

EXPEDITO PEREIRA LIMA NETTO

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
LEITE SEMICONFINADO E *COMPOST BARN* EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Cristina Mattos Veloso

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L732d
2022
Lima Netto, Expedito Pereira, 1988-
Desempenho técnico e econômico dos sistemas de produção
de leite semiconfinado e *Compost Barn* em Minas Gerais /
Expedito Pereira Lima Netto. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (28 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Cristina Mattos Veloso.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Zootecnia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 27-28.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.079>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Leite - Produção - Aspectos econômicos. 2. Eficiência
industrial. 3. Bovinos de leite - Produtividade. I. Veloso, Cristina
Mattos, 1968-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 637.1

EXPEDITO PEREIRA LIMA NETTO

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
LEITE SEMICONFINADO E COMPOST BARN EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de dezembro de 2022.

Assentimento:

Expedito Pereira Lima Netto
Expedito Pereira Lima Netto
Autor

Cristina Mattos Veloso
Cristina Mattos Veloso
Orientadora

AGRADECIMENTOS

À minha família por ser meu alicerce e me apoiar durante toda a minha formação.

À minha esposa Mayara por me incentivar, motivar e me fazer acreditar que seria possível. Pelo exemplo de dedicação, responsabilidade e determinação.

Ao meu primo, professor Maicon Rodrigues Albuquerque, pelo carinho de sempre e por não medir esforços para me ajudar, mesmo em um momento tão difícil de sua vida.

Agradeço ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae Minas por apoiar o presente trabalho e disponibilizar o banco de dados, assim como a todos os profissionais e produtores rurais membros do Educampo ®.

A todos os colegas da UAGRO e em especial à Priscilla Magalhães Gomes Lins pelo incentivo e apoio.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia pelo desenvolvimento acadêmico e profissional.

Aos professores Cristina Mattos Veloso, Polyana Pizzi Rotta e Alex Lopes da Silva pelas valiosas contribuições.

À CAPES pelo fomento da pós-graduação.

RESUMO

LIMA NETTO, Expedito Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2022. **Desempenho técnico e econômico dos sistemas de produção de leite Semiconfinado e *Compost Barn* em Minas Gerais.** Orientadora: Cristina Mattos Veloso.

O sistema de produção de leite bovino predominante no estado de Minas Gerais é o Semiconfinado (SC). No entanto, a adoção do sistema *Compost barn* (CB) está crescendo rapidamente como uma alternativa para o confinamento dos animais. Na medida em que o sistema de produção pode interferir no desempenho produtivo do rebanho e no resultado econômico da fazenda, teorizamos que o sistema CB pode proporcionar maior ganho econômico que o sistema SC. O objetivo com esse estudo, utilizando um robusto banco de dados de fazendas comerciais brasileiras, foi caracterizar e comparar os desempenhos técnico e econômico de dois sistemas de produção de leite, SC e CB, por um período de três anos. Nosso estudo utilizou dados de 74 fazendas comerciais localizadas em três mesorregiões do estado de Minas Gerais. A média e o desvio padrão foram utilizados como abordagem estatística descritiva e a análise de variância de medidas repetidas de duas vias foi usada nos testes estatísticos. Foi encontrado efeito significativo ($p < 0,05$) na interação sistema de produção:período para os indicadores produção por vaca em lactação, margem líquida por vaca em lactação e margem líquida por área. Isso indica substancial evidência de diferenciação crescente em termos técnicos e econômicos entre as fazendas nos diferentes sistemas de produção avaliados. O confinamento dos animais pode proporcionar intensificação da produção de leite, uma vez que foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) na produção anual de leite por hectare entre os sistemas CB e SC. Os teores de gordura e proteína, contagem de células somáticas e contagem padrão em placas não diferiram ($p > 0,05$) entre os sistemas de produção.

Palavras-chave: Eficiência. Gestão. Produtividade. Rentabilidade.

ABSTRACT

LIMA NETTO, Expedito Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2022. **Technical and economic performance of drylot and compost bedded pack milk production systems in Minas Gerais state, Brazil.** Adviser: Cristina Mattos Veloso.

The predominant milk production system in the state of Minas Gerais, Brazil, is Drylot (DL). However, the adoption of the compost bedded pack (Compost barn, CB) system is growing rapidly as an alternative to animal confinement. As the production system can interfere with the productive performance of the herd and the economic result of the farm, we theorize that the CB system can provide greater economic gain than the DL system. The aim of this study, using a robust database of Brazilian commercial farms, was to characterize and compare the technical and economic performance of two milk production systems, DL and CB, over a three-year period. Our study used data from 74 commercial farms located in three mesoregions of the state of Minas Gerais, Brazil. The mean and standard deviation were used as a descriptive statistical approach and the two-way repeated measures analysis of variance was used in the statistical tests. A significant effect ($p < 0.05$) was found in the production system:period interaction for the indicators production per lactating cow, net margin per lactating cow and net margin per area. This indicates substantial evidence of increasing differentiation in technical and economic terms between farms in the different production systems evaluated. The confinement of the animals can provide intensification of milk production, since a significant difference ($p < 0.05$) was observed in the annual milk production per hectare between the CB and DL systems. Fat and protein contents, somatic cell count and standard plate count did not differ ($p > 0.05$) between production systems.

Keywords: Efficiency. Management. Productivity. Profitability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1	Banco de dados	9
2.2	Contagem de células somáticas, contagem padrão em placas e composição do leite	10
2.3	Recursos, produção e indicadores de eficiência das unidades produtivas de leite	11
2.4	Custo de produção e indicadores econômicos	11
2.5	Análises estatísticas	13
3	RESULTADOS	16
4	DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÕES	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de leite bovino do Brasil, representando 27,4% da produção nacional (IBGE, 2020). O sistema de produção de leite predominante no estado é o semiconfinado (SC), em que os animais são manejados em áreas abertas, expostos às condições ambientais, e são fornecidos alimentos concentrados e volumosos complementares ao consumo de pasto.

No entanto, a adoção do sistema *Compost barn* (CB) está crescendo rapidamente como uma alternativa para o confinamento dos animais. O número exato de instalações do CB em Minas Gerais é desconhecido, mas segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, 162 fazendas participantes do Educampo® adotaram o CB como sistema de produção de leite entre os anos de 2013 e 2021.

O CB para alojamento de vacas leiteiras consiste em uma grande área de cama (espaço para descanso) separada de uma pista de alimentação por uma parede de concreto de 1,2 m de altura (Barberg *et al.*, 2007). Os principais benefícios desse sistema incluem maior conforto da vaca, melhor saúde dos pés e pernas, comportamento animal mais natural e melhor qualidade do esterco.

As condições de conforto a que as vacas em lactação são submetidas podem afetar o consumo de matéria seca, produção de leite e conversão alimentar (Hill e Wall, 2017). Conseqüentemente, os custos de produção e os resultados econômicos dos empreendimentos rurais podem ser afetados. Foram observados efeitos positivos da produtividade das vacas na lucratividade das fazendas leiteiras em diferentes sistemas de produção (Vandehaar, 1998; Winsten *et al.*, 2000; Schorr e Lips, 2018).

Baixos níveis de mastite subclínica e clínica em rebanhos alojados no sistema CB foram relacionados com a capacidade de manter uma limpeza adequada dos animais (Eckelkamp *et al.*, 2016), que é um desafio do sistema SC no período de chuvas. Ações que visem a redução dos índices de mastite podem desencadear aumento de lucratividade, haja visto que a lucratividade de fazendas leiteiras tem associação

negativa com a contagem de células somáticas (CCS) média do rebanho (Gonçalves *et al.*, 2021).

Os trabalhos publicados indicam que a adoção do sistema CB pode proporcionar incrementos produtivos e econômicos em fazendas de bovinos leiteiros (Black *et al.*, 2013; Breitenbach *et al.*, 2018; Leso *et al.*, 2020). Em condições tropicais, o sistema CB pode ser mais eficiente e menos arriscado em comparação com o sistema SC (Marcondes *et al.*, 2019).

Contudo, o alto investimento inicial em instalações, atrelado ao expressivo gasto com cama e toda a operacionalização do sistema precisam ser compensados por incremento produtivo para viabilizar a adoção do CB. Por isso, o ganho econômico promovido pelo sistema CB em termos de bem-estar precisa ser melhor quantificado (Leso *et al.*, 2020).

Na medida em que o sistema de produção pode interferir no desempenho produtivo do rebanho e no resultado econômico da fazenda, teorizamos que o sistema CB pode proporcionar maior ganho econômico que o sistema SC e ser uma alternativa viável para a produção de leite em Minas Gerais, Brasil.

A fazenda leiteira é um sistema complexo e nenhum fator, de forma isolada, pode ou deve definir a escolha de uma estrutura para confinamento do rebanho. Além de outros fatores, a avaliação de sistemas alternativos para produção de leite precisa abordar o fator econômico (Bewley *et al.*, 2017).

Estudos que avaliam o desempenho do sistema CB em comparação a sistemas de produção de leite com menor nível de intensificação em condições tropicais são escassos. Além disso, os fatores que permitem que algumas fazendas gerem lucros superiores a longo prazo não são bem conhecidos.

O objetivo com esse estudo, utilizando um robusto banco de dados de fazendas comerciais brasileiras, foi caracterizar e comparar os desempenhos técnico e econômico de dois sistemas de produção de leite, SC e CB, pelo período de três anos.

Dessa forma, pretendeu-se ampliar o entendimento dos fatores que afetam o desempenho dos sistemas de produção de leite, auxiliar os produtores rurais e técnicos na gestão das fazendas leiteiras e embasar futuras decisões de investimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Banco de dados

Os dados utilizados neste estudo são de fazendas comerciais provenientes do banco de dados da Plataforma Educampo[®] do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae em Minas Gerais. Os consultores especialistas do Sebrae visitaram as fazendas mensalmente para coletar dados técnicos e financeiros fornecidos pelos produtores rurais.

Os dados utilizados foram de 74 fazendas referentes ao período de 36 meses, iniciados em janeiro de 2019, estendendo até dezembro de 2021. As fazendas estão localizadas em 36 municípios do estado de Minas Gerais compreendendo três mesorregiões (Figura 1): Oeste de Minas (18), Sul e Sudoeste de Minas (21) e Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (35).

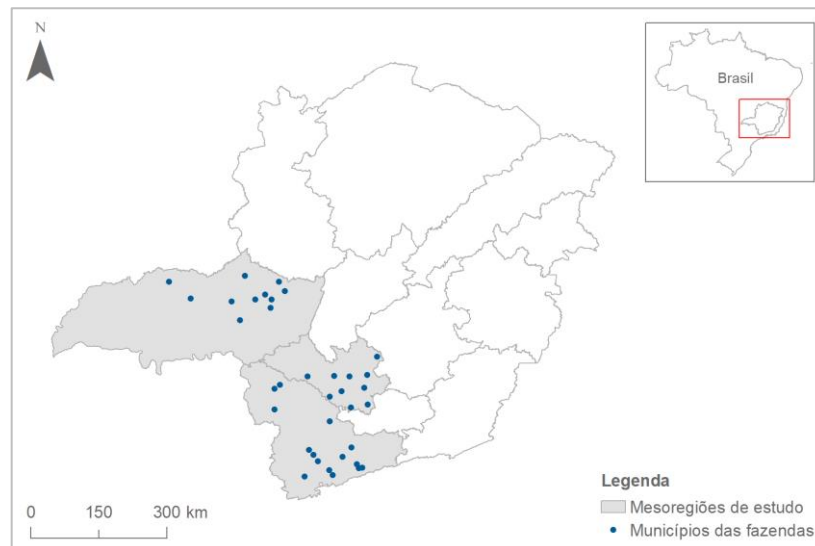


Figura 1- Localização das fazendas consideradas neste estudo.

A topografia, nas mesorregiões de estudo apresenta grande diversidade morfológica, indo desde os vales formados pelas bacias hidrográficas, passando pelos planaltos e

áreas montanhosas. O clima predominante nesta área é caracterizado pelo inverno frio e seco e verão quente e chuvoso, com temperatura média anual de 21 °C e precipitação anual de 1.350 mm.

Dentre as 74 fazendas, foram formados dois grupos, sendo um formado por 27 fazendas que utilizam o *compost barn* (CB) como sistema primário para produção de leite (>80% das vacas em lactação) e o outro grupo formado por 47 fazendas que permaneceram no sistema semiconfinado (SC) durante o período analisado. Consideramos o sistema SC quando os animais são manejados em áreas abertas, expostos às condições ambientais, e são fornecidos alimentos concentrados e volumosos no cocho durante todo o ano e o pasto não foi considerado na dieta das vacas em lactação. Todas as fazendas iniciaram no respectivo sistema de produção, pelo menos, 12 meses antes do período analisado.

As fazendas consideradas neste estudo podem não ser representativas das fazendas leiteiras do país. É provável que esta amostra seja beneficiada por melhor gerenciamento do que a média das fazendas brasileiras por participarem de uma assessoria técnica e gerencial e seja mais eficiente na utilização dos recursos por realizarem o *benchmarking* financeiro (Ramsbottom et al., 2021)

2.2 Contagem de células somáticas, contagem padrão em placas e composição do leite

As análises de contagem de células somáticas (CCS), contagem padrão em placas (CPP) e teores de gordura (GORD) e proteína (PROT) do tanque foram realizadas pelos laticínios processadores de leite, seguindo as normas da legislação vigente no Brasil. As médias mensais das amostras de CCS e CPP do tanque e composição do leite, que foram utilizadas como referência para o pagamento do leite das fazendas, foram registradas pelos consultores do SEBRAE e incluídas na base de dados da plataforma Educampo.

Foram utilizados os dados médios mensais e a respectiva produção mensal de leite para estimar a média ponderada dos indicadores de qualidade do leite. Por não

seguirem uma distribuição normal, os dados de CCS e CPP foram submetidos a transformação logarítmica (Log CCS e Log CPP) para fins de análises estatísticas.

2.3 Recursos, produção e indicadores de eficiência das unidades produtivas de leite

As áreas das fazendas (ÁREA) são os locais destinados a todas as atividades relacionadas à pecuária leiteira, desconsiderando áreas de reserva e preservação permanente. O número de vacas em lactação por dia (VL) das fazendas é a média de vacas ordenhadas por dia durante o período. O número médio de trabalhadores (MDO) é o total de diárias de serviço, incluindo o produtor e familiares, que trabalharam na atividade leiteira, dividido por 365 dias.

A produção diária de leite (PL_DIA) foi calculada pela divisão entre o somatório de todo o leite produzido pelas fazendas no ano (PL) por 365 dias. Nele, estão contabilizados o leite fornecido ao laticínio mais o leite fornecido para bezerras e para consumo interno das fazendas, além do leite descartado. A produtividade por vaca em lactação por dia (PL_VL) foi calculada pela divisão entre PL_DIA e o número de VL. A produtividade da área destinada à produção de leite (PL_ÁREA), medida em litros de leite por hectare por ano, foi calculada pela divisão entre o somatório de todo o leite produzido pelas fazendas no ano pela ÁREA. A produtividade da mão de obra (PL_MDO) foi calculada pela divisão entre PL_DIA e a MDO.

2.4 Custo de produção e indicadores econômicos

O custo de produção foi calculado e apresentado de acordo com a metodologia de custos operacionais (Matsunaga *et al.*, 1976). Dessa forma, o custo operacional total (COT) compreende todas as despesas diretas, pagas efetivamente pelo produtor, incluindo mão de obra contratada, concentrados, volumosos, energia, combustível, medicamentos, impostos, dentre outras. A estes custos são acrescidos o pró-labore da mão de obra familiar e a depreciação de bens utilizados na produção, como benfeitorias, máquinas/equipamentos, forrageiras perenes e animais de serviço e reprodutores. Os valores da terra e dos animais não foram considerados no cálculo da depreciação.

O custo de oportunidade da mão de obra familiar foi calculado como o salário de uma pessoa que precisaria ser contratada para executar as mesmas atividades que o produtor ou outro membro da família executam.

Foi realizado um inventário completo das instalações específicas de cada sistema, sendo determinado o valor e a vida útil de cada bem em relação ao tempo de aquisição. Para calcular a depreciação, utilizou-se o método linear, que é resultado do valor do bem novo subtraído pelo seu valor residual e, posteriormente, dividido pela vida útil total. Com o intuito de diminuir a subjetividade e padronizar o levantamento de custos entre as propriedades que utilizam a metodologia, convencionou-se o valor residual para todos os bens igual a zero.

Para estimativa do custo operacional total do leite (COT_LITRO), utilizou-se como critério o percentual da renda bruta do leite sobre a Renda Bruta total da atividade (RB) multiplicado pelo COT e dividido pela produção total de leite.

Os principais componentes do COT_LITRO foram detalhados da seguinte forma: CONC = custo de concentrado (R\$/litro); VOL = custo de volumoso (R\$/litro); MDOC = custo de mão de obra contratada (R\$/litro); ENER = custo de energia e combustível (R\$/litro); DEP = custo de depreciação (R\$/litro); MDOF = custo de mão de obra familiar (R\$/litro).

A Renda Bruta anual da atividade leiteira (RB) é o somatório da renda obtida com a venda de leite, animais, variação do inventário animal e venda de outros produtos durante o período analisado. Variações do indicador RB foram obtidas pela divisão deste indicador pelo VL e pela ÁREA.

O preço médio do leite (PREÇO) para o período de 12 meses foi calculado ponderado pelo volume de leite vendido mensalmente e seu respectivo preço bruto.

O indicador econômico Margem Líquida anual (ML) foi obtido pela subtração entre a RB e o COT. Variações na unidade do indicador foram aplicadas mediante a divisão pela PL, VL e ÁREA.

A Taxa de retorno do capital com terra (TRCCT) foi obtida pela ML dividida pelo estoque de capital médio, incluindo benfeitorias, máquinas/equipamentos, forrageiras perenes, animais e o valor da terra.

Todos os dados econômicos foram registrados em reais (R\$), no mês de sua ocorrência, e corrigidos pela inflação até dezembro de 2021, de acordo com o Índice Geral de Preços do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas, Brasil.

2.5 Análises estatísticas

A distribuição de cada variável foi examinada por meio dos testes de Shapiro Wilk. A média e o desvio padrão foram utilizados como abordagem estatística descritiva. ANOVA de medidas repetidas de duas vias foram usadas. A suposição de esfericidade foi testada usando o teste de Mauchly, e a correção de Greenhouse-Geisser foi usada quando a suposição de esfericidade foi violada. Além disso, quando as suposições ANOVA de medidas repetidas bidirecionais são violadas, o modelo F1-LD-F1 das estatísticas do tipo ANOVA para análise de dados longitudinais não paramétricas do pacote nparLD R foi usado. Testes post-hoc de Bonferroni foram utilizados quando apropriado. O eta-quadrado parcial (η^2) foi utilizado como medida de tamanho do efeito e classificado pela seguinte escala: pequeno, $\geq 0,01$ e $< 0,09$; médio, $\geq 0,09$ e $< 0,25$; e grande, $\geq 0,25$. O nível de significância foi estabelecido em $\alpha < 5\%$ e todas as análises foram realizadas no RStudio Versão 1.1.463 para Windows, em ambiente de desenvolvimento integrado para R.

Tabela 1 - Estatística descritiva (média e desvio padrão) de indicadores técnicos e econômicos de 27 fazendas produtoras de leite no sistema CB e 47 fazendas produtoras de leite no sistema SC em Minas Gerais

Indicador	2019		2020		2021	
	SC	CB	SC	CB	SC	CB
ÁREA	76,54 (57,33)	79,45 (47,88)	72,44 (56,94)	77,49 (46,72)	70,85 (52,32)	75,91 (50,04)
VL	80,28 (44,38)	122,94 (87,34)	78,89 (43,55)	126,83 (91,99)	81,88 (48,51)	127,75 (101,49)
CCS	449,69 (228,05)	361,14 (237,77)	401,42 (189,49)	344,81 (263,17)	385,52 (187,61)	343,74 (255,84)
CPP	23,37 (17,28)	24,06 (24,41)	34,17 (63,14)	19,5 (26,85)	24,02 (32,3)	18,12 (23,04)
GORD	3,77 (0,21)	3,8 (0,35)	3,74 (0,24)	3,78 (0,4)	3,77 (0,23)	3,83 (0,42)
PROT	3,28 (0,08)	3,29 (0,13)	3,29 (0,08)	3,33 (0,15)	3,26 (0,11)	3,3 (0,16)
PL_DIA	1411,12 (799,06)	3198,23 (2550,64)	1444,39 (779,69)	3293,57 (2696,51)	1472,63 (856,39)	3502,77 (3298,75)
PL_VL	17,72 (2,73)	25,14 (3,45)	18,56 (2,78)	25,05 (3,54)	18,17 (2,88)	25,99 (4,01)
PL_ÁREA	8021,62 (3451,75)	15659,23 (6863,39)	8941,17 (4163,21)	16586,33 (7664,22)	9184,52 (4423,38)	17465,97 (7887,46)
PL_MDO	447,18 (151,03)	498,03 (140,3)	434,64 (127,57)	484,77 (137,22)	440,45 (135,05)	479,09 (168)
PREÇO	2,25 (0,13)	2,35 (0,12)	2,43 (0,12)	2,49 (0,17)	2,43 (0,11)	2,51 (0,16)
RB_VL	15811,71 (2947,81)	22824,88 (3216,58)	17955,6 (2976,62)	24659,34 (3571,24)	17564,49 (2966,89)	25545,09 (4024,71)
RB_ÁREA	19541,13 (8408,29)	38999,31 (17468,95)	23572,35 (10905,26)	45284,93 (22596,17)	24129,66 (11109,39)	46710,23 (21080,12)
COT_LITRO	1,9 (0,27)	2,07 (0,3)	1,95 (0,27)	2,02 (0,31)	1,95 (0,21)	2,03 (0,29)
COT_VL	13891,24 (2386)	20567,34 (2841,56)	15154,86 (2709,82)	20489,18 (2647,97)	15026,8 (2696,29)	21299,36 (3108,3)
COT_ÁREA	17078,53 (7293,38)	34618,67 (14259,67)	19843,19 (9415,16)	36757,15 (16646,2)	20761,99 (10282,35)	38473,41 (15400,96)
ML_LITRO	0,28 (0,31)	0,22 (0,32)	0,4 (0,33)	0,43 (0,35)	0,38 (0,24)	0,42 (0,3)
ML_VL	1920,46 (2077,87)	2257,54 (3108,67)	2800,74 (2247,66)	4170,16 (3503,34)	2537,69 (1606,73)	4245,74 (3383,44)
ML_ÁREA	2462,6 (2935,74)	4380,64 (6699,24)	3729,16 (3064,29)	8527,78 (8221,59)	3367,67 (2574,35)	8236,82 (8555,78)
TRCCT	8,18 (8,79)	8,69 (8,69)	10,34 (8,14)	13,98 (10,69)	9,19 (7,64)	13,08 (11,01)

ÁREA = Área destinada à produção de leite; VL = número de vacas em lactação; CCS = contagem de células somáticas (x1000 células/ml); CPP = contagem padrão em placas (x1000 UFC/ml); GORD = teor de gordura (%); PROT = teor de proteína (%); PL_DIA = produção diária (litros/dia); PL_VL = produção por vaca em lactação (litros/animal); PL_ÁREA = produção por área (litros/ha); PL_MDO = produção por mão de obra (litros/pessoa); PREÇO = preço (R\$/litro); RB_VL = renda bruta por vaca em lactação (R\$/animal); RB_ÁREA = renda bruta por área (R\$/ha); COT_LITRO = custo operacional total por litro (R\$/litro); COT_VL = custo operacional total por vaca em lactação (R\$/animal); COT_ÁREA = custo operacional total por área (R\$/ha); ML_LITRO = margem líquida por litro (R\$/litro); ML_VL = margem líquida por vaca em lactação (R\$/animal); ML_ÁREA = margem líquida por área (R\$/ha); TRCCT = taxa de remuneração do capital com terra (%).

Tabela 2 - Estatística descritiva dos componentes dos custos de produção do leite (R\$/litro) de 27 fazendas produtoras de leite no sistema CB e 47 fazendas produtoras de leite no sistema SC em Minas Gerais

Variável	2019				2020				2021			
	SC		CB		SC		CB		SC		CB	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
CONC	0,73	0,08	0,78	0,11	0,83	0,12	0,82	0,10	0,92	0,15	0,93	0,11
VOL	0,32	0,10	0,31	0,09	0,32	0,09	0,29	0,09	0,30	0,09	0,28	0,12
MDOC	0,16	0,10	0,21	0,09	0,16	0,09	0,20	0,07	0,13	0,08	0,18	0,08
ENER	0,10	0,03	0,17	0,06	0,09	0,03	0,14	0,05	0,09	0,03	0,12	0,06
DEP	0,11	0,05	0,10	0,05	0,11	0,04	0,10	0,04	0,11	0,05	0,10	0,04
MDOF	0,12	0,09	0,06	0,04	0,12	0,09	0,05	0,04	0,10	0,08	0,04	0,03

CONC = custo de concentrado (R\$/litro); VOL = custo de volumoso (R\$/litro); MDOC = custo de mão de obra contratada (R\$/litro); ENER = custo de energia e combustível (R\$/litro); DEP = custo de depreciação (R\$/litro); MDOF = custo de mão de obra familiar (R\$/litro).

3 RESULTADOS

O tamanho médio das propriedades foi semelhante entre os sistemas de produção. A ÁREA média das fazendas SC variou de 76,54 hectares em 2019 a 70,85 hectares em 2021 (Tabela 1). Para as fazendas CB, a área média variou de 79,45 hectares em 2019 a 75,91 hectares em 2021 (Tabela 1). Já o número médio de animais em lactação foi 53%, 61% e 56% superior no sistema CB em relação ao sistema SC nos anos 2019, 2020 e 2021, respectivamente.

Não houve interação entre o sistema de produção e o período ($p>0,05$; Tabela 3) para GORD e PROT, log CPP e log CCS. Os parâmetros de qualidade do leite também não diferiram entre os sistemas de produção ($p>0,05$; Tabela 3), mas foi observado efeito do período ($p<0,05$; Tabela 3) para PROT, log CPP e log CCS do leite.

Foi encontrada diferença significativa ($p<0,05$; Tabela 3) na interação entre o sistema de produção e o período para PL_VL.

Não houve interação do sistema de produção e o período para os indicadores PL_DIA, PL_ÁREA e PL_MDO ($p>0,05$; Tabela 3). Os indicadores PL_DIA e PL_ÁREA foram afetados pelo sistema de produção e pelo período ($p<0,05$; Tabela 3). Já a PL_MDO não diferiu entre os sistemas de produção e os períodos ($p>0,05$; Tabela 3).

Não foi encontrada diferença significativa ($p>0,05$; Tabela 3) na interação entre os sistemas de produção e os períodos para o PREÇO. Contudo, o efeito foi observado no sistema de produção e no período ($p<0,05$; Tabela 3). O PREÇO foi superior nas fazendas do sistema CB ($p<0,05$; Tabela 3) e pode estar relacionado com a maior PL_DIA.

Houve interação entre o sistema de produção e o período ($p<0,05$; Tabela 3) para o COT_VL, mas esse efeito não foi observado para os indicadores COT_L e COT_ÁREA. Justificado pela maior intensificação do sistema, os COT_VL e COT_ÁREA foram superiores para o CB ($p<0,05$; Tabela 3). Contudo, esse efeito não foi observado para o COT_L ($p>0,05$; Tabela 3). Foi observado aumento dos COT_VL e COT_ÁREA nos anos mais recentes do período analisado ($p<0,05$; Tabela 3).

Tabela 3 - Valor de p para efeito do sistema de produção, período e interação sistema de produção e período

Indicador	p-valor		
	Sistema de produção	Período	Sistema de produção : Período
Log CCS	0,066	≤ 0,05	0,698
Log CPP	0,156	≤ 0,05	0,365
GORD	0,532	0,098	0,690
PROT	0,237	≤ 0,05	0,308
PL_DIA	≤ 0,05	≤ 0,05	0,172
PL_VL	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
PL_ÁREA	≤ 0,05	≤ 0,05	0,597
PL_MDO	0,157	0,300	0,744
PREÇO	≤ 0,05	≤ 0,05	0,425
RB_VL	≤ 0,05	≤ 0,05	0,086
RB_ÁREA	≤ 0,05	≤ 0,05	0,328
COT_LITRO	0,079	0,963	0,123
COT_VL	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
COT_ÁREA	≤ 0,05	≤ 0,05	0,889
ML_LITRO	0,974	≤ 0,05	0,273
ML_VL	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
ML_ÁREA	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
TRCCT	0,177	≤ 0,05	0,061
CONC	0,492	≤ 0,05	0,140
VOL	0,229	0,173	0,754
MDOC	≤ 0,05	≤ 0,05	0,618
ENER	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
DEP	0,344	0,499	0,896
MDOF	≤ 0,05	≤ 0,05	0,822

Log CCS = logaritmo da contagem de células somáticas (x1000 células/ml); Log CPP = logaritmo da contagem padrão em placas (x1000 UFC/ml); GORD = teor de gordura (%); PROT = teor de proteína (%); PL_DIA = produção diária (litros/dia); PL_VL = produção por vaca em lactação (litros/animal); PL_ÁREA = produção por área (litros/ha); PL_MDO = produção por mão de obra (litros/pessoa); PREÇO = preço (R\$/litro); RB_VL = renda bruta por vaca em lactação (R\$/animal); RB_ÁREA = renda bruta por área (R\$/ha); COT_LITRO = custo operacional total por litro (R\$/litro); COT_VL = custo operacional total por vaca em lactação (R\$/animal); COT_ÁREA = custo operacional total por área (R\$/ha); ML_LITRO = margem líquida por litro (R\$/litro); ML_VL = margem líquida por vaca em lactação (R\$/animal); ML_ÁREA = margem líquida por área (R\$/ha); TRCCT = taxa de remuneração do capital com terra (%); CONC = custo de concentrado (R\$/litro); VOL = custo de volumoso (R\$/litro); MDOC = custo de mão de obra contratada (R\$/litro); ENER = custo de energia e combustível (R\$/litro); DEP = custo de depreciação (R\$/litro); MDOF = custo de mão de obra familiar (R\$/litro).

Dentre as atividades que compõem o custo de produção, foi encontrada diferença significativa na interação sistema de produção:período apenas para ENER_L ($p < 0,05$; Tabela 3). MDOF_L e MDOC_L diferiram entre os sistemas de produção e entre os períodos ($p < 0,05$; Tabela 3). Não houve diferença significativa para CONC_L nos diferentes sistemas de produção ($p > 0,05$; Tabela 3), mas foi encontrada diferença significativa entre os períodos analisados ($p < 0,05$; Tabela 3). Não houve diferença significativa para VOL_L e DEP_L ($p > 0,05$; Tabela 3).

Houve diferença significativa na interação sistema de produção e período para os indicadores de ML_VL e ML_ÁREA ($p < 0,05$; Tabela 3). O mesmo resultado não foi encontrado para o indicador ML_LITRO e TRCCT, em que houve diferença apenas no período.

4 DISCUSSÃO

No presente estudo, o sistema de produção não influenciou os parâmetros de qualidade do leite. O efeito do período foi significativo para Log CCS, Log CPP e PROT, mas nenhum destes apresentou comportamento coerente que possa ser explicado pelos fatores controlados neste estudo.

Alguns trabalhos indicaram redução da CCS após o alojamento de vacas em CB (Barberg *et al.*, 2007; Black *et al.*, 2013). Contudo, esse efeito não foi observado em nosso trabalho ($p > 0,05$; Tabela 3) quando comparamos dois sistemas de produção, SC e CB. No ano de 2021, a CCS média dos sistemas SC e CB foram 385,52 ($\pm 187,61$) e 343,74 ($\pm 255,84$), respectivamente (Tabela 1 e Figura 2).

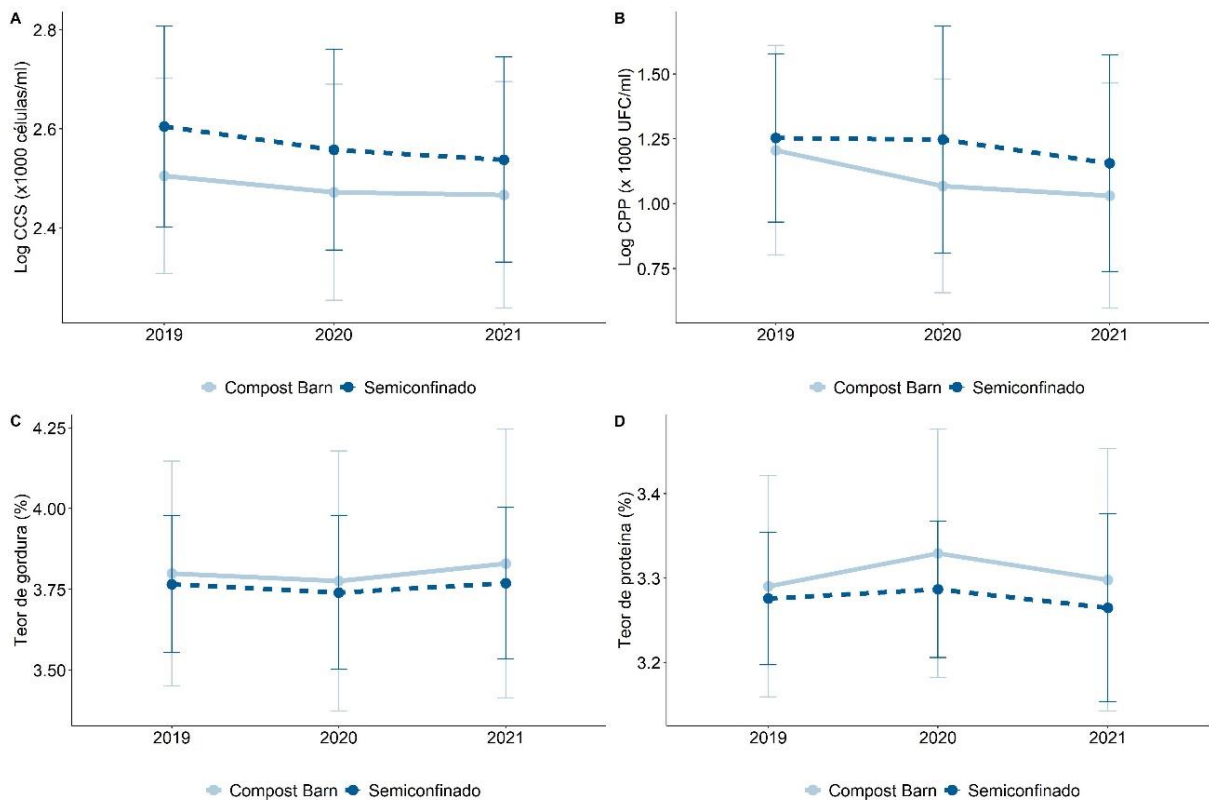


Figura 2 - Representação gráfica dos dados de qualidade do leite agrupados por sistema de produção e distribuídos pelo período.

O efeito significativo da interação sistema de produção:período para PL_VL corrobora com indicações de que vacas leiteiras submetidas a estresse calórico são menos produtivas e têm o desempenho reprodutivo prejudicado. Não tivemos acesso às informações sobre a qualidade da cama, ventilação ou outros fatores que pudessem ampliar as nossas inferências sobre o efeito do ambiente no aumento produtivo. No caso das fazendas CB, o incremento de produtividade pode estar relacionado com a intensificação da utilização de raças europeias no melhoramento genético do rebanho estimulada por melhores condições de conforto para os animais após o confinamento. Contudo, esse efeito é de longo prazo devido ao longo intervalo de geração na criação de gado, em que vários anos podem se passar antes que as mudanças no desempenho individual dos animais afetem o desempenho financeiro do rebanho como um todo (Mourits et al., 1997). Além dos fatores comentados, a adoção de um terceiro turno de ordenha por algumas fazendas CB pode ter afetado a produção por vaca.

Em 2021, foi observada diferença de 7,96 litros por animal por dia entre os sistemas CB ($25,99 \pm 4,01$) e SC ($18,17 \pm 2,88$). Esses resultados também foram observados em outros trabalhos comparando o CB com outros sistemas de produção com maior desafio em termos de conforto animal (Breitenbach et al., 2018; Marcondes *et al.*, 2019). O aumento da produtividade é um fator importante para o aumento da lucratividade de uma fazenda, pois os custos fixos em relação à receita do leite tendem a diminuir (Vandehaar, 1998).

Foi observada diferença significativa na produção anual de leite por hectare entre os sistemas SC e CB. O confinamento dos animais resultante dos investimentos no sistema CB pode proporcionar a intensificação do sistema de produção de leite, medida pela relação entre a quantidade de leite produzida e a quantidade dos fatores de produção utilizados. Geralmente, a produção intensiva de leite é realizada onde o valor da terra e a competição com outras atividades agrícolas é maior. Se a expansão de área destinada à pecuária leiteira for limitada e o custo de oportunidade da terra for alto, o sistema CB é uma alternativa a ser considerada.

A PL_DIA (Figura 3) foi superior nas fazendas CB e, considerando a semelhança da ÁREA entre os dois sistemas de produção, assumimos que o efeito da intensificação da produção tem um papel importante no ganho de escala.

Não foi encontrado efeito significativo do sistema de produção ou do período para PL_MDO (Figura 3). Apesar do sistema CB alcançar melhores índices produtivos dos animais, que é um fator importante para otimização da mão-de-obra, a demanda operacional incrementada por algumas atividades relacionadas ao manejo da cama e à adoção do terceiro turno de ordenha, por exemplo, parece equilibrar a produtividade dos trabalhadores quando comparado com o sistema SC.

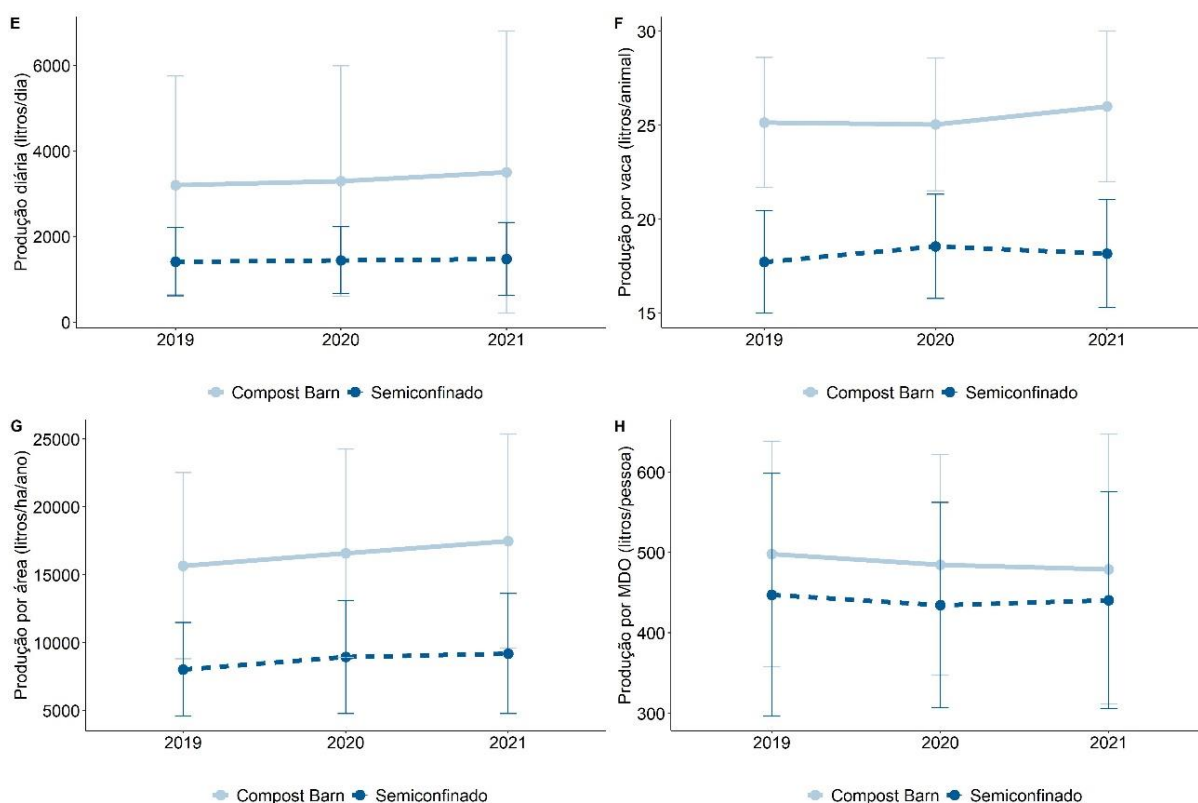


Figura 3 - Representação gráfica dos dados de produção agrupados por sistema de produção e distribuídos pelo período.

O PREÇO foi superior nas fazendas CB (Figura 4) e pode estar relacionado com a maior produção média diária de leite. Isso porque, no Brasil, o sistema de pagamento do leite remunera por volume (escala produtiva). O PREÇO também foi influenciado pelo período, que aumentou 7,3% entre 2019 e 2020. Um dos fatores que influenciou o aumento do preço foi o desequilíbrio do setor lácteo, causado pela pandemia de Covid-19, em 2020.

Mudanças no PREÇO podem ter efeito significativo na lucratividade de fazendas leiteiras (Evink e Endres, 2017). O maior PREÇO, associado aos melhores indicadores produtivos, colaborou para que o sistema CB obtivesse maiores RB_VL e RB_ÁREA.

Os custos de produção variam de ano para ano e são dependentes de inúmeras variáveis como preço de insumos, valor dos salários e tecnologias utilizadas no período. O efeito significativo da interação sistema de produção:período para COT_VL indica que o incremento produtivo pode ser acompanhado por incremento de custos

e que cada sistema de produção pode possuir uma sensibilidade diferente para as mudanças nas diversas variáveis relacionadas.

O COT_VL e o COT_ÁREA foram maiores para o sistema CB e representam o custo da intensificação. No entanto, não houve diferença para o COT_LITRO. Esse resultado demonstra que o custo para a operacionalização do sistema CB pode ser compensado por incrementos produtivos. Em uma condição com limitação de expansão de área, o sistema CB permite aumentar a escala de produção e ofertar leite com custo competitivo no mercado.

Apesar da semelhança do COT_LITRO, a composição dos custos de cada sistema de produção possui suas particularidades. O CONC (SC: $0,92 \pm 0,15$ – CB: $0,93 \pm 0,11$), seguido pelo VOL (SC: $0,30 \pm 0,09$ – CB: $0,28 \pm 0,12$), foram os componentes mais representativos na composição dos custos de produção por litro de leite das fazendas em ambos os sistemas de produção, totalizando 62,7% e 59,9% do COT_LITRO em 2021 para os sistemas SC e CB, respectivamente. Contudo, não houve diferenças nesses custos entre os sistemas de produção. O CONC aumentou durante o período analisado, possivelmente ocasionado pelo aumento do preço dos insumos nos anos de 2020 e 2021, após o advento da pandemia. O VOL não foi afetado pelo período.

O custo total com mão de obra (MDOC + MDOF) foi de R\$0,23 e R\$0,22 em 2021 (Tabela 2), para os sistemas SC e CB, respectivamente. No entanto, o MDOC foi maior no sistema CB (SC: $0,13 \pm 0,08$ – CB: $0,18 \pm 0,18$) e o MDOF foi maior no sistema SC (SC: $0,10 \pm 0,08$ – CB: $0,04 \pm 0,03$). Essa diferença está relacionada com a média de volume de leite produzido pelas fazendas em cada sistema de produção e à proporção de colaboradores contratados em relação aos trabalhadores familiares. O efeito significativo do período para MDOC e MDOF, indicando a redução desses custos unitários, pode estar relacionado com ganhos de eficiência operacional frente à remuneração média dos trabalhadores.

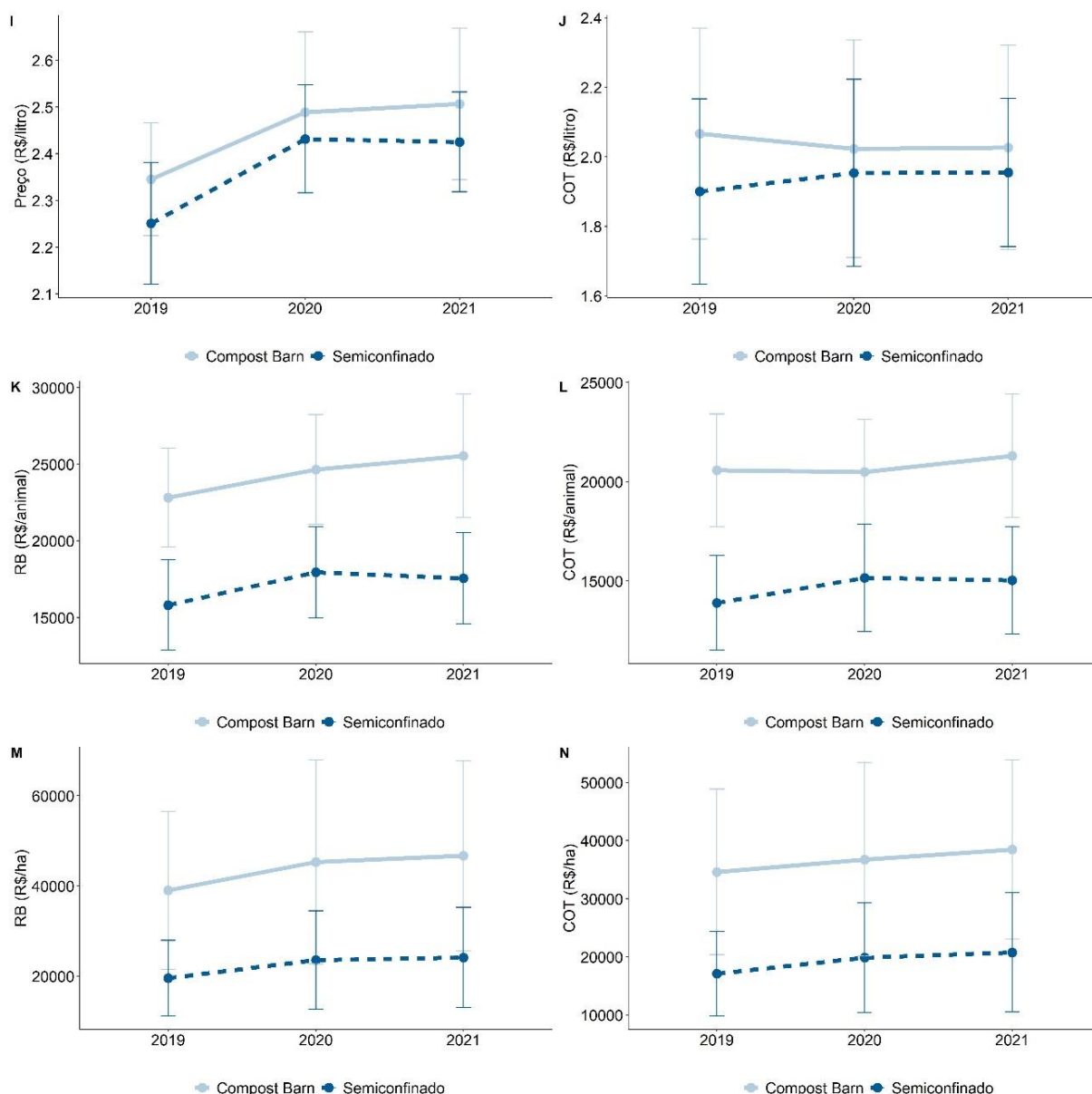


Figura 4 - Representação gráfica dos indicadores de renda e custo de produção agrupados por sistema de produção e distribuídos pelo período.

Como esperado, o ENER foi maior para o sistema CB (Figura 5) atrelado, principalmente, ao alto consumo de energia dos ventiladores e de óleo diesel para manejo da cama. Contudo, o efeito significativo da interação sistema de produção:período para ENER, indica tendência de redução desse custo no sistema CB e paridade com o sistema SC. Uma hipótese para esse efeito foi o investimento dos produtores em placas de energia fotovoltaica, que pode apresentar um bom período de retorno do investimento em fazendas com alta demanda energética. Além disso, a adoção dessa tecnologia foi estimulada no período de estudo por linhas de crédito voltadas para investimentos em energia renovável com taxa de juros atrativa.

Não houve diferença do DEP entre os sistemas de produção (Tabela 3 e Figura 5). Apesar do maior capital imobilizado em infraestrutura e maquinários, no sistema CB as fazendas produzem mais leite e ocorre um efeito de diluição dos custos.

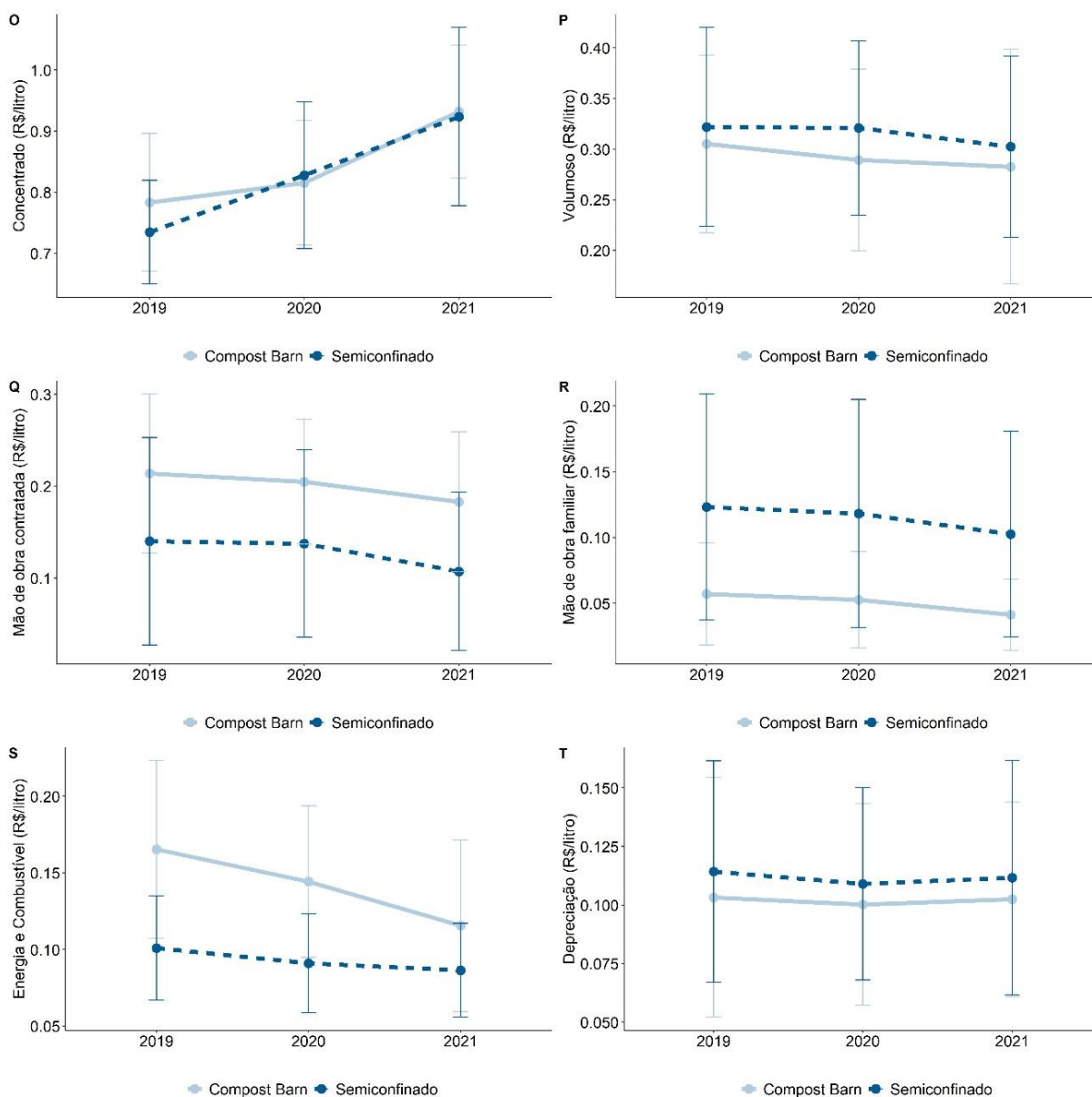


Figura 5 - Representação gráfica dos principais componentes do custo de produção agrupados por sistema de produção e distribuídos pelo período.

O efeito significativo da interação sistema de produção:período para ML_VL (Tabela 3 e Figura 6) reflete a superioridade produtiva crescente apresentada pelos animais do sistema CB nos resultados econômicos das fazendas. Este efeito também foi observado para ML_ÁREA, apesar de não ter sido observado para PL_ÁREA. Este

efeito no resultado econômico pode ter sido potencializado pelo aumento do preço médio do leite no ano de 2020. Assim como o PREÇO e o COT_LITRO, a ML_LITRO não diferenciou entre os sistemas de produção. Este resultado demonstra o potencial do sistema CB para aumentar a escala de produção de forma competitiva.

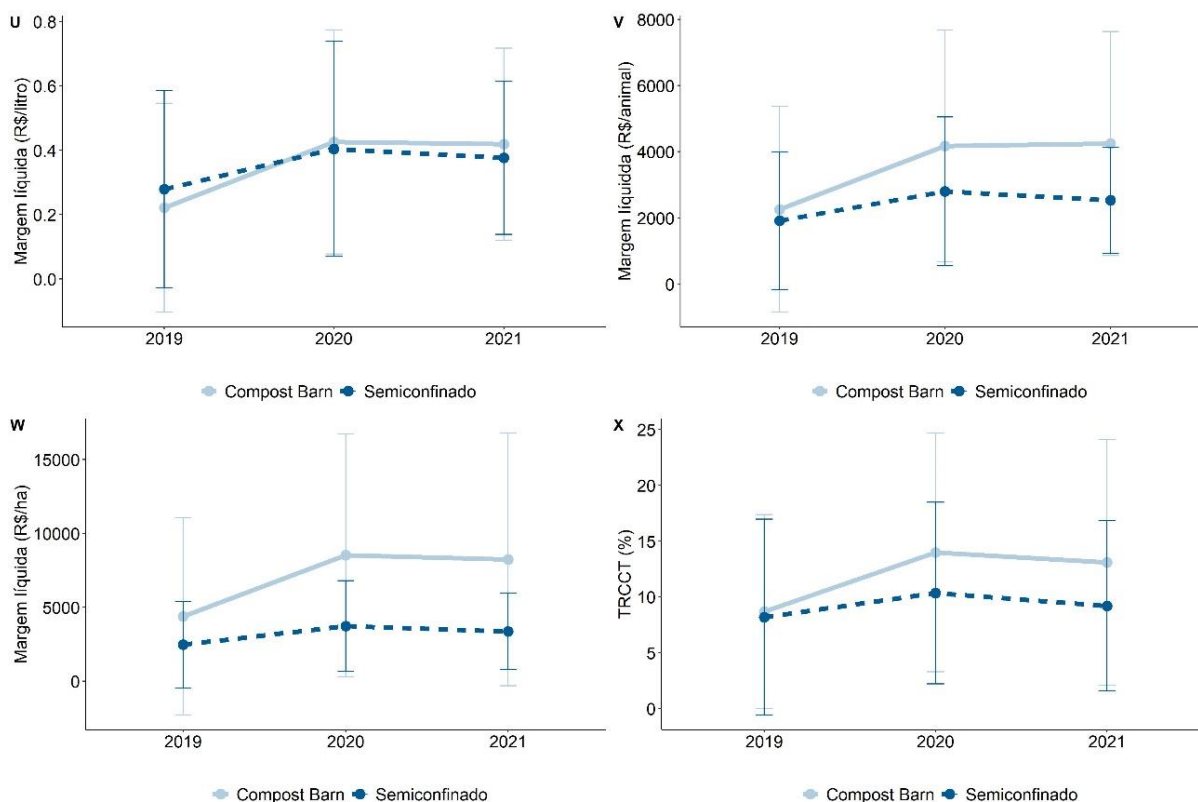


Figura 6 - Representação gráfica dos indicadores econômicos agrupados por sistema de produção e distribuídos pelo período.

Considerando que a diferença da ML_VL entre os sistemas CB e SC foi de R\$ 1.138,18 na média dos três anos analisados e que o investimento para construção do CB é de R\$ 6.733,12 por vaca alojada (Breitenbach et al., 2018), valor em dólar corrigido pelo câmbio de dezembro de 2021, tem-se que o período de retorno seria de 5,92 anos. O cálculo considera apenas o investimento no barracão e não estão contabilizados os custos financeiros (juros) do capital. O primeiro ano do sistema CB não foi considerado nos dados amostrados e ele tende a ser um período de menor margem do negócio. O produtor precisa considerar o capital necessário para o investimento, o aumento do custo operacional e o tempo para resposta produtiva dos animais, em suas previsões financeiras para não comprometer o fluxo de caixa da fazenda e, conseqüentemente, não prejudicar a eficiência da mesma.

Houve efeito significativo do período na TRCCT (Tabela 3 e Figura 6), provavelmente influenciado pelo aumento real do PREÇO. Ambos os sistemas de produção apresentaram TRCCT acima de 6% a.a. em todos os períodos analisados e não diferiram estatisticamente. A pecuária leiteira mostra-se economicamente viável nos dois sistemas de produção avaliados e o sistema CB é uma alternativa para aumentar a margem anual do produtor rural, sem necessidade de ampliar a área destinada à produção de leite.

5 CONCLUSÕES

Há substancial evidência de diferenciação crescente, em termos técnicos e econômicos, entre os dois sistemas de produção avaliados. O sistema *compost barn* pode ser uma opção para intensificação da produção de leite em países tropicais, sendo que sua viabilidade depende do aumento de produtividade, já que os custos por animal e por área aumentam.

Por tratar-se de estudo com dados de fazendas comerciais, que conta com a complexidade e a dificuldade de isolar variáveis que interferem nos resultados, sugere-se que estudos mais detalhados sejam realizados para compreender melhor os fatores que influenciam o desempenho dos sistemas semiconfinado e *compost barn* no longo prazo.

REFERÊNCIAS

- Barberg, A. E., Endres, M. I., Salfer, J. A., Reneau, J. K. (2007). Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 90(3), 1575-1583.
- Bewley, J. M., Robertson, L. M., & Eckelkamp, E. A. (2017). A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10418-10431.
- Black, R. A., Taraba, J. L., Day, G. B., Damasceno, F. A., Bewley, J. M. (2013). Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 8060-8074.
- Breitenbach, R. (2018). Economic Viability of Semi-Confined and Confined Milk Production Systems in Free-Stall and Compost Barn. *Food and Nutrition Sciences*, 09(05), 609–618.
- Eckelkamp, E. A., Taraba, J. L., Akers, K. A., Harmon, R. J., & Bewley, J. M. (2016). Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. *Livestock Science*, 190, 35-42.
- Evink, T. L., & Endres, M. I. (2017). Management, operational, animal health, and economic characteristics of large dairy herds in 4 states in the Upper Midwest of the United States. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9466-9475.
- Gonçalves, J. L., Cue, R. I., Netto, E. P. L., Gameiro, A. H., Dos Santos, M. V. (2021). Herd-level associations between somatic cell counts and economic performance indicators in Brazilian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 104(02), 1855-1863.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal. SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

Hill, D. L., & Wall, E. (2017). Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2240-2257.

Leso, L., Barbari, M., Lopes, M. A., Damasceno, F. A., Galama, P., Taraba, J. L., Kuipers, A. (2020). Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(02), 1072-1099.

Marcondes, M. I., Mariano, W. H., DeVries, A. (2019). Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. *The Animal Consortium*, 14(02), 399-408.

Matsunaga M., Demehnans P. F., Toledo P. E. N., Dulley, R. D., Pedroso, I. A. (1976). Methodology to estimate cost of production. In *Applied Economics Institute*, 123-137. Secretaria de Agricultura de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.

Mourits, M. C. M., Dijkhuizen, A. A., Huirne, R. B. M., & Galligan, D. T. (1997). Technical and economic models to support heifer management decisions: basic concepts. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1406-1415.

Ramsbottom, G., Läpple, D., & Pierce, K. M. (2021). Financial benchmarking on dairy farms: Exploring the relationship between frequency of use and farm performance. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 3169-3180.

Schorr, A., & Lips, M. (2018). Influence of milk yield on profitability—A quantile regression analysis. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 8350-8368.

Vandehaar, M. J. (1998). Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 81(1), 272-282.

Winsten, J. R., Parsons, R. L., & Hanson, G. D. (2000). A profitability analysis of dairy feeding systems in the Northeast. *Agricultural and Resource Economics Review*, 29(2), 220-228.