

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE DE SISTEMAS DE
PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE POR MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA
DE DADOS (DEA) E ÍNDICE DE MALMQUIST**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

THAÍS LOPES GONÇALVES

URUGUAIANA

13 DE MARÇO DE 2020

THAÍS LOPES GONÇALVES

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE DE
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE POR MEIO DA
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E ÍNDICE DE
MALMQUIST**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação
Stricto sensu em Ciência Animal da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título
de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof Dr. Ricardo Pedroso Oaigen

Co-orientadora: Dra. Mariana de Aragão Pereira

Uruguaiiana

13 DE MARÇO DE 2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

G635d Gonçalves, Thaís Lopes

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE POR MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E ÍNDICE DE MALMQUIST / Thaís Lopes Gonçalves.

77 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Pampa, MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL, 2020.

"Orientação: Ricardo Pedroso Oaigen".

1. Gestão Rural. 2. Produtividade. 3. Bovinocultura de Corte. 4. Sistemas de Produção. I. Título.

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE DE
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE POR MEIO DA
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E ÍNDICE DE
MALMQUIST**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação
Stricto sensu em Ciências Animal da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título
de Mestre em Ciência Animal.

Area de concentração: Produção animal

Dissertação defendida e aprovada em 13 de março de 2020

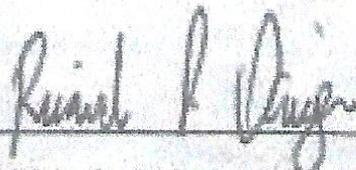
Banca examinadora



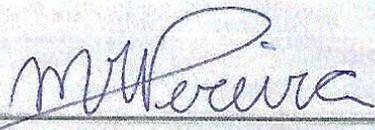
Prof. Dra. Luciana Fagundes Christofari (UFSM)



Prof. Dr. Fernando Silveira Mesquita (UNIPAMPA)



Prof. Dr. Ricardo Pedroso Oaigen - Orientador (UNIPAMPA)



Dra. Mariana de Aragão Pereira – Co-orientadora (Embrapa Gado de Corte)

Aos meus pais e meu irmão, pelo amor incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que ocupa o primeiro lugar na minha vida. Quem abriu portas, orientou decisões, socorro bem presente em todo o tempo. Quem me presenteou com pessoas de valor inestimável e me ensinou a servir e amar o outros através do meu trabalho.

Aos meus pais Ruy e Gisely, base sólida e amor incondicional. Meus maiores exemplos, minha maior e melhor referência pessoal e profissional de caráter, dedicação e persistência.

Ao meu irmão, Pedro, por lutar as batalhas da vida comigo, sem recuar, sobretudo nos dois últimos anos. Com certeza, sem esse apoio, a caminhada teria sido muito árdua.

Aos meus tios, primos e avós, pelo amor que nunca me permitiu sequer pensar estar sozinha, pelo incentivo, investimentos e amor incondicional.

Aos meus amigos, agradeço com veemência pelas mãos que me seguraram quando meus pés vacilaram e que também brindaram minhas vitórias com brilho no olhar.

A Tainara Bremm e Tamires Glasenapp, amigas-irmãs, mulheres empreendedoras e virtuosas, transbordo de gratidão por cada demonstração prática de amor e amizade. Nosso trio é forte!

Ao Fernando, meu amor, pela paciência, compreensão e ajuda nos momentos críticos dessa reta final. Todo incentivo e apoio fizeram a diferença.

Ao meu amigo e orientador Ricardo Oaigen, grata pelos ensinamentos, não só de pecuária, mas de vida. Por cada palavra de ânimo, incentivo, conselhos e orientação. Adelante!

Ao Dr. Urbano e a Embrapa Pantanal, pela disponibilidade em ajudar neste projeto desde o primeiro contato.

A Dra. Mariana, por ser uma referência e exemplo de profissional e ser humano. Grata pelos conselhos e orientações e por toda ajuda durante o final da graduação e a pós-graduação. Uma honra trabalhar contigo.

Aos professores da pós-graduação, pelo empenho em extrair o melhor dos seus alunos e dar o melhor de si.

Aos membros do Setor de Gestão Pecuária do Centro de Tecnologia em Pecuária (CTPEC). Foram 7 anos de aprendizado, nesse tempo muitos passaram, mas alguns permaneceram e a convivência profissional criou laços de amizade fortes e sólidos dos quais me orgulho. Grata a cada um, sobretudo Guilherme de David e Renata Garcez, por serem mais do que “braço direito”. Este trabalho também é fruto do empenho de vocês.

Ao Grupo de Trabalho Pecuária do Amanhã (GTPA), grata pela confiança no meu trabalho e pela oportunidade de crescer como pessoa e como profissional dentro deste grupo tão seletivo e exigente.

A cada um, gratidão e reconhecimento.

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades.
Lembrai-vos de que as grandes proezas da história foram
conquistadas do que parecia impossível”

Charles Chaplin

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
Universidade Federal do Pampa

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE POR MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E ÍNDICE DE MALMQUIST

AUTORA: THAÍS LOPES GONÇALVES

ORIENTADOR: PROF. DR. RICARDO PEDROSO OAIGEN

CO-ORIENTADORA: DRA. MARIANA DE ARAGÃO PEREIRA

Uruguaiana-RS, 13 de março de 2020

Análises que permitam conhecer a eficiência dos empreendimentos rurais e suas causas são fundamentais, tanto para fins estratégicos na busca por solução para problemas, quanto para planejamento e tomada de decisão. Assim, este trabalho buscou mensurar a eficiência e produtividade de propriedades rurais pertencentes a um grupo de *benchmarking* na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Buscou-se ainda discriminar as propriedades eficientes das ineficientes na alocação dos fatores de produção e identificar os fatores determinantes da eficiência dos sistemas produtivos estudados. As unidades de tomada de decisão (DMUs - *Decision Making Unit*) deste estudo foram 11 propriedades especializadas na Bovinocultura de Corte, submetidas a Análise Envoltória de Dados (DEA) e ao Índice de Malmquist. A eficiência e a produtividade das DMUs foram avaliadas durante os anos de 2016, 2017 e 2018. Os inputs, selecionados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), foram: área útil destinada a pecuária (ha), área útil de pastagem nativa (ha), número de funcionários de campo e rebanho médio (Cabeças). Como outputs considerou-se a produtividade (Kg PV/ha) e a receita (R\$/ha). Apenas 27,2% dos empreendimentos foram considerados eficientes em cada ano estudado, contudo, houve avanços na Produtividade Total dos Fatores (PTF). Tais avanços foram determinados pela eficiência técnica, em função do correto gerenciamento dos fatores de produção. Ainda que em menor grau, houve avanço tecnológico no grupo. A análise das DMUs

evidenciou maiores ganhos em produtividade e receita mediante menor uso de insumos (área e mão de obra) e maior intensificação do sistema de produção.

Palavras-chave: análise de desempenho, benchmarking, gestão rural, pecuária de corte

ABSTRACT

Dissertation of Master`s Degree
Program of Post-Graduation in Animal Science
Federal University of Pampa

DETERMINATION OF EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY OF BEEF PRODUCTION SYSTEMS THROUGH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) AND MALMQUIST INDEX

AUTHOR: THAIS LOPES GONÇALVES

ADVISOR: PROF. DR. RICARDO PEDROSO OAIGEN

CO-ADVISOR: DRA. MARIANA DE ARAGÃO PEREIRA

Uruguaiiana- RS, March, 13th, 2020.

Analyses that determine the efficiency of rural enterprises and its determining factors are fundamental for strategic purposes in the search for solutions to problems, as well as for planning and decision making. Thus, this work sought to measure the efficiency and productivity of rural properties belonging to a benchmarking group on the western border of Rio Grande do Sul, Brazil. An additional goal was to discriminate the efficient properties from the inefficient ones in the allocation of production factors and to identify determining factors for the efficiency of the studied productive systems. The decision-making units (DMUs) of this study consisted in 11 properties specialized in beef cattle that were submitted to data envelopment analysis and the Malmquist index. The efficiency and productivity of the DMUs were evaluated between 2016 and 2018. The inputs selected through principal component analysis were useful livestock area in hectares, native pasture useful area in hectares, number of field workers, and average herd size in animals. The outputs considered were productivity evaluated as kg of live weight per hectare and revenue in terms of Brazilian reais per hectare. Only 27.2% of the enterprises were considered efficient in each studied year, however, there were advances in total factor productivity. Such advances were determined by technical efficiency due to the correct management of production factors. Although to a lesser extent, there was technological advancement in the group. The analysis of the DMUs showed greater

gains in productivity and revenue through reduced use of area and labor and greater intensification of the production system.

Keyword: performance analysis, benchmarking, rural management, beef cattle

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Evolução da área de pastagem (milhões de ha) e produtividade da pecuária de corte (@/ha/ano)	19
FIGURA 2. Evolução do consumo per capita de carne bovina no Brasil (Kg/habitante/ano)	19
FIGURA 3. Porcentagem de fazendas envolvidas em grupos de <i>benchmarking</i> por tipo de atividade	27

LISTA DE TABELAS

Referencial teórico

TABELA 1- Mapeamento das metodologias, objetivos e países envolvidos em estudos de benchmarking aplicados ao agronegócio.....	31
---	----

Artigo científico

TABELA 1 - Componentes principais (CPs), autovalores (λ_i) e porcentagem da variância explicada e proporção acumulada (%) pelos componentes.....	54
TABELA 2- Estatística descritiva das variáveis <i>inputs</i> e <i>outputs</i> consideradas na mensuração da eficiência das empresas rurais no período 2016-2018.....	55
TABELA 3 - Escores de eficiência de 11 sistemas de produção de bovinos de corte na Fronteira Oeste do RS estimados pelo modelo DEA-VRS e orientação a produto entre os anos de 2016 e 2018.....	56
TABELA 4- Análise descritiva comparativa de insumos e produtos entre as DMUs eficientes (<i>benchmarks</i>) e as ineficientes -média dos três anos avaliados.....	57
TABELA 5- Folgas (%) dos sistemas produtivos de bovinos de corte da Fronteira Oeste do RS, entre 2016 e 2018.....	59
TABELA 6- Decomposição da Produtividade Total dos Fatores (PTF).....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACP – Análise de Componentes Principais
- ACP – Análise de componentes principais
- ACV - Avaliação do Ciclo de vida
- BCC – Banker, Charnes e Cooper
- CCR – Charnes, Cooper e Rhodes
- CNA – Confederação Nacional da Agricultura
- CP – Componentes principais
- CTPEC – Centro de Tecnologia em Pecuária
- CV – Coeficiente de variação
- DEA – Data Envelopment Analysis | Análise envoltória de dados
- DMU – Decision Making Units
- FAO – Food And Agriculture Organization Of The United Nations
- GMD- Ganho médio diário
- HA – Hectare
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- Kg – Quilogramas
- MLA- MEAT e LIVESTOCK AUSTRALIA
- PIB – Produto Interno Bruto
- PTF – Produtividade Total dos Fatores
- PV – Peso vivo
- SIPA – Sistema Integrado de Produção Agropecuária
- USDA – United States Department Of Agriculture

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEORICO.....	18
2.1 Panorama da pecuária de corte brasileira	18
2.2 <i>Benchmarking</i> como ferramenta de análise de resultados	23
2.2.1 <i>Benchmarking</i> no agronegócio	25
2.2.2 Análise de dados de <i>benchmarking</i>	33
2.3 Mensuração da eficiência em sistemas de produção de bovinos de corte	34
2.3.1 Análise envoltória de dados (DEA) na mensuração da eficiência de unidades produtivas.....	37
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
3 OBJETIVOS.....	50
3.1. Objetivo geral	50
3.2. Objetivos específicos	50
4 ARTIGO CIENTÍFICO	51
INTRODUÇÃO	53
MATERIAL E MÉTODOS	55
RESULTADOS	60
Análise de componentes principais (ACP)	60
Análise descritiva das propriedades rurais estudadas (DMUs)	61
Análise da eficiência dos sistemas de produção	62
Produtividade de Malmquist	65
DISCUSSÃO	67
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS.....	73
5. CONCLUSÕES	76

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2018, o Produto Interno Bruto (PIB) da pecuária de corte representou 8,7% do PIB total do país. Neste ano, a cadeia produtiva movimentou R\$ 597,22 bilhões, 8,3% a mais em relação ao ano anterior. Bons resultados também foram observados no volume exportado, que apresentou crescimento, conferindo ao mercado externo uma participação de 20,1% do volume produzido. O mercado interno, principal destino da carne brasileira, também se mostrou positivo, com consumo per capita de 42 kg/habitante/ano, superior ao observado em 2017 (40 kg/habitante/ano) (ABIEC, 2019).

Dentro da porteira, de acordo com Carvalho e Zen (2017), notáveis avanços em produtividade determinados pelo aumento na taxa de lotação e de animais em regime de confinamento, melhor rendimento e qualidade de carcaça, bem como a expansão do alcance de mercados externos são evidências do crescimento que o setor vem apresentando. Martha Junior et al. (2011), por meio de dados do censo agropecuário de 2006 do IBGE, explicam que 79% do crescimento na pecuária nacional entre os anos de 1950 e 2006, se deu a partir de ganhos em produtividade em detrimento da expansão de área, que se limitou a apenas 21%. Segundo os autores, o emprego de tecnologias possibilitou um efeito poupa-terra da ordem de 525 milhões de hectares.

Apesar dos evidentes sinais de desenvolvimento do setor pecuário, a heterogeneidade dos sistemas produtivos é uma das suas características principais, que se dá em função da grande diversidade de padrões socioculturais e biomas (BARCELLOS et al., 2016; CARVALHO e ZEN, 2017). O contexto diverso associado a um ambiente econômico instável tem impacto sobre a tomada de decisão. A reação frente a tais fatores é diferente para cada produtor, sobretudo em relação à alocação dos recursos, fazendo com que alguns sejam caracterizados como eficientes e outros não (FERREIRA, 2012)

Somente a partir da mensuração da eficiência é possível inferir a respeito do status da alocação dos fatores de produção e identificar setores dentro da empresa rural que podem ser otimizados. A partir dessa avaliação, as ações corretivas estarão embasadas e o direcionamento dos recursos será justificado.

De acordo com o conceito clássico dado por Tupy e Yamaguchi (2002), a eficiência trata-se de uma comparação entre os valores observados e os valores ótimos de insumos e produtos.

Para Charnes e Cooper (1985), diz-se que uma unidade de produção é eficiente quando não for possível melhorar qualquer *input/output* sem que haja redução em outro *input/output*.

Dentre as ferramentas utilizadas na mensuração da eficiência, está o *benchmarking*. Já difundido no meio empresarial, mas pouco explorado em sistemas pecuários, o *benchmarking* é considerado uma ferramenta que detém grande poder de suporte na tomada de decisão. Além de mensurar, análises de *benchmarking* buscam comparar, e, por meio da comparação, difundir as melhores práticas daqueles identificados como referência aos menos eficientes, configurando um processo educativo e contínuo. A ferramenta é geralmente aplicada a grupos semelhantes de empresas rurais (por exemplo, fazendas) que se reúnem e compartilham suas informações visando melhorias.

Apesar da sua grande utilidade como ferramenta gerencial, seu uso incorreto tem limitado o poder de diagnóstico e planejamento fornecido pelo método, o qual se caracteriza meramente como uma análise comparativa, conforme crítica de Fleming et al. (2006). Segundo os autores, o mal-uso da ferramenta a torna ineficiente em fornecer informações precisas e desconsidera princípios da economia, princípios de escala e sobretudo, a natureza holística dos sistemas de produção.

Portanto, ao avaliar a eficiência de sistemas de produção pecuários fazem-se necessárias análises robustas acerca da alocação dos recursos de produção disponíveis e dos produtos gerados. Nesse sentido, ferramentas que permitam uma avaliação global dos empreendimentos, tanto interna, quanto em relação aos seus concorrentes, são úteis para a melhoria do desempenho técnico-produtivo das propriedades rurais.

Dessa forma, este trabalho buscou mensurar a eficiência e produtividade de propriedades rurais pertencentes a um grupo de *benchmarking* na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Buscou-se ainda discriminar as propriedades eficientes das ineficientes na alocação dos fatores de produção e identificar os fatores determinantes da eficiência dos sistemas produtivos estudados.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 Panorama da pecuária de corte brasileira

O desenvolvimento e profissionalização da pecuária de corte no Brasil passou por um período de forte intensificação nos últimos quarenta anos, contudo, foi a partir dos anos 90 que houve aceleração desse processo. A melhoria no poder aquisitivo da população permitiu o aumento na demanda por carne bovina, levando a consolidação do mercado interno. Paralelamente, nesse período o Brasil passou a adquirir importância entre os *players* do mercado da carne bovina no cenário mundial. O crescente acesso a mercados internacionais e a demanda interna aquecida passaram a exigir adequações tanto na produção animal quanto na indústria.

Por parte dos frigoríficos, a partir de incentivos públicos e privados, houve uma importante reestruturação das plantas e entre os anos de 1990 e 2009 houve um crescimento de 60% no volume de abates. Dentro da porteira, o incremento na produtividade aliado ao decréscimo na área de pastagem sinaliza a evolução produtiva do setor (FIGURA 1) (ABIEC, 2019). Entre os anos de 1950 e 2006 os ganhos em produtividade explicaram 79% do crescimento da pecuária nacional, sendo que entre 1996 e 2006, a taxa de crescimento produtivo foi de 6,6% ao ano (MARTHA JUNIOR, 2011).

No ano de 2018, foram produzidas no Brasil uma média de 4,5@/há/ano. Em 1990 esse valor era de 1,63@/há/ano, o que representa um aumento de 176% em produtividade. Nesse período, a retração na área utilizada para a atividade foi de 15%. A maior eficiência do uso da terra foi possibilitada mediante avanços na pesquisa e desenvolvimento tecnológico, que proporcionou nos últimos 28 anos um efeito-poupa terra de 250,6 milhões de hectares (ABIEC, 2019). A partir dos ganhos em produtividade, possibilita-se a minimização da pressão de consumo de recursos naturais, corroborando com uma preservação ambiental sustentável, premissa para o agronegócio contemporâneo (VIEIRA FILHO, 2016).

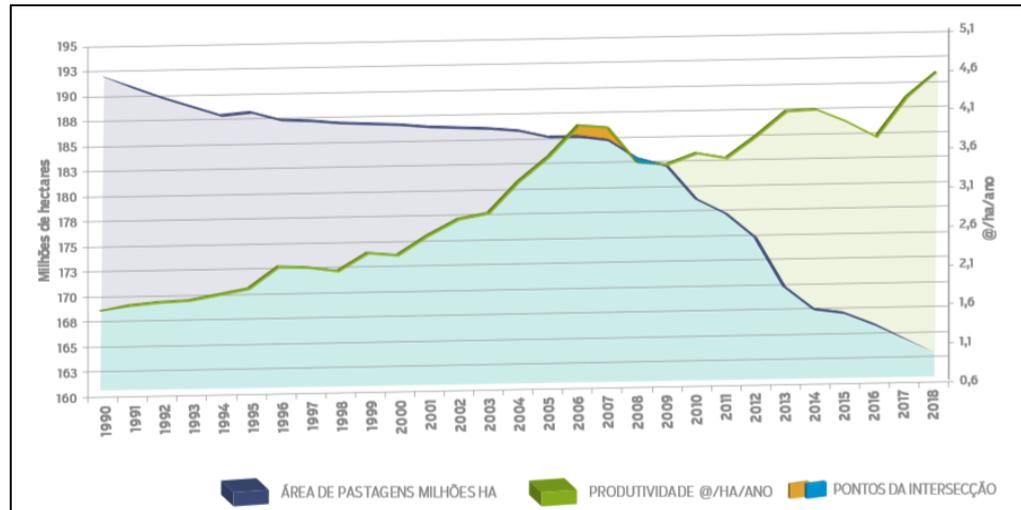


FIGURA 1. Evolução da área de pastagem (milhões de ha) e produtividade da pecuária de corte (@/ha/ano)

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne -ABIEC, (2019)

O Brasil alcançou a posição de maior rebanho do mundo no ano de 2015, época em que era também o segundo maior consumidor (atrás apenas da Argentina) e exportador de carne bovina do mundo. No período em questão, o PIB da pecuária representava 6,8% do PIB total brasileiro (ABIEC, 2016). Em 2018, a pecuária de corte representou 8,7% do PIB nacional. O valor somado pelo setor foi de R\$ 597,22 bilhões, com um crescimento de 8,3% em relação a 2017 (ABIEC, 2019).

O resultado econômico observado em 2018 é atribuído principalmente ao maior faturamento obtido pelos frigoríficos, 16,2% superior ao observado em 2017, impulsionado pelo crescimento nas exportações de carne bovina. No ano em questão, 20,1% da carne produzida foi destinada ao mercado externo (ABIEC, 2019), consolidando o Brasil como maior exportador de carne bovina. Considerando o comportamento dos maiores importadores de carne bovina e a crescente abertura e demanda de outros países pela carne brasileira, a USDA (2019) prevê que o volume exportado pelo Brasil chegue a 25% da produção. Ainda que represente apenas uma pequena parcela da produção, as exportações adquirem importância num contexto de crise, onde o consumo interno apresenta-se enfraquecido.

Apesar da relevância econômica do mercado externo para a economia nacional e sua contribuição na evolução da atividade, 79,6% da produção é destinada ao mercado interno. Na figura 2 é possível observar o comportamento do consumo de carne bovina no país nos últimos 24 anos. No período, o consumo per capita passou de 32 para 42 kg/habitante/ano, passando

por períodos de decréscimo e recuperação em função da situação econômica do país, mantendo, contudo, tendência de alta. Atualmente o país é o segundo maior consumidor de carne bovina do mundo, atrás da Argentina e dos EUA (ABIEC, 2019).

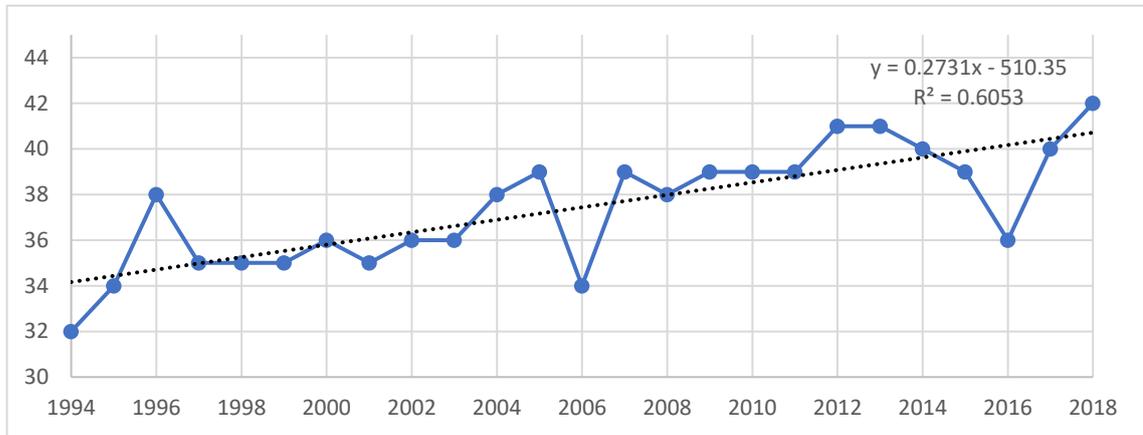


FIGURA 2 – Evolução do consumo per capita de carne bovina no Brasil (Kg/habitante/ano)
Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de: De Zen, 2008; EPAGRI, 2009; ABIEC, 2019.

Historicamente, o mercado interno caracteriza-se pelo baixo grau de exigência por qualidade, sendo o preço a variável determinante no consumo (LUCHIARI FILHO, 2006). Contudo, esse cenário tem se alterado nos últimos anos. Características relacionadas a qualidade e certificação do produto (VELHO et al., 2009), percepção em relação ao bem-estar animal (WORLD ANIMAL PROTECTION, 2016) e responsabilidade ambiental (VIEGAS et al., 2015) tem direcionado a escolha dos consumidores. Além disso, nichos de mercado tem adquirido significativa importância. Em média 2% do total de animais abatidos destinam-se ao mercado *gourmet*, contudo, a expectativa é que esse valor alcance 5% nos próximos anos.

O atendimento tanto a mercados com valor agregado quanto ao mercado de *commodities* tem demandando adequações no processo produtivo, sobretudo dentro da porteira. Avanços nas áreas de nutrição, melhoramento genético animal e vegetal, biotécnicas reprodutivas e gerenciamento tem possibilitado o cumprimento das exigências desse novo perfil de consumidores. A redução na idade de abate, melhorias no rendimento de carcaça e incrementos na taxa de lotação são sinalizadores de uma evolução lenta e gradual na pecuária de corte brasileira. Apesar disso, o produto brasileiro ainda é em sua grande maioria, um produto de baixo valor agregado, derivado de uma produção extensiva e com grande variabilidade na sua apresentação.

De acordo com Carvalho e Zen (2017), a atividade pecuária brasileira é caracterizada pela heterogeneidade dos sistemas de produção, onde coexistem dois subsistemas, sendo eles: (1) sistemas de altos índices de produtividade, com adoção de tecnologia, gestão e comercialização eficientes e (2) sistemas extensivos, com baixo grau de adoção tecnológica, gestão e comercialização precários. Esses sistemas tradicionais de produção são pouco eficientes, e sua permanência na atividade depende da sua capacidade de aumento na produção (DUARTE, 2018).

Apesar da evolução da atividade pecuária no país, os resultados dentro da porteira estão aquém do seu potencial. De acordo com dados da CNA (2018), são necessários 04 hectares para produzir um bezerro no Brasil. Além disso, apenas 54,7% do rebanho de cria são fêmeas aptas a reprodução, comprometendo a produtividade da cria. A necessidade de avanços nesta etapa da produção é fundamental, considerando o crescente abate de novilhas nos últimos anos. Caso o incremento no abate não vier acompanhado de aumento de produtividade da cria, haverá escassez de bezerros, com impacto sobre o mercado de reposição (CRESPOLINI, 2018).

A taxa de desfrute brasileira também revela uma fragilidade do setor. O valor foi de 21% em 2018, abaixo de países desenvolvidos. Após um período de forte reação entre os anos de 1998 e 2008, o indicador obteve crescimento mínimo, com previsão de estagnação. Em simulação realizada pela SCOT CONSULTORIA (2019), o Brasil poderia passar de uma produção de 9,9 milhões para 19,9 milhões de toneladas de carne caso tivesse uma taxa de desfrute semelhante à dos Estados Unidos (25,4%) e peso de carcaça ao da Austrália (278,9 kg). Apenas com incremento na taxa de desfrute, este valor ficaria em 17,9 milhões de toneladas. Em ambas as análises não há aumento na área de pastagem.

Do ponto de vista econômico, a pecuária de corte historicamente tem apresentado margens estreitas e, frequentemente, negativas. Apesar de cenários de alta, de acordo com dados do CNA (2018), a taxa de atratividade da atividade no país é de 0,2%, sendo o valor mínimo considerado para prospecção de projetos de 6%. As margens negativas são decorrentes de um aumento no custo operacional total (COT) não acompanhado por aumento nas receitas. Em alguns estados, como o Rio Grande do Sul foi possível observar tanto o aumento no COT quando a redução nas receitas (CNA, 2018).

O aumento da demanda mundial por alimento, a crescente participação do país no cenário internacional e o mercado interno consolidado demandam correções das fontes de ineficiência da pecuária brasileira (BARCELLOS et al., 2016; SILVEIRA, 2017). A

readequação da produção e a busca pela eficiência torna-se premissa para a permanência na atividade, considerando as fortes oscilações de preços pagos ao produtor, altos custos de produção e margens frequentemente estreitas.

De acordo com Barcellos et al. (2013), a pecuária de corte atual passa por uma reengenharia, puxada pela expansão agrícola e maior demanda por alimentos. De acordo com os autores, o aumento do custo de oportunidade da terra, escasso avanço tecnológico de impacto, limitações na disponibilidade de recursos humanos e legislação ambiental serão as novas ameaças aos produtores. Diante disso, os autores propõem as principais variáveis direcionadoras dessa reengenharia, sendo elas:

- Sistemas de produção voltados a mercados pontuais, locais e nichos de mercado
- Amplo emprego de tecnologia e novas ferramentas de produção
- Reestruturação dos rebanhos de cria, com maior número de matrizes, elevada taxa de desmame e menor idade de acasalamento
- Ciclo completo com venda estratificada, flexível a conjuntura de mercado
- Intensificação da terminação e maior rigidez nas condições para fornecimento (ex. peso, idade, acabamento)
- Encurtamento da recria, com desaparecimento da categoria “boi magro” e beneficiamento do ganho por área – alta carga
- Pecuária passará a ser uma atividade integrada (Sistema Integrado de Produção Agropecuária -SIPA) ou complementar.

Nota-se que os pontos destacados pelos autores são dependentes de avanços produtivos no ambiente dentro da porteira e estão relacionados a intensificação dos sistemas produtivos. A busca por incrementos na produtividade passa pela eficiência na alocação dos fatores de produção, permitindo economia de recursos e uma produção sustentável. Assim, a pecuária tradicional tem vivenciado uma migração para o modelo empresarial, dependente de maiores desembolsos e de controles gerenciais rigorosos afim de mitigar os riscos inerentes a intensificação.

2.2 *Benchmarking* como ferramenta de análise de resultados

O primeiro registro de uso do método de *benchmarking* é de 1979, quando a empresa americana Xerox Corporation o empregou, a se ver ameaçada pela concorrência japonesa. A partir das análises de *benchmark*, o estudo revelou, dentre outros fatores, menores custos de produção e melhor qualidade do produto japonês. Posteriormente a empresa adotou medidas corretivas baseadas na sua concorrente, voltando à posição de destaque no mercado (CAMP, 1998; LAI et al., 2011).

Benchmarking é entendido como um processo de mensuração de produtos, serviços e práticas e sua comparação com concorrentes (BAGCHI, 1997). Já o termo *benchmark* refere-se a valores que identificam determinado nível de desempenho (WILSON et al., 2005) e estabelecem as referências de eficiência para os critérios selecionados para estudo. O método permite identificar as falhas do sistema em questão e apontar os processos que tornam determinado concorrente superior (BOGAN, 1997; CAMP, 1998; CAVALCANTE; FARIA, 2009). De acordo com Dattakumar e Jagadeesh (2003), trata-se de uma ferramenta essencial para a melhoria contínua da qualidade, uma vez que permite o conhecimento acerca de uma empresa frente aos melhores, identificando quais fatores os tornam superiores.

Jack (2009) refere-se ao *benchmarking* como um método em que a avaliação das operações de uma empresa é feita através da comparação com outra, a fim de estabelecer as melhores práticas e melhorar seu desempenho. Sua abrangência é ampla, podendo ser interno, competitivo ou funcional. Segundo Camp (1998), o *benchmarking* interno trata dos processos dentro da própria empresa, comparando unidades ou setores. Já, o *benchmarking* competitivo compara empresas concorrentes, enquanto o funcional faz a comparação de funções semelhantes, ainda que não sejam de empresas concorrentes.

De forma geral, a principal contribuição do *benchmarking*, como ferramenta gerencial, é o subsídio à tomada de decisão e conseqüente incremento do desempenho econômico (MLA, 2016). Uma análise da literatura revela uma série de benefícios específicos associados ao uso do *benchmarking*, inclusive no setor agropecuário. Dentre eles, destacam-se:

- Identificação de fatores que limitam o desempenho de propriedades rurais;
- Dimensionamento econômico dos indicadores;
- Melhoria na competitividade das empresas;

- Criação de base para um sistema de pecuária de precisão;
- Motivação e incentivo à busca de melhorias contínuas;
- Incentivo à adoção de práticas gerenciais (coleta de dados, análise de resultados e planejamento estratégico), que permitirão ao produtor conhecer e monitorar seus melhores indicadores e identificar aqueles de maior impacto sobre os seus resultados;
- Melhoria na qualidade dos produtos ofertados, advinda da maior competição entre empresas e da busca constante por resultados superiores;
- Estímulo à adoção de tecnologias voltadas para a intensificação do sistema produtivo, com consequência sobre a produtividade;
- Identificação dos resultados da atividade econômica (e.g. agropecuária) em diferentes contextos econômicos, culturais, geográficos e de intensificação;
- Identificação de déficits comuns a um determinado grupo, para embasar políticas públicas;
- Uso estratégico do *benchmarking* para fins comerciais, por meio da diferenciação de produtos, agregação de valor, certificação e estratégia de marketing (por exemplo, divulgação de “ranking” com destaque para propriedades “top 10%”).

Para Bogan e English (1994), o *benchmarking* é, indiscutivelmente, uma ferramenta poderosa para aquelas organizações decididas a abordar a gestão das mudanças de forma sistemática. De acordo com o relatório da EIP-AGRI (2017), lições importantes podem ser aprendidas a partir de questionamentos decorrentes do *benchmarking*, como: “Por que e como os outros são melhores?”, “O que pode ser aprendido?” ou “Como a fazenda pode se atualizar?”.

Ronan e Cleary (2000) destacam alguns pontos importantes a respeito do método:

- Baseia-se em atividades e correlaciona processos empresariais à eficiência, lucro e custos;
- Faz parte do sistema de informação da empresa e contribui para a análise econômica e produtiva; e,
- Fornece informações inequívocas, exibidas de forma clara e sistemática.

Apesar da sua utilidade, Jenkins e Hine (2003) encontraram diversas dificuldades ao utilizarem o *benchmarking* para estudos de gestão ambiental. Entre elas, destacam-se: (1) baixa disponibilidade de parceiros dispostos a participar da análise, dificultando a obtenção de dados; (2) escassez de dados comparáveis, devido à variação nos parâmetros medidos, inviabilizando as comparações. Estes autores destacam ainda a possibilidade de viés na pesquisa, uma vez que

os participantes (dispostos a participar e com dados comparáveis) eram também os detentores das melhores práticas, superestimando os resultados positivos.

No caso de produtores rurais e consultores pecuários, a interpretação e uso efetivo dos dados compilados são dificultados pelo uso de métricas distintas, conforme ressaltam Geenty et al. (2006). A escassez de informações a respeito das propriedades rurais brasileiras, a falta de padronização dos indicadores de desempenho (OAIGEN, 2008) e de seus métodos de coleta, necessários à comparação, e ainda a heterogeneidade dos sistemas produtivos (CARVALHO e ZEN, 2017), podem ser definidos como os principais limitantes para a aplicação do *benchmarking* na bovinocultura de corte no Brasil. Além disso, há necessidade de contar-se com técnicos capacitados a processar e interpretar os dados, analisando com eficiência os processos internos e externos das empresas.

2.2.1 Benchmarking no agronegócio

As ferramentas disponíveis de auxílio na tomada de decisão e avaliação do andamento do negócio pecuário são diversas. Dentre elas, o *benchmarking* tem ganhado destaque por fomentar a coleta e processamento de dados e incentivar a troca de informações relevantes a respeito do sistema produtivo entre empresas rurais. Na busca pela eficiência, as propriedades participantes de grupos de *benchmarking* expõem suas limitações e buscam aprender e incorporar ao seu negócio, as melhores práticas daqueles identificados como eficientes. O uso crescente destas e de outras ferramentas gerenciais, individuais ou de grupos evidencia outra característica da reengenharia da atividade pecuária: a busca pela precisão nos processos produtivos.

Apesar de bastante difundido no meio empresarial (WEVER et al., 2007; CAMP, 1995), o *benchmarking* no agronegócio ocorre de forma genérica, e seu uso ainda é restrito (JACK, 2009). Apesar disso, este autor defende a adoção do *benchmarking* na cadeia de alimentos, possibilitando mudanças sustentáveis, ou seja, que irão sustentar o negócio ou o indivíduo de forma permanente e contínua. Ao se incorporarem aos negócios agropecuários, práticas já testadas e consolidadas por outros, em situação semelhante, diminuem-se os riscos, o tempo decorrente entre a busca por alternativas e a implementação daquela mais eficiente e, por vezes, os custos associados.

Para a FAO (2013), quando aplicado a fazendas, o *benchmarking* compreende a coleta de dados de um grupo de propriedades com melhor desempenho e a comparação com outras (média), permitindo identificar níveis máximos de desempenho que podem ser alcançados (desempenho potencial). Além disso, é possível determinar problemas produtivos, gerenciais, dentre outros fatores, que afetam a produtividade, custos de produção e lucratividade. Conhecer o que precisa ser melhorado na propriedade, identificar fazendas com desempenho superior e estudá-las a fim de entender as diferenças de desempenho, e então planejar e introduzir mudanças a partir do aprendido são os passos definidos pela FAO (ibid) para realização de um *benchmarking* bem estruturado.

No setor agrícola mundial, o *benchmarking* tem sido utilizado em diversas frentes na pesquisa e finalidades (Tabela 1). Rodriguez-Díaz et al. (2004) realizaram o *benchmarking* de diferentes distritos da Andaluzia (Espanha) buscando identificar aqueles com melhor desempenho produtivo de culturas irrigadas e mapear os processos inerentes aos melhores resultados. Malana e Malano (2006) utilizaram o método para monitorar a eficiência produtiva do trigo em diferentes regiões do Paquistão e Índia e identificar as fontes de ineficiência.

Rodriguez-Diaz et al. (2008), por meio do *benchmarking*, analisaram o desempenho de distritos espanhóis com culturas irrigadas, agrupando aqueles semelhantes em *clusters*, a fim de compará-los e identificar processos relacionados à produtividade. Por meio desta análise, os autores estabeleceram uma relação entre o pagamento obrigatório de taxa sobre o consumo de água e seu uso eficiente na irrigação. Ainda, trataram do tamanho adequado da área irrigada, dos custos administrativos e da utilização da rotação de culturas mais produtivas, sendo estas definidas como algumas das melhores práticas em áreas de irrigação. Córcoles et al. (2010), usando *benchmarking*, agruparam regiões semelhantes para determinar os indicadores de desempenho mais importantes no que diz respeito ao uso da água no centro da Espanha.

Entre os trabalhos envolvendo a pecuária, de acordo com Jack (2009), a bovinocultura de leite destaca-se na utilização do *benchmarking*, em detrimento da bovinocultura de corte (FIGURA 3). Esta autora atribui essa diferença ao ciclo de produção bastante distinto, com a disponibilidade diária de dados favorecendo a aplicação do *benchmarking* no setor lácteo.

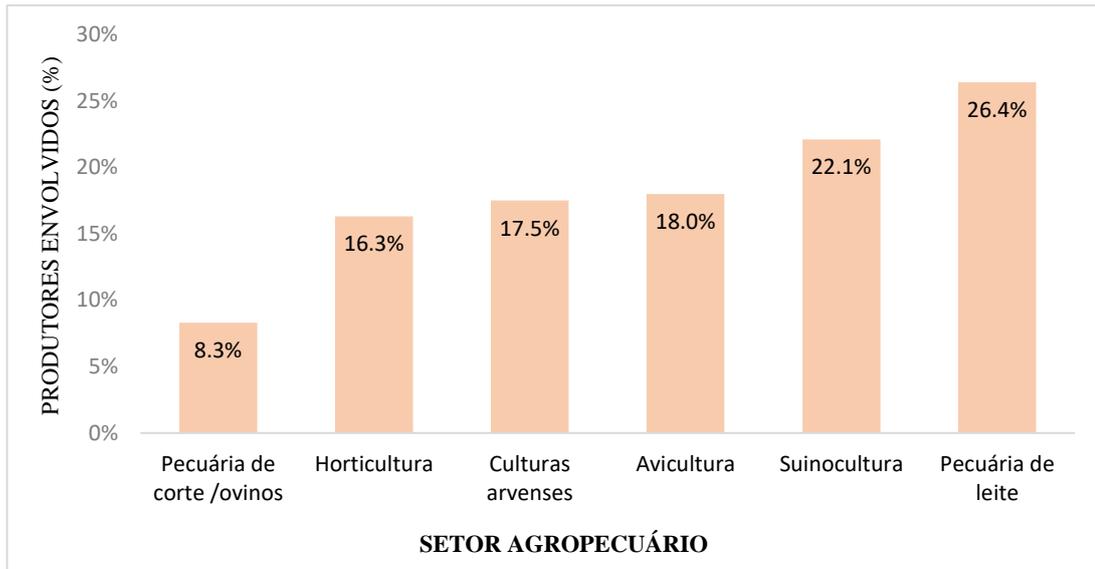


FIGURA 3. Porcentagem de fazendas envolvidas em grupos de *benchmarking* por tipo de atividade

Fonte: *Food Chain Survey* (apud Jack, 2009). Adaptado pelo autor.

Alguns exemplos recentes de trabalhos envolvendo *benchmarking* na pecuária leiteira são de Gaddis et al. (2016) e Atkinson et al. (2017). Gaddis et al. (2016) buscaram, através do *benchmarking*, identificar e prever o status sanitário de rebanhos de leite, e concluíram ser o método eficaz para prevenção de problemas sanitários. Já, Atkinson et al. (2017) compararam dados referentes à transferência de imunidade passiva e ganho médio diário animal em diversas propriedades, avaliando os resultados antes e após a implementação do *benchmarking*. De acordo com os autores, 83% dos proprietários, após apresentação dos dados, realizaram pelo menos uma mudança no manejo sanitário, o que resultou em melhorias nos sistemas produtivos e motivou a adoção de boas práticas.

No caso da pecuária de corte, o *benchmarking* tem sido empregado por empresas e organizações governamentais como ferramenta de diagnóstico da atividade e auxílio à tomada de decisão e planejamento. Este é o caso do *agri-benchmark*, rede global sem fins lucrativos, que engloba 30 países representativos da produção de carne bovina. A rede realiza uma análise comparativa entre esses países e culturas com o objetivo de auxiliar produtores a alinhar sua produção a partir dessa análise, monitorar desafios agrícolas globais e possibilitar entendimento profundo dos mercados e clientes para as companhias agrícolas (AGRI-BENCHMARK, s.d).

Outro exemplo é apresentado por Brunal (2013), que buscou, através do *benchmarking*, determinar os fatores críticos da produção de carne na Colômbia frente à Argentina,

qualificando a produção nacional e comparando os custos entre os países. Desse modo, o autor identificou os fatores básicos que tornam a indústria argentina superior, como bem-estar animal, mão de obra gerencial idônea, melhoramento genético e questões relacionadas à nutrição animal. Ficou patente, na sua opinião, a importância do *benchmarking* para comparação e identificação das melhores práticas da concorrência internacional.

Por sua vez, a organização Meat e Livestock Australia (MLA, 2010) analisou indicadores de um banco de dados de *benchmarking* de propriedades australianas voltadas à bovinocultura de corte, ovinocultura e agricultura. O estudo comparou propriedades “top 20%” com a média geral de resultados da bovinocultura de corte, identificando as variáveis que justificam os resultados. O estudo revelou que as empresas de melhores resultados tinham uma combinação de maior produtividade (kg/hectare), menores custos de produção e melhores preços de venda. Em relação à produtividade, ficaram evidentes os fatores determinantes dos resultados como a lotação, peso ao desmame e, idade e peso de venda dos animais, com influência do clima, solo, pastagens, genética, data de nascimento dos bezerros e período de venda para atender ao mercado desejado.

Ainda na Austrália, um programa de qualidade da carne adotou o *benchmarking* visando a melhoria do produto e a identificação de pontos fortes e fracos na indústria da carne. O programa utiliza um índice padrão para medir a qualidade da carcaça, sendo composto por variáveis relacionadas ao manejo pré-abate, refletindo o impacto de fatores gerenciais, ambientais e genéticos na qualidade da carcaça. O número gerado varia de 30 a 80, e está relacionado a um percentil¹ que fornece uma indicação de desempenho de um indivíduo em relação aos demais. Por exemplo, com um índice de 62,37 o produtor tem um desempenho considerado “top 10%”. Ao conhecer os atributos que compõem o percentil, é possível identificar os pontos passíveis de melhorias para produção de carcaças de qualidade (MLA, 2016).

Apesar da utilização do *benchmarking* na indústria da carne para o controle sanitário e como método de diagnóstico da atividade, sua aplicação “dentro da porteira” ainda é bastante restrita. O principal entrave é a baixa disponibilidade de informações gerenciais nas propriedades. O uso de indicadores de desempenho nem sempre faz parte do dia a dia das fazendas de corte. Além disso, quando utilizados, apresentam grande variação na sua metodologia de cálculo e análise, desfavorecendo a comparação. A grande diversidade de

¹ O percentil, muito utilizado em programas de melhoramento genético de bovinos de corte, indica a posição de um indivíduo dentro de uma população. Animais do 1º percentil fazem parte da população 1% que detém o melhor desempenho.

sistemas de produção, conforme retratado por CEZAR et al. (2005), é outro fator limitante para a disseminação desta metodologia.

No Brasil, a utilização do método no setor agropecuário é recente e pouco descrita na literatura. Na pecuária brasileira, o *benchmarking* tem sido aplicado com maior frequência na bovinocultura de leite do que na bovinocultura de corte. Os estudos geralmente visam caracterizar diferentes sistemas de produção, identificar os mais eficientes, estabelecer patamares atingidos em determinadas regiões e dimensionar diferenças de produtividade e rentabilidade entre eles (KRUG, 2001; PRUST, 2002). Sua viabilidade na pecuária de leite se dá em decorrência da existência de controles e métricas dentro das propriedades, com mensuração de dados produtivos e econômicos. Além disso, a forte atuação das cooperativas e assistência técnica frequente facilitam a coleta de dados por meio de métodos padronizados. Um exemplo recente é o estudo conduzido por Recio e Rodrigues (2016), que avaliaram 18 propriedades de leite no município de Palmeira d'Oeste/SP e definiram uma unidade referência (*benchmark*) e, a partir dela, identificaram as práticas adotadas que a tornavam mais eficiente que as demais.

Apesar da baixa adoção na pesquisa, o *benchmarking* tem sido utilizado por empresas de consultoria em pecuária de corte, sendo oferecidos como um serviço aos clientes, que recebem relatórios com seus resultados frente aos demais participantes. Nestes relatórios, geralmente, consta o mapeamento dos processos que tornam determinados clientes mais eficientes que outros. No entanto, a vasta maioria faz uso apenas de análises comparativas, com médias e frequências, acompanhadas de avaliações complementares para conclusão do diagnóstico. Apesar das diferentes metodologias aplicadas pelas diversas empresas, o objetivo é comum a todas: adoção das melhores práticas e busca pela melhoria contínua.

No Brasil, o *benchmarking* está sendo levado ao campo por meio de empresas de consultoria em gestão rural. É o caso das empresas Inttegra e Exagro. As empresas utilizam o *benchmarking* como ferramenta de avaliação de resultados e subsídio a etapa de planejamento dos sistemas produtivos atendidos. A abrangência nacional destas empresas tem gerado um banco de dados robusto, com informações de diferentes sistemas produtivos de bovinos de corte de todas as regiões do país. Assim, além da utilização das análises de *benchmarking* na gestão interna dos sistemas de produção assessorados, as informações geradas tem permitido maior entendimento acerca das variáveis que mais impactam os resultados produtivos e econômicos da pecuária nacional.

Evidencia-se assim a importância da indissociabilidade entre pesquisa científica e difusão de tecnologia (seja ela por meio de instituições de extensão ou empresas privadas), bem

como a intensificação de estudos que forneçam informações passíveis de aplicação para a sociedade.

TABELA 1- Mapeamento das metodologias, objetivos e países envolvidos em estudos de *benchmarking* aplicados ao agronegócio.

Autor/ano	Objetivo (s)	Metodologia
Rodriguez-Diaz et al. (2004)	Seleção de áreas de irrigação de referência; Comparação entre áreas por meio de indicadores de desempenho (Espanha).	DEA e análise comparativa descritiva
Snoo (2006)	Desenvolvimento de ferramenta de <i>benchmarking</i> para comparação do desempenho de produtores quanto à sustentabilidade em sistemas agrícolas (Holanda).	Análise comparativa descritiva
Malana e Malano (2006)	Determinação da eficiência produtiva do trigo. (Paquistão e Índia).	DEA
Geenty et al. (2006)	Identificação da eficiência de sistemas de produção de ovinos e dos indicadores de desempenho que se correlacionam com a eficiência produtiva (Austrália).	Análise de componentes principais e análise de regressão
Rodriguez-Diaz et al. (2008)	Análise e comparação do desempenho produtivo entre áreas de irrigação na Andaluzia (Espanha).	Análise de cluster
Córcoles et al. (2010)	Tipologia de usuários de água de acordo com indicadores de desempenho e de energia específicos (Espanha).	Análise de componentes principais, análise de cluster
Iribarren et al. (2011)	Avaliação da eficiência de fazendas leiteiras, identificação daquelas com as melhores práticas e estimativa dos ganhos econômicos resultantes de sua implantação (Espanha).	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e DEA

TABELA 1- (cont.). Mapeamento das metodologias, objetivos e países envolvidos em estudos de *benchmarking* aplicados ao agronegócio.

Autor/ano	Objetivo (s)	Metodologia
Guarnizo e Vivero (2011)	Comparação da produtividade do setor cárneo da Colômbia com Argentina e Uruguai, por meio da comparação de indicadores.	Análise comparativa - descritiva
Borgia et al. (2013)	Comparação entre irrigação de pequena ou grande escala em uma região da África; estabelecimento de <i>benchmarks</i> para produtividade e desempenho (Mauritânia).	Análise de Cluster, DEA (análise envoltória de dados)
Dolman et al. (2014)	Medida do desempenho econômico, ambiental e social de fazendas de gado de leite e comparação entre fazendas sob condições semelhantes (Holanda).	KNN – K <i>Nearest Neighbor</i> (K Vizinhos mais próximos)
Kanellopoulos et al. (2014)	Avaliação do impacto de mudanças climáticas e cenários socioeconômicos em sistemas agrícolas, e identificação de possíveis estratégias de adaptação em uma região dos países baixos (Holanda).	DEA
Harum et al. (2015)	Levantamento e comparação de tecnologias de produção de arroz na Malásia e Vietnã , e prospecção de tecnologias viáveis para a região.	Estatística descritiva, lógica difusa
Atkinson et al. (2017)	Efeito do <i>benchmarking</i> nos índices de falha na transferência de imunidade passiva e ganho médio diário de peso em bezerros em fazendas de leite (Canadá).	Análise comparativa e discriminação das práticas
Khoshroo e Izadikhah (2019)	Avaliação de desempenho de fazendas produtoras de melancia para identificação das unidades eficientes e ineficientes e as causas da ineficiência	Análise envoltória de dados (DEA)

2.2.2 Análise de dados de *benchmarking*

Existe uma certa controvérsia conceitual que tenta diferenciar o *benchmarking* e sua aplicação de uma simples análise comparativa. Apesar de útil, esta última não adentra nas questões dos processos que levam a determinados resultados, tendo limitado poder de diagnóstico (Ronan e Cleary, 2000; Jack, 2009). Cordonnier et al. (1973), abordando a análise comparativa, especificamente, definem os passos da análise da seguinte forma: (1) determinação dos critérios de comparação (indicadores); (2) realização das análises comparativas; (3) com base nos resultados, divisão das propriedades em três grupos nominados “cabeça”, para as empresas com melhores resultados; “meio”, para aquelas com valores intermediários; e “cola”, referindo-se às empresas com resultados menos interessantes; e, (4) seleção da empresa e sua comparação com os três grupos estabelecidos para definir sua posição no ranking.

A superficialidade desta análise revela-se na comparação “fria” dos números, sem considerar os processos (“os porquês”) que tornam as empresas-cabeça, por exemplo, mais eficientes nem medem a eficiência da utilização dos recursos produtivos. Para este fim, análises complementares seriam necessárias. Para Wilson et al. (2005), o *benchmarking* está relacionado à análise comparativa, uma vez que também envolve a comparação de indicadores entre empresas. Contudo, os autores destacam que o *benchmarking* se centra nas principais variáveis que influenciam a produtividade, rentabilidade e liquidez. Apesar da controvérsia, a análise comparativa pode ser definida como o início do *benchmarking*, e este como seu aprimoramento.

Para Fleming et al. (2006), a ferramenta torna-se ineficiente ao desconsiderar princípios da economia, princípios de escala e a natureza holística dos sistemas de produção. Além disso, a mera comparação de indicadores de desempenho entre empresas, desconsidera os múltiplos insumos e produtos envolvidos na produção. Donthu et al. (2005) justifica a baixa utilização do *benchmarking* em algumas áreas em função da carência de uma metodologia formal e que permita identificar as áreas dentro de uma organização carentes de melhorias e quantificar tais mudanças.

Soteriades et al. (2018), questionam a utilização do *benchmarking* tradicional quanto a fragilidade da análise dos dados – resumida a uma comparação entre indicadores de desempenho. De acordo com os autores, esse tipo de análise baseada

apenas em indicadores de desempenho é “míope” ao não considerar que a eficiência é determinada por variáveis multifatoriais e inter-relacionadas. Os autores exemplificam tal colocação da seguinte forma: pode-se alcançar uma boa eficiência alimentar mediante uso ineficiente da mão de obra e defensivos. Nesse caso, a produção pode ser obtida a custos altos e mediante maior impacto ambiental, o que não pode ser concluído a partir de indicadores de desempenho, por exemplo.

Com o intuito de aprimorar seu uso e otimizar os dados gerados para a tomada de decisão, diversos estudos tem utilizado diferentes metodologias combinadas ao processo de *benchmarking* (TABELA 1). Tais metodologias são aplicadas na etapa de seleção de variáveis e análise de dados.

Na etapa de redução e seleção das variáveis que compõe o processo de *benchmarking* destaca-se a Análise de Componentes Principais (ACP). Com seu uso é possível reduzir o número de variáveis por meio da exclusão daquelas que são redundantes. Na estimação da fronteira de eficiência e definição de *benchmarks*, a Análise Envoltória de Dados (DEA) tem sido amplamente difundida e frequentemente associada ao *benchmarking*.

No presente estudo, combinou-se as metodologias ACP e DEA ao *benchmarking* na mensuração da eficiência de propriedades rurais.

2.3 Mensuração da eficiência em sistemas de produção de bovinos de corte

De acordo com a Teoria da Firma, proposta por Ronald Coase na obra “A natureza da firma” (1937), a empresa é uma instituição racional que combina e transforma fatores de produção em produtos para a venda (bens e/ou serviços), visando a maximização do lucro (TIGRE, 1998). Empresas rurais, podem ser consideradas sob esta ótica (ARTUZO et al., 2018), uma vez que se empregam insumos (terra, capital, mão de obra, etc) para a geração de produtos (bezerros, vaca de descarte, vaca gorda, animais de reposição, boi gordo...) visando a geração de renda.

A racionalidade é admitida no processo produtivo quando as firmas utilizam e combinam os fatores de produção de forma eficiente a fim de obter o maior número de produtos. Assim, a firma ou empresa deve produzir até que a produção de uma unidade a mais siga oferecendo lucro na venda de uma unidade adicional.

O produto máximo (Q) que pode ser obtido pela empresa é definido pela função de produção onde $Q = f(K, L)$ e varia em função da combinação de insumos utilizada, aceitando-se que um mesmo produto pode ser produzido de diferentes formas. Do ponto de vista teórico, a escolha das combinações dos fatores de produção utilizados é realizada de forma eficiente, considerando a tecnologia de produção disponível (CARRER E FILHO, 2016). Na prática, a tomada de decisão em relação a alocação dos recursos e suas combinações é o desafio do empresário rural (FERREIRA, 2002)

Análises que permitam conhecer a eficiência das firmas são fundamentais, tanto para fins estratégicos na busca por solução para problemas, quanto para planejamento, tomada de decisão (GOMES E MANGABEIRA, 2004; ABREU et al., 2006). Além disso, está diretamente relacionada a viabilidade do negócio, uma vez que a alocação ineficiente dos recursos, com emprego de grande número de *inputs* para produzir *outputs* insuficientes acarretará no aumento de custos, com impacto direto sobre sua competitividade (MARIANO, 2007). Para Tupy e Yamaguchi (2002), a estimativa da eficiência com a qual uma empresa opera pode ajudar na decisão sobre como melhorar o seu desempenho atual ou introduzir novas tecnologias para aumentar a produção com racionalidade.

A partir dos recursos disponíveis (*inputs*), a eficiência compara o que foi produzido (*outputs*) com o que poderia ter sido produzido sem alterar os recursos (MELO et al., 2005). Peña (2008) define eficiência como a combinação ótima de insumos no processo produtivo, que gerem o máximo de produto, podendo esta ser técnica e econômica (GOMES, 1999; PEÑA, 2008).

Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) definem eficiência como a divisão entre um indicador de desempenho desse sistema e o valor máximo que esse indicador poderia alcançar, como mostrado na Expressão a seguir:

$$\text{Eficiência} = I / I_{\text{max}} \quad (1)$$

Em que: I: Indicador de desempenho atual de um determinado sistema; I_{max}: Máximo valor que o sistema pode alcançar nesse indicador.

Diz-se que uma unidade produtiva é eficiente tecnicamente quando o maior nível de produção é obtido a partir de um dado nível de insumos, não existindo nenhum processo que eleve a produção mantendo o mesmo número de insumos. Apesar da eficiência técnica ser premissa para a eficiência econômica, a eficiência técnica não necessariamente virá acompanhada da eficiência econômica, uma vez que a combinação de insumos utilizada nem sempre minimiza os custos. Assim, uma unidade é mais eficiente em detrimento de outra quando a mesma produção é alcançada a um menor custo, ou ainda quando, a partir de um mesmo custo, se obtém um nível maior de produção (GOMES, 1999; PEÑA, 2008).

Cabe salientar que eficiência deve ser diferenciada de eficácia – capacidade de atingir as metas determinadas, e de produtividade. Esta última refere-se ao quanto se produz em relação aos recursos disponíveis (LAMPERT, 2010).

Na pecuária de corte, como em outras atividades empresariais, o aumento da eficiência produtiva é primordial para a lucratividade da pecuária de corte sendo que as atividades produtivas devem ser entendidas e manejadas dentro de um enfoque sistêmico, em busca da maximização de lucros (BARBOSA et al., 2010). Contudo, apesar de parecer intuitivo, o conceito de eficiência é alvo de confusões frequentes, com uso equivocado do termo (MELLO et al., 2005).

Para Lampert (2010), não há uma definição exclusiva para eficiência, sendo este um conceito flexível ao objetivo do conhecimento a ser construído e ao enfoque a ser dado na análise. Dessa forma, de acordo com o autor, a eficiência pode ser mensurada sob duas perspectivas: eficiência relativa, quando se busca a mensuração entre diferentes unidades produtivas, com enfoque comparativo; e eficiência absoluta, que se refere a medida *per si*, inerente a um sistema.

Na pecuária de corte, a maioria dos trabalhos onde a eficiência é avaliada, são utilizados indicadores de desempenho, sejam eles econômicos, como no caso do trabalho desenvolvido por Lampert et al (2012), que avaliou sistemas de produção com base na rentabilidade, ou referentes ao desempenho zootécnico. Em relação a este último, as avaliações geralmente mensuram uma etapa ou um processo dentro do sistema produtivo, como por exemplo, a eficiência reprodutiva, que pode ser avaliada

em função da taxa de prenhez (CARVALHO et al., 2019) ou ainda eficiência produtiva, onde pode-se mensurar o desempenho em função da produção de quilos por área ocupada (BERETTA et al., 2002).

Outras metodologias têm sido utilizadas na determinação da eficiência de sistemas de produção, como o estudo realizado por Canozzi et al., (2019). Os autores avaliaram a eficiência de sistemas de produção na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul por meio de uma combinação de análise de correspondência múltipla e de agrupamentos (*clusters*).

Recentemente, pesquisas que buscam a determinação da eficiência de sistemas de produção têm utilizado técnicas mais robustas, advindas da indústria, que consideram a existência de múltiplos insumos e múltiplos produtos e suas relações (GOMES e MANGABEIRA, 2004). Modelos matemáticos (Análise Envoltória de Dados – DEA), por exemplo, tem se mostrado eficiente na avaliação de unidades produtivas.

2.3.1 Análise envoltória de dados (DEA) na mensuração da eficiência de unidades produtivas

Uma das metodologias consagradas em análises de eficiências de sistemas produtivos nas diversas áreas é a Análise de Envoltória de Dados, ou ainda, em inglês, *Data Envelopment Analysis* (DEA). Através da DEA, é possível determinar a eficiência das unidades de tomada de decisão (DMUs) por meio de programação linear (MELLO et al., 2013), sendo as mais eficientes identificadas dentro de um determinado grupo (RAFAELI, 2009). Dessa forma, a DEA é uma ferramenta útil de identificação de fronteiras eficientes para o *benchmarking* (ROSS e DROGE, 2002), justificando sua ampla utilização na análise de resultados.

A DEA pode ainda ser combinada com outros métodos de análise de dados, como análise de cluster (BORGIA et al., 2013), visando o agrupamento de dados, e análise de componentes principais (ACP), para diminuir o número de variáveis utilizadas no *benchmarking* (ABREU et al., 2006). Adicionalmente, outras metodologias podem ser utilizadas, isoladas ou combinadas. Estas devem, contudo, estar em concordância com os

objetivos do trabalho proposto, permitindo prioritariamente a identificação das fontes de ineficiência e não somente a comparação de médias.

A DEA é uma análise não paramétrica que busca medir e comparar o desempenho de DMUs (no caso do presente trabalho representada por propriedades rurais) considerando a relação existente entre *inputs* e *outputs* (insumos e produtos). De acordo com Casado (2007), a pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se uma dada DMU “A” é capaz de produzir $Y(A)$ unidades de produto, utilizando $X(A)$ unidades de insumos, então outras DMU’s poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. Dessa forma, a fronteira eficiente (*benchmark*) será a unidade capaz de maximizar o uso de *inputs* na produção de *outputs* e aquela que consegue produzir uma quantidade maior de *outputs* (produtos) com menor uso de *inputs* (insumos). As unidades avaliadas como eficientes serão *benchmark* para as unidades ineficientes (ABREU et al, 2008).

Apesar da sua ampla utilização em diversas áreas do conhecimento, sobretudo na indústria, a DEA é pouco utilizada na pecuária brasileira. Recentemente, alguns trabalhos têm empregado esta metodologia, como é o caso de Abreu (2006), que a utilizou para avaliar a eficiência de um sistema de produção de gado de corte no Pantanal ao longo de oito anos. No estudo, os anos eficientes foram utilizados como *benchmark* em relação ao uso de insumos e práticas de manejo. Abreu et al. (2008), avaliaram a introdução de tecnologia em um sistema de produção de cria extensiva. Em 2012, Abreu e colaboradores avaliaram a eficiência no uso de crédito de um programa de retenção de matrizes por produtores de bovinos de corte da região do Pantanal.

Por meio da mesma metodologia, Gomes et al (2015) avaliaram 21 sistemas modais de produção de bovinos de corte especializados na fase de cria em sete estados brasileiros. O estudo objetivou avaliar a eficiência destes sistemas sobre os aspectos econômicos e socioambientais. Mello et al (2013) buscaram avaliar o desempenho da decisão do produtor rural quanto a composição do sistema produtivo, sendo possível identificar desajustes nos sistemas correlacionados a ineficiência, como o baixo número de reprodutores e produção ineficiente de bezerros.

Lima et al (2016), por meio da DEA, avaliaram a eficiência de pequenos produtores rurais e, também identificaram variáveis relacionadas ao sucesso daqueles tidos como *benchmark*, visando subsidiar o aprimoramento dos ineficientes.

A afinidade entre estudos com grupos de *benchmarking* e a metodologia DEA foi destacada por Vasconcellos et al. (2011). De acordo com os autores, em ambos o

ponto de partida é a delimitação do produto, serviço ou empresa cuja eficiência deseje-se avaliar e a identificação de empresas líderes. Ross e Droge (2002) entendem a DEA como uma ferramenta para o processo de *benchmarking* na identificação de fronteiras eficientes.

A combinação da DEA com outras metodologias complementares fornece maior consistência as análises de eficiência e complementam o método em suas deficiências. Este é o caso de mensurações temporais. Desenvolvido por Fare et al. (1994), o Índice de Malmquist permite a análise intertemporal da eficiência de unidades produtivas (COSTA et al., 2014). De acordo com Sant’Anna e Oliveira (2002), o método DEA-Malmquist pode ser resumido na aplicação do algoritmo de programação linear de DEA na determinação de uma fronteira de produção em um período. Posteriormente, calcula-se a razão entre as distâncias de dois pontos em períodos distintos de uma DMU. Assim, é possível mensurar a mudança na eficiência e produtividade ao longo do tempo (ARAÚJO e CARMONA, 2015), o que seria inviável apenas com o uso da DEA (BEZERRA e ALMEIDA, 2016).

Existem dois indicadores de produtividade: fator parcial de produtividade – que indica o rendimento de um fator de cada vez, demonstrando a relação entre a produção de um único produto e a quantidade de um único insumo, como exemplo, a produção de Kg de PV por hectare. O segundo indicador refere-se ao fator total de produtividade, que indica o quanto de produto é possível produzir a partir de diversos insumos utilizados. (MELO JUNIOR e WILHELM, 2006). Por meio do Índice de Malmquist é possível mensurar a Produtividade Total dos Fatores (PTF) e, por meio da decomposição deste índice, identificar se mudança entre períodos foi em função de mudanças na tecnologia ou mudanças na eficiência técnica.

Na pecuária de corte, ainda são escassos estudos de eficiência realizados por meio da metodologia DEA-malmquist, sendo mais comum na agricultura e pecuária de leite. Em 2012, Abreu et al., utilizaram a metodologia DEA-malmquist na avaliação da eficiência de 11 sistemas produtivos no Pantanal no período de 2004-2008. Por meio do estudo foi possível identificar a eficiência na adoção de tecnologia e o impacto positivo desta variável no crescimento da produtividade nos sistemas avaliados. De acordo com os autores, apesar disso, 5 das 11 propriedades estudadas apresentaram baixa eficiência técnica, relacionado a deficiências gerenciais. Nesse sentido, a metodologia é útil em subsidiar a tomada de decisão e correções de gargalos das DMUs avaliadas.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, U.G.P et al. Avaliação sistêmica da introdução de tecnologias na pecuária de gado de corte do Pantanal por meio de modelos de análise envoltória de dados (DEA). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2069-2076, 2008.

ABREU, U.G.P et al. Heifer Retention Program in the Pantanal: a study with data envelopment analysis (DEA) and Malmquist index. **Revista Brasileira de Zootecnia** V.41, n.8, p.1937-1943, 2012.

ABREU, U.G.P. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. Análise de eficiência. **Revista brasileira de zootecnia**. v. 35, n. 3, p. 1242-1250, 2006.

AGRI-BENCHMARK. **Who we are**. Disponível em: <http://www.agribenchmark.org/agri%20benchmark/who-we-are.html>. Acesso em 31 out. 2017

AGRICULTURAL EUROPEAN INNOVATION PARTNERSHIP (EIP-AGRI). **Benchmarking of farm productivity and sustainability performance: Final report**. União Europeia: EIP-AGRI, 2017.

ARAÚJO, E.A; CARMONA, C.U.M. Eficiência das Instituições de Microcrédito: uma aplicação de DEA/VRS no contexto brasileiro. **Production**, v. 25, n. 3,2015.

ARTUZO, F.D., FOGUESATTO, C.R., SOUZA, A.R.L., SILVA, L.X., Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n.2, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DAS INDUSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES BOVINAS (ABIEC). Beef Report. Perfil da Pecuária no Brasil. 2019. Disponível em:< <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019/>>. Acesso em 23 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DAS INDUSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES BOVINAS (ABIEC). Perfil da Pecuária no Brasil. Relatório Anual. Abiec. 2016. Disponível em: < <http://www.assessoriaagropecuaria.com.br/anexo/88>>. Acesso em 23 nov, 2019.

ATKINSON, D.J, VON KEYSERLINGK M. A. G, WEARY, D. M. Benchmarking passive transfer of immunity and growth in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.100, n.5, 2017.

BAGCHI, P.K., Logistics *benchmarking* as a competitive strategy: some insights. **Logistics Information Management**, V. 10, n. 1, 1997.

BARBOSA, F.A., GRAÇA, D.S., ANDRADE, V.J., CEZAR, I.M, SANTOS, G.G., SOUZA, R.C. Produtividade e eficiência econômica de sistemas de produção de cria, recria e engorda de bovinos de corte na região sul do estado da Bahia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, 2010.

BARCELLOS, J.O.J., et al. Reconfiguração dos sistemas de produção de bovinos de corte para a próxima década. In: VII JORNADA NESPRO E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE. Porto Alegre. **Anais...** Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2013.

BARCELLOS, J.OJ., OLIVEIRA, T.E., MARQUES, C.S.S. Apontamentos estratégicos sobre a bovinocultura de corte brasileira. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. V.24, n. 4, 2016.

BERETTA, V., et al. Produtividade e Eficiência Biológica de Sistemas de Recria e Engorda de Gado de Corte no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, 2002.

BEZERRA, P.R.C; ALMEIDA, M.R. O Índice Malmquist como metodologia para avaliação da inovação como ferramenta que determina a inovação como diferencial competitivo para os países do Global Innovation Index. In. CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO. Natal. **Anais...** Natal, 2016.

BOGAN, C.E. **Benchmarking, aplicações práticas e melhoria contínua**. São Paulo: Makron Books, 1ª ed, 1997.

BOGAN, C.E; ENGLISH, M.J. **Benchmarking for Best Practices: Winning Through Innovative**. New York: McGraw-Hill, 1994.

BORGIA, C. **Benchmarking** for performance assessment of small and large irrigation schemes along the Senegal Valley in Mauritania. **Agricultural Water Management**. v. 121, n. 1, 2013.

BRUNAL, A.A. **Benchmarking de la producción cárnica de colombia frente argentina**. Tese (Administrador de Empresas Agropecuarias). -- Universidad de La Salle. Faculdade de Ciências Agropecuarias. Programa de Administração de Empresas Agropecuarias, 2013

CAMP, R.C. **Benchmarking: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas que levam à maximização da performance empresarial: o caminho da qualidade total.**, 3. ed. São Paulo: Pioneira 1998.

CAMP, R.C. **Business Process Benchmarking**. Milwaukee: ASCQ Quality Press, 1995.

CANOZZI, M.E.A. et al. Typology of beef production systems according to bioeconomic efficiency in the south of Brazil. **Ciência Rural**, v.49, n.10, 2019.

CARRER, M.J., FILHO, H.M.S. Economias de escala e eficiência econômica na produção de laranja no estado de São Paulo. **Revista de economia e sociologia rural**, v.54, n.01, 2016.

CARVALHO, T.B; ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**. V.3, n.1, 2017.

CARVALHO, J.S, et al. Eficiência da inseminação artificial em tempo fixo em fêmeas zebuínas na mesorregião Sudeste do Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, n.1, 2019.

CASADO, F.L. Análise envoltória de dados: Conceitos, metodologia e estudos da arte na educação superior. **Sociais e humanas**, v. 20, n. 01, 2007.

CAVALCANTE, G.T; FARIA, R.C. O uso dos parâmetros de *benchmarking* da análise envoltória de dados (DEA) como instrumento de orçamentação. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v.3, n.1, 2009.

CEZAR, I.M et al. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. n. 151. Campo Grande: Documentos/ Embrapa Gado de Corte, 2005.

CHARNES, A.; COOPER, W .W. Preface to Topics in Data Envelopment Analysis. **Annals of Operations Research**, v, 2, 1985

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Intensificação da atividade de cria, da realidade brasileira para a necessidade global.** Boletim. Brasília, DF, 2018.

CÓRCOLES, J.J. Et al. Management evaluation of Water Users Associations using *benchmarking* techniques. **Agricultural water management.** v. 98, n.1, 2010.

CORDONNIER, P. et al. El analisis comparativo. In:_____. **Economía de la empresa agraria** 1ª Ed. Madrid: Mundi-prensa, p.97-116. 1973

CRESPOLINI, M. Recorde de abate de novilhas: como isto pode afetar o mercado de reposição? SCOT CONSULTORIA. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/50077/recorde-de-abate-de-novilhas:-como-isto-pode-afetar-o-mercado-de-reposicao?-.htm>. Acesso em 10 de Agosto de 2019

COASE, R. H. (1937). The nature of the firm. In: WILLIAMSON, O.; WINTER, S. (1991) **The nature of the firm: origin, evolution and development.** Oxford: Oxford University Press, 1991.

COSTA, C.K.F. et al. Eficiência dos estados brasileiros e do Distrito Federal no sistema público de transplante renal: uma análise usando método DEA (Análise Envoltória de Dados) e índice de Malmquist. **Cadernos de Saúde Pública,** v.30, n.8, 2014.

DANTHU, N., HERSHBERGER, E.K., OSMONBEKOV, T. *Benchmarking* marketing productivity using data envelopment analysis. **Journal of Business Research,** v. 58, n. 1, 2005.

DATTAKUMAR, R.; JAGADEESH, R. "A review of literature on *benchmarking*", **Benchmarking: An International Journal.** v. 10, n. 3, p.176-209, 2003.

DOLMAN, M.A. et al. *Benchmarking* the economic environmental and societal performance of Dutch dairy farms aiming at internal recycling of nutrients. **Journal of clearer production.** v. 73, n.1, p. 245-252, 2014.

DUARTE, M.P., et al., Integração Lavoura-Pecuária (ILP): uma Revisão Literária. **UNICIÊNCIAS,** v. 22, n. 2, 2018.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). **Carne bovina – desempenho de 2008 e perspectivas para 2009**. Informativo. 2009 Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cep/Informativos/Carnes/Carnes_17.07.09.pdf. Acesso em 24 de outubro de 2019.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M. et al. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v.84, 1994.

FERREIRA, A.H. **Eficiência de sistemas de produção de leite: uma aplicação da análise envoltória de dados na tomada de decisão**. 2002, 139 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.

FLEMING, E. et al. Is farm *benchmarking* the new acceptable face of comparative analysis? **Australasian Agribusiness Review**. V. 14, n.12, p. 01-19, 2006

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Farm business analysis using *benchmarking*. In: **Farm management extension guide**. Rome: FAO, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/uploads/media/4-BenchmarkingInternLores.pdf>>. Acesso em: 20 nov, 2019.

GADDIS, K.L.P; et al. *Benchmarking* dairy herd health status using routinely recorded herd summary data. **Journal of Dairy Science**. v. 99, n. 2, 2016.

GEENTY, K.G. Farm *benchmarking* – the next level. **International Journal of Sheep and Wool Science**. v. 54, n. 1, 2006.

GOMES, A.P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão de obra e capital**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 161p. Dissertação (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa.

GOMES, E.G. et al. Economic and socio-environmental performance assessment of beef cattle production systems: a data envelopment analysis (DEA) approach with weight restrictions. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.44, n.6, 2015.

GOMES, E.G., MANGABEIRA, J.A.C. Uso da análise envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**. V.6, n.1, 2004

GUARNIZO, J.D.G; VIVERO, R.A.R. **Productividad del sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009**. 2011, 99 f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Colegio mayor nuestra señora del rosário, Bogotá.

HARUN, R. et al. *Benchmarking and prospecting of technological practices in rice production*. **Economic and technology management review**. v. 10, n.1, 2015.
IBGE. Censo Agropecuário 2006: Agricultura Familiar – Primeiros Resultados. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 2009b.

IRIBARREN, D. et al. *Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms*. **Science of The Total Environment**.

JACK. L. Creating Sustainable Change. In: _____ **Benchmarking in Food and Farming**. 1ª ed. Nova Iorque: Gower, 2009.

JENKINS, B.; HINE, P.P. *Benchmarking for best practice environmental management*. **Environmental Monitoring and Assessment**. v.85, n.2, 2003.

KANELLOPOULOS, A. et al. Assessing climate change and associated socio- economic scenarios for arable farming in the Netherlands: An application of *benchmarking* and bio-economic farm modelling. **European Journal of Agronomy**. v. 52, n.1, 2014.

KRUG, E.E.B. **Estudo para identificação de benchmarking em sistemas de produção de leite no Rio Grande do Sul**. 2001, 194 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KHOSHROO, A; IZADIKHAH, M. 2019. Improving efficiency of farming products through benchmarking and data envelopment analysis. **International Journal of Management and Decision Making**, v.18, n. 1, 2019.

LAI, M. C., HUANG, H. C., e WANG, W. K. Designing a knowledge-based system for *benchmarking*: A DEA approach. **Knowledge-Based Systems**. v. 24, n.5, 2011.

LAMPERT, V.N. **Produtividade e eficiência de Sistemas de Ciclo Completo na Produção de Bovinos de Corte**. 2010. (124p) Tese (Doutorado). – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

LAMPERT, V. N. et al. Development and application of a bioeconomic efficiency index for beef cattle production in Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, 2012.

LIMA, V.A.M.O. et al. Análise da Eficiência de Pequenas Propriedades Rurais através do Método da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Informe Gepec**. V. 20, n.2, 2016.

LUCHIARI FILHO, A. **Produção de carne bovina no Brasil: qualidade, quantidade ou ambas?** II SIMBOI - Simpósio sobre Desafios e Novas Tecnologias na Bovinocultura de Corte. Brasília. 2006

MALANA, N.M, MALANO, H.M. *Benchmarking* productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India using data envelopment analysis. **Irrigation and Drainage**. v.55, n.4, p. 383–394, 2006.

MARIANO, E.B., ALMEIDA M.R., REBELATTO D.A.N. Princípios Básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia (COBENGE), Passo Fundo. **Anais...**, 2006

MARIANO, E.M. Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva. In: Simpósio de engenharia de produção. XIV simpósio de engenharia de produção. Bauru, São Paulo, **Anais...**, 2007

MARTHA JUNIOR, G.B et al. **Pecuária brasileira e a economia de recursos naturais**. n. 1. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

MEAT e LIVESTOCK AUSTRALIA (MLA). **Australian beef eating quality audit**. Fortitude Valley: MEAT e LIVESTOCK AUSTRALIA (MLA), 2016. Disponível em: https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/blocks/marketing-beef-and-lamb/msa_beq-report14-15_web.pdf. Acesso em: 10 out, 2019.

MEAT e LIVESTOCK AUSTRALIA (MLA). **Final report: Southern beef situation analysis**. NORTH SYDNEY. 35p.2010

MELO JUNIOR, A.M.; WILHELM, V.E. Índice de Malmquist aplicado na avaliação da produtividade de soja na região de Guarapuava. **Revista Capital Científico**. V.4, n. 1, 2006.

MELLO, J.C.C.B.S. et al. Análise de desempenho de sistemas de produção modais de pecuária de cria no Brasil. **Produção**. v. 23, n.4, p. 877-886, 2013.

MELLO, J.C.C.B.S., MEZA, L.A., GOMES, E.G., NETO, L.B. Curso de análise envoltória de dados. Simpósio brasileiro de pesquisa operacional. XXXVII Simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Gramado, Rio Grande do Sul, **Anais...** 2005.

MELO, T.M; FUCIDJI, J.R. Racionalidade limitada e a tomada de decisão em sistemas complexos. **Revista de Economia Política**. v. 36, n. 3, 2016.

OAIGEN, R.P. et al. Melhoria organizacional na produção de bezerras de corte a partir dos centros de custos. **Revista brasileira de zootecnia**. v. 37, n.3, p. 580-587, 2008.
PEÑA, C.R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **Revista de administração contemporânea**, v.12, n.1, 2008.

PRUST, J. O. **Avaliação de benchmarking da produção brasileira de leite, Santa Catarina e o município de Vitor Meireles**. 2002, 175 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RAFAELI, L. **A análise envoltória de dados como ferramenta para avaliação do desempenho relativo**. 2009. 166 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RECIO, W.F.O; RODRIGUES, R. *Benchmarking* na produção leiteira: Unidades produtoras de Palmeira d'Oeste – SP. In: Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, 8, 2016. **Anais...** Jales: Sintagro, 2016, 5p.

RODRÍGUEZ DÍAZ, J.A. et al. *Benchmarking* and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: an application in Spain. **Agriculture Systems**. v. 96, n.1-3, 2008.

RODRÍGUEZ-DÍAZ, J.A. et al. Applying *Benchmarking* and data envelopment analysis (DEA) techniques to irrigation districts in Spain. **Irrigation and drainage**, v. 53, 2004.

RONAN, G; CLEARY, G. Best Practice *Benchmarking* in Australian Agriculture: Issues and Challenges. In: 44th Annual Conference Australian Agricultural and Resource Economics Society. 2000, Sydney **Anais...** Sydney, Australian Agricultural e Resource Economics Society, 2000.

ROSS, A.; DROGE, C. An integrated *benchmarking* approach to distribution center performance using DEA modelling. **Journal of Operations Management**. v. 20, n. 1, 2002.

SANT'ANNA, A.P.; OLIVEIRA, C.A. análise da produtividade do setor odontológico do sistema de saúde da marinha utilizando o índice de Malmquist. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba. **Anais...**, 2002.

SILVEIRA, L.G.G. Como o setor de insumos prepara-se para as novas demandas tecnológicas da pecuária de corte. In: XII Jornada Nespro e III Simpósio Internacional sobre Sistemas de Produção de Bovinos de Corte. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre. **Anais...** 2017.

SNOO, G.R. *Benchmarking the Environmental Performances of Farms*. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 11, n.1, 2006.

TIGRE, P.B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. **Revista e economia contemporânea**, v.1, n.3, 1998

SOTERIADES, A.D. Identifying and prioritizing opportunities for improving efficiency on the farm: holistic metrics and benchmarking with Data Envelopment Analysis. **International Journal of Agricultural Management**, v.7, n.1, 2018.

TUPY, O; YAMAGUCHI, L.C.T. Identificando *benchmarks* na produção de leite. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 40, n.1, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Brazil, livestock and products semi-annual. Gain report**. 2019. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/brazil-livestock-and-products-semi-annual-2>. Acesso em: 20 jan, 2020.

VASCONCELLOS, V.A., CANEN, A.G., LINS, M.P.E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação *benchmarking-DEA*: o caso das refinarias de petróleo. v. 409, n. 10, 2011.

SCOT CONSULTORIA VECCHI, L. O caminhar da pecuária brasileira.. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/50006/o-caminhar-da-pecuaria-brasileira.htm>. Acesso em: 10 ago, 2019.

VELHO, J.P., et al. Disposição dos consumidores porto-alegrenses à compra de carne bovina com certificação. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, n.2, 2009.

VIEGAS, I., SANTOS, J.M.L., FONTES, M.A. Percepção dos Consumidores Relativamente à Carne de Bovino: cenários de escolha a partir de grupos de discussão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. V.3, n. 1, 2015

VIEIRA FILHO, J.E.R. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2016. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6909/1/td_2223.PDF. Acesso em 21 out, 2019.

WEVER, R. et al. Increasing the benefits of product-level *benchmarking* for strategic eco-efficient decision making. **Benchmarking: An International Journal**. v.14, n. 6, 2007.

WILSON, R. et al. Performance indicators and *benchmarking* in Australian agriculture: synthesis and perspectives. **Extension Farming Systems Journal**. v.1, n.1, 2005.

WORLD ANIMAL PROTECTION. Consumo as cegas. Percepção do consumidor sobre bem-estar animal. Ipsos Public Affairs. 2016

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Mensurar a eficiência e produtividade de propriedades rurais pertencentes a um grupo de *benchmarking* na Fronteira Oeste do RS

3.2. Objetivos específicos

- Discriminar as propriedades eficientes das ineficientes na alocação dos fatores de produção
- Identificar os fatores determinantes da eficiência e da ineficiência dos sistemas produtivos estudados

4 ARTIGO CIENTÍFICO

Os resultados que perfazem esta dissertação estão apresentados sob forma de artigo científico. As seções referentes a Materiais e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão e Referências Bibliográficas encontram-se no próprio manuscrito. O manuscrito será submetido ao periódico Revista Brasileira de Zootecnia, portanto sua apresentação está no formato que será submetido ao periódico

Produtividade, Progresso tecnológico e Mudança na eficiência de sistemas de produção de bovinos de corte – Uma abordagem produtiva

**Thaís Lopes Gonçalves¹, Urbano Gomes Pinto de Abreu², Renata Garcez Amaral³,
Guilherme de David³, Mariana de Aragão Pereira⁴, Ricardo Pedroso Oaigen¹**

¹ Universidade Federal do Pampa, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Uruguaiana, RS

² Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

³ Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS

⁴ Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

RESUMO

Este trabalho buscou mensurar a eficiência e produtividade de propriedades rurais pertencentes a um grupo de *benchmarking* na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Buscou-se ainda discriminar as propriedades eficientes das ineficientes na alocação dos fatores de produção e identificar os fatores determinantes da eficiência dos sistemas produtivos estudados. As unidades de tomada de decisão (DMUs - *Decision Making Unit*) deste estudo foram 11 propriedades especializadas na Bovinocultura de Corte, submetidas a Análise Envoltória de Dados (DEA) e ao Índice de Malmquist. A eficiência e a produtividade das DMUs foram avaliadas durante os anos de 2016, 2017 e 2018. Os inputs, selecionados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), foram: área útil destinada a pecuária (há), área útil de pastagem nativa (há), número de funcionários de campo e rebanho médio (Cabeças). Como outputs considerou-se a produtividade (Kg PV/ha) e a receita (R\$/ha). Apenas 27,2% dos empreendimentos foram considerados eficientes em cada ano estudado, contudo, houveram avanços na Produtividade Total dos Fatores (PTF). Tais avanços foram determinados pela eficiência técnica, em função do correto gerenciamento dos fatores de produção. Ainda que em menor grau, houve avanço tecnológico no grupo. A análise das DMUs evidenciou maiores ganhos em produtividade e receita mediante menor uso de insumos (área e mão de obra) e maior intensificação do sistema de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de desempenho, *Benchmarking*, gestão rural

Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in beef production systems – a productive approach

ABSTRACT

The objective of this study was to measure the efficiency and productivity of beef cattle production systems located on the western border of Rio Grande do Sul between 2016 and 2018. Another goal was to identify the variables that led to inefficiency in the systems studied and quantify the changes necessary to achieve efficiency. Data from 11 beef cattle production systems located on the western border of Rio Grande do Sul were analyzed. Input variables were selected by principal component analysis. Efficiency was obtained through the PIM-DEA software using the data envelopment analysis - BCC model - oriented to output the Malmquist index. The average efficiency of the evaluated decision-making units was 69, which characterizes the group as inefficient. Units rated as efficient showed less use of production factors and higher generation of products, i.e., productivity and revenue. To achieve efficiency, inefficient units should increase their productivity by an average of 91.4% evaluated as kg of live weight per hectare and 97.7% of revenue evaluated as Brazilian reais per hectare. Total factor productivity has advanced due to changes in technical efficiency at the expense of technological innovations. The results suggest that the units studied were inefficient due to the misuse of production factors and low technological level, typical of large-scale extensive systems.

KEY-WORDS: Benchmarking, performance evaluation, rural management

INTRODUÇÃO

Apesar dos evidentes sinais de desenvolvimento do setor pecuário brasileiro, a heterogeneidade dos sistemas produtivos é uma das suas características principais, que se dá em função da grande diversidade de padrões socioculturais e biomas (MARTHA JUNIOR et al., 2011; BARCELLOS et al., 2016; CARVALHO e ZEN, 2017). O contexto diverso associado a um ambiente econômico instável tem impacto sobre a tomada de decisão. A reação frente a tais fatores é diferente para cada produtor, sobretudo em relação

a alocação dos recursos, fazendo com que alguns sejam caracterizados como eficientes e outros não (FERREIRA, 2002).

Análises que permitam conhecer a eficiência dos empreendimentos são fundamentais, tanto para fins estratégicos na busca de solução para problemas, quanto para planejamento e tomada de decisão (GOMES E MANGABEIRA, 2004; ABREU et al., 2006). Além disso, a identificação das causas relacionadas a eficiência ou ineficiência são fundamentais para a definição de estratégias e medidas corretivas, sendo esta a ferramenta de maior impacto na busca pela melhoria contínua dos sistemas de produção (GOMES et al., 2015; ABREU et al., 2012)

O emprego da Análise Envoltória de Dados (DEA) tem se mostrado atrativo na mensuração da eficiência de unidades produtivas, incluindo unidades agrícolas e pecuárias, permitindo a inclusão de diversos *inputs* e *outputs* na análise (GOMES e MANGABEIRA, 2004; GOMES, 2008). Dentre suas inúmeras vantagens, a melhor adequação ao tamanho amostral reduzido e a possibilidade de comparação de cada empresa ineficiente com outra (s) eficiente (s) de referência (MACEDO et al., 2007)

Com a finalidade de otimizar a análise, a modelagem DEA tem sido associada ao índice de Malmquist, afim de se obter a medida da Produtividade Total dos Fatores e sua decomposição. Essa estratégia possibilita maior detalhamento e exploração dos dados ao permitir a avaliação dos sistemas ao longo do tempo (SANTANA E OLIVEIRA, 2002).

Desenvolvido por FÄRE et al (1994), o índice de Malmquist permite inferir a respeito da produtividade de unidades tomadoras de decisão (em inglês, Decision Making Units - DMUs) entre dois períodos, possibilitando a captação de dois tipos de efeitos: (1) eficiência técnica (*catch-up effect*) e (2) mudanças tecnológicas (*frontier shift effect*).

A avaliação desses efeitos é importante, pois, de acordo com Melo Junior e Wilhelm (2006), a busca pelo aumento de produtividade possui implicação na economia de recursos, na compensação da elevação de custos e na competitividade dos sistemas produtivos.

O presente estudo teve como objetivo a mensuração da eficiência e produtividade de sistemas de produção de bovinos de corte localizados na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, nos anos de 2016, 2017 e 2018. Além disso buscou-se identificar as fontes causadoras da ineficiência dos sistemas estudados, e quantificar os processos necessários para maximização da eficiência.

MATERIAL E MÉTODOS

As unidades de tomada de decisão (DMUs - *Decision Making Unit*) deste estudo foram as propriedades rurais que fazem parte de um grupo de trabalho denominado “Grupo de Trabalho Pecuária do Amanhã”, projeto de extensão coordenado pelo Centro de Tecnologia em Pecuária (CTPEC) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Totalizam 11 empresas rurais especializadas na bovinocultura de corte, apresentando diferentes sistemas de produção (cria, recria e terminação) avaliados anualmente por meio de uma metodologia de *benchmarking*.

Decision Making Units (DMUs)

As DMUs avaliadas estão localizadas na região da Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, sob condições semelhantes de clima, solo e vegetação. Caracterizam-se como sendo um grupo homogêneo pois utilizam praticamente os mesmos insumos

(*inputs*) para produzir os mesmos produtos (*outputs*), apresentando tarefas e objetivos semelhantes (THANASSOULIS, 2001).

Para cálculo da eficiência comparada das unidades de produção, aqui representadas pelas DMUs, foi utilizada a Análise Envoltória de Dados (DEA). A metodologia DEA considera cada DMU em observações individuais e estima uma fronteira eficiente com base nas unidades detentoras das melhores práticas no grupo estudado. Tais unidades, são denominadas *benchmaks*, sendo referência para o grupo (ABREU et al., 2008).

Seleção de variáveis

As variáveis que compõem o cálculo de eficiência das DMUs são divididas em *inputs* (entradas/insumos) e *outputs* (saídas/produtos gerados) e são, na maioria das vezes, norteadas na opinião de especialistas da área em estudo. Considerando que a escolha de variáveis diferentes irá resultar em estimativas diferentes (SENRA et al, 2007) e com objetivo de diminuir a subjetividade das escolhas, vários métodos têm sido propostos para embasar a seleção de quais variáveis devem entrar no estudo. Além disso, modelos DEA que possuem muitas variáveis tendem a resultar em muitas DMUs eficientes.

A técnica multivariada de componentes principais (CP), por meio da análise da estrutura de (co)variância de uma série de variáveis, estima combinações lineares destas, com o objetivo de reduzir a quantidade de dados e a dimensionalidade, além de facilitar a interpretação das relações entre as diferentes variáveis (JOHNSON e WICHERN, 1999). Componentes principais é uma das mais utilizadas técnicas de análise exploratória multivariada (KHATTREE e NAIK, 2000), sendo empregada nas mais diferentes situações e áreas do conhecimento. ZHU (1998) e ADLER e GOLANY (2001), ao utilizarem CP com vistas na diminuição de variáveis de insumos e produtos para análise de DEA, obtiveram resultados satisfatórios.

No presente estudo, a seleção das variáveis foi realizada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). O método permite então, a exclusão de variáveis redundantes. A análise foi realizada por meio do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, version 9.4).

A seleção dos produtos (*outputs*) considerou dois conceitos relacionados a produtividade da pecuária de corte: (1) físico (quilos de peso vivo produzidos – Kg PV/ha) e (2) econômico (receita total por hectare – R\$/ha) (WEDEKIN, 2017).

O método DEA possui dois modelos, com retornos constantes (Charnes, Cooper e Rhodes - CCR) e retornos variáveis de escala (BCC), conforme descrito por Neves et al. (2015). O modelo DEA adotado foi o BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), considerando que não se pode assumir que insumos e produtos se alterem de forma proporcional nos sistemas estudados. De acordo com Casado (2007), neste modelo entende-se que um acréscimo no *input* poderá promover um acréscimo no *output*, não necessariamente proporcional, ou até mesmo um decréscimo. O modelo BCC será orientado a *output*, ou seja, o movimento em direção à fronteira da eficiência ocorre pelo aumento nos *outputs*, mantendo constantes os *inputs*. O software utilizado foi o *Performance Improvement Management Software* (PIM-DEA).

Modelo DEA

O modelo DEA com retornos variáveis à escala (BCC) é modificado do modelo DEA com retornos constantes (CCR). Já o programa linear é modificado de maneira a incorporar uma restrição a convexidade ($\sum \lambda = 1$), permitindo a análise de rendimentos variáveis à escala (BCC). O modelo é descrito da seguinte maneira:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

sujeito a:

$$\begin{aligned}
 -y + Y\lambda &\geq 0 \\
 \theta x_i - X\lambda &\geq 0 \\
 N1'\lambda &= 1 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}$$

onde:

y = produto do modelo sob análise;

x = insumo do modelo sob análise;

X = matriz de insumos $K \times N$;

Y = matriz de produtos $M \times N$;

θ = é uma escalar que multiplica os vetores dos insumos;

λ = é um vetor de constantes $N \times 1$ que multiplica a matriz de insumos e produtos; e

N = número de DMU's.

$N1$ = vetor unitário.

Visando analisar o desempenho das DMUs em diferentes períodos de tempo e obter a produtividade total dos fatores (PTF), utilizou-se o Índice de Malmquist, proposto por Färe et al. (1994). A medida de PTF foi decomposta em mudanças na tecnologia – deslocamento na fronteira em função da incorporação de novas tecnologias, e mudanças na eficiência técnica -consequência de melhorias em processos produtivos e aspectos gerenciais, sendo esta última ainda decomposta em dois fatores – eficiência pura e de escala (FERREIRA e GOMES, 2009). A decomposição permite identificar qual dos índices representa maior influência sobre variação da PTF (ARAÚJO e ARAÚJO, 2016).

O Índice de produtividade de Malmquist é dado pela razão da função distância do período $t+1$ em relação à função distância em t , tendo como base o período t . Alternativamente, pode-se também tomar como base o período $t+1$, as equações são apresentadas em (1) e (2), respectivamente (FÄRE et al., 1992).

$$M^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (1)$$

$$M^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (2)$$

O Índice de Malmquist orientado ao *output* se dá pela média geométrica das equações (1) e (2), conforme equação (3) abaixo:

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Färe et al. (1992), mostram que a equação (3) é equivalente à:

$$\begin{aligned} M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) \\ = \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4) \end{aligned}$$

Enquanto a análise de eficiência fornecida pela DEA permite a avaliação para um período t , o índice de Malmquist (M_o) permite a análise do comportamento das DMUs nos períodos t e $t+1$ e seu posicionamento em relação as demais (MELO JUNIOR e WILHELM, 2006). A medida obtida fornece a Produtividade Total dos Fatores de Produção (PTF), que deve ser interpretada da seguinte forma:

- $M_o > 1$: Indica que houve aumento na produtividade da DMU_k no período $t+1$ em relação a t ;
- $M_o = 1$: A produtividade da DMU_k manteve se constante no período $t+1$ em relação a t ;
- $M_o < 1$: Indica que a produtividade da DMU_k diminuiu no período $t+1$ em relação a t .

A interpretação dos resultados das decomposições segue a mesma lógica citada anteriormente, em função da unidade.

RESULTADOS

Análise de componentes principais (ACP)

Na Tabela 1 observam-se os dois componentes principais (CP1 e CP2) que explicaram 88% da variância total do conjunto de dados, sendo 54% da variância total explicada pelo CP1 e 34% pelo CP2. Este valor está relacionado ao número de informações das variáveis iniciais que está contido nesse único componente (GAMBLE e BABBAR-SEBENS, 2012)

As variáveis de maior impacto estão relacionadas a disponibilidade de recursos de produção (CP1) e custos de produção (CP2). Os itens “área de pastagem natural” (PAST_N), “área útil destinada à pecuária em hectares” (PEC), “número de funcionários de campo” (F_C) e “rebanho médio em número de cabeças” (R_M) foram considerados itens de insumo na análise DEA-Malmquist para avaliação dos sistemas de produção pelo enfoque produtivo.

Tabela 1. Componentes principais (CPs), autovalores (λ_i) e porcentagem da variância explicada e proporção acumulada (%) pelos componentes.

Variável / <i>input</i>	CP1	CP2
Autovalor (λ_i)	4,8486	3,0955
(percentual explicado)	(53,87%)	(34,40%)
(percentual acumulado)	(53,87%)	(88,27%)
C_OP	0,00435	0,28204
C_TO	0,00459	0,28256
C_DEM	0,00824	0,28391
PAST_N	0,19542	-0,01711
PEC	0,21112	-0,00226
F_C	0,21323	0,03705

$$\frac{R_M}{0,2181} \quad \frac{0,03692}{0,03692}$$

CP= componente principal; C_OP = Custo operacional por hectare; C_TO = Custo total por hectare; C_DEM= custo efetivamente desembolsado por hectare; PAST_N= Área de pastagem natural; PEC= Área útil destinada a pecuária (hectares); F_C= funcionários de campo (indivíduos); R_M= rebanho médio (cabeças);

Análise descritiva das propriedades rurais estudadas (DMUs)

De acordo com Brunetta (2004), consideram-se homogêneas empresas rurais que apresentam as mesmas atividades e objetivos e atuam sob as mesmas condições de mercado, diferenciando-se apenas pela intensidade e volume produzido. O grupo estudado apresentou ampla variação nos quesitos intensidade e volume de produção, evidenciados pela discrepância na disponibilidade de recursos (*inputs*) e na geração de produtos (*outputs*), justificando o amplo coeficiente de variação (CV) encontrado (TABELA 2). Apesar disso, podem ser consideradas unidades homogêneas baseado no conceito descrito anteriormente.

As DMUs estudadas compreenderam unidades extensivas e semi-intensivas de produção de bovinos de corte, com ampla ocupação de área e alimentação baseada majoritariamente em pastagens naturais (em média 58,6% da área destinada a pecuária), com suplementação no período de menor disponibilidade forrageira.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis *inputs* e *outputs* consideradas na mensuração da eficiência das empresas rurais no período 2016-2018

	<i>inputs</i>				<i>outputs</i>	
	PEC	F_C	R_M	PAST_N	PROD	REC
Média	4379,89	12,87	3972,88	2592,54	120,39	1084,49
Desvio padrão	2951,59	7,92	2713,22	2114,50	53,53	828,35
Mínimo	437,33	1,87	290,93	38,33	69,03	536,71
Máximo	10224,33	26,67	9669,93	6692,63	265,47	3438,16
CV	67,15%	61,54%	68,29%	81,74%	43,68%	72,93%

PAST_N= Área de pastagem natural; PEC= Área útil destinada a pecuária (hectares); F_C= funcionários de campo (indivíduos); R_M= rebanho médio (cabeças); PROD= produtividade (Kg PV/hectare); REC = receita (R\$/hectare); CV = coeficiente de variação

Dos sistemas estudados, a maioria (72,75%) operava no ciclo completo (cria, recria e terminação de bovinos de corte), sendo que 18,18% eram especializados em recria e terminação e apenas 9,09%, referente a uma propriedade (DMU14), atuava apenas na recria (recria de fêmeas com valor agregado). De acordo com a classificação definida pela Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, as propriedades estão classificadas como grandes propriedades (acima de 28 módulos fiscais – BRASIL, 1993). Todas recebem algum tipo de assistência técnica e gerencial ou os gestores possuem formação na área de ciências agrárias.

Análise da eficiência dos sistemas de produção

Tabela 3. Escores de eficiência de 11 sistemas de produção de bovinos de corte na Fronteira Oeste do RS estimados pelo modelo DEA-VRS e orientação a produto entre os anos de 2016 e 2018

	2016	2017	2018
DMU1	48,03	60,18	68,34
DMU5	46,64	49,30	54,49
DMU6	37,82	100	49,95
DMU7	66,49	100	100
DMU9	34,73	73,13	54,22
DMU10	60,88	47,41	61,45
DMU11	100	70,82	69,73
DMU12	69,04	31,09	100
DMU13	97,47	47,46	71,19
DMU14	100	100	100
DMU15	100	58,22	58,99
Média	69,19	67,05	71,66

* A DMU14 está em negrito para destacar que esta foi benchmark nos três anos analisados.

Uma análise mais detalhada da Tabela 3 revela alguns padrões que merecem destaque. A DMU14, *benchmark* nos três anos avaliados, conduz um sistema semi-intensivo, especializado na recria de fêmeas. Apresentou valores de eficiência técnica, de escala e mudança tecnológica igual a 1 em todo período, demonstrando a mais alta eficiência gerencial na alocação dos recursos e no uso de tecnologia. Curiosamente, apresentou a menor área média destinada à pecuária (484 hectares) e o menor percentual de área de pastagem nativa em relação à área total destinada à pecuária – 0% em 2016; 19%, em 2017 e 8,3%, em 2018. Em relação aos demais *inputs* e *outputs*, foram observados valores intermediários em relação ao grupo.

Os dados apresentados na tabela 4 descrevem a média de *inputs* utilizados e de produtos gerados pelos sistemas produtivos eficientes (aqueles que alcançaram eficiência relativa 100) e os ineficientes. Aqueles considerados eficientes apresentaram menor uso de insumos (área destinada à pecuária, funcionários de campo e área de pastagem nativa), com maior geração de produtos (produtividade e receita).

Tabela 4. Análise descritiva comparativa de insumos e produtos entre as DMUs eficientes (*benchmarks*) e as ineficientes -média dos três anos avaliados

	Variável	Unidade	Eficientes	Ineficientes
INSUMO	PEC	Hectares	3677,84	5183,12
	F_C	Indivíduos	10,31	14,75
	R_M	Cabeças	4017,97	4382,48
	PAST_N	Hectares	1894,27	3173,68
PRODUTO	PROD	Quilos/hectare	158,67	100,29
	REC	Reais/hectare	1512,90	799,40
DESEMBOLSO		Reais/hectare	1198,74	683,28

PEC= Área útil destinada a pecuária (hectares); F_C= funcionários de campo (indivíduos); R_M= rebanho médio (cabeças); PAST_N= Área de pastagem natural; PROD= produtividade (Kg PV/hectare); REC = receita (R\$/hectare)

Do lado dos insumos, o rebanho médio foi o input com menor variação, sendo em média 8,3% menor para os sistemas eficientes. O número de cabeças foi maior para os

sistemas produtivos eficientes apenas em 2016. Contudo, observou-se também uma relação rebanho:área de 1,9 cabeça/hectare e maior produtividade (Kg PV/há) em relação aos ineficientes – 123,3% superior. Nos demais anos essa relação manteve-se estável, com uma média de 0,8 cabeças/hectare para ambos.

Em relação aos produtos gerados, as DMUs eficientes apresentaram, em média, uma produtividade (Kg PV/ha) 58,2% e uma receita (R\$/ha) 89,2% superiores aos ineficientes. Apesar da semelhança na taxa de lotação das DMUs nos anos de 2017 e 2018, a produtividade (Kg PV/ha) dos eficientes foi 38,4% e 17,9% superior, nestes anos, respectivamente, em comparação aos ineficientes. Em relação à receita por área, os sistemas produtivos eficientes apresentaram valores 115,9%, 115,9% e 34,4% superiores aos ineficientes, em 2016, 2017 e 2018, respectivamente.

Na Tabela 5, são apresentados os valores médios das folgas para cada variável, insumo e produto. Os valores apresentados quantificam as alterações que deveriam ser feitas pelas DMUs na busca pela eficiência, para atingirem o nível daquelas detentoras das melhores práticas ou *benchmarks* (VASCONCELLOS et al., 2016), considerando a maximização dos produtos, dado o mesmo nível de insumos.

Tabela 5. Folgas (%) dos sistemas produtivos de bovinos de corte da Fronteira Oeste do RS, entre 2016 e 2018.

	Variável	2016	2017	2018	Média do triênio (%)
<i>INPUTS</i>	PEC	-50,07	-48,59	-62,93	-58,86
	F_C	-19,48	-54,82	-50,38	-41,56
	R_M	-7,06	-34,73	-50,49	-54,09
	PAST_N	-62,37	-43,48	-59,87	-55,24
<i>OUTPUTS</i>	PROD	108,24	95,24	70,94	91,47
	REC	109,10	95,24	89,00	97,78

PEC= Área útil destinada a pecuária (hectares); F_C= funcionários de campo (indivíduos); R_M= rebanho médio (cabeças); PAST_N= Área de pastagem natural; PROD= produtividade (Kg PV/hectare); REC = receita (R\$/hectare)

Conforme é possível notar na tabela acima, variáveis relacionadas à área foram as que mais impactaram na ineficiência dos sistemas estudados, já que apresentaram as maiores folgas. A redução da área de pastagem nativa, em especial, traria os melhores resultados em termos de eficiência dos sistemas produtivos. A variável “funcionários de campo) foi a terceira que mais contribuiu para a ineficiência das DMUs, restando à variável “rebanho médio” a condição de menos importante na determinação da ineficiência. Em outras palavras, há mais apelo para a redução de pessoas do que de rebanho para que haja um aumento da eficiência produtiva.

Mantidos os níveis de inputs, incrementos ainda maiores poderiam ser obtidos em relação aos *outputs*. Nos anos de 2016 e 2017, a produtividade e a receita deveriam praticamente dobrar para que os sistemas ineficientes alcançassem a eficiência potencial. Para exemplificar, a DMU12, cuja eficiência relativa foi a menor no período estudado, deveria aumentar em 221,6% seus *outputs* para que fosse alcançada a eficiência do *benchmark*.

Os melhores resultados de produtividade e receita por área foram encontrados em 2018, período em que a necessidade de ajustes foi menor em relação aos anos anteriores. Contudo, os valores das folgas ainda foram altos.

Produtividade de Malmquist

A Produtividade Total dos Fatores de Produção (PTF) mensura a relação entre produtos gerados e os fatores utilizados na produção (WEDEKIN, 2017). No presente estudo, houve crescimento na produtividade (TABELA 6) durante os dois períodos avaliados. No período 2016-2017, 45,5% das unidades apresentaram aumento ou manutenção da produtividade. Já no segundo período avaliado, 2017-2018, houve um número maior de sistemas de produção com crescimento de produtividade em relação ao

período anterior (72,7%). No primeiro período a PTF cresceu à taxa anual de 14,3% sendo esse crescimento de 22,7% a.a. no segundo período.

Tabela 6. Decomposição da Produtividade Total dos Fatores (PTF)

Name	2016-2017				2017-2018			
	TC	SEC	PEC	PTF	TC	SEC	PEC	PTF
DMU1	0,850	0,950	1,250	1,000	1,050	0,950	1,140	1,120
DMU5	0,850	0,970	1,060	0,870	1,080	0,970	1,110	1,170
DMU6	0,800	3,290	2,640	6,930	1,090	0,200	0,500	0,110
DMU7	0,930	1,090	1,500	1,530	1,000	1,370	1,000	1,370
DMU9	1,000	3,730	2,110	7,900	0,860	0,200	0,740	0,130
DMU10	0,770	0,610	0,780	0,360	1,080	2,020	1,300	2,820
DMU11	1,250	0,640	0,710	0,570	1,000	1,130	0,980	1,100
DMU12	1,380	1,120	0,450	0,690	0,700	1,220	3,220	2,770
DMU13	1,380	0,330	0,490	0,220	0,840	2,030	1,500	2,550
DMU14	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
DMU15	1,180	0,280	0,580	0,190	1,110	0,870	1,010	0,980
Média	1,035	1,274	1,143	1,933	0,983	1,087	1,227	1,375

TC= Mudança tecnológica, SEC= Mudança na escala, PEC= Mudança na eficiência, PTF= produtividade total dos fatores de produção

Em relação à decomposição da PTF, no período de 2016-17, 54,5% das unidades estudadas apresentaram valores acima de um para inovação (mudança tecnológica) e para evolução no gerenciamento (mudança na eficiência). Já os avanços na eficiência de escala foram obtidos por 45,4% dos casos, no mesmo período. Considerando apenas as cinco unidades que apresentaram crescimento na PTF, este foi explicado pela mudança na eficiência (PEC). Entre as demais DMUs, que apresentaram PTF <1, quatro (66,6%) apresentaram avanço na inovação tecnológica (TC), contudo, em nível insuficiente para compensar a perda de eficiência técnica (PEC).

No período 2017-2018, um número maior de DMUs apresentaram acréscimo na PTF, sendo que 72,7% das DMUs demonstraram evolução tecnológica, 72,7% evolução na eficiência técnica e 54,5% na eficiência de escala. Considerando as DMUs com PTF>1, o crescimento ocorreu, principalmente, em função da eficiência técnica.

Semelhante ao período anterior, das três DMUs que apresentaram retrocesso ($PTF < 1$), duas foram eficientes na mudança tecnológica e uma apresentou retrocesso na inovação e no gerenciamento.

Na média geral, o primeiro período apresentou-se eficiente em termos de mudança de tecnologia e eficiência técnica. Porém, o maior impacto na PTF foi resultante da eficiência de escala. Já no segundo período, o crescimento da PTF foi atrelado em maior grau pela eficiência técnica, apesar de a eficiência de escala ter sido maior que um. Nesse período, contudo, houve regresso tecnológico.

DISCUSSÃO

A menor eficiência das DMUs observadas no ano de 2017 pode ser evidenciada pela maior dispersão dos dados neste ano. De acordo com Abreu et al. (2012), isto ocorre quando há um incremento ainda maior na eficiência das DMUs eficientes e/ou piora na eficiência dos ineficientes, visto que as unidades são comparadas umas com as outras dentro do mesmo ano.

Os resultados encontrados não podem ser dissociados do contexto político, econômico e mercadológico da pecuária no período analisado por este estudo. A recessão econômica e a crise política, desde 2014, e os impactos da operação Carne Fraca coincidiram com a fase de baixa do ciclo pecuário, que teve início em 2015 e perdurou até meados de 2018. Conforme destacam GONÇALVES et al. (2019), a capacidade de resposta a cenários pessimistas e, conseqüentemente, o desempenho econômico da pecuária podem variar substancialmente, o que pode explicar os resultados aqui obtidos.

De acordo com Barcellos et al. (2007), desempenhos insatisfatórios podem estar relacionados a investimentos realizados em um contexto de alta nos preços, que serão

pagos quando ocorrer a inversão do ciclo pecuário, período de queda no preço dos produtos. Diante disso, na busca pela eficiência técnica torna-se fundamental a priorização de rubricas diretamente relacionadas a produção, por meio de planejamento e gestão de processos eficiente, que permitam a correta alocação dos recursos.

Além disso, peculiaridades da pecuária gaúcha interferem diretamente no desempenho da atividade. Cerca de 82% do Bioma Pampa é composto por pastagens naturais, configurando a produção extensiva, baseado em campo nativo, como sistema predominante no estado. Contudo, tal característica é conhecida como determinante da baixa produtividade e rentabilidade dos sistemas produtivos (FEIX e LEUSIN JUNIOR, 2019; NABINGER e JACQUES, 2017). Diante desse cenário, o uso da terra no Bioma Pampa brasileiro tem sido alterado, com substituição da pecuária de corte por culturas agrícolas, principalmente arroz, soja e milho. Entre os anos de 1975 e 2005, cerca de três milhões de hectares já foram convertidos em lavouras (temporárias ou permanentes), decorrente do maior ganho econômico num menor espaço de tempo possibilitado pela agricultura em detrimento da pecuária (OLIVEIRA et al., 2017).

Neste estudo, as DMUs apresentaram produtividade mínima e máxima de 69 e 265 kg PV/ha. O piso da produtividade está associado, principalmente, ao caráter extensivo e extrativista de alguns sistemas, enquanto o teto permite inferir a respeito da produtividade potencial, mediante o uso de tecnologia e intensificação. Por exemplo, a DMU14, *benchmark* em todos os anos analisados, obteve a menor proporção de área de pastagem nativa entre as DMUs (média dos três anos de 9,1% da área útil destinada a pecuária).

No caso das unidades avaliadas neste trabalho, sistemas de maior produtividade na região otimizam os resultados por meio da implantação de pastagens cultivadas,

sobretudo culturas hibernais, visando a correção do vazio forrageiro durante o inverno que ocasiona as maiores perdas no desempenho animal.

Contudo, cabe ressaltar que o objetivo de uma empresa rural não deve ser alcançar a maior produção possível, mas produzir em um nível que garanta retorno financeiro, uma vez que o ótimo produtivo pode não vir acompanhado do ótimo econômico (GOTTSCHALL, 2007; EL-MERMARI NETO, 2018). No presente estudo, isto é evidenciado pela análise dos *outputs*, onde os sistemas eficientes (*benchmarks*) apresentaram produtividade intermediária (158,6 Kg PV/ha) em relação ao teto e piso observados.

A mesma lógica pode ser observada em relação à geração de receita. Os sistemas eficientes apresentaram receitas em montante intermediário (R\$ 1.512,90) em relação ao mínimo (R\$ 536,71) e ao máximo (R\$ 3.438,16) observados. A geração de receitas está intimamente relacionada ao volume comercializado do produto (função da produtividade), considerando que os preços de mercado, em média, foram constantes para todas as DMUs. Esses resultados, porém, são pouco conclusivos, pois o desempenho econômico depende igualmente do nível de custos em que o empreendimento opera. No presente estudo, ao utilizar a DEA, não são admitidos valores negativos, justificando a não utilização da margem econômica como output.

Na média dos três anos estudados, o custo desembolsado pelo grupo eficiente foi 75,44% superior aos ineficientes. Esse resultado sugere que entre os eficientes, há maior eficiência gerencial devido à correta alocação dos recursos. Euclides Filho (2000) destaca que incrementos no desempenho da atividade pecuária, necessariamente, levam a intensificação dos sistemas de produção, em diferentes níveis, de acordo com a região.

Já a correção da ineficiência, sob a ótica do aumento de *outputs*, depende do uso de tecnologia e da intensificação dos sistemas produtivos. Contudo, a decisão de

intensificação deve ser tomada com base em informações econômicas e financeiras e uso criterioso de ferramentas gerenciais, uma vez que a adoção de tecnologia dissociada de processos gerenciais bem definidos tende a comprometer o lucro e aumentar o risco da atividade (DILL et al., 2015).

No contexto das DMUs avaliadas, a incorporação de tecnologias, como o melhoramento do campo nativo e introdução de espécies hibernais (aveia e azevém, por exemplo), configura um grau de intensificação moderado sustentável e eficiente na melhoria do desempenho animal (NABINGER et al., 2009) e, conseqüentemente, no resultado econômico. A intensificação na nutrição permite alcançar maior ganho médio diário global, permitindo ganhos em giro de capital e margem simultaneamente (Chaker, 2018), sendo alternativa viável para melhoria da eficiência, sem aumento nos *inputs* (área, rebanho e mão de obra).

A eficiência dos sistemas em função da maior produtividade também pode ser inferida a partir dos dados de produção animal. Apesar de tamanho de rebanho e taxa de lotação (cab./ha) semelhantes para eficientes e ineficientes, a produtividade em quilo de peso vivo por hectare é superior no grupo eficiente, demonstrando maior eficiência no uso da terra e intensificação do sistema produtivo.

A evolução ao longo do período estudado na PTF, explicada em função do aumento da eficiência técnica (PEC), pode estar atrelada à participação das empresas estudadas em um Grupo de Trabalho com coleta, processamento e análise de dados para fins de *benchmarking* e troca de experiências. A avaliação das DMUs por meio do *benchmarking* é dependente de um sistema gerencial eficiente, com disponibilidade de dados, induzindo melhorias nesse quesito. Já a troca de experiências entre empresas permite que tecnologias já testadas sob condições semelhantes sejam incorporadas por

outras empresas do grupo, criando um sistema eficiente de difusão tecnológica e justificando o número de DMUs que obtiveram avanços na mudança de tecnologia (TC).

A incorporação de tecnologias, desde que associada a um controle gerencial eficiente, é pressuposto para a intensificação sustentável, com reflexo sobre o desempenho produtivo e econômico do sistema de produção. Em DMUs que apresentaram ineficiência técnica (valores abaixo de um), recomenda-se aprimorar seus processos gerenciais para identificação de falhas no uso dos *inputs* e definição de metas para ajuste (Abreu et al., 2012).

Como alternativa para o aumento da produtividade e geração de receita, além do enriquecimento de pastagens nativas e/ou introdução de pastagens cultivadas, o produtor rural tem alternativas que podem gerar receitas adicionais. A introdução de sistemas integrados e a diversificação são exemplos que otimizando os fatores de produção e geram receitas adicionais.

A maior eficiência observada (DMU14) neste estudo pode ser explicada pelo grau de intensificação aplicado ao sistema, com ampla utilização de pastagens cultivadas em relação a área total disponível. A produção de forragem adequada a demanda animal permite bons ganhos por área- mediante aumento na lotação e também expressão do potencial individual dos animais – maior ganho médio diário (GMD). O caso da DMU14 evidencia o efeito poupa-terra, descrito por Martha Junior (2012), fundamental para a sustentabilidade da pecuária de corte do futuro. A maior produção com menor utilização de recursos reduz a demanda por área e também a emissão de gases do efeito estufa.

Destaca-se que a ausência de folgas conferiu a este sistema eficiência em todos os seus processos, sejam eles de inovação (TEC), escala de produção (SEC) ou gerenciamento (PEC). Por outro lado, a DMU12- menor eficiência em relação ao grupo, com posterior recuperação, teve a melhoria nos processos gerenciais como fator

determinante da mudança de desempenho. Nesse caso, a ausência de inovação tecnológica não interferiu no bom desempenho alcançado no segundo período, assim como o progresso tecnológico no primeiro período não foi capaz de sustentar a produtividade.

Os resultados corroboram com estudo realizado por Bandeira (2017), que observou que o acesso à tecnologia não foi limitante do desempenho, mas a ineficiência em processos gerenciais de sistemas de produção de bovinos de corte. Assim, é fundamental o ajuste dos processos gerenciais, para que investimentos em inovações tecnológicas tragam resultados satisfatórios.

Como alternativa, melhores resultados também podem ser alcançados mediante agregação de valor no produto, como observado no caso da unidade de maior eficiência, DMU14, que aliou a diferenciação do produto a intensificação da produção, com retorno produtivo e econômico satisfatórios. Considerando que o produtor rural é tomador de preços (OAIGEN, 2017), a diferenciação do produto é uma estratégia que permite melhor remuneração, especialmente em períodos de demanda reprimida e alta oferta (GONÇALVES et al., 2018).

CONCLUSÕES

A maioria das DMUs foi ineficiente nos três anos estudados, sobretudo em função da baixa produtividade e geração de receita. A análise dos *benchmarks* evidenciou que a eficiência se relacionou a menores áreas destinadas a pecuária, maiores proporções de áreas de pastagens cultivadas, maior eficiência no uso da mão de obra e, conseqüentemente, maiores níveis de produtividade e geração de receita por hectare. Os avanços encontrados na PTF ocorreram em maior grau em função da eficiência técnica.

Aos produtores rurais, a utilização dos dados deste estudo, permitem correções pontuais nas fontes de ineficiência, diminuindo os riscos e maximizando a utilização dos

seus recursos de produção (terra, capital, trabalho e conhecimento). As informações geradas são também úteis aos órgãos de pesquisa quanto às variáveis que condicionam a eficiência produtiva e econômica da atividade pecuária em determinadas regiões/grupos. A partir daí espera-se fornecer subsídio a extensão rural e ao desenvolvimento de políticas públicas realmente adequadas as necessidades dos produtores rurais. Por fim, empresas de consultoria/assistência técnica, obterão subsídio científico para orientar a tomada de decisão de seus clientes.

REFERÊNCIAS

- Abreu, U.G.P.; Gomes, E.G.; Lopes, P.S.; Torres, R.A.; Santos, H.N. 2008. al. Avaliação sistêmica da introdução de tecnologias na pecuária de gado de corte do Pantanal por meio de modelos de análise envoltória de dados (DEA). *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:2069-2076.
- Abreu, U.G.P.; E.G.; Lopes; Mello, J.C.B.S.; Santos, S.A.; Catto, D.F. 2012. Heifer Retention Program in the Pantanal: a study with data envelopment analysis (DEA) and Malmquist index. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41:1937-1943.
- Abreu, U.G.P.; Lopes, P.S.; Baptista, A.J.M.S.; Torres, R.A.; Santos, H.N. 2006. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. *Análise de eficiência. Revista brasileira de zootecnia* 35:1242-1250.
- Adler, N.; Golany, B. 2001. Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. *European Journal of Operational Research* 132:260-273.

- Artuzo, F.D.; Foguesatto, C.R.; Souza, A.R.L.; Silva, L.X. 2018. Gestão de custos na produção de milho e soja. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios* 20:273-294.
- Bandeira, M.A. 2017. Eficiência de sistemas de cria na bovinocultura de corte no município de Quaraí – RS. Dissertação (Msc.). Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana.
- Banker, R.; Charnes, A.; Cooper, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30:1078-1092.
- Barcellos, A.O.; Ramos, A.K.B.; Vilela, L.; Martha Junior, G.B. 2008. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:51-67
- Barcellos, J.O.J.; Oaigen, R.P.; Christofari, L.F. 2011. À cria, o seu devido valor. p. 105-108. In: *Bovinicultura de corte: cadeia produtiva e sistemas de produção*. 1 ed. Guaíba, Agrolivros.
- Barcellos, J.O.J., Oliveira, T.E., Marques, C.S.S. Apontamentos estratégicos sobre a bovinocultura de corte brasileira. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 24:13-17.
- Brunetta, M.R. 2004. Avaliação da eficiência técnica e de produtividade usando análise por envoltória de dados: um estudo de caso aplicado a produtores de leite. Dissertação (Msc) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Boyazoglu, J. 1998. Livestock farming as a factor of environment, social and economic stability with especial reference to research. *Livestock Production Science* 57:1-14
- Carvalho, T.B; Zen, S. 2017. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. *Revista iPecege*3:85-99.
- Casado, F.L. 2007. Análise envoltória de dados: Conceitos, metodologia e estudos da arte na educação superior. *Sociais e humanas* 20:59-71.
- Canozzi, M.E.A.; Teixeira, O.S.; Pimentel, C.M.M.; Dill, M.D.; Barcellos, J.O.J. 2019. Typology of beef production systems according to bioeconomic efficiency in the south of Brazil. *Ciência Rural* 49:1-9.
- Dill, M.D.; Emvalomatis, G.; Saatkamp, H.; Rossi, J.A.; Pereira, G.R; Barcellos, J.O.J. 2015. Factors affecting adoption of economic management practices in beef cattle production in Rio Grande do Sul state. *Brazil. Journal of Rural Studies* 42:21-28
- Euclides Filho, K. 2000. Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo ambiente mercado. Documentos No 85. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, MS.
- El-Mermari Neto, A.C. 2018. Índices de processos (operação e reprodução). In: *Como ganhar dinheiro na pecuária: os segredos da gestão descomplicada*. 1ªed, Maringá, ed. Inttegra, Maringá.
- Färe, R.; Grosskopf, S.; Norris, M.; Zhang, Z. 1994. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review* 84:66-83.

- Feix, R. D.; Leusin Júnior, S. 2019. Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul — 2019. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento Orçamento e Gestão do Rio Grande do Sul, DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA.
- Ferreira, A. H. 2002. Eficiência de sistemas de produção de leite: uma aplicação da análise envoltória de dados na tomada de decisão. Dissertação (Msc). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Gamble, A.; Babbar-Sebens, M. 2012. On the use of multivariate statistical methods for combining in-stream monitoring data and spatial analysis to characterize water quality conditions in the White River Basin, Indiana, USA. *Environmental Monitoring and Assessment* 184:845-875.
- Gomes, E. G. 2008. Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. *Engevista* 10:27-51.
- Gomes, E.G.; Abreu, U.G.P.A.; Mello, J.C.C.B.S.; Carvalho, T.B.; Zen, S. 2015. Economic and socio-environmental performance assessment of beef cattle production systems: a data envelopment analysis (DEA) approach with weight restrictions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 44: 219-225.
- Gomes, E.G., Mangabeira, J.A.C. 2004. Uso da análise envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra. *Engevista* 6:19-27.
- Gonçalves, T.L.; Amaral, R.G.; De David, G.; Pereira, M.A.; Abreu, U.G.P.; Giudice, B.B.; Oaigen, R.P. 2019. Caracterização de sistemas de produção de bovinos de corte na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. In. XIV Jornada Nespro. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Gottschall, C. S. 2007. Produção e manejo de ruminantes. *Caderno Universitário* 458. 186p. Editora da ULBRA, Canoas.
- Johnson, R. A.; Wichern, D. W. 1999. *Applied multivariate statistical analysis*. 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc.
- Khattree, R; Naik, D.N. 2000. *Multivariate data reduction and discrimination with SAS software*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Martha Junior, G.B.; Alves, E.; Contini, E. 2011. *Pecuária brasileira e a economia de recursos naturais*. Perspectivas No 1. Embrapa. Brasília, DF.
- Melo Junior, A.M; Wilhelm, V.E. 2006. Índice de Malmquist aplicado na avaliação da produtividade de soja na região de Guarapuáva. *Revista Capital Científico* 4:1-15.
- Nabinger, C.; Ferreira, E. T.; Freitas, A.K.; Carvalho, P.C.F.; Santana, D.M. Campos Sulinos - Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. Cap. 13, p. 175 – 197. Brasília, 2009
- Nguyena,H.O; Nguyenb, H.V; Changc, Y.T; Chind, A.T. H; Tongzonc, J. 2017. Measuring port efficiency using bootstrapped DEA: the case of Vietnamese ports. *Maritime Policy e Management*, doi:10.1080/03088839.2015.1107922.
- Oaigen, R.P. Controles zootécnicos e financeiros na bovinocultura de corte. In: _____, R.P. *Gestão na bovinocultura de corte*. 1ªed. Guaíba: Agrolivros, 2014.
- Santana, A.P; Oliveira, C.A. 2002. Análise da produtividade do setor odontológico do sistema de saúde da marinha utilizando o índice de malmquist. In. XXII Encontro

- Nacional de Engenharia de Produção. Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), Curitiba.
- Senra, L.F.A.C.; Nanci, L.C.; Mello, J.C.C.B.S.; Meza, L.A. 2007. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional* 27:191-207.
- Thanassoulis, E. 2001. *Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software*, 1 ed. Kluwer Academic Publishers.
- Tigre, P.B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. *Revista e economia contemporânea*. N.3, 1998
- Wedekin, I. A cadeia produtiva de carne bovina. In: _____. **Economia da pecuária de corte: fundamentos e o ciclo de preços**. 1ed. São Paulo: Wedekin Consultores, 2017.
- Vasconcellos, V.A.; Conen, A.G.; Lins, M.P.E.; 2006. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação benchmarking-dea: o caso das refinarias de petróleo. *Pesquisa Operacional* 26:51-67.
- Zhu, J. 1998. Data envelopment analysis vs. principal components analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities. *European Journal of Operational Research* 11:50-61.

5. CONCLUSÕES

A pecuária de corte é uma atividade de suma importância econômica e sociocultural para o estado do Rio Grande do Sul, sobretudo na Fronteira Oeste, região que detém maior efetivo bovino do estado. Contudo, os níveis de produtividade e resultado econômico dos sistemas produtivos estão aquém do potencial, comprometendo a viabilidade da atividade no longo prazo. Confirmou-se neste estudo, a hipótese da existência de grande discrepância de resultados produtivos e econômicos entre propriedades rurais sob condições homogêneas.

Análises que permitam conhecer a eficiência dos sistemas de produção sob uma ótica holística, subsidiam medidas corretivas com maior consistência, otimizando os

dados gerados pelos sistemas gerenciais e o tempo decorrente entre a identificação dos gargalos e a solução do problema. Ainda sobre estas análises, a identificação das unidades ineficientes e suas características permitem inferir ainda sobre os aspectos que podem estar limitando o potencial da atividade pecuária na região e nortear novos estudos. A identificação das unidades produtivas que alcançaram a eficiência e, portanto, são referência (*benchmark*) para as demais, tornam-se objeto de estudo e aprendizado para aquelas que não a alcançaram – objetivo de análises de *benchmarking*.

Quanto a metodologia utilizada - Análise envoltória de dados (DEA), mostrou-se adequada ao objetivo proposto no estudo e para análise de grupos de benchmarking. Quando aplicado a bovinocultura de corte, fornece maior consistência a essa ferramenta e melhor aproveitamento dos dados gerados. Aos produtores fora da fronteira da eficiência, permite a melhoria dos seus processos, assegurando a sustentabilidade do negócio. No âmbito da pesquisa científica permite entender a discrepância de resultados entre empresas sob as mesmas condições e identificar gargalos comuns a determinados grupos ou regiões, podendo subsidiar políticas públicas e embasar ações de extensão.

Por fim, evidenciou-se através deste estudo, a indissociabilidade entre pesquisa científica e órgãos de ações de extensão rural - públicos ou privados, e a comunicação eficiente entre ambos. Esforços por parte de órgãos de pesquisa para resolução de dilemas enfrentados pelos produtores rurais são fundamentais para o desenvolvimento econômico e bem estar social dos produtores rurais e demais agentes envolvidos no setor pecuário direta ou indiretamente.

Os resultados encontrados neste trabalho referem-se a um período curto (três anos), portanto a partir do monitoramento constante dos dados, resultados ainda mais consistentes poderão ser obtidos. Além disso, o período estudado compreende a fase de baixa do ciclo pecuário, sendo fundamental que se avalie o comportamento das variáveis em períodos de valorização do produto.