência máxima, ocupando a primeira posição com escore na fronteira composta normalizada de resultado igual a 1,00, sendo classificada como uma região referência (*benchmark*) na produção de trigo. Já a eficiência técnica média total foi de 85%, ou seja, de uma amostra composta por 40 regiões produtoras (DMUs), significa dizer que os produtores poderiam reduzir os gastos com insumos (*inputs*) na ordem de 15% e, ainda assim, manteriam a mesma produtividade média (*output*).

No que concerne à eficiência de escala, do total de DMUs analisadas, oito não apresentaram problemas, duas apresentaram problema de eficiência, nove encontravam-se com problemas de escala e vinte e uma apresentaram problemas de escala e eficiência. Já os escores médios de eficiência pura e de eficiência de escala obtidos foram de, 94% e 90%, respectivamente. Assim, conclui-se que as regiões produtoras de trigo e classificadas como ineficientes podem reduzir, em média, 6% dos insumos utilizados no processo produtivo que, ainda assim, alcançarão a produção atual. Ressalta-se ainda que essas regiões, para conseguirem atuar em escala ótima de produção, devem aumentar a quantidade produzida de trigo em 10%.

De forma complementar, foram calculados os escores de eficiência, segregando as DMUs pelo sistema de plantio utilizado nas lavouras de trigo. Verificou-se que a análise, ao separar os sistemas de plantio, apresentou variações nos escores de eficiência, pois o percentual de regiões eficientes, considerando os três sistemas de plantio, foi de 20%, enquanto que, para o sistema PDAT, o percentual de regiões eficientes aumentou para 23%.

Conclui-se que os resultados obtidos contribuíram para indicar problemas de eficiência técnica e de escala em algumas regiões produtoras, além de contribuir com informações para um melhor entendimento de questões que envolvem o cultivo de trigo no Brasil. Adicionalmente, é perceptível a importância de investimentos em políticas públicas que busquem incentivar a produção nacional do trigo com vistas a promover infraestrutura e pesquisas necessárias para que a produção se torne mais competitiva e sustentável, principalmente, nas regiões que apresentam níveis maiores de ineficiência.

Diante do exposto, como sugestão para pesquisas futuras, seria importante analisar os custos de produção quanto à influência de fatores climáticos, utilizando outros produtos agrícolas como o café, o milho e a soja, assim como outras localidades e períodos diferentes. Sugere-se também o uso de modelos DEA mais avançados que permitam uma análise mais profunda além da utilização de variáveis macroeconômicas, buscando ainda mais embasamento na discussão dos resultados.

## REFERÊNCIAS

- ALEMDAR, T.; ÖREN, M. N. Measuring technical efficiency of wheat production in southeastern Anatolia with parametric and nonparametric methods. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 9, n. 6, p. 1088-1094, 2006. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2006.1088.1094>. Acesso em: 07 nov. 2018. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.1088.1094>
- ALKHATHLAN, K.; MALIK, S. A. Are saudit banks eficiente? Evidence using data envelopment analysis (DEA). **International Journal of Economics and Finance**, Toronto, v. 2, n. 2, p. 53-58, maio 2010. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijef/article/view/3634>. Acesso em: 11 jan. 2018.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- ANJOS, M. A. D. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil nos anos 90**. 2005. 239 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/101764>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- ARTUZO, F. D. *et al.* Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão e Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 273-294, abr./maio. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-48922018000200273&script=sci\\_abstract&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-48922018000200273&script=sci_abstract&tlang=pt). Acesso em: 12 abr. 2018.
- AZAMBUJA, A. M. V. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. 2002. 385 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/83123>. Acesso em: 23 nov. 2018.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. Disponível em: <http://www.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/BCC1984.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- BARBOSA, J. P. G. **Eficiência técnica e de escala dos custos de produção das cidades produtoras de soja do Brasil**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/18311>. Acesso em: 23 set. 2017.
- BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão agroindustrial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- BAUMGRATZ, E. I. *et al.* Produção de trigo a decisão por análise econômico-financeira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 8-21, jul./ago./set. 2017. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1293/1063>. Acesso em: 11 mar. 2018.

BELINE, H. *et al.* Cultura da soja: receita não realizada das perdas evitáveis durante a colheita. **Custos e @gronegócio online**, Recife, v. 5, n. 1, p. 76-93, jan./abr. 2009. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v5/soja.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.

BISSO, C. S. *et al.* Produtividade e eficiência no mercado de fundos de investimento no Brasil: uma abordagem comparativa. **Res. Bras. Finanças (online)**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 323-352, jul. 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3058/305850693001.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2019.

BLEIL, C.; SOUZA, M. A. D.; DIEHL, C. A. Mensuração econômica da cadeia interna de valor do segmento madeireiro de pinus: um estudo de caso. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 24, n.70, p. 44-58, maio/ago. 2008. Disponível em: [http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_gestao/article/view/104](http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/view/104). Acesso em: 16 mar. 2018.

BORENSTEIN, D.; BECKER, J. L.; PRADO, V. J. Avaliando a eficiência das lojas da ECT do Rio Grande do Sul. **Gestão & Produção**, v. 10, n. 2, p. 231-250, ago. 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2003000200008&script=sci\\_abstract&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2003000200008&script=sci_abstract&tlang=pt). Acesso em: 16 out. 2017.

BORGES, G. M.; DOMINGUES, C. R. Estratégias de crescimento de cooperativas agrícolas e agropecuárias: estudo de casos comparados da região do Triângulo Mineiro/MG e dos Campos Gerais/PR. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 8-22, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/878/87851915003/index.html>. Acesso em: 26 jan. 2019.

BOWLIN, W. F. Measuring performance: an introduction to data envelopment analysis (DEA). **The Journal of Cost Analysis**, v. 15, n. 2, p. 3-27, 1998. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08823871.1998.10462318>. Acesso em: 14 jan. 2019.  
<https://doi.org/10.1080/08823871.1998.10462318>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Volume exportado de soja em grão, milho, café, frango e celulose bate recorde em 2015**. 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/volume-exportado-de-soja-em-grao-milho-cafe-frango-e-celulose-bate-recorde-em-2015>. Acesso em: 07 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio. **Importação e Exportação. Exportação**. 2017. Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br/). Acesso em: 06 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio. **Plano agrícola e pecuário 2017-2018**. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 17 mar. 2017.

BREITENBACH, R. Gestão rural no contexto do agronegócio: desafios e limitações. **Desafio Online**, v. 2, n. 2, p. 714-731, maio/ago. 2014. Disponível em: <http://seer.ufms.br/index.php/deson/article/view/1160>. Acesso em: 18 out. 2017.

BRESSAN, V. G. F. *et al.* Análise dos determinantes do endividamento das empresas de capital aberto do agronegócio brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 47, n. 1, p. 89-122, jan./mar. 2009. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032009000100004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032009000100004). Acesso em: 22 out. 2017.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000100004>

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L. As políticas brasileiras de fomento à cultura do trigo: uma revisão histórica. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 2, n. 3, p. 95-117, jan./jun. 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75220306>. Acesso em: 02. out. 2017.

BRUM, A. L.; MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia de trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **RER**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 145-169, jan./mar. 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032008000100007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032008000100007). Acesso em: 26 nov. 2017.

BRUM, A. L.; SILVA, C. V. K.; MÜLLER, P. K. O trigo brasileiro diante da concorrência Argentina: o comércio internacional e a competitividade pelo custo de produção. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 3, n. 5, p.95-117, jan./jun. 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/752/75230508/index.html>. Acesso em: 02 out. 2017.

BRUNETTA, M. R. **Avaliação da eficiência técnica e de produtividade usando análise por envoltória de dados**: um estudo de caso aplicado a produtores de leite. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: [https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/639/Dissert\\_Marlon.pdf?sequence=1](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/639/Dissert_Marlon.pdf?sequence=1). Acesso em: 08 out. 2017.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de Custos e Formação de Preço**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BRUNOZI JÚNIOR, A. C. *et al.* Eficiência produtiva e análise econômica e financeira de usinas de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. **Revista Ambiente Contábil**, Natal, v. 4, n. 2, p. 74-92, jul./dez. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/ambiente/article/view/2140>. Acesso em: 13 out. 2017.

CALDARELLI, C. E. Análise do valor da produção e da composição do mercado brasileiro de grãos. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 21-30, 2010. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/324>. Acesso em: 13 fev. 2018.

CALLADO, A. A. C.; CALLADO, A. L. C. Gestão de custos rurais: comparando práticas entre distintos polos de produção agroindustriais de Estado do Pernambuco. **Contextus**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 65-74, jul./dez. 2009. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/contextus2/article/view/629>. Acesso em 18 out. 2017.

CAMPONOGARA, A. *et al.* O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19 n. 2, p. 246-257, maio/ago. 2015. Disponível em: [https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/15437/pdf\\_1](https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/15437/pdf_1). Acesso em: 20 abr. 2018.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. A. O trigo no Brasil e no mundo: cadeia de produção, transformação e comercialização. In: CUNHA, G. R. (Org.). **Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, ago. 2009. p.

29-72. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/852640/oficina-sobre-trigo-no-brasil-bases-para-a-construcao-de-uma-nova-triticultura-brasileira>. Acesso em: 31 maio 2018.

CARLUCCI, F. V. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação do impacto das variáveis tamanho e localização na eficiência operacional de usinas de cana-de-açúcar na produção de açúcar e etanol no Brasil**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-09112012-172303/pt-br.php>. Acesso em: 15 out. 2017.

CARMO, C. R. S.; ALMEIDA, S. A. F. Culturas temporárias cultivadas no Estado de Minas Gerais: um estudo comparativo envolvendo crédito rural e variáveis climáticas. **Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 20-36, set./dez. 2016. Disponível em: <http://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/395>. Acesso em: 04 out. 2017. <https://doi.org/10.18696/reunir.v6i3.395>

CARVALHO, P. L. C. *et al.* Análise por envoltória de dados no setor bancário: variáveis de entrada/input e saída/output mais utilizadas. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38. n. 3, 2017. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n03/a17v38n03p17.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2018.

CASTRO, A. M. G. Análise da competitividade de cadeias produtivas. Manaus, 2000. In: **WORKSHOP CADEIAS PRODUTIVAS E EXTENSÃO RURAL NA AMAZÔNIA**, promovido pela Suframa. Disponível em: [http://ibrarian.net/navon/paper/AN\\_LISE\\_DA\\_COMPETITIVIDADE\\_DE\\_CADEIAS\\_PRODUTIVAS.pdf?paperid=4613830](http://ibrarian.net/navon/paper/AN_LISE_DA_COMPETITIVIDADE_DE_CADEIAS_PRODUTIVAS.pdf?paperid=4613830). Acesso em: 22 nov. 2017.

CEPEA. **Índices exportação do agronegócio em 2017**. Piracicaba: USP, SP, 2017. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br). Acesso em: 12 mar. 2018.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making unit. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n.3, p. 429-444, 1978. Disponível em: <https://www.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/CCR1978.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2019. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)

COMIM, L.C. *et al.* Competências gerenciais: uma perspectiva dos gestores das empresas do agronegócio. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 228-243, jan./jun. 2017. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/pgc/article/view/27928>. Acesso em: 04 out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **A cultura do trigo**. Brasília, DF, 2017a. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_04\\_25\\_11\\_40\\_00\\_a\\_cultura\\_do\\_trigo\\_versao\\_digital\\_final.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf). Acesso em: 07 out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **A cultura do trigo: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2009 a 2017**. Brasília, DF, v. 15,

2018c. Disponível em:

[https://www.conab.gov.br/...de.../20148\\_ba43e23421f262fc476c89bda17a0f97](https://www.conab.gov.br/...de.../20148_ba43e23421f262fc476c89bda17a0f97). Acesso em: 20 nov. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF, v.4, n. 12, 2017b. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1317\\_3b92fdb4c81421e032d3de69c6243135](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1317_3b92fdb4c81421e032d3de69c6243135). Acesso em: 04 out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF, v.5, n. 7, 2018a. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/16780\\_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/16780_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48). Acesso em: 12 abr. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Custos da produção agrícola**: a metodologia Conab. Brasília, DF, 2010. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes\\_agricolas/metodologia\\_custo\\_produc ao.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_produc ao.pdf). Acesso em: 20 nov. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Indicadores da agropecuária**. Brasília, DF, 2018b. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria/item/download/13731\\_9435ef5a6007001e14c6344aec58823e](https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria/item/download/13731_9435ef5a6007001e14c6344aec58823e). Acesso em: 18 mar. 2018.

COOK, M. L.; CHADDAD, F. R. Agroindustrialization of the global agrifood economy: bridging development economics and agribusiness research. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p.207-218, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169515000000931>. Acesso em: 23 out. 2017.

<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2000.tb00273.x>

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis**: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. New York: Springer Science, 2007.

CORTE, V. F. D; WAQUILL, P. D. Inovação na indústria de derivados de trigo no Brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 479-490, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87844622006>. Acesso em: 24 ago. 2018.

COSTA, T. B.; TAVARES, M. Análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de eficiência produtiva em relação aos custos do milho safra. **CONTABILOMETRIA – Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting**, Monte Carmelo, v. 1, n.1, p. 15-25, 1º sem./2014. Disponível em: <http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/contabilometria/article/view/438>. Acesso em: 08 out. 2017.

CUNHA, M. C. F. *et al.* Análise do processo de gestão de custos dos agentes que compõem a cadeia produtiva da cultura do sisal no estado da Paraíba. **Custos e @gronegócio**, Recife, v.

7, n. 3, p. 61-92, 2011. Disponível em:  
<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v7/sisal.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2017.

DHUNGANA, B. R., NUTHALL, P. L. NARTEA, G. V. Measuring the economic inefficiency of Nepalese rice farms using data envelopment analysis. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 48, n. 2, p. 347-369, 2004. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/117966/2/j.1467-8489.2004.00243.x.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2018.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2004.00243.x>

DONEGA, A. **Eficiências técnicas das principais commodities agrícolas paranaenses no período de 1998 a 2015**. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2016. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/2222>. Acesso em: 25 ago. 2018.

DUARTE, S. L. *et al.* Variáveis dos custos de produção de soja e sua relação com a receita bruta. **Custos e @gronegócio**, Recife, v.7, n. 1, jan./abr. 2011. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v7/soja.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017.

DURAND, R. The relative contributions of inimitable, non transferable and non substitutable resources to profitability and market performance. **Version for the SMS book forthcoming Fall 99**, Atlanta, 1999. Disponível em: <http://rodolphedurand.com/wp-content/uploads/2012/10/smsbook99.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2018.

DYSON, R. G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 132, n. 2, p. 245-259, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221700001491>. Acesso em: 25 jan. 2018.  
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)

ELHAMI, B.; AKRAM, A.; KHANALI, M. Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. **Information Processing In Agriculture**, v. 3, n. 3, p.190-205, set. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316300130>. Acesso em: 07 nov. 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.07.002>

EMROUZNEJAD, A.; ANOUZE, A. L. Data envelopment analysis with classification and regression tree : a case of banking efficiency. **Expert Systems**, Birmingham, v. 27, n. 4, p. 231-246, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1468-0394.2010.00516.x>. Acesso em: 23 out. 2017.  
<https://doi.org/10.1111/j.1468-0394.2010.00516.x>

FARIAS, A. R. *et al.* Dinâmica espacial da cultura do trigo no Brasil no período de 1990 a 2014. **Embrapa Gestão Territorial**, Campinas, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1082781/1/20171211Docume ntos2.pdf>. Acesso em: 31 maio 2018.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. Disponível em: [https://www.jstor.org/stable/2343100?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2343100?seq=1#page_scan_tab_contents). Acesso em: 15 out. 2017.  
<https://doi.org/10.2307/2343100>

FEHR, L. C. F. A. Análise das variáveis de custos do café arábica nas principais regiões produtoras do Brasil. **Reuna**, Belo Horizonte, v.17, n.2, p. 97-115, abr./jun. 2012. Disponível em: <http://revistas.una.br/index.php/reuna/article/view/447>. Acesso em: 19 nov. 2018.

FELIPE, I. J. S.; FRAILE, G. B. Perda máxima aceitável para investimento de risco em *commodity* brasileira. **Rege**, São Paulo, v. 24, p. 224-234, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1809227617301157>. Acesso em: 02 out. 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.rege.2017.05.002>

FERGUSON, C. E. **Microeconomia**. 18. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1994.

FERMAM, R. K. S. **Os requisitos ambientais no comércio internacional: Ferramentas de acesso a mercados para o setor de defensivos agrícolas**. 2009. 240 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/os-requisitos-ambientais-no-comercio-internacional.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global wheat and rice harvests poised to set new record**. Rome, 2016a. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/445300/icode/>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World food situation**. Rome, 2016b. Disponível em: <http://www.fao.org/worldfoods situation/csdb/en/>. Acesso em: 14 mar. 2018.

FRANCESCHI, L. *et al.* Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 797-805, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-8705201000400004&script=sci\\_abstract&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-8705201000400004&script=sci_abstract&tlang=pt). Acesso em: 27 jan. 2019.

FRANCISCHETTI JÚNIOR, J. C.; ZANCHET, A. Perfil contábil-administrativo dos produtores rurais e a demanda por informações contábeis. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, Cascavel, v. 6, p. 1-18, 2006. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/csaemrevista/article/view/369/280>. Acesso em: 16 mar. 2018.  
<https://doi.org/10.1590/S0006-8705201000400004>

GALVÃO, N. M. D. S.; DORNELAS, J. S. Análise de desempenho na geração de benefícios econômicos dos clubes de futebol brasileiros: o uso do atleta como recurso estratégico e ativo intangível. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 14 n. 32, p. 21-47, maio/ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/viewFile/2175-8069.2017v14n32p21/34985>. Acesso em: 30 jan. 2018.

GARÓFALO, G. D. L.; CARVALHO, L. C. P. D. **Teoria microeconômica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GAZZONI, D. L. **A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/973921/1/Doc344online.pdf>. Acesso em: 21 out. 2018.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega**, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0305048389900297>. Acesso em: 27 jul. 2018.  
[https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)

GOMES, E. G. Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. **Engevista**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 27-51, jun. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/657598/1/UsodemodelosDEAemagricultura.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2019.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C. Uso de análise envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 19-27, abr. 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120258/1/557.pdf>. Acesso em:

GOMES, L. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **RER**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, p. 607-631, out./dez. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032005000400001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032005000400001). Acesso em: 05 dez. 2017.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Gestão de custos**: contabilidade e controle. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

HELPAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the brazilian center-west. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 31, p. 241-249, dec. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169515004001008>. Acesso em: 27 jan. 2019.  
<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2004.tb00261.x>

HOFER, E. *et al.* Gestão de custos aplicados ao agronegócio: culturas temporárias. **Contabilidade Vista & Revista**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 29-46, jan./mar. 2006. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/290>. Acesso em: 02 out. 2017.

JESUS JÚNIOR, C.; SIDONIO, L.; MORAES, V. E. G. Panorama das importações de trigo no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 34, p. 389-420, 2011. Disponível em: [https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1602/1/A%20BS%2034%20Panorama%20das%20importa%C3%A7%C3%A7%C3%B5es%20de%20trigo%20no%20Brasil\\_P.pdf](https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1602/1/A%20BS%2034%20Panorama%20das%20importa%C3%A7%C3%A7%C3%B5es%20de%20trigo%20no%20Brasil_P.pdf). Acesso em: 17 mar. 2018.

KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados na análise das demonstrações contábeis**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-11122002-092458/pt-br.php>. Acesso em: 25 abr. 2017.

KING, R. P. *et al.* Agribusiness economic and management. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 2, n. 2, p. 554-570, 2010. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajae/article-abstract/92/2/554/89587?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 23 out. 2017.  
<https://doi.org/10.1093/ajae/aaq009>

KRUGER, S. D.; MAZZIONI, S.; BOETTCHER, S. F. A importância da contabilidade para a gestão das propriedades rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 16, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2009. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/944/944>. Acesso em: 28 jan. 2019.

LANNA, G. B. M.; REIS, R. P. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, maio/ago. 2012. Disponível em: [http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7907/Coffee%20Science\\_v7\\_n2\\_p110-121\\_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7907/Coffee%20Science_v7_n2_p110-121_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 24 jan. 2019.

LANNA, G. B. M.; TEIXEIRA, E. C.; REIS, R. P. Determinantes da adoção da tecnologia de despolpamento na cafeicultura: estudo de uma região produtora da zona da mata de Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 352-362, 2011. Disponível em: <http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/430>. Acesso em: 27 jan. 2019.

LIMA, A. L. R.; CÍPOLA, F.C.; FERREIRA, A. F. R. Desempenho social no agronegócio brasileiro: aplicando DEA no segmento de usinas de processamento de cana-de-açúcar. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 48, n. 1, p. 223-243, jan./mar. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032010000100010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032010000100010). Acesso em: 31 mar. 2018.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-20032010000100010>

LIMA, A. L. R.; REIS, R. P.; ALVES, R. C. Fronteira de produção e eficiência econômica da cafeicultura mineira. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 268-285, 2012. Disponível em: <http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/513>. Acesso em: 27 jan. 2019.

LUZ, A. N. C. **A competitividade da agricultura brasileira: o Brasil é competitivo no comércio global de grão?** 2014.150 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/109261>. Acesso em: 06 dez. 2017.

MACEDO, M. A; STEFFANELLO, M; OLIVEIRA, C. A. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de análise envoltória de dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e @gronegócio on line**, v. 3, n. 2, jul./dez. 2007. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v3/eficiencia%20de%20producao.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2018.

MACOHON, E. R.; SCARPIN, J. E.; ZITTEI, M. V. M. Uma lógica contingencial para projetos de sistemas de custos na atividade agrícola. **Contextus**, Fortaleza, v. 13, n. 1, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/contextus/article/view/646>. Acesso em: 08 out. 2017.

MAHER, M. **Contabilidade de custos**: criando valor para a administração. São Paulo: Alas, 2001.

MANKIW, N. G. **Introdução a Economia**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MARDANI, M.; SALARPOUR, M. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. **Information Processing In Agriculture**, Beijing, v. 2, n. 1, p.6-14, maio 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317315000128>. Acesso em: 07 nov. 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2015.01.002>

MARIANO, E. B. **Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva**. 2008. 301 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-24062008-163828/pt-br.php>. Acesso em: 11 set. 2017.

MARION FILHO, P. J.; CORTE, V. F. D. As estratégias das indústrias de farinha de trigo e de massas alimentícias do Rio Grande do Sul. **Estratégia e Negócios**, Florianópolis, v. 3, n. 2, jul./dez. 2010. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/EeN/article/view/468>. Acesso em: 27 jan. 2019.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MEIRELLES, D. S.; PINTO, L. F. G. A formação da grande empresa industrial brasileira: um estudo do processo de crescimento do grupo J Macêdo sob a ótica da teoria da firma. **Contextus**, Fortaleza, v. 4, n. 1, p. 29-40, jan./jun. 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/50854497\\_A\\_Formacao\\_da\\_Grande\\_Empresa\\_Industrial\\_Brasileira\\_um\\_estudo\\_do\\_processo\\_de\\_crescimento\\_do\\_grupo\\_JMacedo\\_sob\\_a\\_otica\\_da\\_teoria\\_da\\_firma](https://www.researchgate.net/publication/50854497_A_Formacao_da_Grande_Empresa_Industrial_Brasileira_um_estudo_do_processo_de_crescimento_do_grupo_JMacedo_sob_a_otica_da_teoria_da_firma). Acesso em: 27 jan. 2019.

MELO, C. O. **Eficiência econômica da produção de cana-de-açúcar de produtores independentes do estado do Paraná**. 2010. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010. Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=202976](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=202976). Acesso em: 05 dez. 2017.

MELO, C. O.; MORO, L. Sazonalidade de preços do trigo no Paraná de 2000 a 2012. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 4-14, 2013. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/852>. Acesso em: 12 fev. 2018.

MENDES NETO, E. B. **Evolução e distribuição de riqueza da cultura de soja nas principais regiões produtoras no Brasil**. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12622>. Acesso em: 03 out. 2017.

MEZA, L. A. *et al.* ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – sistema integrado de apoio a decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.25, n.3, p. 493-503, set./dez. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-74382005000300011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382005000300011). Acesso em 27 jan. 2019.

MIRANDA, E. E. **Agricultura no Brasil do século XXI**. São Paulo: Metalivros, 2013.

MOCHÓN, F. **Princípios de economia**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MOHAMMAD, I. J. *et al.* Analysis of technical and scale efficiency of smallholder farms of rice-wheat system in Punjab, Pakistan. **Journal of Agricultural Research**, Punjab, v. 49, n. 1, 2011. Disponível em: [http://apply.jar.punjab.gov.pk/upload/1374663564\\_88\\_35\\_12513-3092-13.pdf](http://apply.jar.punjab.gov.pk/upload/1374663564_88_35_12513-3092-13.pdf). Acesso em: 07 nov. 2018.

MONTONERI, B. *et al.* Application of data envelopment analysis on the indicators contributing to learning and teaching performance. **Teaching and Teacher Education**, v. 28, p. 382-395, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X11001399>. Acesso em: 27 jan. 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.006>

MORI, C. D. *et al.* **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. EMBRAPA, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/trigo/cultivos/trigo>. Acesso em: 12 mar. 2018.

MUAZU, A. *et al.* Yield prediction modeling using data envelopment analysis methodology for direct seeding, wetland paddy cultivation. **Agriculture And Agricultural Science Procedia**, v. 2, p.181-190, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784314000278>. Acesso em: 07 nov. 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.026>

NOVA, S. P. C. C.; SANTOS, A. Aplicação da análise por envoltória de dados utilizando variáveis contábeis. **Revista de Contabilidade e Organizações**, São Paulo, v. 3 n. 2, p. 132 - 154 mai./ago. 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34717>. Acesso em: 26 ago. 2018.

OLIVEIRA, A. **Avaliação de desempenho de um sistema de manufatura de costura transversal através da análise envoltória de dados**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10746?locale-attribute=en>. Acesso em: 05 ago. 2018.

OLIVEIRA, D. F. A implantação de um sistema de gestão de custos no hospital universitário pela EBSERH: um estudo de caso com utilização do PMBOK. **Rahis**, Belo Horizonte, v. 13 n. 3, p. 122-139, 2016. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/rahis/article/view/122-139>. Acesso em: 27 jan. 2019.

OLIVEIRA, D. L.; PEREIRA, S. A. Análise do processo decisório no agronegócio: abordagem na cadeia de valor da soja. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 2, n. 4, p. 1-24, 2008. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/555>. Acesso em: 27 jan. 2019.

OLIVEIRA, K. G. **Efeitos dos fatores climáticos no comportamento dos custos de produção da soja: um estudo das principais cidades produtoras brasileiras no período de 2005 a 2015**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12628>. Acesso em: 14 set. 2017.

OLIVEIRA, T. B. A. *et al.* Análise de custos e eficiência de fazendas produtoras de cana-de-açúcar por meio da análise envoltória de dados. **Custos e @agronegócios**, Recife, v. 10, n. 1, jan./mar. 2014. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v10/DEA.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2018.

OTTONELLI, J.; GRINGS, T. C.; CERETTA, P. S. Impactos de fatores de mercado nos retornos de preços agrícolas. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 228-237, 2016. Disponível em: <http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/999>. Acesso em: 02 out. 2017.

PACHIEL, M. G. **Eficiência produtiva de usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo**. 2009. 67 f. (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV\\_46dac18ff7aebdc695aa01caa1e73520](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_46dac18ff7aebdc695aa01caa1e73520). Acesso em: 15 out. 2017.

PENÃ, C. R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **RAC**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, jan./mar. 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-65552008000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552008000100005). Acesso em: 15 out. 2017.

PEREIRA, C. N.; SILVEIRA, J. M. F. J. Análise exploratória da eficiência produtiva das usinas de cana-de-açúcar na região centro sul do Brasil. **RESR**, Piracicaba, v. 54, n. 1, p. 147-166. jan./mar. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032016000100147](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032016000100147). Acesso em: 25 jan. 2018.  
<https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401008>

PEREIRA, C. A.; REIS, E. A.; TAVARES, M. O comportamento dos custos de produção do café arábica em relação a venda de máquinas agrícolas no estado de Minas Gerais. **RAGC**, Monte Carmelo, v. 6, n.23, p. 85-100, 2018. Disponível em: <http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/ragc/article/view/1182/912>. Acesso em: 27 jan. 2018.

PEREIRA, M. W. G.; ARÊDES, A. F.; TEIXEIRA, E. C. Avaliação econômica do cultivo de trigo dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 5, n. 4, p. 591-610, 2007. Disponível em: <https://revistarea.ufv.br/index.php/rea/article/view/118>. Acesso em: 22 out. 2017.

PEREIRA, N. A. **Avaliação da eficiência das principais regiões produtoras de cana-de-açúcar por meio da análise envoltória de dados (Dea)**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12616>. Acesso em: 29 ago. 2017.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

PIRES, G. C. Análise da eficiência portuária usando a metodologia da análise envoltória de dados (DEA). **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v.10, Edição Especial 1, Abr. 2017. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/EeN/article/view/4403>. Acesso em: 08 out. 2017.

PROTIL, R. M.; FERNANDES, A. C.; SOUZA, A. B. K. Avaliação da pesquisa agropecuária em cooperativas agroindustriais utilizando um modelo de scorecard dinâmico. **Revista de Contabilidade e Organizações**, São Paulo, v. 3, n. 5, p. 62-79, jan./abr. 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34732>. Acesso em: 02 out. 2017. <https://doi.org/10.11606/rco.v3i5.34732>

RAHELI, H. *et al.* A two-stage DEA model to evaluate sustainability and energy efficiency of tomato production. **Information Processing In Agriculture**, v. 4, n. 4, p.342-350, dez. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316301202>. Acesso em: 07 nov. 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.004>

RAINERI, C.; ROJAS, O. A. O.; GAMEIRO, A. H. Custos de produção na agropecuária: da teoria económica à aplicação no campo. **Empreendedorismo, Gestão e Negócios**, Pirassununga, v. 4, n. 4, p. 194-211, jan./abr. 2015. Disponível em: <http://www.fatece.edu.br/arquivos/arquivos%20revistas/empreendedorismo/volume4/10.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2018.

RAUPP, S. W. *et al.* O processo de implementação da gestão estratégica de custos em uma empresa estatal de energia elétrica. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 5, n. 1, p.137-166, jan./abr. 2012. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/EeN/article/view/840>. Acesso em: 28 jan. 2019. <https://doi.org/10.19177/reen.v5e12012137-166>

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

RICHETTI, A. **Fronteira de produção e eficiência econômica na cultura da soja no Mato Grosso do Sul**. 2000. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/10351/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Fronteira%>

20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20efici%C3%A3ncia%20econ%C3%B4mica%20na%20cultura%20da%20soja%20no%20Mato%20Grosso%20do%20Sul.pdf. Acesso em: 23 nov. 2018.

ROBOREDO, M. C.; AIZEMBERG, L. MEZA. L. A. The DEA game cross efficiency model applied to the brazilian football championship. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 758-763, 2015. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915016361>. Acesso em: 08 nov. 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.161>

ROSSI, R. M.; CASTRO, L. T. Quantificação e coordenação de sistemas agroindustriais: o caso do trigo no Brasil. **Organizações Rurais Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 93-102, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87817147008>. Acesso em: 31 mar. 2018.

ROSSI, R. M.; NEVES, M. F. **Estratégias para o trigo no Brasil**. Pensa/Uniemp, São Paulo: Atlas, 2004.

RUBINO, M. *et al.* ASHP guidelines on medication cost management strategies for hospitals and health systems. **American Journal of Health System Pharmacy**, v. 65, 1368-1384, 2008. Disponível em: <https://www.ashp.org/-/media/assets/policy-guidelines/docs/guidelines/medication-cost-management-strategies-hospitals-health-systems.ashx?la=en&hash=99D11F0DA3ACBB25BF487DD1644A5BD2FE9A1E98>. Acesso em: 28 jan. 2018.  
<https://doi.org/10.2146/ajhp080021>

SALGADO JÚNIOR, A. P.; BONACIM, C. A. G.; PACAGNELLA JÚNIOR, A. C. Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de eficiência de usinas de açúcar e álcool da região nordeste do estado de São Paulo. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 494-513, 2009. Disponível em:  
<http://repositorio.ufla.br/handle/1/8844>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SANTOS, A. B.; SPROESSER, R. L.; MARTINS, R. S. Caracterização e avaliação da eficiência dos terminais intermodais do corredor logístico de grãos centro-leste. **Revista ADM.MADE**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 1-23. jan./abr. 2013. Disponível em:  
<http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/admmade/article/view/548>. Acesso em: 22 out. 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.100>

SANTOS, I. O. **Avaliação da eficiência na produção de arroz no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados**. 2017. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em:  
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20354/7/Avalia%C3%A7%C3%A3oEfici%C3%A3nciaProdu%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

SANTOS, J. S. *et al.* Natural occurrence of deoxynivalenol in wheat from Paraná state, Brazil and estimated daily intake by wheat products. **Food Chemistry**, v. 138, p. 90-95, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Chl0zswpQZs>. Acesso em: 17 out. 2017.

SANTOS, R. P. **Análise de custos dos concorrentes: um estudo exploratório entre teoria e prática.** 2010. 228 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disseminados/12/12136/tde-14102010-011429/pt-br.php>. Acesso em: 16 mar. 2018.

SENRA, L. F. A. C. *et al.* Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. **Pesquisa Operacional**, v.27, n.2, p.191-207, Maio a Agosto de 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-74382007000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382007000200001). Acesso em: 13 fev. 2018.

SHANK, J. K.; GOVINDARAJAN, V. **A revolução dos custos.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SILVA NETO, W. A.; ARRUDA, P. N.; BASTOS, A. C. O déficit na capacidade estática de armazenagem de grãos no estado de Goiás. **Gestão e Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 32, n. 96, p. 151-169, set./dez. 2016. Disponível em: [http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_gestao/article/viewFile/2944/2034](http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/viewFile/2944/2034). Acesso em: 22 out. 2017.

SOUZA, M. W.; MACEDO, M. A. S. Análise da eficiência utilizando a metodologia DEA em organização militar de saúde: o caso da odontoclínica central do exército. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, jul/dez 2008. Disponível em: <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/ufpj/article/viewArticle/461>. Acesso em: 24 jan. 2019.

SOUZA, M. A.; HEINEN, A. C. Práticas de gestão estratégica de custos: uma análise de estudos empíricos internacionais. **Contabilidade, Gestão e Governança**, Brasília, v. 15, n. 2, 2012. Disponível em: <https://cgg-amg.unb.br/index.php/contabil/article/view/397>. Acesso em: 20 out. 2017.

SOUZA, P. C.; SCATENA, J. H. G.; KEHRIG, R. T. Eficiência hospitalar no sus: análise de 10 hospitais do mix público-privado do estado do mato grosso. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 22, n. 72, 326-345, maio/ago. 2017. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cgpc/article/viewFile/66242/68919>. Acesso em: 23 jan. 2019.

SOUZA, R. O. D.; TEIXEIRA, S. M. Produtividade total de fatores na agricultura goiana: uma análise para as culturas de cana-de-açúcar, milho e soja. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 211-234, 2013. Disponível em: <https://www.revistarea.ufv.br/index.php/rea/article/view/219>. Acesso em: 21 out. 2017.

SOWLATI, T. **Establishing the practical frontier in data envelopment analysis.** Center for Management of Technology and Entrepreneurship Faculty of Applied Science and Engineering. University of Toronto, Toronto, 2001. Disponível em: <http://www.nlc-bnc.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp04/NQ63714.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

STEFFANELLO, M.; MACEDO, M. A. S.; ALYRIO, R. D. Eficiência produtiva de unidades agropecuárias: uma aplicação do método não-paramétrico análise envoltória de dados (DEA). **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 11, n. 1, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87812762003>. Acesso em: 08 out. 2017.

STIGLITZ, J. E.; WALSH, C. E. **Introdução a Microeconomia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campos, 2003.

SZNITOWSKI, A. M. Fontes de conhecimento/tecnologia para o agronegócio da soja em Mato Grosso. **Revista Unemat de Contabilidade**, Tangará da Serra, v. 6, n. 11, p. 236-259, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/ruc/article/view/2175>. Acesso em: 11 mar. 2019.

TAKEITI, C. Y. Trigo. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2015. Disponível em:  
[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia\\_de\\_alimentos/arvore/CONT000girlnq02wx5ok05vadr1qrnof0m.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlnq02wx5ok05vadr1qrnof0m.html). Acesso em: 16 abr. 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, PRODUCTION, SUPPLY AND DISTRIBUTION. **Foreign Agricultural Service**. 2018. Disponível em:  
<https://www.fas.usda.gov/data>. Acesso em: 15 out. 2018.

VASCONCELLOS, M. A. S. **Economia: micro e macro**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VILELA, D. L.; NAGANO, S. M.; MERLO, E. F. Aplicação da análise envoltória de dados em cooperativas de crédito rural. **RAC**, Rio de Janeiro, 2ª Edição Especial, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-65552007000600006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552007000600006). Acesso em: 15 out. 2017.

VILELA, L. Desafios do agronegócio: capital e conhecimento. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 87-88, 2004. Disponível em:  
<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/993>. Acesso em: 27 jan. 2019.

WANDERLEY, C. A. **Uma investigação sobre a medição de desempenho da função produção nas indústrias de transformação de Pernambuco: um enfoque do balanced scorecard e do performance prism**. 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002. Disponível em:  
<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5740>. Acesso em: 07 out. 2018.

WIDIARTO, I.; EMROUZNEJAD, A.; ANASTASAKIS, L. Observing choice of loan methods in not-for-profit microfinance using data envelopment analysis. **Expert Systems With Applications**, v. 82, p. 278-290, 2017. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417417301744>. Acesso em: 23 out. 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.022>

XAVIER, L. V. **Assimetria de custos: um estudo aplicado às empresas da cadeia produtiva do agronegócio brasileiro**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21546>. Acesso em: 03 nov. 2018.

ZANELLA, T. P.; LAGO, S. M. S. A produção científica sobre a sustentabilidade no agronegócio: um recorte temporal entre 2005 e 2015. **Organizações Rurais &**

**Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 356-370, 2016. Disponível em:  
<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/1080>. Acesso em: 04 out. 2017.

ZHONG, Y.; ZHAO, J. The optimal model of oilfield developement investment based on data envelopment analysis. **Petroleum**, v. 2, n. 3, p. 307-312, 2016. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405656116300670>. Acesso em: 24 mar. 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.petlm.2016.04.004>

ZHU, J. Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies. **European Journal of Operational Research**, v. 123, n. 1, p. 105-124, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722179900096X>. Acesso em: 22 out. 2017.  
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00096-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00096-X)

ZYLBERSZTAJN, D. Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial. In: ZYLBERSZTAJN, D; NEVES, M. F. (Org.) **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000.

**APÊNDICE A - CORRELAÇÃO DE PEARSON**

|       | SEMS   | FERTS  | AGRTX  | ASTEC  | TRAEX  | DEARM  | DEPEI  | DEPIM  | DEPMA  | ENCSO  | SEGCF | RESCF | TRIGO |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| SEMS  | 1,000  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |
| FERTS | -0,119 | 1,000  |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |
| AGRTX | -0,047 | 0,223  | 1,000  |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |
| ASTEC | 0,253  | 0,451  | 0,525  | 1,000  |        |        |        |        |        |        |       |       |       |
| TRAEX | 0,414  | 0,337  | 0,170  | 0,425  | 1,000  |        |        |        |        |        |       |       |       |
| DEARM | -0,111 | -0,289 | -0,432 | -0,508 | -0,411 | 1,000  |        |        |        |        |       |       |       |
| DEPEI | 0,042  | 0,130  | -0,147 | 0,173  | 0,408  | 0,106  | 1,000  |        |        |        |       |       |       |
| DEPIM | 0,203  | -0,481 | -0,335 | -0,533 | 0,096  | 0,313  | -0,210 | 1,000  |        |        |       |       |       |
| DEPMA | 0,127  | 0,013  | -0,012 | 0,064  | -0,167 | -0,199 | -0,149 | 0,165  | 1,000  |        |       |       |       |
| ENCSO | 0,064  | 0,448  | 0,633  | 0,672  | 0,450  | -0,469 | 0,061  | -0,227 | 0,028  | 1,000  |       |       |       |
| SEGCF | 0,216  | -0,256 | -0,208 | -0,422 | 0,119  | 0,037  | -0,354 | 0,869  | 0,537  | -0,021 | 1,000 |       |       |
| RESCF | 0,173  | -0,175 | -0,056 | -0,215 | 0,216  | -0,247 | -0,339 | 0,751  | 0,570  | 0,092  | 0,935 | 1,000 |       |
| TRIGO | 0,250  | 0,391  | 0,516  | 0,549  | 0,665  | -0,332 | -0,085 | 0,063  | -0,019 | 0,714  | 0,189 | 0,310 | 1,000 |

Fonte: Dados da pesquisa