

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO LEITE BOVINO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO E ESTAÇÕES DO ANO

PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF BOVINE MILK IN DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS AND SEASONS

Diego Prado de Vargas^{1*} – ORCID <http://orcid.org/0000-0003-0927-9469>

José Laerte Nörnberg² - ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8366-4480>

Rudolf Brand Scheibler³ - ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8885-9009>

Fábio Antunes Rizzo³ - ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8573-8845>

Luciano Antônio Ritt⁴ - ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2062-4622>

Marceli Pazini Milani⁵ - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5948-3017>

¹Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

³Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁵Instituto Federal Farroupilha, Santa Maria, RS, Brasil.

*Autor para correspondência - diegodevargas@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre sistemas produtivos e estações do ano sobre a qualidade do leite bovino. Três propriedades foram avaliadas mensalmente, durante as estações, em quatro graus de especialização dos sistemas de produção: altamente especializado, especializado, semiespecializado e não especializado. Em termos de qualidade do leite, consideraram-se os teores de gordura, proteína, sólidos totais, contagem de células somáticas, contagem bacteriana total, acidez titulável em graus Dornic, densidade, índice crioscópico, estabilidade ao alizarol, potencial de hidrogênio (pH) e teste de redução do azul de metileno. Além destes, devido à sua importância para o rendimento industrial dos produtos lácteos de base proteica, foi realizado o fracionamento da proteína total do leite em equivalente proteico do nitrogênio não proteico, da proteína verdadeira e da caseína. A acidez Dornic foi maior na primavera e no inverno, enquanto os valores mais elevados de contagem de células somáticas foram no verão. Os teores de proteína total e proteína verdadeira foram menores durante o verão e elevaram-se os sólidos totais no outono. Com a diminuição dos níveis de especialização das propriedades rurais, observaram-se aumento na contagem bacteriana total e diminuição do nitrogênio não proteico. A densidade apresentou comportamento inverso ao da gordura, enquanto o potencial de hidrogênio (pH) se expressou de modo antagônico à acidez titulável. Na análise multivariada dos dados, foi possível identificar as combinações entre estratos produtivos e estações do ano que apresentavam a melhor qualidade da proteína do leite. Nesse sentido, todos os arranjos de sistemas de produção com o outono, o sistema altamente especializado no inverno, o semiespecializado no verão e o especializado na primavera tiveram qualidade proteica positiva, destacando-se pelas menores contagens de células somáticas a

combinação entre a estação primavera e o sistema semiespecializado de produção.

Palavras-chave: análise multivariada, análise de componentes principais, qualidade do leite, tipologia, unidades produtoras de leite.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the effect of the interaction between production systems and seasons on physical-chemical and microbiological qualities of bovine milk. Three farms were assessed monthly, along the seasons, for four specialization levels of the production systems: highly specialized, specialized, partially specialized, and non-specialized. In terms of milk quality, the levels of fat, protein, total solids, somatic cell count, total bacterial count, titratable acidity in degrees Dornic, density, cryoscopic index, alizarol stability, potential of hydrogen (pH) and methylene blue reduction test. In addition, due to their importance for the industrial yield of protein-based dairy products, total milk protein fractionation was performed in protein equivalent of non-protein nitrogen, true protein and casein. The milk Dornic acidity was higher in spring and winter, while the highest somatic cell count values were in the summer. Total and true protein levels were lower during the summer and total solids increased in the autumn. With the decrease in the levels of specialization of farms, there was an increase in total bacterial count and decrease in non-protein nitrogen. The density presented an inverse behavior to that of the fat while the hydrogen potential (pH) was expressed in a way antagonistic to the acidity. In the multivariate analysis of the data it was possible to identify the combinations between production strata and stations that presented the best milk protein quality. In this sense, all the arrangements of production systems with autumn, winter highly specialized, summer partially specialized, spring specialized had positive protein quality, being highlighted by the smaller of somatic cells counts in the spring partially specialized combination.

Keywords: multivariate analysis, principal components analysis, [milk](#) quality, typology, milk production units.

Recebido em 15 de maio de 2017.

Aceito em 04 de fevereiro de 2019

Introdução

O leite brasileiro é produzido com expressiva heterogeneidade de sistemas de produção, incluindo um reduzido número de produtores mais especializados e um elevado número de produtores com intermediária ou nenhuma especialização, diferindo-se principalmente pela produtividade leiteira e pelo manejo nutricional e higiênico-sanitário adotado ⁽¹⁾.

É de extrema importância para a cadeia láctea mundial identificar os sistemas de exploração e manejos adotados em rebanhos leiteiros ao longo das estações do ano, que favoreçam a obtenção de um leite de maior qualidade, englobando-se a composição centesimal (gordura, proteína e sólidos totais) e aspectos higiênico-sanitários (contagem de células somáticas e contagem bacteriana total) ⁽²⁻⁴⁾.

Da mesma maneira, o leite que chega à plataforma de recepção da indústria de lácteos também deve atingir requisitos estabelecidos pelo setor normativo quanto a acidez titulável em graus Dornic, densidade, índice crioscópico, estabilidade ao alizarol, potencial de hidrogênio (pH) e teste de redução do azul de metileno (TRAM). Além destes, o fracionamento da proteína do leite pode ser de grande importância para

o processo de industrialização, já que as caseínas têm relação direta com o rendimento industrial de produtos lácteos de base proteica.

Sistemas de produção e estações do ano interferem na qualidade físico-química e microbiológica do leite⁽⁵⁾, porém existem poucas informações referentes ao efeito conjunto desses fatores na qualidade dessa matéria-prima.

Assim, objetivou-se verificar as variações na qualidade físico-química e microbiológica do leite bovino nas diferentes estações climáticas e dos sistemas de produção atualmente empregados na região Sul do Brasil.

Material e métodos

Durante o ano de 2015, foram avaliadas mensalmente 12 unidades produtoras de leite (UPL), três de cada uma das quatro classes estudadas, nas estações primavera (PRIM), verão (VER), outono (OUT) e inverno (INV), totalizando 144 amostras analisadas.

De acordo com suas características de produção, os distintos estratos produtivos foram classificados em sistema altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE) (Tabela 1).

Tabela 1. Sistemas de produção altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE) e características utilizadas para a diferenciação desses extratos produtivos

Sistemas produtivos	Características dos sistemas produtivos							
	Produção (L/animal /dia)	Área da propriedade (ha)	Concentrado (kg/vaca/dia)	Silagem de milho	Raça dos animais	Ordenha	Local de ordenha	Refrigeração a granel
AE	>20	>15	>10	Utiliza**	Genética especializada	Circuito fechado	Sala própria	Com
ES	15-20	10-15	4-10	Utiliza**	Genética especializada	Circuito aberto	Sala própria	Com
SE	10-15	5-10	1-4	Utiliza***	SRD*	Balde ao pé	Galpão	Com
NE	5-10	1-5	<1	Não utiliza	SRD	Balde ao pé	Galpão	Sem

*SRD - sem raça definida;

** utiliza silagem de milho como base do volumoso diário

*** utiliza silagem como parte do volumoso diário.

Os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais foram determinados em equipamento Bentley[®] 2000, enquanto a contagem de células somáticas (CCS) e a contagem bacteriana total (CBT), por citometria de fluxo, utilizando equipamento Somacount[®] 300 e Bactocount[®] IBC, respectivamente. Essas determinações foram obtidas a partir de laudos oficiais emitidos pelo Laboratório de Serviço de Análises de Rebanhos Leiteiros (SARLE), órgão credenciado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A avaliação das amostras quanto ao índice crioscópico (realizada em crioscópio eletrônico digital ITRMK 540), densidade a 15°C (realizada por meio de termolactodensímetro de Quevenne), acidez titulável em graus Dornic e estabilidade ao alizarol, foi realizada segundo metodologia convencional recomendada

pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento⁽⁶⁾. A estimativa da carga microbiológica do leite foi realizada pelo teste de redução do azul de metileno (TRAM), conforme BRASIL⁽⁷⁾, enquanto o pH determinado por aparelho Testo – modelo 206, seguindo manual de instrução do equipamento.

O fracionamento do nitrogênio total (NT) em nitrogênio não proteico (NNP), nitrogênio da proteína verdadeira (N-PV) e nitrogênio caseínico (N-cas), bem como o percentual equivalente proteico do nitrogênio não proteico (P-NNP), proteína verdadeira (P-PV) e caseína (P-cas) foram determinados segundo Silva et al.⁽⁸⁾.

Com o intuito de linearizar os dados, a CCS foi transformada em escore linear de células somáticas ECS = $[\log_2(\text{CCS}/100)]+3$ ⁽⁹⁾ e a CBT transformada pelo logaritmo natural da CBT normal (CBTt).

Os resultados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado com medida repetida no tempo, utilizando o procedimento MIXED e empregando estrutura paramétrica especial nas matrizes de (co)variância, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk},$$

em que Y_{ijk} é o valor observado pela k -ésima estação e j -ésima UPL do i -ésimo sistema produtivo; $\mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik}$ é a média para o sistema produtivo i na estação k , contendo os efeitos fixos para sistema produtivo i , estação k , e interação sistema produtivo \times estação ik ; ε_{ijk} é o erro aleatório associado com a mensuração na estação k na j -ésima UPL designada ao sistema produtivo i . Assumiu-se uma estrutura de medidas repetidas para os resíduos, ou seja, pressupostos que $\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \Sigma)$, em que Σ representa a matriz de (co)variância residual que mais adequou-se aos dados, em que as testadas foram: AR (1), autorregressiva de primeira ordem; VC, componentes de variância; CS, simetria composta; ARH(1), autorregressiva heterogênea de primeira ordem; ARMA(1,1), média móvel autorregressiva de primeira ordem, e TOEP, Toeplitz. As medidas foram estimadas com o comando LSMEANS (Least Squares Means) e comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No conjunto original das variáveis que representam a qualidade físico-química e microbiológica do leite, procedeu-se a análise de variância multivariada pelo procedimento GLM e o comando MANOVA, em que foi realizado o teste de Wilks, para testar a hipótese de que os vetores de médias das distintas combinações entre sistemas produtivos e estações fossem nulos.

Após, foi utilizada a análise de componentes principais (Principal component analysis – PCA), seguida da análise de agrupamento (Cluster analysis), utilizando o algoritmo hierárquico aglomerativo de Ward como método de agrupamento e a distância euclidiana quadrática como medida de dissimilaridade.

As análises estatísticas foram executadas no aplicativo SAS[®] System for Windows[™] versão 9.0 (SAS Institute Inc., Cary - NC, USA).

Resultados

As estações do ano tiveram efeito significativo sobre a CCS, a acidez titulável em graus Dornic, o pH, a densidade, os teores de proteína total, a proteína verdadeira e os sólidos totais (Tabela 2 e Tabela 3). A acidez titulável do leite foi maior na primavera e no inverno, enquanto os mais elevados valores de CCS foram encontrados no verão. Os teores de proteína total e verdadeira foram menores durante o verão (Tabela 3) e elevaram-se os sólidos totais no outono (Tabela 3).

Tabela 2. Médias ajustadas das variáveis físico-químicas e microbiológicas de qualidade do leite com seus respectivos erros-padrão da média (entre parênteses), nos sistemas produtivos altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE) nas distintas estações climáticas

Nível Tecnológico	Estação do Ano				Média
	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	
CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS)*					
AE	521.180	619.303	692.620	565.675	599.695(0.36)
ES	415.112	882.775	504.323	516.375	579.647(0.36)
SE	517.336	554.225	630.296	455.246	539.276(0.36)
NE	324.263	539.383	503.031	357.399	431.019(0.36)
Média	444.473(0.20) ^b	648.922(0.20) ^a	582.568(0.20) ^{ab}	473.674(0.20) ^b	
CONTAGEM BACTERIANA TOTAL (CBT)					
AE	211.330	209.856	155.734	239.092	204.003(0.05) ^B
ES	229.449	201.981	202.637	245.260	219.831(0.05) ^{AB}
SE	235.231	211.093	263.856	292.205	250.596(0.05) ^A
NE	252.697	229.539	240.705	220.152	235.774(0.05) ^A
Média	232.177(0.09)	213.117(0.09)	215.733(0.09)	249.177(0.09)	
TESTE DE REDUÇÃO DO AZUL DE METILENO (TRAM)					
AE	343.04	320.67	342.21	332.48	334.60(0.11)
ES	349.07	376.48	368.23	363.03	364.20(0.11)
SE	387.71	301.67	349.91	292.88	333.04(0.11)
NE	253.79	192.07	261.78	253.65	240.32(0.11)
Média	333.40(0.09)	297.72(0.09)	330.53(0.09)	310.51(0.09)	
ALIZAROL					
AE	73.89	74.31	75.28	74.51	74.50(0.78)
ES	72.65	75.22	75.09	74.86	74.46(0.78)
SE	73.33	73.85	75.15	71.67	73.50(0.78)
NE	72.91	74.10	73.29	72.70	73.25(0.78)
Média	73.20(0.78)	74.37(0.78)	74.70(0.78)	73.44(0.78)	
ACIDEZ					
AE	15.72	14.56	14.22	14.94	14.86(0.22) ^B
ES	15.72	15.22	15.22	15.39	15.39(0.22) ^{AB}
SE	15.89	15.67	15.44	16.94	15.99(0.22) ^A
NE	16.56	14.72	15.00	16.11	15.60(0.22) ^{AB}
Média	15.97(0.43) ^a	15.04(0.43) ^b	14.97(0.43) ^b	15.85(0.43) ^a	
pH					
AE	6.70	6.78	6.81	6.69	6.74(0.01) ^B
ES	6.72	6.78	6.80	6.67	6.74(0.01) ^B
SE	6.72	6.86	6.83	6.73	6.79(0.01) ^A
NE	6.74	6.83	6.80	6.73	6.78(0.01) ^{AB}
Média	6.72(0.01) ^b	6.81(0.01) ^a	6.81(0.01) ^a	6.70(0.01) ^b	
CRIOSCOPIA					
AE	-0.546 ^{Aa}	-0.535 ^{Aa}	-0.537 ^{ABa}	-0.540 ^{Aa}	-0.539(0.01)
ES	-0.525 ^{Ab}	-0.528 ^{Ab}	-0.508 ^{Ba}	-0.516 ^{Ab}	-0.519(0.01)
SE	-0.546 ^{Aa}	-0.545 ^{Aa}	-0.544 ^{ABa}	-0.549 ^{Aa}	-0.546(0.01)
NE	-0.544 ^{Aa}	-0.541 ^{Aa}	-0.547 ^{Aa}	-0.549 ^{Aa}	-0.545(0.01)
Média	-0.540(0.01)	-0.537(0.01)	-0.534(0.01)	-0.538(0.01)	
DENSIDADE					
AE	1030.59	1030.56	1030.42	1030.14	1030.43(0.14) ^A
ES	1031.19	1030.21	1029.51	1030.41	1030.33(0.14) ^A
SE	1030.73	1030.04	1030.13	1029.80	1030.18(0.14) ^{AB}
NE	1030.27	1029.84	1029.30	1029.58	1029.75(0.14) ^B
Média	1030.69(0.28) ^a	1030.16(0.28) ^b	1029.84(0.28) ^b	1029.98(0.28) ^b	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e letras minúsculas distintas na mesma linha diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

*dados não transformados

Tabela 3. Médias ajustadas das variáveis de qualidade química do leite com seus respectivos erros-padrão da média (entre parênteses), nos sistemas produtivos altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE) nas distintas estações climáticas

Nível Tecnológico	Estação do Ano				Média
	PRIMAVERA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	
PROTEÍNA TOTAL					
AE	3.07	2.96	3.12	3.11	3.07(0.09)
ES	3.10	3.05	3.07	3.06	3.07(0.09)
SE	3.28	3.18	3.17	3.20	3.21(0.09)
NE	3.01	2.94	3.23	3.14	3.08(0.09)
Média	3.11(0.11) ^a	3.03(0.11) ^b	3.15(0.11) ^a	3.13(0.11) ^a	
PROTEÍNA VERDADEIRA					
AE	2.78	2.73	2.92	2.88	2.83(0.08)
ES	2.90	2.87	2.84	2.81	2.85(0.08)
SE	2.98	2.93	2.98	2.86	2.94(0.08)
NE	2.85	2.78	3.07	2.88	2.89(0.08)
Média	2.88(0.05) ^a	2.83(0.05) ^b	2.95(0.05) ^a	2.86(0.05) ^a	
CASEÍNA					
AE	2.26 ^{Aa}	2.38 ^{Aa}	2.24 ^{Aa}	2.29 ^{Aa}	2.29(0.06)
ES	2.42 ^{Aa}	2.41 ^{Aa}	2.11 ^{Aa}	2.38 ^{Aa}	2.33(0.06)
SE	2.47 ^{Aa}	2.61 ^{Aa}	2.33 ^{Aa}	2.29 ^{Aa}	2.43(0.06)
NE	2.18 ^{Aa}	2.08 ^{Ba}	2.36 ^{Aa}	2.16 ^{Aa}	2.19(0.06)
Média	2.34(0.05)	2.26(0.05)	2.37(0.05)	2.28(0.05)	
NITROGÊNIO NÃO PROTEICO					
AE	0.25	0.24	0.25	0.22	0.24(0.01) ^A
ES	0.21	0.22	0.24	0.24	0.23(0.01) ^A
SE	0.25	0.23	0.26	0.23	0.24(0.01) ^A
NE	0.19	0.20	0.14	0.17	0.18(0.01) ^B
Média	0.23(0.01)	0.22(0.01)	0.22(0.01)	0.22(0.01)	
GORDURA					
AE	3.32	3.52	3.50	3.51	3.46(0.14)
ES	3.57	3.67	3.96	3.37	3.64(0.14)
SE	3.78	3.88	3.70	3.77	3.78(0.14)
NE	3.62	3.74	4.03	4.03	3.86(0.14)
Média	3.57(0.09)	3.70(0.09)	3.80(0.09)	3.67(0.09)	
LACTOSE					
AE	4.42	4.39	4.37	4.42	4.40(0.08)
ES	4.24	4.20	4.11	4.18	4.18(0.08)
SE	4.36	4.40	4.37	4.43	4.39(0.08)
NE	4.35	4.40	4.41	4.43	4.40(0.08)
Média	4.34(0.04)	4.35(0.04)	4.32(0.04)	4.36(0.04)	
SÓLIDOS TOTAIS					
AE	11.62	11.96	12.11	11.72	11.85(0.22)
ES	11.87	12.06	11.98	11.37	11.82(0.22)
SE	12.36	12.61	12.23	12.22	12.36(0.22)
NE	11.97	12.83	13.19	11.99	12.49(0.22)
Média	11.96(0.15) ^{bc}	12.36(0.15) ^{ab}	12.38(0.15) ^a	11.83(0.15) ^c	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna e letras minúsculas distintas na mesma linha diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Houve efeito significativo de níveis de especialização nas variáveis CBT, acidez titulável em graus Dornic, pH, densidade e P-NNP. Com a diminuição dos níveis de especialização das UPL, observou-se aumento na CBT (Tabela 2). Por outro lado, com a elevação da especialização dos estratos produtivos, observou-se um aumento do P-NNP (Tabela 3).

A densidade apresentou comportamento inverso ao da gordura, enquanto o pH se expressou de modo antagônico à acidez titulável em graus Dornic (Tabela 2).

As únicas variáveis que apresentaram interação significativa ($P < 0,05$) entre níveis de especialização e estações do ano foram o índice crioscópico do leite e a caseína.

Na análise de variância multivariada, verificou-se diferença ($P < 0,05$) entre os vetores de médias para as combinações de sistemas produtivos e estações, tanto pelo teste Wilks quanto pelos testes Pillai, Hotelling-Lawley e Roy. Os três primeiros autovalores foram significativos pelo teste da razão de verossimilhança, sendo que o primeiro autovalor explicou 45,28%, o segundo 22,71% e o terceiro 14,04%, ou seja, os três primeiros autovalores explicaram 82,04% da variação total dos dados relacionados à qualidade do leite (Figura 1).

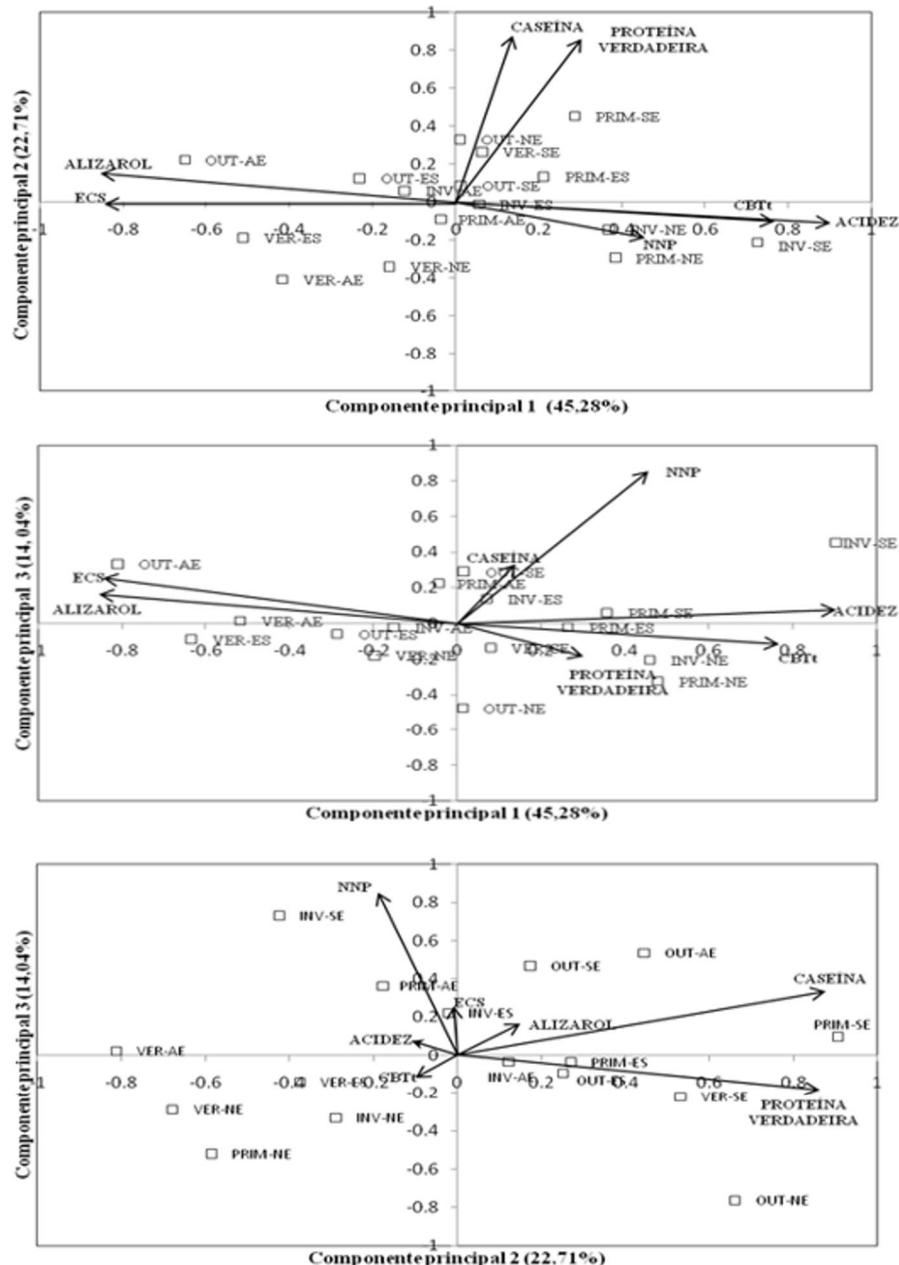


Figura 1. Projeções bidimensionais (CP1xCP2, CP1xCP3 e CP2xCP3) dos “escores” dos diferentes grupos formados na análise de agrupamento e as “cargas” (correlações existentes entre as variáveis e os componentes principais) das variáveis proteína verdadeira, caseína, nitrogênio não proteico (NNP), alizarol, acidez, escore linear de células somáticas (ECS) e o logaritmo natural da contagem bacteriana total (CBTt).

As variáveis ECS ($r=-0,85$; $P<0,001$), CBTt ($r=0,77$; $P<0,001$), acidez titulável em graus Dornic ($r=0,90$; $P<0,001$) e alizarol ($r=-0,85$; $P<0,001$) explicaram a variabilidade do CP1 (componente principal 1), ao passo que a proteína verdadeira ($r=0,86$; $P<0,001$) e a caseína ($r=0,88$; $P<0,001$) explicaram a variabilidade do CP2 (componente principal 2) e o nitrogênio não proteico ($r=0,85$; $P<0,001$) do CP3 (componente principal 3) (Figura 1).

Discussão

A acidez titulável em graus Dornic do leite foi maior na primavera e no inverno (Tabela 2). Além disso, no verão e no outono observaram-se os maiores valores de CCS (Tabela 2), o que pode ser indicativo de mastite subclínica, contribuindo para o maior teor de sódio e menores teores de cálcio, fósforo e potássio no leite ⁽¹¹⁾, portanto, para a menor acidez titulável nessas estações climáticas (Tabela 2).

Assim, apesar de as estações do ano não influenciarem na CBT do leite, os maiores valores desse indicador higiênico-sanitário são observados na primavera e no inverno, devido à ação dos microrganismos sobre a lactose, o que resultaria no aumento do ácido láctico no leite ⁽¹¹⁾ e, em conjunto com os possíveis efeitos que a mastite subclínica exerce sobre a sua composição, poderia resultar nos maiores valores de acidez titulável observados na primavera e no inverno (Tabela 2).

Nesse sentido, os maiores valores de CCS encontrados no verão podem ser resultantes das altas temperaturas dessa estação na região Sul do Brasil, o que poderia resultar em estresse térmico e limitação da resposta imunológica dos animais a doenças e sua susceptibilidade à invasão do úbere por microrganismos, resultando em aumento na CCS do leite ⁽⁵⁾.

O teor de proteína total e verdadeira foi menor durante o verão (Tabela 3). Isto se deve à baixa qualidade nutricional das principais pastagens tropicais (*Sorghum sudanense* e *Pennisetum glaucum*) em comparação às temperadas (*Avena strigosa* e *Lolium multiflorum*) encontradas na região de realização do estudo ⁽¹²⁾. Nesse sentido, as pastagens tropicais apresentam menores teores de proteína degradável no rúmen e carboidratos fermentáveis disponíveis que as pastagens temperadas ⁽¹³⁾, o que desfavorece a formação de proteína microbiana em nível ruminal e diminui os valores de proteína total e verdadeira no leite.

A elevação no conteúdo de sólidos totais no outono deveu-se principalmente à elevação no conteúdo de proteína e gordura do leite na estação referida (Tabela 3). Isto pode ser resultante dos efeitos diminutivos que o vazio forrageiro outonal exerce sobre a produção leiteira, o que pode ter causado uma concentração relativa desses constituintes, aumentando-se os sólidos totais do leite.

O aumento na CBT, com a diminuição dos níveis de especialização das UPL (Tabela 2), deveu-se, possivelmente, ao tipo e ao local de ordenha, bem como ao emprego ou não do resfriamento (Tabela 1). Assim, o sistema altamente especializado, por contar com sala de ordenha própria com circuito fechado e tanque de refrigeração a granel (Tabela 1), apresentou os menores valores de CBT (Tabela 2), enquanto o semiespecializado e o não especializado, por realizar ordenha balde ao pé em local não apropriado (Tabela 1), evidenciaram os maiores valores desse indicador higiênico-sanitário (Tabela 2). Nesse sentido, possivelmente com o aumento da CBT, aumentaram-se as bactérias mesófilas no leite, elevando-se a utilização da lactose como principal substrato desses

microrganismos, o que poderia estar contribuindo para o aumento da acidez titulável em graus Dornic do leite à medida que diminuíram os níveis de especialização dos estratos produtivos (Tabela 2).

Observou-se aumento do NNP com a elevação dos níveis de especialização (Tabela 3), o que pode ser resultante do maior aporte dietético de proteína⁽¹³⁾, já que essas UPL utilizavam maiores quantidade de concentrado na dieta total (Tabela 1). Somando-se a isso, apesar da ausência de significância dos estratos produtivos sobre a CCS, com o aumento das células somáticas no leite, eleva-se a atividade proteolítica de origem leucocitária (neutrófilos e macrófagos), o que poderia estar contribuindo para o maior valor de NNP observado no nível altamente especializado, já que estes, além de fornecerem mais de 10 Kg de concentrado/vaca/dia, têm os maiores valores de CCS do estudo (Tabela 2).

Além disso, as características dietéticas dos diferentes estratos produtivos podem estar contribuindo para a interação significativa ($P < 0,05$) observada entre os níveis de especialização e estações do ano para a variável caseína (Tabela 3). Nesse sentido, o nível não especializado parece estar com um comprometimento no aporte de nutrientes necessários para a síntese de caseína, pois não fornece silagem de milho como principal volumoso (Tabela 1) e é dependente da variação sazonal das pastagens, o que, no verão, devido à baixa qualidade das gramíneas tropicais em relação às temperadas, resultou na redução dos valores da caseína do leite nesse estrato produtivo (Tabela 3).

Evidenciou-se interação ($P < 0,05$) entre níveis de especialização e estações do ano no índice crioscópico do leite (Tabela 2). O alto valor de crioscopia do nível altamente especializado ($-0,537$ °H) e especializado ($-0,508$ °H) no outono pode ser resultante do vazio forrageiro outonal, já que esses estratos produtivos aumentam o fornecimento de concentrado nessa época do ano, resultando na elevação dos valores de NNP⁽¹⁴⁾, o que pode ter resultado em aumento dos valores de crioscopia no leite (Tabela 2).

Na análise multivariada dos dados, a partir das correlações dos componentes principais com as variáveis, pode-se inferir que o componente principal 1 (CP1) representa a qualidade microbiológica, enquanto o componente principal 2 (CP2) e o componente principal 3 (CP3), a qualidade proteica do leite. Assim, a localização no plano cartesiano das combinações entre estratos produtivos e estações climáticas pode auxiliar na identificação do leite com maior rendimento industrial em relação a produtos lácteos de base proteica.

Portanto, combinações situadas no primeiro e no segundo quadrantes apresentam melhor qualidade da proteína do leite, o que aumentaria o rendimento industrial na fabricação de queijos. No outono, todos os níveis de especialização apresentaram qualidade proteica positiva (CP1 positivo). Devido à escassez forrageira dessa estação, os estratos altamente especializado, especializado e semiespecializado aumentaram o fornecimento de silagem de milho e concentrado para suprir as necessidades animais, o que aumentaria a proteína verdadeira e a caseína do leite⁽¹³⁾. Por outro lado, nas propriedades não especializadas, é possível que esteja ocorrendo efeito de concentração relativa, já que esse estrato produtivo está mais susceptível ao vazio forrageiro outonal, o que diminuiria o seu volume de produção e concentraria essas frações nitrogenadas do leite. No entanto, ressalta-se que, entre estas, as situadas no primeiro quadrante (especialmente o SE-PRIM) apresentaram os menores valores de CCS, o que beneficiaria ainda mais o rendimento desses produtos à base proteica⁽¹⁵⁾.

Ainda sobre a qualidade microbiológica do leite, no inverno, observa-se que os níveis mais especializados estão próximos da origem do plano cartesiano, enquanto os de menor especialização

deslocaram-se para o quarto quadrante, pela maior contaminação bacteriana e pela acidez titulável em graus Dornic (Figura 1). Isto se deve provavelmente à maior umidade e à pluviometria nessas épocas do ano, o que aumentou o acúmulo de sujidades e fontes de contaminação do leite nos níveis de menor especialização, já que nesses estratos produtivos faziam-se uso da ordenha balde ao pé em galpões (Tabela 1).

Nesse sentido, ao se observar a segunda projeção bidimensional, nota-se que o SE-INV, além de deslocar-se para o quarto quadrante pela maior contaminação bacteriana e pela acidez titulável em graus Dornic do leite, alocou-se nessa posição pelos elevados valores de NNP. Isto se deve à contaminação por bactérias capazes de fermentar a lactose, formando ácido láctico, aumentando a acidez titulável e a proteólise bacteriana, o que pode evidenciar alto potencial de degradação do leite, resultando em aumento de suas substâncias não proteicas⁽¹⁶⁾.

Conclusões

As estações do ano interferem na proteína total, na proteína verdadeira, nos sólidos totais e na contagem de células somáticas, enquanto os sistemas de produção de leite, na contagem bacteriana total e no nitrogênio não proteico. Esses dois fatores de variação influenciam separadamente a densidade, a acidez e o potencial de hidrogênio e, conjuntamente, a crioscopia e a caseína. A acidez titulável do leite em graus Dornic foi maior na primavera e no inverno, enquanto os valores mais elevados de contagem de células somáticas foram no verão. Os teores de proteína total e verdadeira foram menores durante o verão e elevaram-se os sólidos totais no outono. Com a diminuição dos níveis de especialização das unidades produtoras de leite, observaram-se aumento na contagem bacteriana total e diminuição do nitrogênio não proteico. A densidade apresentou comportamento inverso ao da gordura, enquanto o potencial de hidrogênio (pH) se expressou de modo antagônico à acidez titulável. Todas as combinações de sistemas de produção com o outono, o inverno – altamente especializado, o verão – semiespecializado e a primavera – especializado tiveram qualidade proteica positiva, destacando-se pelas menores contagens de células somáticas a combinação primavera–semiespecializado.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pelo apoio e pelo auxílio financeiro prestado, bem como à empresa de lácteos estudada, pela cessão do laboratório de controle de qualidade para a realização das análises físico-químicas.

Referências

1. Gabbi AM, McManus CM, Silva AV, Marques LT, Zanela MB, Stumpf MP, Fischer V. Typology and physical-chemical characterization of bovine milk produced with different productions strategies. *Agricultural Systems*. 2013; 121(1):130-134. English.

2. Bodenmüller Filho A., Damasceno JC, Previdelli ITS, Santana RG, Ramos CECO, Santos GT. Tipologia de sistemas de produção baseada nas características do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010; 39(8):1832-1839. Portuguese.
3. Vargas DP, Nörnberg JL, Mello RO, Sheibler RB, Milani MP, Mello FCB. Correlações entre contagem bacteriana total e parâmetros de qualidade do leite. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*. 2013; 20(4):241-247. Portuguese.
4. Vargas, DP, Nörnberg JL, Mello RO, Sheibler RB, Mello FCB, Milani MP. Correlações entre contagem de células somáticas e parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade do leite. *Ciência Animal Brasileira*. 2014; 5(4):473-483. Portuguese.
5. Vargas DP, Nörnberg JL, Sheibler RB, Júnior JS, Rizzo FA, Wagner R. Qualidade e potencial nutracêutico do leite bovino em diferentes sistemas de produção e estações do ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2015; 50(12):1208-1219. Portuguese.
6. Tronco VM. Manual para inspeção da qualidade do leite. Santa Maria: UFSM; 1997. 166p. Portuguese.
7. BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Defesa Animal, Manual de métodos microbiológicos para alimentos, Coordenação Geral de Laboratório Animal, 2ª revisão. 136p., 1991/1992. Portuguese.
8. Silva PHF, Pereira DBC, Oliveira LL, Costa Junior LCG. Físico-química do leite e derivados - métodos analíticos. São Paulo: Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda.; 1997. 190 p. Portuguese.
9. Shook GE. Genetic improvement of mastitis through selection on somatic cell count. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1993; 9(3):563-581. English.
10. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. The SAS system for windows. v.9.0 Cary: SAS Institute Inc., 2002.
11. Machado PF, Pereira AR, Sarríes GA. Composição do leite de tanques de rebanhos brasileiros distribuídos segundo sua contagem de células somáticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2000; 29(6):1883-1886.
12. Fanti MGN, Almeida KE, Rodrigues, AM, Silva, RC, Florence ACR, Gioielli LA, Oliveira MN. Contribuição ao estudo das características físico-químicas e da fração lipídica do leite orgânico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2008; 28:259-265. Portuguese.
13. Noro G., González FHD, Campos R, Dürr JW. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006; 35(3):1129-1135. Portuguese.
14. Kędzierska-Matysek M, Litwińczuk Z, Florek M, Barłowska J. The effects of breed and other factors on the composition and freezing point of cow's milk in Poland. *International Journal of Dairy Technology*. 2011; 64(3): 336-342. English.
15. Coelho KO, Mesquita AJ, Machado PF, Lage ME, Meyer PM, Reis A.P. Efeito da contagem de células somáticas sobre o rendimento e a composição físico-química do queijo muçarela. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2014; 66(4):1260-1268. Portuguese.
16. Arcuri EF, Silva PDL, Brito MAVP, Brito JRF, Lange CC, Magalhães MMA. Contagem, isolamento e caracterização de bactérias psicrotróficas contaminantes de leite cru refrigerado. *Ciência Rural*. 2008; 38(8): 2250-2255. Portuguese.