

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - CAMPUS BAMBUÍ
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Eduarda Júlia Pereira

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO ECONÔMICO DO QUEIJO MINAS FRESCAL
PRODUZIDO EM UMA ESCOLA-FAZENDA**

BambuÍ
2026

EDUARDA JÚLIA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO ECONÔMICO DO QUEIJO MINAS FRESCAL
PRODUZIDO EM UMA ESCOLA-FAZENDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Engenharia de
Alimentos do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais -
Campus Bambuí como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
de Alimentos.

Orientadora: Profa. Sônia de Oliveira Duque
Paciulli.

Bambuí

2026

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

P436a Pereira, Eduarda Júlia.
Avaliação do rendimento econômico do queijo Minas Frescal
produzido em uma escola-fazenda. / Eduarda Júlia Pereira. – 2026.
26 f.; il.: color.

Orientadora: Profa. Sônia de Oliveira Duque Paciulli.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Engenharia de Alimentos, 2026.

1. Composição físico-química. 2. Laticínios. 3. Processamento. I.
Paciulli, Sônia de Oliveira Duque. II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III.
Título.

CDD 637.3

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Bambuí
Diretoria de Ensino

Departamento de Ciências Agrárias

Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

EDUARDA JÚLIA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO ECONÔMICO DO QUEIJO MINAS FRESCAL PRODUZIDO
EM UMA ESCOLA-FAZENDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. Orientadora: Profa. Sônia de Oliveira Duque Paciulli.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

pela banca examinadora:

Profa. Dra. Sônia de Oliveira Duque Paciulli - IFMG Campus Bambuí (Orientadora)

Prof. Dr. Rogério Amaro Gonçalves - IFMG Campus Bambuí

Profa. MSc. Thais Odete de Oliveira - IFMG Campus Bambuí

Bambuí, 30 de junho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Sônia de Oliveira Duque Paciulli, Professor**, em 30/06/2026, às 15:01, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Thais Odete de Oliveira, Professora EBT**, em 30/06/2026, às 15:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Amaro Gonçalves, Professor**, em 01/07/2026, às 10:19, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2789359** e o código CRC **103193FF**.

23209.002335/2025-98

2789359v1

Dedico este trabalho aos meus pais, Eliana Maria de Oliveira Bastos e Ronaldo Bastos Pereira, pelo amor, apoio, incentivo e por nunca medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Ao meu irmão, Arthur Francisco Pereira, pelo companheirismo, amizade e pelos momentos de apoio ao longo dessa caminhada. Aos meus professores, pelos ensinamentos, dedicação e contribuição para minha formação acadêmica e pessoal. À minha orientadora, Sônia de Oliveira Duque Paciulli que me guiou com paciência e sabedoria durante todo o desenvolvimento deste projeto. E aos meus amigos, que estiveram presentes durante essa trajetória, compartilhando experiências, incentivo e tornando essa caminhada mais leve e especial.

RESUMO

O queijo Minas Frescal apresenta elevada importância econômica e tecnológica para a cadeia de laticínios, especialmente por ser um produto fresco, de ampla aceitação e sensível às variações de processamento. Este trabalho teve como objetivo avaliar, de forma descritiva, a eficiência do processo de fabricação do queijo Minas Frescal produzido no setor de laticínios do IFMG - Campus Bambuí, utilizando os registros produtivos disponíveis e o rendimento econômico como principal indicador técnico. Foram analisadas cinco produções realizadas entre março e abril de 2025. Para cada lote, foram considerados o volume principal de leite registrado, a massa final de queijo obtida, os insumos utilizados, os tempos e condições de processamento, além dos valores disponíveis de pH, acidez do leite e acidez do soro. O rendimento econômico foi calculado pela relação entre o volume de leite utilizado e a massa de queijo produzida, sendo expresso em litros de leite por quilograma de queijo. Os resultados indicaram rendimento econômico médio de $8,831 \pm 2,039$ L/kg, com coeficiente de variação de 23,09%. A menor necessidade de leite por quilograma de queijo foi observada na produção Q5, com 7,234 L/kg, enquanto a maior foi observada em Q2, com 11,815 L/kg. As etapas operacionais apresentaram padronização parcial, com aquecimento a 41 °C, primeira mexedura de 10 minutos, segunda mexedura de 20 minutos e prensagens de 1 hora. Entretanto, a variação no rendimento entre os lotes demonstra a necessidade de maior padronização dos registros e do controle operacional. Como os dados de umidade, gordura e acidez do queijo não estavam completos para todos os lotes, o estudo foi delimitado ao rendimento econômico e às variáveis efetivamente registradas. Conclui-se que os dados disponíveis permitem uma avaliação descritiva da eficiência produtiva, mas não permitem calcular rendimento ajustado, coeficiente GL ou estabelecer comparações físico-químicas completas entre as produções.

Palavras-chave: Composição físico-química. Laticínios. Processamento. Queijos. Indicador técnico.

ABSTRACT

Minas Frescal cheese has significant economic and technological relevance in the dairy chain, especially because it is a fresh product, widely accepted by consumers and sensitive to processing variations. This study aimed to descriptively evaluate the efficiency of the manufacturing process of Minas Frescal cheese produced in the dairy sector of IFMG - Campus Bambuí, using the available production records and economic yield as the main technical indicator. Five productions carried out between March and April 2025 were analyzed. For each batch, the main registered milk volume, final cheese mass, ingredients, processing time and conditions, as well as available pH, milk acidity and whey acidity records were considered. Economic yield was calculated as the ratio between the milk volume used and the cheese mass produced, expressed in liters of milk per kilogram of cheese. The results showed an average economic yield of 8.831 ± 2.039 L/kg, with a coefficient of variation of 23.09%. The lowest milk requirement per kilogram of cheese was observed in production Q5, with 7.234 L/kg, whereas the highest value was observed in Q2, with 11.815 L/kg. The operational steps showed partial standardization, with heating at 41 °C, first stirring for 10 minutes, second stirring for 20 minutes and pressing for 1 hour. However, yield variation among batches indicates the need for greater standardization of records and operational control. Since moisture, fat and cheese acidity data were not complete for all batches, the study was limited to economic yield and effectively recorded variables. It is concluded that the available data allow a descriptive evaluation of production efficiency, but do not allow calculation of adjusted yield, GL coefficient or complete physicochemical comparisons among productions.

Keywords: Physicochemical composition. Dairy products. Processing. Cheeses. Technical indicator.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo geral.....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 Importância e características do queijo Minas Frescal	9
3.2 Processo de fabricação do queijo Minas Frescal	9
3.3 Fatores que interferem no rendimento	11
3.4 Rendimento econômico como indicador de eficiência.....	12
4 METODOLOGIA.....	13
4.1 Caracterização do estudo.....	13
4.2 Dados utilizados	13
4.3 Determinação do rendimento econômico	14
4.4 Tratamento dos dados.....	15
4.5 Delimitação técnica do estudo	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1 Caracterização das produções acompanhadas	16
5.2 Rendimento econômico dos lotes.....	19
5.3 Parâmetros de acidez e pH registrados	21
5.4 Interpretação técnica dos resultados	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O queijo Minas Frescal é um derivado lácteo fresco de ampla aceitação no Brasil, com relevância econômica e tecnológica para a cadeia produtiva do leite. Conforme a Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997, esse queijo é obtido por coagulação enzimática do leite com coalho e/ou enzimas coagulantes apropriadas, podendo contar com ação complementar de bactérias lácticas específicas (BRASIL, 1997). Por ser um produto fresco, de elevada umidade e curto período de conservação, sua fabricação exige controle da matéria-prima, da higiene, da temperatura, da manipulação e do armazenamento refrigerado.

A fabricação do queijo Minas Frescal envolve etapas sucessivas, como recepção e preparo do leite, adição de ingredientes tecnológicos, coagulação, corte da coalhada, mexedura, dessoragem, enformagem, prensagem, salga, embalagem e armazenamento sob refrigeração. Alterações no ponto de coagulação, no corte da coalhada, na mexedura ou na dessoragem podem modificar a massa final obtida e interferir no aproveitamento da matéria-prima. Por isso, o acompanhamento dos registros de produção é uma ferramenta importante para identificar variações entre lotes e apoiar ajustes operacionais.

Entre os indicadores utilizados para avaliar a eficiência produtiva, o rendimento econômico se destaca pela simplicidade de aplicação. Esse indicador relaciona o volume de leite utilizado com a massa de queijo produzida, sendo expresso em litros de leite por quilograma de queijo (SILVA; PAULA, 2021b). Valores menores indicam menor quantidade de leite necessária para produzir 1 kg de queijo, representando melhor desempenho econômico do lote, desde que os registros de volume e massa estejam padronizados.

No acompanhamento realizado, foram considerados os dados disponíveis de cinco produções de queijo Minas Frescal no setor de laticínios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí. Os registros permitiram analisar volume principal de leite, massa final de queijo, insumos, temperatura, tempos de mexedura e prensagem, registros de soro, pH, acidez do leite, acidez do soro e rendimento econômico.

Como os dados de umidade, gordura e acidez do queijo não estavam completos para todos os lotes, o estudo foi delimitado ao rendimento econômico e às variáveis operacionais efetivamente registradas. Essa delimitação mantém a coerência técnica entre objetivos, metodologia e resultados, evitando conclusões baseadas em informações não medidas ou incompletas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar, de forma descritiva, a eficiência produtiva do processo de fabricação do queijo Minas Frescal com base no rendimento econômico e nos registros operacionais disponíveis.

2.2 Objetivos específicos

- a) descrever o modo de fabricação do queijo Minas Frescal no setor de laticínios do IFMG - Campus Bambuí;
- b) calcular o rendimento econômico de cada produção, em litros de leite por quilograma de queijo;
- c) relacionar os resultados de rendimento com as variáveis de processo disponíveis, como volume de leite, quantidade de insumos, temperatura, tempos de mexedura e prensagem, registros de soro, pH e acidez;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância e características do queijo Minas Frescal

O queijo Minas Frescal é um derivado lácteo de ampla aceitação no Brasil, especialmente por apresentar sabor suave, textura macia e consumo associado à tradição alimentar mineira. Além do valor cultural, sua fabricação representa alternativa de agregação de valor ao leite em propriedades rurais, escolas fazenda e agroindústrias, contribuindo para diversificação produtiva e geração de renda (VIEIRA; LOURENÇO JÚNIOR, 2004).

Conforme a Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, o queijo Minas Frescal é classificado como queijo fresco obtido por coagulação enzimática do leite com coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, podendo haver ação complementar de bactérias lácticas específicas (BRASIL, 1997). Essa definição demonstra que a qualidade do produto depende diretamente da condução adequada da coagulação, da dessoragem e do armazenamento.

Por ser um queijo fresco e de elevada umidade, o Minas Frescal apresenta maior perecibilidade quando comparado a queijos maturados, devendo ser conservado sob refrigeração e manipulado em condições higiênico-sanitárias adequadas. Essa característica exige controle rigoroso de higiene, temperatura, embalagem, manipulação e armazenamento refrigerado, pois falhas nesses pontos favorecem variações entre lotes, perdas e redução da regularidade das características do produto final (BRASIL, 1997; RODRIGUES et al., 2011; SANGALETTI et al., 2009; SILVA, 2005).

3.2 Processo de fabricação do queijo Minas Frescal

A fabricação do queijo Minas Frescal envolve uma sequência de etapas tecnológicas que devem ser conduzidas de forma controlada (Figura 1), pois o queijo é obtido pela separação parcial do soro após coagulação do leite e sua composição final depende das condições de coagulação, sinérese, enformagem e salga (BRASIL, 1997; PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009; SILVA, 2005).

O processo inicia-se com a recepção e o registro do leite, seguido por filtração, padronização e pasteurização. Essas etapas iniciais têm a função de preparar a matéria-prima, reduzir riscos microbiológicos e favorecer maior uniformidade do processamento, uma vez que

a legislação exige higienização adequada do leite e pasteurização ou tratamento térmico equivalente para garantir a inocuidade do produto (BRASIL, 1997; SILVA, 2005).

Figura 1 - Fluxograma de produção do queijo Minas Frescal



Fonte: Adaptado de Paula, Carvalho e Furtado (2009), Silva (2005), SENAR (2011) e Vieira e Lourenço Júnior (2004).

Após a pasteurização, o leite é resfriado até a temperatura adequada para a coagulação e recebe ingredientes tecnológicos, como cloreto de cálcio, fermento láctico, coalho e sal, conforme a formulação adotada. Em seguida, ocorre a coagulação, etapa responsável pela formação da coalhada. O corte da coalhada, a mexedura e a dessoragem favorecem a separação do soro e influenciam diretamente a retenção de umidade, gordura e proteínas na massa

(PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009; SENAR, 2011; SILVA, 2005; VIEIRA; LOURENÇO JÚNIOR, 2004).

As etapas finais incluem enformagem, embalagem e armazenamento refrigerado. A dessoragem merece atenção especial porque perdas excessivas de finos, gordura e proteínas no soro reduzem a massa de queijo produzida e afetam o rendimento. Segundo Paula, Carvalho e Furtado (2009), Silva (2005) e Vieira e Lourenço Júnior (2004), o controle do ponto de corte, do tempo de mexedura, da temperatura e da manipulação da massa é decisivo para a eficiência produtiva.

3.3 Fatores que interferem no rendimento

O rendimento do queijo é influenciado por fatores relacionados à matéria-prima, aos ingredientes tecnológicos e às condições de fabricação. Entre os principais fatores estão a composição do leite, o teor de caseína e gordura, a qualidade da coagulação, o tamanho dos grãos da coalhada, o tempo de mexedura, a temperatura de aquecimento, o ponto de dessoragem e a intensidade de prensagem (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009; SILVA; PAULA, 2021a).

A composição do leite exerce papel determinante porque a caseína e a gordura formam a base estrutural da massa do queijo. Quando a coalhada apresenta baixa firmeza ou quando há corte e mexedura inadequados, parte dos sólidos pode ser perdida no soro. Essa perda reduz a quantidade de queijo obtida e compromete a eficiência do processo, uma vez que o rendimento depende tanto das propriedades do leite quanto da condução das etapas de fabricação (NEVES-SOUZA; SILVA, 2005; PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009; SILVA; PAULA, 2021a).

A acidez e o pH também interferem na coagulação e na capacidade de retenção de água pela massa. Variações nesses parâmetros podem alterar a velocidade de formação da coalhada, a textura e o volume de soro liberado. Dessa forma, mesmo quando o volume de leite utilizado é semelhante, diferentes condições de matéria-prima e processamento podem gerar rendimentos distintos entre os lotes (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009; SANGALETTI et al., 2009; SILVA, 2005).

A interpretação do rendimento deve considerar que maior massa final de queijo nem sempre significa melhor aproveitamento real dos sólidos do leite. Um lote pode apresentar rendimento econômico aparentemente melhor apenas por reter mais água. Por isso, avaliações completas de eficiência normalmente incluem umidade, gordura, rendimento ajustado e

aproveitamento de sólidos. No entanto, quando essas informações não estão completas, o rendimento econômico funciona como indicador inicial e descritivo da rotina produtiva (NEVES-SOUZA; SILVA, 2005; SILVA; PAULA, 2021a, 2021b).

3.4 Rendimento econômico como indicador de eficiência

O rendimento econômico é calculado pela relação entre o volume de leite utilizado e a massa de queijo produzida, sendo expresso em litros de leite por quilograma de queijo (L/kg). Esse indicador mostra quantos litros de leite foram necessários para produzir 1 kg de queijo. Assim, menores valores de L/kg indicam melhor desempenho econômico, desde que os registros dos lotes sejam comparáveis e estejam padronizados (SILVA; PAULA, 2021b).

A principal vantagem desse indicador é a simplicidade, pois ele pode ser calculado com informações normalmente disponíveis na rotina de produção: volume de leite processado e massa final de queijo. Além disso, sua leitura é direta e permite identificar rapidamente lotes com maior ou menor aproveitamento econômico da matéria-prima, funcionando como ferramenta operacional inicial para acompanhamento da produção (NEVES-SOUZA; SILVA, 2005; SILVA; PAULA, 2021b).

A limitação do rendimento econômico é não corrigir diferenças de umidade, gordura e sólidos totais do queijo. Por esse motivo, ele não substitui análises físico-químicas completas nem permite, isoladamente, afirmar que houve maior aproveitamento real de sólidos. Mesmo assim, quando os dados laboratoriais não estão completos, esse indicador permite uma avaliação operacional coerente e útil para identificar variações entre produções (SILVA; PAULA, 2021a, 2021b).

Neste trabalho, o rendimento econômico foi adotado como indicador central porque os registros de umidade, gordura, acidez do queijo, rendimento ajustado não estavam completos para todos os lotes. Essa delimitação permite concluir a análise com base apenas nas informações efetivamente disponíveis, mantendo coerência entre objetivos, metodologia e resultados, sem atribuir ao indicador uma capacidade de interpretação que depende de análises físico-químicas complementares (SILVA; PAULA, 2021a, 2021b).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do estudo

O estudo foi conduzido com abordagem quantitativa, aplicada e descritiva, com base nos registros de fabricação de queijo Minas Frescal produzidos no setor de laticínios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí. A pesquisa foi classificada como descritiva porque teve como finalidade organizar, calcular e interpretar dados de rotina produtiva já registrados, sem estabelecer tratamentos experimentais independentes.

Foram consideradas cinco produções realizadas entre março e abril de 2025, identificadas como Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5. Cada produção foi tratada como um lote acompanhado. Portanto, os resultados representam uma avaliação operacional dos registros disponíveis e não uma comparação experimental com controle de variáveis, repetição estatística e aleatorização.

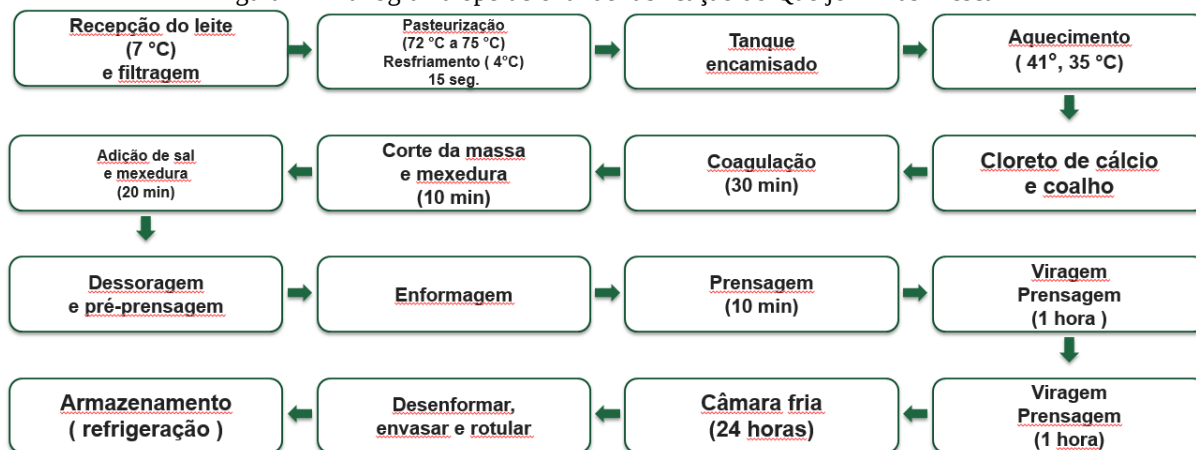
4.2 Dados utilizados

Os dados foram extraídos da planilha de acompanhamento das fabricações e do registro do processo produtivo. Foram utilizadas as variáveis com identificação clara e aplicação direta à análise: lote, data, volume principal de leite, anotação sobre leite desnatado, cloreto de cálcio, coalho, sal, salmoura, registros de soro, temperatura de aquecimento, tempos de mexedura, pré-prensa, prensagens, massa final de queijo, pH, acidez do leite, acidez do soro, acidez do queijo registrada para Q1 e rendimento econômico.

As etapas produtivas consideradas seguiram o fluxo de fabricação apresentado na Figura 2: recepção e registro do leite, filtração e padronização, pasteurização, resfriamento para coagulação, adição dos ingredientes (sem adição de fermento), coagulação, corte da coalhada, mexedura e dessoragem, enformagem, embalagem e armazenamento refrigerado.

A Figura 2 apresenta o fluxograma operacional de fabricação do Queijo Minas Frescal utilizado no setor de laticínios do IFMG - Campus Bambuí.

Figura 2 - Fluxograma operacional de fabricação do Queijo Minas Frescal



Fonte: Autoria própria, 2025.

Para o cálculo do rendimento econômico, foi utilizado o volume principal de leite registrado em cada lote. As anotações referentes ao leite desnatado foram mantidas como observações operacionais e não foram somadas separadamente ao cálculo, devido à ausência de identificação segura sobre sua participação no volume principal de cada lote.

4.3 Determinação do rendimento econômico

O rendimento econômico foi determinado pela relação entre o volume principal de leite utilizado e a massa final de queijo obtida. O resultado foi expresso em litros de leite por quilograma de queijo (L/kg), conforme a equação (SILVA; PAULA, 2021b):

$$RE \text{ (L/kg)} = V / P$$

Em que RE corresponde ao rendimento econômico, V ao volume principal de leite utilizado, em litros, e P à massa final de queijo produzida, em quilogramas.

Também foi calculada a produção de queijo por 100 L de leite, indicador complementar que expressa a massa de queijo obtida em relação ao volume processado. Esse cálculo foi realizado pela relação entre massa produzida e volume de leite utilizado, multiplicada por 100 (SILVA; PAULA, 2021b):

$$Q100 \text{ (kg/100 L)} = (P / V) \times 100$$

Em que Q100 corresponde à produção de queijo por 100 L de leite, P à massa final de queijo produzida, em quilogramas, e V ao volume principal de leite utilizado, em litros.

A interpretação adotada foi direta: quanto menor o rendimento econômico em L/kg, menor a quantidade de leite necessária para produzir 1 kg de queijo. Para o indicador kg/100 L, a interpretação é inversa: quanto maior o valor, maior a massa de queijo obtida por 100 L de leite.

4.4 Tratamento dos dados

Os dados foram organizados em tabelas e submetidos à estatística descritiva. Foram calculados média, desvio padrão amostral, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo, amplitude, volume total considerado, massa total de queijo e rendimento agregado, pois essas medidas permitem resumir o comportamento dos dados e avaliar sua variabilidade (REIS; REIS, 2002).

Não foi realizada análise de variância nem teste de comparação de médias, pois os cinco lotes representam produções acompanhadas em rotina produtiva e não tratamentos experimentais estruturados com repetições independentes. Essa escolha evita inferência estatística indevida e mantém a análise compatível com a natureza dos dados disponíveis.

4.5 Delimitação técnica do estudo

O estudo foi delimitado ao rendimento econômico e às variáveis operacionais efetivamente registradas. Não foram calculados rendimento ajustado, coeficiente GL, teor de umidade, teor de gordura e acidez do queijo para todos os lotes, porque esses indicadores exigem resultados laboratoriais completos, identificados e padronizados.

A acidez do queijo foi registrada apenas para Q1, com média indicada na planilha. Por não haver resultados equivalentes para Q2, Q3, Q4 e Q5, esse dado foi tratado apenas como informação pontual, sem uso para comparação entre lotes. Assim, as conclusões do trabalho foram restritas à análise descritiva da eficiência produtiva com base no rendimento econômico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das produções acompanhadas

Foram avaliadas cinco produções de queijo Minas Frescal, identificadas como Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5. Os dados foram consolidados a partir da planilha de acompanhamento, mantendo-se somente as variáveis com identificação suficiente para uso técnico. As Tabelas 1 e 2 apresentam os registros principais utilizados na análise de rendimento.

Tabela 1 - Produções, volume de leite e massa final

Lote	Data	Volume principal (L)	Leite desnatado (registro)	Massa final (kg)
Q1	26/03/25	500	100 L	49,48
Q2	09/04/25	500	100 L	42,32
Q3	16/04/25	350	50 L	47,34
Q4	17/04/25	400	50 L	52,57
Q5	28/04/25	350	0 L	48,38

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Tabela 2 - Insumos principais registrados nas produções

Lote	Cloreto de cálcio (mL)	Coalho (mL)	Sal (kg)
Q1	160,0	35,0	9,0
Q2	160,0	35,0	9,0
Q3	112,0	24,5	8,0
Q4	128,0	28,0	9,0
Q5	112,0	24,5	8,0

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Os volumes principais de leite variaram entre 350 e 500 L. A massa final de queijo variou entre 42,32 e 52,57 kg. As anotações sobre leite desnatado foram preservadas como registros operacionais e não foram somadas separadamente ao cálculo, devido à ausência de identificação segura sobre sua participação no volume principal de cada lote.

Tabela 3 - Condições operacionais registradas nos lotes

Condição operacional	Valor registrado
Primeira mexedura	10 min
Aquecimento	41 °C
Segunda mexedura	20 min
Pré-prensa	10 min
Primeira prensagem	1 h
Segunda prensagem	1 h

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

As condições operacionais básicas apresentaram repetição entre os lotes: primeira mexedura de 10 minutos, aquecimento a 41 °C, segunda mexedura de 20 minutos, pré-prensa de 10 minutos e duas prensagens de 1 hora. Essa padronização parcial indica que as diferenças de rendimento não podem ser explicadas apenas por esses registros, sendo necessário considerar matéria-prima, ponto de coagulação, ponto de corte da coalhada, intensidade da mexedura, dessoragem e precisão dos registros.

Quando comparadas com a legislação e com manuais técnicos, as etapas gerais registradas atendem à identidade do Queijo Minas Frescal: uso de leite pasteurizado, coagulação enzimática, corte da coalhada, mexedura, dessoragem, enformagem, salga, embalagem e refrigeração. A Portaria nº 352/1997 define o Minas Frescal como queijo fresco, semigordo e de muito alta umidade, obtido por coagulação enzimática com coalho ou outras enzimas coagulantes, com ação complementar opcional de bactérias lácticas; a mesma norma prevê leite e coalho como ingredientes obrigatórios e cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cultivo lácteo como ingredientes opcionais (BRASIL, 1997). Dessa forma, a ausência de fermento nos registros dos lotes não descaracteriza o produto, embora manuais técnicos recomendem o uso de fermento láctico para auxiliar na acidificação, coagulação e dessoragem da massa (SENAR, 2011; SILVA, 2005; VIEIRA; LOURENÇO JÚNIOR, 2004).

Quanto aos ingredientes, as quantidades registradas de cloreto de cálcio ficaram próximas das recomendações técnicas quando convertidas para 100 L de leite, considerando que Silva (2005) indica 20 a 30 g/100 L e o SENAR (2011) indica 4 mL de solução a 50% para cada 10 L. Para o coalho, a adequação não pode ser avaliada apenas pelo volume usado, pois a dose e a diluição dependem da força do produto e da orientação do fabricante. O sal foi usado em níveis compatíveis com a prática de salga no leite ou na massa, porém a interpretação exata fica limitada pela forma como o leite desnatado foi registrado na planilha (SENAR, 2011; SILVA, 2005; VIEIRA; LOURENÇO JÚNIOR, 2004).

Os tempos de mexedura também ficaram próximos aos referenciais. O SENAR (2011) recomenda mexedura lenta por 20 a 30 minutos, enquanto Vieira e Lourenço Júnior

(2004) descrevem três ciclos de 3 minutos de agitação intercalados com repousos de mesmo tempo. Nos lotes avaliados, a soma da primeira e da segunda mexedura foi de 30 minutos, valor compatível com a faixa técnica. O ponto mais crítico foi a temperatura de 41 °C: se esse valor corresponder à temperatura de adição do coalho, ele fica acima da faixa de 32 a 34 °C indicada por Silva (2005) e de 35 a 37 °C indicada pelo SENAR (2011); se corresponder a uma etapa posterior de aquecimento da massa, o registro deveria explicitar isso para evitar interpretação equivocada.

Outro ponto de atenção é a prensagem. A Portaria nº 352/1997 caracteriza o Queijo Minas Frescal como massa coalhada, dessorada, salgada, não maturada e não prensada. A Embrapa também informa que a prensagem geralmente é desnecessária para esse queijo, porque o próprio peso da massa na forma promove uma leve prensagem. Assim, a pré-prensa e as duas prensagens de 1 hora adotadas pelo setor podem ter sido usadas para padronizar formato e dessoragem, mas representam diferença importante em relação ao processamento clássico do Minas Frescal e podem reduzir umidade e massa final do produto (BRASIL, 1997; SILVA, 2005).

Tabela 4 - Registros de salmoura e soro disponíveis na planilha do setor de laticínios

Lote	Salm. (L)	Soro A (L)	Soro B (L)	Soro C (L)	Soro D (L)
Q1	31	30	300	10	5
Q2	31	30	300	11	4
Q3	20	20	340	9	-
Q4	30	0	368	9	-
Q5	25	20	330	8	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Os volumes de soro foram apresentados em colunas separadas porque a planilha do setor de laticínios trazia cabeçalhos repetidos e não indicava com clareza se os registros correspondiam a retiradas acumulativas ou a etapas diferentes. Dessa forma, a soma total de soro não foi utilizada como variável conclusiva, evitando distorções de interpretação.

A Figura 3 apresenta o produto final após embalagem e rotulagem, etapa que encerra o fluxo operacional analisado.

Figura 3 - Queijo Minas Frescal envasado e rotulado



Fonte: Autoria própria, 2025.

5.2 Rendimento econômico dos lotes

A Tabela 5 apresenta o rendimento econômico calculado para cada produção. Como o indicador é expresso em litros de leite por quilograma de queijo, menores valores indicam menor necessidade de leite para produzir 1 kg de queijo, dentro do critério de volume adotado.

Tabela 5 - Rendimento econômico das produções de queijo Minas Frescal

Lote	Volume (L)	Massa (kg)	RE (L/kg)	kg/100 L
Q1	500	49,48	10,105	9,896
Q2	500	42,32	11,815	8,464
Q3	350	47,34	7,393	13,526
Q4	400	52,57	7,609	13,143
Q5	350	48,38	7,234	13,823

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

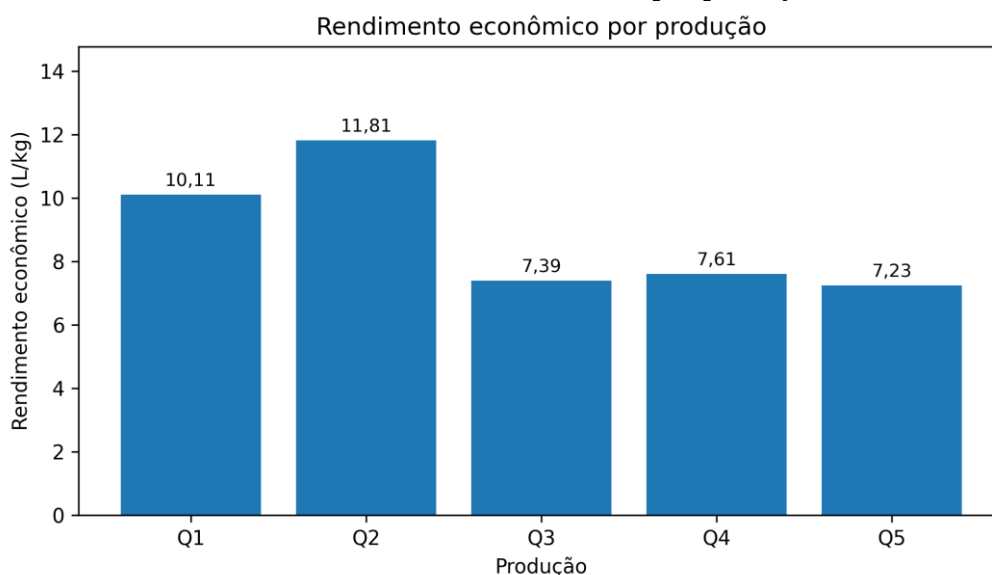
O rendimento econômico médio das cinco produções foi de 8,831 L/kg, com desvio padrão amostral de 2,039 L/kg e coeficiente de variação de 23,09%. O rendimento agregado,

calculado pela razão entre o volume total considerado (2100 L) e a massa total de queijo obtida (240,09 kg), foi de 8,747 L/kg.

A produção Q5 apresentou o melhor desempenho econômico, com 7,234 L/kg, enquanto Q2 apresentou o pior desempenho, com 11,815 L/kg. Dentro do critério adotado, Q5 utilizou 4,580 L de leite a menos por quilograma de queijo em comparação a Q2, o que corresponde a uma redução aproximada de 38,77% na necessidade de leite por quilograma produzido.

A comparação com trabalhos semelhantes mostra que o rendimento médio deste estudo não foi o mais eficiente. Vieira e Lourenço Júnior (2004) indicam produção de 1 kg de Queijo Minas Frescal bovino com aproximadamente 7 L de leite. Neves-Souza e Silva (2005) encontraram rendimentos tradicionais de 6,09 e 6,00 L/kg, enquanto Coelho et al. (2021) observaram rendimento médio de 5,58 L/kg em uma indústria de Viçosa, MG. Araújo et al. (2025), em estudo de caso com cinco lotes de 50 L, relataram valores ainda menores, entre 3,64 e 3,92 L/kg. Diante desses dados, Q3, Q4 e Q5 ficaram próximos do valor técnico de 7 L/kg citado pela Embrapa, mas Q1 e Q2, principalmente Q2, ficaram acima do esperado, indicando menor eficiência econômica no aproveitamento do leite (ARAÚJO et al., 2025; COELHO et al., 2021; NEVES-SOUZA; SILVA, 2005; VIEIRA; LOURENÇO JÚNIOR, 2004).

Gráfico 1 - Rendimento econômico por produção



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Tabela 6 - Estatística descritiva do rendimento econômico

Indicador descritivo	Rendimento econômico (L/kg)
Média	8,831
Desvio padrão amostral	2,039
Coeficiente de variação (%)	23,09
Menor valor observado	7,234
Maior valor observado	11,815
Amplitude	4,580
Rendimento agregado	8,747

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O coeficiente de variação de 23,09% demonstra oscilação expressiva entre os lotes acompanhados. Como parte dos parâmetros operacionais permaneceu constante, a variação observada sugere influência de fatores não completamente registrados, como composição do leite, eficiência de coagulação, perdas de finos no soro, retenção de umidade e variações no ponto tecnológico da massa.

A amplitude de 4,580 L/kg confirma que a repetição de tempos de mexedura, aquecimento e prensagem não garantiu uniformidade de rendimento. Coelho et al. (2021) demonstraram que contagem de células somáticas, extrato seco total e teor de gordura do leite influenciam o rendimento do Minas Frescal; os autores também relacionaram maior CCS e menor teor de sólidos e gordura à necessidade de maior volume de leite por quilograma de queijo. Como este trabalho não dispõe de dados completos de gordura, extrato seco, CCS, umidade e composição do queijo para todos os lotes, a variação observada deve ser atribuída apenas de forma interpretativa a fatores como composição do leite, ponto de coagulação, corte da coalhada, perdas de finos no soro e retenção de umidade (COELHO et al., 2021; MARTINS et al., 2012; SILVA; PAULA, 2021b).

5.3 Parâmetros de acidez e pH registrados

Além dos dados produtivos, a planilha apresentou registros de acidez do leite, pH, acidez do soro e um valor pontual de acidez do queijo para Q1. Como os registros laboratoriais não estavam completos para todos os lotes, esses parâmetros foram utilizados apenas como informações operacionais de acompanhamento. A Tabela 7 apresenta esses registros.

Tabela 7 - Registros de acidez e pH disponíveis

Lote	Acidez do leite (°D)	pH registrado	Acidez do soro (registro)
Q1	16,0	6,6	5,2
Q2	17,0	6,0	5,7
Q3	16,0	6,5	5,3
Q4	18,0	6,9	5,8
Q5	17,0	6,0	5,6

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A acidez do leite variou de 16,0 a 18,0 °D, com média de 16,80 °D. O pH registrado variou de 6,0 a 6,9, com média de 6,40. A acidez do soro variou de 5,2 a 5,8, com média de 5,52. Esses dados indicam variação entre lotes, mas não permitem estabelecer relação causal com o rendimento porque o estudo não foi estruturado como experimento controlado.

A acidez do leite ficou dentro da faixa de 14 a 18 °D observada por Coelho et al. (2021) em amostras usadas na fabricação de Minas Frescal. O pH médio registrado neste trabalho, de 6,40, aproximou-se dos valores relatados por Coelho et al. (2021), que encontraram pH médio de 6,57 no queijo, e por Martins et al. (2012), que observaram pH entre 6,58 e 6,72. Mesmo assim, a variação entre 6,0 e 6,9 nos lotes acompanhados sugere necessidade de maior padronização do momento da leitura, pois pH e acidez interferem na coagulação, na sinérese e na retenção de umidade da massa (COELHO et al., 2021; MARTINS et al., 2012; PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009).

5.4 Interpretação técnica dos resultados

A comparação entre Q1 e Q2 é relevante porque ambos apresentaram o mesmo volume principal de leite, a mesma quantidade de cloreto de cálcio, coalho e sal, além dos mesmos tempos e temperatura principais de processamento. Ainda assim, Q1 produziu 49,48 kg de queijo, enquanto Q2 produziu 42,32 kg. Como consequência, o rendimento de Q1 foi de 10,105 L/kg, melhor que o de Q2, que foi de 11,815 L/kg.

As produções Q3, Q4 e Q5 apresentaram os melhores rendimentos econômicos, todos abaixo de 7,610 L/kg. Q5 foi o lote de melhor desempenho, com 7,234 L/kg e 13,823 kg de queijo por 100 L de leite. Q3 e Q4 também tiveram resultados próximos, com 7,393 L/kg e 7,609 L/kg, respectivamente.

Apesar de Q3, Q4 e Q5 apresentarem melhor desempenho, não é tecnicamente correto concluir que o menor volume principal de leite causou maior rendimento. Os lotes não constituíram tratamentos experimentais controlados e há ambiguidade na participação do leite desnatado. Portanto, os resultados indicam associação operacional, não causalidade.

A interpretação deve considerar que o rendimento econômico não diferencia retenção real de sólidos de retenção de água. Um queijo com maior teor de umidade pode apresentar massa final maior e, por isso, rendimento econômico aparentemente melhor. Como os dados de umidade não foram calculados com segurança, não foi possível confirmar se os melhores lotes apresentaram maior aproveitamento de sólidos ou maior retenção de água.

Essa limitação é central na interpretação dos resultados. Coelho et al. (2021) encontraram umidade média de 62,05% em Queijo Minas Frescal e indicaram que a umidade pode variar conforme contagem bacteriana, acidez e densidade do leite. Martins et al. (2012) também apresentaram diferenças de umidade e calcularam rendimento bruto e rendimento ajustado, evidenciando que a massa final do queijo precisa ser interpretada junto com a composição. Portanto, os melhores resultados de Q3, Q4 e Q5 podem representar melhor retenção de sólidos ou apenas maior retenção de água; sem dados completos de umidade, gordura e sólidos, a conclusão deve permanecer restrita ao rendimento econômico (COELHO et al., 2021; MARTINS et al., 2012; SILVA; PAULA, 2021a).

Mesmo com essas limitações, o rendimento econômico foi útil para demonstrar variação produtiva entre os lotes. O resultado aponta a necessidade de controle mais rigoroso do volume real de leite, do ponto de coagulação, do corte da coalhada, da dessoragem, da padronização das unidades de massa e da identificação das análises laboratoriais.

Em síntese, o fluxograma do setor atende às etapas centrais do Queijo Minas Frescal, mas apresenta pontos que devem ser melhor controlados: temperatura real no momento da coagulação, tempo de coagulação, intensidade de prensagem, padronização do volume total de leite, identificação das frações de soro, umidade e gordura do queijo. O rendimento econômico médio de 8,831 L/kg ficou acima dos valores de referência mais eficientes, embora os lotes Q3, Q4 e Q5 tenham se aproximado do valor técnico de 7 L/kg. Assim, o processo é viável, mas ainda mostra margem clara para reduzir perdas e aumentar a regularidade produtiva (COELHO et al., 2021; NEVES-SOUZA; SILVA, 2005; SENAR, 2011; VIEIRA; LOURENÇO JÚNIOR, 2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu avaliar, de forma descritiva, a eficiência produtiva do queijo Minas Frescal fabricado no setor de laticínios do IFMG - Campus Bambuí com base no rendimento econômico e nos registros operacionais disponíveis.

Considerando o volume principal de leite registrado na planilha, o rendimento econômico médio das cinco produções foi de 8,831 L/kg. A produção Q5 apresentou o melhor desempenho, com 7,234 L/kg, enquanto Q2 apresentou o menor desempenho, com 11,815 L/kg. Essa diferença demonstra variação expressiva na eficiência produtiva dos lotes acompanhados.

As condições operacionais principais, como mexedura, aquecimento, pré-prensa e prensagens, foram semelhantes entre as produções. Mesmo assim, os rendimentos variaram, indicando que outros fatores podem ter influenciado o resultado, como composição do leite, ponto de coagulação, corte da coalhada, perdas no soro, retenção de umidade e precisão dos registros.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Amilton Luiz Costa et al. Avaliação da contagem de células somáticas no rendimento industrial do Queijo Minas Frescal: relato de caso. **Revista Sinapse Múltipla**, Betim, v. 14, n. 1, p. 57-60, jan./jul. 2025. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/sinapsemultipla/article/download/35903/23908>. Acesso em: 27 maio 2026.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997**. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Minas Frescal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 19684, 8 set. 1997. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/port_352-1997_rt_queijo_minas_frescal.pdf. Acesso em: 27 maio 2026.
- COELHO, Kamila Soares et al. Influência da qualidade do leite cru refrigerado no processamento, rendimento e qualidade do queijo Minas Frescal. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Francisco Beltrão, v. 15, n. 1, p. 3468-3482, jan./jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/download/11665/8419>. Acesso em: 27 maio 2026.
- MARTINS, Susi Cristina dos Santos Guimarães et al. Rendimento, composição e análise sensorial do queijo Minas Frescal fabricado com leite de vacas mestiças alimentadas com diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 4, p. 993-1003, 2012. Disponível em: https://rbz.org.br/wp-content/uploads/articles_xml/1516-3598-rbz-S1516-35982012000400023/1516-3598-rbz-S1516-35982012000400023.pdf. Acesso em: 27 maio 2026.
- NEVES-SOUZA, R. D.; SILVA, R. S. S. F. Estudo de custo-rendimento do processamento de queijos tipo Minas Frescal com derivado de soja e diferentes agentes coagulantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 170-174, jan./mar. 2005. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/79a3/88d26f7cfd2d2e8afc17945c3bc3f95e13c6.pdf>. Acesso em: 27 maio 2026.
- PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 64, n. 367/368, p. 19-25, mar./jun. 2009. Disponível em: <https://revistadoilct.com.br/rilct/article/download/76/82>. Acesso em: 27 maio 2026.
- REIS, Edna Afonso; REIS, Ilka Afonso. **Análise descritiva de dados**. Belo Horizonte: Departamento de Estatística da UFMG, 2002. (Relatório Técnico RTE-02/2002). Disponível em: <https://www.est.ufmg.br/portal/wp-content/uploads/2023/01/RTE-02-2002.pdf>. Acesso em: 27 maio 2026.
- RODRIGUES, J. et al. Levantamento das características físico-químicas e microbiológicas de queijo Minas Frescal e Mussarela produzidos no entorno de Goiânia-GO. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 9, supl. 1, p. 30-34, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3871647.pdf>. Acesso em: 27 maio 2026.
- SANGALETI, N. et al. Estudo da vida útil de queijo Minas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 262-269, abr./jun. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000200004>. Acesso em: 27 maio 2026.

SENAR. **Queijos**: produção de derivados do leite. 3. ed. Brasília, DF: SENAR, 2011. 100 p. (Coleção SENAR, 137). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/137-QUEIJOS.pdf>. Acesso em: 27 maio 2026.

SILVA, Braulio Castilho; PAULA, Junio Cesar J. de. **Aproveitamento de sólidos por litro de leite: coeficiente GL**. MilkPoint, 18 jun. 2021a. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/aproveitamento-de-solidos-por-litro-de-leite-coeficiente-gl-225989/>. Acesso em: 27 maio 2026.

SILVA, Braulio Castilho; PAULA, Junio Cesar J. de. **Rendimento na produção de queijos: cálculos de comparação**. MilkPoint, 18 maio 2021b. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/rendimento-na-producao-de-queijos-calculos-de-comparacao-225498/>. Acesso em: 27 maio 2026.

SILVA, Fernando Teixeira. **Queijo minas frescal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 50 p. (Agroindústria Familiar). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/116395/1/00076200.pdf>. Acesso em: 27 maio 2026.

VIEIRA, L. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. **Tecnologia de fabricação do queijo Minas Frescal**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. (Comunicado Técnico, 125). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/696774/1/ComTec125.pdf>. Acesso em: 27 maio 2026.