





# Revista do INSTITUTO DE LATICÍNIOS CÂNDIDO TOSTES

DAIRY MAGAZINE PUBLISHED BIMONTHLY BY THE DAIRY INSTITUTE CÂNDIDO TOSTES

N.º 232

JUIZ DE FORA, MARÇO/ABRIL DE 1984

VOL. 39

Tema: Qualidade e comercialização de leite e derivados



VIII CONGRESSO  
NACIONAL DE  
LATICÍNIOS

de 16 a 20 de julho de 1984

Local: CENTRO DE PESQUISA E ENSINO/INSTITUTO DE LATICÍNIOS  
"CÂNDIDO TOSTES" — Juiz de Fora — MG

Patrocínio: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS



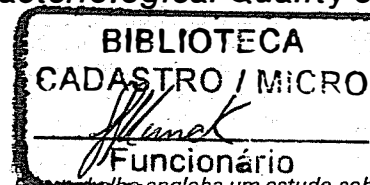
Governo do Estado de Minas Gerais  
Sistema Operacional da Agricultura  
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Centro de Pesquisa e Ensino  
Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"

digitalizado por [arvoredoleite.org](http://arvoredoleite.org)



# ESTUDO DE ALGUNS PRINCÍPIOS RELACIONADOS COM O CONCEITO DE QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DE LEITE "IN NATURA"(\*)

*Study of Some Principles Relating to the Concept of the  
Bacteriological Quality of Whole Raw Milk*



Otacílio Lopes Vargas(\*\*)  
Antônio Felício Filho(\*\*)  
Edson Clemente dos Santos(\*\*\*)

**RESUMO.** Este trabalho engloba um estudo sobre a qualidade bacteriológica de leite "in natura" a nível de fazenda e a nível de indústria. Foram tomadas amostras representativas dos primeiros e dos últimos jatos, a nível de teta, de balde e de latão, submetidas às temperaturas de 4, 20 e 25°C e analisadas para CGP (contagem global padrão), CGT (contagem global de termodúricos) nos tempos de 0, 4 e 18 horas. A acidez titulável foi determinada no tempo de 18 horas. Os resultados demonstraram que o grau de invasão bacteriana estabelecido na porção dos primeiros jatos é significativamente superior (p menor que 0,05). Foi também estabelecido que o crescimento bacteriano representa um fato esperado que pode ser previsto pela seguinte equação:

$$Y = a.e^{bx} \cdot \text{antilog} (K + Kf_1 + Kf_2 + Kf_3 + Kf_4 + Kf_5)$$

Foi demonstrado que certos cuidados higiênicos podem ser considerados na base numérica de pesos como função da média da contagem bacteriana regional pré-estabelecida. Estes princípios podem ter aplicações amplas como uma ferramenta governamental no estabelecimento de políticas para o desenvolvimento da qualidade higiênica de leite a nível de consumidor. Foi estabelecida uma curva de crescimento absoluto para descrever a evolução da população bacteriana após 18 horas de estocagem de leite. A equação que melhor ajustou-se aos dados experimentais, resultou ser contínua para o intervalo de 4 a 25°C, foi:

$Y = a.e^{bx}$ , onde "a" tem o valor constante de 1,2475; "b" depende da natureza da população mista do leite, sendo que, para termodúricos o valor é de "b" = 0,0501 e para contagem global padrão "b" = 0,2366; e "x" representa a temperatura de estocagem escolhida. O valor "Y" expressa o n.º de u.f.c./ml (unidade formadora de colônia por mililitro) esperado.

## 1. INTRODUÇÃO

O transporte de leite "in natura" em dias alternados pode ser considerado como o manejo ideal do produto, que visa, além da redução de gastos com combustível, o aproveitamento do leite da segunda ordenha diária, através da estocagem sob refrigeração a nível de produtor rural. Entretanto, devido às precárias condições da

tecnologia de leite, seja a nível de produtor rural (HUHN et al. 1980) ou a nível de distribuição e armazenamento no comércio varejista (ROSSI et al. 1982) a produção e distribuição de leite ou de produtos lácteos requerem um progressivo programa de aperfeiçoamento de qualidade de leite em nossas condições e a todos os níveis. O desenvolvimento dessa tecnologia interessa ao produtor, ao consumidor e

(\*) Estudo conduzido no Laboratório de Microbiologia do CEPE/ILCT da EPAMIG — Rua Tenente Freitas, 116 CP. 183, CEP 36.100 — Juiz de Fora — MG.

(\*\*) Pesquisadores do CEPE/ILCT/EPAMIG.

(\*\*\*) Professor da EV-UFMG e Coordenador de Pesquisa da EPAMIG/ILCT.

a todos os setores da industrialização de produtos derivados.

De acordo com MABBITT (1980) para melhorar as atividades de produção de leite "in natura" deve-se observar os seguintes aspectos fundamentais: (i) minimização da contaminação durante as atividades de produção de leite; (ii) redução da taxa de crescimento de microrganismos durante o transporte e estocagem de leite. Esta mesma afirmativa é feita nos trabalhos de JORGENSEN (1981), de-VRIES (1981), TOLLE (1981) e PALMER (1981). Assim, o crescimento de microrganismos durante o transporte e estocagem pode ser significativamente reduzido em função de rígidos controles de tempo e temperatura do leite resfriado a uma temperatura preferencial de 4°C (MABBITT, 1980, 1981).

O leite recém ordenhado torna-se progressivamente contaminado com organismos termodúricos e Gram negativos a despeito dos cuidados e das precauções que podem ou não ser adotadas. Nesta ótica os contaminantes normais do leite podem ser considerados em três agrupamentos: (i) termo-estáveis; incluindo os *Streptococcus* dos grupos Lancefield D, N e os *Enterococcus* (IENISTEA et al. 1970; DAVIS, 1975), alguns organismos Gram negativos com relativa resistência térmica (ABD-EL-MALEK & GIBSON, 1952; SINGH & SINHA, 1981), as bactérias e os fungos formadores de esporos, incluindo os psicrófilos, *Bacillus cereus* e *Bacillus coagulans* além do gênero *Clostridium* (EVANS et al. 1970; ATHERTON et al. 1969; FRANKLIN, 1970; SCHRODER et al. 1982); (ii) termoinstáveis; incluindo os bastonetes Gram negativos e as enterobactérias listadas por DAVIS et al. (1973). Neste trabalho, o termo "termodúrico" tem o significado de "termoestável" e refere-se aos organismos viáveis no leite após o aquecimento de amostra à temperatura de 63°C durante 30 minutos, sendo definido como contagem global de termoestáveis (CGT). A contagem global padrão (CGP) é representada pela contagem para leite "in natura" antes do aquecimento da amostra. Assim, pode-se assumir a seguinte relação: CGP — CGT = CGN (1) onde CGN representa um grupo de bactérias relativamente termoinstáveis. Esta diferenciação leva em conta o aquecimento referencial as a uma temperatura teórica de 30 minutos (ELLIOTT et al.

## II. MATERIAL E MÉTODO

### a. Metodologia

Para estudar problemas gerais relativos à qualidade microbiológica de leite "in natura" adotou-se a contagem microbiana pelo método de placas, incluindo as enumerações globais CGP e CGT. O método geral de contagem CGP adotado, em essência, é o mesmo descrito por BRAZIS et al (1972a,b). Para CGT, empregou-se a mesma metodologia CGP para as amostras após o aquecimento à temperatura de 63°C durante 30 minutos. Para isto, algumas recomendações descritas pela Federação Internacional de Laticínios foram observadas (FIL 3:1958) porém a adoção da solução hidratante de Ringer foi refutada em favor do sistema tampão fosfato, de acordo com as recomendações de BRAZIS et al (1972b). Após o aquecimento e o período de residência total de 34 minutos, as amostras foram rapidamente resfriadas em banho de água e gelo.

### b. Amostras

Amostras de leite "in natura", proveniente de vários acondicionamentos higiênicos, foram tomadas a nível de produtor rural. A amostragem seguiu os cuidados indicados por BRAZIS et al (1972a). As amostras M1 — M6 representam diferentes parâmetros de acondicionamentos a nível de produtor rural. As amostras M1 e M2 comparam frações de leite "in natura", respectivamente, contendo a composição dos primeiros jatos e dos últimos jatos do rebanho, para as quais o esfriamento foi conduzido imediatamente pós-ordenha. Os dois blocos de amostras M3, M4 e M5, M6, comparam o efeito da higienização de úbere, da ordenha e a relavagem do latão na zona rural; M3 e M4 representam latões higienizados apenas na indústria, enquanto que M5 e M6 representam latões higienizados pela indústria e "relavados" na fonte de produção. As amostras M1, M2, M4 e M6 foram rapidamente esfriadas no pós-ordenha. Uma vez tomadas, as amostras foram rapidamente transportadas para o laboratório de microbiologia dentro de um período máximo de 60 minutos (2—4°C) entre a coleta e a análise. O número total de amostras coletadas a nível de produtor rural foi de 138, incluindo os seis parâmetros de acondicionamentos distribuídos no período experimental de um ano.

### c. Plaqueamento e incubação

As amostras foram divididas em duas frações homogêneas para procedimento das enumerações CGP e CGT, ampliando o n.º de sub-amostras no tempo zero para 276. Para enumeração CGT, 2 ml. de cada uma das frações homogêneas foram colocadas em tubos de ensaio de 100 x 12 mm com tampa rosqueável. Os tubos foram aquecidos em banho maria à temperatura de 63°C com controle termostático. Em experimentações preliminares, o tempo de 3 minutos foi considerado suficiente para que a temperatura do leite atingisse 62,5°C no tubo de referência. O tempo "come up" constante de 4 minutos foi adotado para tubos de ensaio de 100 x 12 mm. com 2ml da amostra, com imersão no banho maria até a altura de 2,5 cm da extremidade superior da tampa. O tempo total de residência foi de 34 minutos, após os

quais, as amostras foram rapidamente resfriadas em banho de água e gelo (THOMAS & THOMAS, 1978).

As diluições foram conduzidas em tubos de ensaio contendo 9 ml. de tampão fosfato, ou em vidros especiais com 99 ml. do mesmo tampão. Para o plaqueamento foram tomados volumes constantes de 1 ml. das diluições para as placas. O agar padrão indicado por OKEY & WALTER (1972) foi adotado como sistema de nutriente.

As placas foram incubadas à temperatura de 30°C durante um período de 72 horas. A leitura das placas foi feita em contador de colônias (Phoenix mod. EC 550A).

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para qualidade de leite "in natura", a nível de produtor, são os apresentados no Quadro 1. A fração da

QUADRO 1a — Qualidade microbiológica de leite sob diferentes acondicionamentos higiênicos a nível de produtor rural.

Tipo de Contagem	log. u.f.c./ml					
	M1	M2	M3*	M4	M5	M6
CGP (A)	3,39	2,84	5,07	5,00	5,45	5,16
CGT (B)	1,76	1,52	3,88	3,82	4,17	4,23
CGN (C)	3,38	2,81	5,04	4,98	5,43	5,10
B/Ax100 (%)	2,31	4,80	6,42	6,56	5,19	11,87
C/Ax100 (%)	97,69	95,20	93,58	93,44	94,81	88,13

- CGP = Contagem global padrão após incubações a 30°C durante 72 horas.  
 CGT = Contagem global de termoestáveis após o aquecimento a 63°C durante 30 minutos e incubação a 30°C durante 72 horas.  
 CGN = CGP — CGT  
 M1 — Fração da ordenha inicial, incluindo os primeiros jatos, de leite "in natura" esfriado;  
 M2 — Fração da ordenha final, incluindo os últimos jatos, de leite "in natura" esfriado;  
 M3 = Úbere não higienizado, acondicionado em latões lavados pela indústria, leite não esfriado;  
 M4 — Úbere não higienizado, acondicionado em latões lavados pela indústria, leite esfriado;  
 M5 = Úbere higienizado, acondicionado em latões lavados pela indústria e na fazenda, leite não esfriado;  
 M6 = Úbere higienizado, acondicionado em latões lavados pela indústria e na fazenda, leite esfriado;  
 (\*) Situação considerada representativa da grande maioria dos produtores atuais.



ordena inicial, contém uma carga microbiana significativamente mais elevada, veja Quadro 1a e amostras M1 e M2 (p menor que 0,05) provavelmente devido a progressiva e contínua invasão de organismos tipicamente encontrados no canal da teta e nas cavidades da cisterna inferior. JORGENSEN (1981) listou tais organismos como "similares àqueles da superfície do úbere", que em ordem decrescente da frequência numérica, são incluídos *Staphylococcus* sp., coliformes, *Pseudomonas* sp., *Corynebacterium* sp., *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., *Actinomyces* sp., e *Proteus* sp. Como complemento a esta listagem, com ênfase especial para as regiões tropicais, os organismos termoestáveis dos gêneros *Clostridium*, *Bacillus*, e *Streptococcus* devem ser lembrados (GOUDKOV & SHARPE, 1965; KREULA, 1977; IENISTEA et al. 1970; SKJELKVALE et al. 1979).

Quando os animais são mantidos sobre pastagens naturais estas contaminações externas tendem a reduzir de intensidade por um fator de pelo menos 100 vezes. JORGENSEN (1981) indicou que a contaminação externa à teta é de magnitude similar ou superior à contagem que se pode observar nas cavidades da cisterna inferior do úbere interno. Operações higiênicas pré-ordena diárias, tal como a lavagem do úbere e das tefas com solução de hipoclorito de sódio seguida pela aplicação de papel toalha, pode promover uma redução da contaminação do leite no úbere interno, e, conseqüentemente, obter resultados similares ou mais reduzidos do que os demonstrados no Quadro 1 (amostra M2). A amostra M1 representa a composição dos primeiros jatos de todas as vacas

do rebanho experimental, enquanto que a amostra M2 representa os últimos jatos de todas as vacas do mesmo rebanho. Observa-se que no final da ordenha ocorre uma significativa redução da CGP, em cerca de 72,3%. Comparativamente, a redução em organismos termoestáveis foi bem menor, cerca de 57,9% (ver Quadro 1b).

Observando as amostras M3 a M6, divididas em dois blocos, M3 e M4 relativas respectivamente a úbere não higienizado e latões lavados pela indústria (M3 não foi esfriado e M4 foi esfriado) e M5 e M6 relativas respectivamente a úbere higienizado e latões lavados pela indústria e na fazenda (M5 não foi esfriado e M6 foi esfriado), verifica-se que o acondicionamento M3 e M4, quando comparado à situação definida por M5 e M6 indica que a "relavagem" dos latões pelo produtor, junto com uma melhor higienização do úbere promoveu incremento de 142% (M3 → M5) e de 42% (M4 → M6), ambos para CGP (ver Quadro 1b). Isto indica que houve uma redução na velocidade de crescimento, para as amostras esfriadas, da ordem de 70% para enumeração CGP. A "relavagem" dos latões pelo produtor, junto com uma melhor higienização do úbere, promoveu incrementos relativos a CGT em 96% de M3 → M5 e de 158% de M4 → M6 (ver Quadro 1b).

Nesta ótica integral, higiênico e autêntico tende a apresentar uma alta carga microbiana termoestável relativa; entretanto, o valor de CGP aproxima zero para o leite recém ordenhado e cresce em função do tempo, da temperatura e de outros fatores não considerados no presente trabalho. Pode-se defi-

QUADRO 1b — Qualidade microbiológica de leite sob diferentes acondicionamentos higiênicos a nível de produtor rural.

Tipo de Contagem	u.f.c./ml					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
CGP (A)	2.455	692	117.490	100.000	281.838	144.544
CGT (B)	58	33	7.586	6.607	14.791	16.982
CGN (C)	2.397	659	109.904	93.393	267.047	127.562
B/A x 100 (%)	2,36	4,77	6,46	6,61	5,25	11,75
C/A x 100 (%)	97,64	95,23	93,54	93,39	94,75	88,25

nir como leite higiênico, integral, autêntico "in natura" aquele proveniente de animais e úberes sadios e que contém o mais elevado percentual de microrganismos termoinstáveis, relação entre as enumerações CGN e CGT, cujo valor de CGP aproxima-se de zero. Do ponto de vista político, esta definição atende ao anelo da nutrição humana. Esta conceituação assume um nível normal de saúde para o úbere e para o animal e ausência de conservadores de qualquer natureza ou espécie. Deste modo a enumeração da amostra após o aquecimento (CGT), poderá recuperar bactérias dos gêneros *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Alcaligenes*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Streptomyces*, e estirpes de coliformes (ELLIOTT et al. 1974; THOMAS & THOMAS, 1978). A contar do pós-ordena, com o progresso do tempo e da manipulação com o leite "in natura", ocorrerá invariavelmente um progressivo incremento do percentual de termoestáveis no leite. Este aumento será mais ou menos acelerado respectivamente em função de um menor ou maior rigor dos controles de temperaturas de refrigerações e do tempo de vida do leite, cujo ponto final encerra com a digestão monogástrica. Por outro lado não se deve pretender a ausência absoluta de microrganismos e de crescimento microbiano no leite "in natura", visto que o próprio crescimento microbiano, até certo ponto, pode representar um atributo do valor biológico intrínseco, cuja essência está intimamente ligada à zimogenia de um grande número

de bactérias encontradas no leite "in natura".

Um certo número e certos tipos de bactérias presentes no leite "in natura", a exemplo dos representantes do gênero *Bacillus*, são termogênicos e, até certo ponto liberam calor gerado pelo metabolismo celular para o leite como meio ambiente. Daí, pode-se concluir a importância da capacidade e dos sistemas de controle de temperatura nos resfriadores de leite "in natura". A temperatura de 4°C deve ser considerada como limite máximo de referência para o caso de estocagem de leite na fazenda (AUCLAIR & MOCQUOT, 1968). A adoção intensiva do resfriamento e estocagem de leite "in natura" na fazenda exige ainda a substituição do latão convencional de transporte por um sistema mais adequado e que, ao mesmo tempo, permita a higienização sanitária das superfícies de contato com o leite "in natura".

O Quadro 2 demonstra e compara latões recém estanhados e latões precários quanto à facilidade de limpeza e higienização. Os resultados obtidos indicam que a contribuição do latão, por si somente, pode atingir no leite, imediatamente após o ato de verter, uma contagem de 78.000 u.f.c./ml para CGP (log = 4,89, veja Quadro 2) cuja flora microbiana é tipicamente constituída pelos termoestáveis já listados

QUADRO 2 — Contribuição do latão para a contagem de bactérias a nível de plantaforma de recepção industrial (a)

Observação	log u.f.c./dm <sup>2</sup>		Contribuição log u.f.c./ml
	Máximo <sup>(b)</sup>	Observado	
Latões recém estanhados	5,85	5,53	2,70
Latões precários	5,85	7,72	4,89

(a) O número total de amostras em cada situação foi de 23; o coeficiente de variação foi elevado com as contagens para os latões precários (40%), para os recém estanhados foi de 15%.

(b) Limite máximo desejável.

(THOMAS & THOMAS, 1978). O Quadro 3 demonstra o acompanhamento do crescimento no leite "in natura", sob condições de estocagens às temperaturas de 4, 20 e 25°C, durante um período de até 18 horas. A análise dos resultados, através da determinação dos modelos de regressão linear múltipla, foi satisfatória para CGP às temperaturas de 20 e 25°C ( $r^2 = 0,467$  e  $r^2 = 0,586$ ) respectivamente. Por outro lado, a mesma análise de regressão para CGT às temperaturas de 20 e 25°C resultou em coeficientes de determinação não significativos,  $r^2 = 0,036$  e  $r^2 = 0,092$ , respectivamente. As duas equações resultantes para CGP às temperaturas de 20 e 25°C são as seguintes:

$$\log CGP_{(20)} = 4,404 + 0,1120 \cdot t \quad (2)$$

$$\log CGP_{(25)} = 4,361 + 0,1546 \cdot t \quad (3)$$

As equações (2) e (3) têm validade para t, expresso em horas, nos limites de intervalo entre 0 — 18 horas. A informação da literatura, proveniente de outras regiões, nos indica que a população microbiana dobra em cada 10 horas, e ao final de 72 horas, à temperatura de 4°C, pode atingir 8 divisões mitóticas (MABBITT, 1981). Como a temperatura de 4°C é normalmente eleita como limite máximo para estocagem de leite na propriedade rural, um estudo mais prolongado (120 a 150 horas) deverá ser conduzido nesta temperatura, visando

**QUADRO 3 — Acompanhamento do crescimento microbiano no leite "in natura" durante 18 horas sob condições de estocagem às temperatura de 4°C, 20°C e 25°C.**

Período	Tipo de contagem	Amostra	Tempo de estocagem	Log. u.f.c./ml		
				4°C	20°C	25°C
Abr.-Set	CGP	M4	0	5,10	5,10	5,10
			4	5,01	5,06	5,27
			18	5,75	7,43	8,53
		M6	0	4,49	4,49	4,49
			4	4,41	4,07	4,45
			18	5,31	6,42	8,59
	CGT	M4	0	2,88	2,88	2,88
			4	2,85	2,85	2,86
			18	2,87	3,35	4,12
		M6	0	2,41	2,41	2,41
			4	2,44	2,18	2,37
			18	2,33	3,20	4,25
Out.-Mar.	CGP	M4	0	5,42	5,42	5,42
			4	4,92	4,97	5,03
			18	5,65	7,58	7,65
		M6	0	5,61	5,61	5,61
			4	5,39	5,01	5,51
			18	5,58	7,46	7,85
	CGT	M4	0	4,32	4,32	4,32
			4	4,12	3,22	4,05
			18	4,03	4,71	5,33
		M6	0	4,48	4,48	4,48
			4	4,39	4,02	4,75
			18	4,43	4,91	5,33

CGP = Contagem global padrão.

CGT = Contagem de termoestáveis.

Leite esfiado em latões lavados pela indústria.

Leite esfiado em latões lavados pela indústria e pelo produtor.

estabelecer equações similares às (2) e (3). Este estudo deve abranger a problemática de refrigeração a nível de produção, de transformação e de centros urbanos de consumo de leite. CONNOR (1981) publicou informações que, ao serem convertidas em números, indicam que as velocidades de crescimento, médias observadas para CGP e para CNG, satisfazem as seguintes equações:

$$\log CGP_{(2^\circ C)} = 3,070 + 0,5696 \cdot t \quad (4)$$

$$\log CGP_{(4^\circ C)} = 3,389 + 0,5293 \cdot t \quad (5)$$

$$\log CGN_{(2^\circ C)} = 3,622 + 0,4794 \cdot t \quad (6)$$

$$\log CGN_{(4^\circ C)} = 3,862 + 0,5423 \cdot t \quad (7)$$

É importante ressaltar que, neste caso, CGN nas equações (6) e (7) corresponde ao valor real obtido através da enumeração direta do que se pode definir como Gram negativos totais utilizando "Violet Red Bile Agar" como meio de plaqueamento. Para as equações 4 — 7, o valor de t deverá ser dado em unidade de dias ou frações de dia, limitando-se ao intervalo de zero até 7,9 dias. Para efeito de análise, observando as expressões (2) a (7), assumindo ainda uma CGP ou uma CGN iniciais próximas de zero (o que se pode definir como uma constante K regional) isto é, correspondendo a 1 u.f.c./ml., a componente "a" da expressão  $y = a + bx$  pode ser eliminada. Assim sendo, o valor "b" representa a velocidade de crescimento bacteriano em uma determinada temperatura. A figura 1 demonstra uma curva que pode ser adotada para estimar o efeito da temperatura de estocagem de leite "in natura" no crescimento bacteriano (CGP) para o intervalo de 2 a 25°C. A expressão (8) foi a que melhor ajustou-se aos dados experimentais:

$$Y = a \cdot e^{bx} \quad (8)$$

onde "x" representa a temperatura de estocagem em graus na escala centígrada (°C) e com os valores estimados  $a = 1,2475$ ;  $b = 0,2366$ . A análise crítica destes valores estimados resultou no coeficiente de determinação  $r^2 = 0,985$ , significativo ao nível de 1%, para os intervalos de até 18 horas de estocagem.

Para o crescimento de termofílicos a 25°C (CGT) a equação resultante foi:  $\log CGT_{(25)} = 2,6604 + 0,0501$

coeficiente de correlação "r" foi de apenas 0,304. Entretanto, para efeito meramente analítico, pode-se determinar teoricamente os valores "a" e "b" esperados para expressão (8), considerando os intervalos

de 2 s 25°C para CGT. Assumindo diferenciação das velocidades "b" nas expressões (3) e (4) resulta numa depressão mínima da taxa de crescimento quando se reduz a temperatura de 25 para 2°C, o valor  $b_{(25)} = 0,0501$  será 88 vezes menor a 2°C, ou seja,  $b_{(2)} = 5,69 \cdot 10^{-4}$ ; o que representa um crescimento insignificante.

Assumindo os dados nas Tabelas 1a, 1b e 2; observa-se que certos fatores tecnológicos, que promovem decrementos e/ou incrementos do número de células por mililitro, podem ser expressos numericamente. Estes fatores, aqui definidos como  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ , e  $f_5$ , podem ser estimados em função de seus efeitos independentes demonstrados experimentalmente. Assim, a adoção operacional da eliminação dos primeiros jatos, promovendo uma redução de 71,8% em relação a inclusão dos primeiros jatos ( $f_1 = -0,162242$ ) pode ser considerada calculando-se  $f_1$  através da expressão:

$$f = \frac{\log M_2 - \log M_1}{K} \quad (9)$$

o valor K é definido como o logaritmo do número de u.f.c./ml observado para uma dada região e/ou período anual. Se o valor de K for 3,39 (veja Tabela 1a)  $f_1 = (2,84 - 3,39)/3,39 = -0,162242$ . Deste modo, outros fatores podem ser propostos: o emprego de latões em precárias condições (veja contribuição do latão em  $\log$  u.f.c./ml na Tabela 2) resulta em um  $f_2 = 0,811111$ ; a contribuição operacional do uso do balde e adoção de ordenha higiênicos (veja os dados M3 e M5 na Tabela 1a) resulta em  $f_3 = 0,074951$ ; a adoção de um sistema de resfriamento rápido (veja dados médios M3 e M4 contra M5 e M6 na Tabela 1a) resulta em  $f_4 = -0,053211$ ; etc.,  $f_5 = 0,053625$ . Deste modo a qualidade microbiológica de leite "in natura" (Y expresso em u.f.c./l) pode ser previamente estimada através dos parâmetros já citados. Assim sendo, a expressão geral assume a seguinte forma:

$$Y = a \cdot e^{bx} \cdot \text{antilog} [K + Kf_1 + Kf_2 + Kf_3 + Kf_4 + Kf_5] \quad (10)$$

Os valores  $f_1 - f_5$ , exemplificados para o universo experimental são os indicados anteriormente.

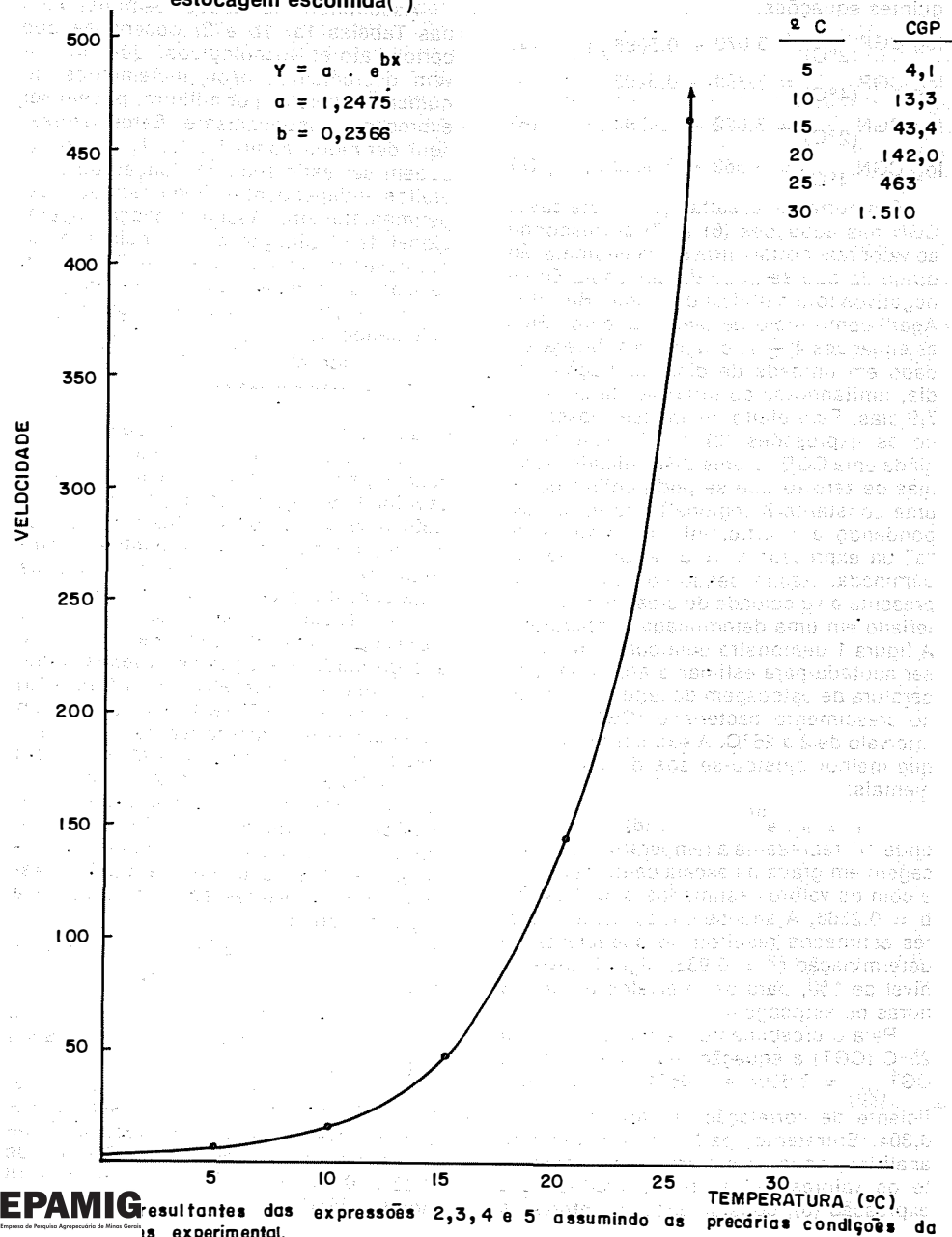
Um leite que, a nível de teta, apresentar uma CGP de 685 u.f.c./ml, ao ser submetido às diversas situações precárias listadas na Tabela 1a, apresentará CGP (s) de  $7,52 \cdot 10^6$  a  $13,4 \cdot 10^6$  u.f.c./ml após 18 horas a 25°C.



De acordo com os dados publicados por CONNOR (1981) os tempos de geração às temperaturas de 2 e 4°C são respectivamente 12,7 horas e 13,65 horas para CGP e de 15,07 horas e 13,32 horas para CGN. Quando CGP e CGN são considera-

dos como metodologias alternativas para controle de qualidade de leite "in natura", pode-se demonstrar um elevado grau de correlação entre u.f.c./ml e o tempo de estocagem às temperaturas de 2 a 4°C, com os coeficientes de determinação  $r^2 =$

FIGURA 1 — Previsão do crescimento microbiano (CGP) em função da temperatura de estocagem escolhida(\*)



0,978 para CGP e 0,921 para CGN; ambos se apresentam como excelentes atributos para medição de qualidade microbiológica, desde que o uso de conservadores químicos não seja admitido no contexto oficial ou no contexto oficioso.

O Quadro 4 demonstra o desenvolvimento de acidez titulável para as amostras M4 e M6 estratificadas por três períodos anuais após a estocagem de 18 horas. Adotando-se os coeficientes de determinação como indicadores, a melhor correlação entre crescimento microbiano e acidez (em graus Dornic) ocorreu nos períodos de novembro-fevereiro, respectivamente 0,309 para M4 e 0,457 para M6. Os resultados indicam que a grandeza "acidez Dornic" determinada em amostras de leite "in natura" é bastante falha como atributo qualitativo mensurável a nível de plataforma de recepção de leite, principalmente quando em diferentes temperaturas. O crescimento microbiano que ocorre no leite "in natura" resulta na liberação de resíduos químicos de importância higiênica, tais como: as toxinas residuais, os inibidores metabólicos e/ou hormônios (ALBRECHT & TATINI, 1976; VARGAS, 1978). Do ponto de vista alimentar, o enfoque em outros metabólitos químicos, que não o ácido láctico, parece merecer uma atenção especial, quando se procura reduzir produtos acumulados resultantes do crescimento microbiano, para os sistemas de atributos indiretos de qualidade microbiológica a nível de plataforma. Para avaliação da presença de substâncias inibidoras presentes no leite "in natura", *Sarcina lutea* (ATCC 9341) e/ou *Bacillus megaterium* (ATCC 9855) devem ser preferencialmente escolhidos (SCHIEMANN, 1976).

#### IV. CONCLUSÃO

A fração dos primeiros jatos de uma ordenha contém uma carga microbiana significativamente elevada ( $p$  menor que 0,05). Os resultados demonstram uma notável melhoria de qualidade a nível de teta, quando os resultados anteriores (BARBOSA, 1953) são comparados com os obtidos neste trabalho. Para ambas enumerações (CGP e CGT) há uma acentuada tendência de redução do número de u.f.c./ml no final da ordenha. Por outro lado, os resultados demonstram que os esforços para redução de contaminação a nível de ordenha e ambiente de estábulo são fartamente mascarados pelo emprego de latões precariamente estanhados e com um baixo nível higiênico-sanitário. Com base na experiência deste trabalho o termo "leite higiênico

íntegro" pode ser definido como aquele que, além de ser proveniente higienicamente de animais sadios, apresenta uma elevada proporção de bactérias termoinstáveis em relação a um baixo valor para a enumeração de bactérias totais incluindo anaeróbicos totais. Deste modo, a enumeração de termodúricos totais, a contar do pós-ordenha, mostra um progressivo incremento em função da temperatura de estocagem, do tempo e das técnicas operacionais adotadas para manipulação do leite "in natura". Estes conceitos assumem um nível normal de saúde animal e do úbere, junto com a ausência de conservadores químicos de qualquer natureza ou espécie. O crescimento microbiano no leite "in natura" representa um fato esperado que pode ser estimado e previsto em função da temperatura de estocagem, do tempo pós-ordenha e das condições higiênicas adotadas. Estes fatores podem ser agrupados em uma única expressão matemática:

$$Y = a \cdot e^{bx} \cdot \text{antilog} (K + Kf_1 + Kf_2 + Kf_3 + Kf_4 + Kf_5 + Kf_6 + Kf_7 + Kf_8) \quad (10)$$

onde o valor  $Y$  exprime u.f.c./ml que se deve esperar para o leite "in natura" estocado a uma temperatura  $x$  (°C); considerando  $K$  (log. do valor da u.f.c./ml) como dado médio que se pode obter a nível de teta para uma dada região ou período anual, cujo leite "in natura" foi obtido através das técnicas operacionais  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8$ ; e cujos valores estimados para o presente universo experimental, respectivamente, foi de:  $-0,162242$ ;  $0,811111$ ;  $0,074951$ ;  $-0,053211$ ; e  $0,053625$ . O valor "b" depende do tipo de enumeração e da natureza da flora presente no leite "in natura". O valor "a" pode ser considerado uma constante com magnitude de 1,2475.

Quando CGP e CGN são consideradas como metodologias alternativas para controle de qualidade de leite "in natura", pode ser demonstrada uma elevada correlação entre u.f.c./ml e o tempo de estocagem às temperaturas de 2 — 4°C, tanto para CGP quanto para CGN (CONNOR, 1981).

A caracterização da qualidade bio-sanitária de leite exige a adoção de certos atributos qualitativos, dentre os quais este trabalho pode sugerir três: (i) CGP, (ii) CGT e (iii) CGN. Outras técnicas que podem ser adotadas são, em geral, indiretas e incluem: (i) aplicação de indicadores de potencial de oxido-redução, (ii) determinação de acidez titulável, (iii) determinação

QUADRO 4 — Desenvolvimento de acidez e crescimento microbiano em leite "in natura" estocado em diferentes temperaturas sob dois níveis de acondicionamento.

Amostras	Período	4°C		20°C		25°C		1/2 para o período
		Acidez	log. u.f.c./ml	Acidez	log. u.f.c./ml	Acidez	log. u.f.c./ml	
M4	Nov.-Fev.	17,5	5,85	18,5	6,88	19,5	7,64	0,309
	Mar.-Jun.	18,0	5,91	19,4	7,55	19,0	8,63	0,215
	Jul.-Out.	16,3	3,63	16,2	6,45	15,7	6,87	0,309
M6	Nov.-Fev.	17,2	5,76	18,2	7,59	19,7	7,91	0,457
	Mar.-Jun.	17,9	5,53	18,6	6,99	19,1	8,70	0,202
	Jul.-Out.	16,7	4,54	17,2	6,15	16,7	6,71	0,319

M4 = Leite "in natura" esfriado, acondicionado em latões lavados pela indústria; úbere e ordenha não higiênicos.  
M6 = Leite "in natura" esfriado, acondicionado em latões lavados pela indústria e relavados pelo produtor; úbere e ordenha higiênicos.

r<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação para o período indicado "independente" da temperatura (de estocagem).

de metabólitos intermediários. A determinação de piruvatos no leite deverá, em breve, substituir a técnica Dornic tradicional.

# SUMMARY

VARGAS, O. L.; FELÍCIO-FILHO, A.; SANTOS, E.C. DOS, A study of some principles relating to the concept of the bacteriological quality of whole raw milk. *Revista do ILCT*, vol. 9(232): 3-14, (1984).

This work comprised a case study of the bacteriological quality of whole raw milk at the farm and dairy plant levels. Whole last and front milk samples were taken at the teat, bucket and tinned can levels, followed by a quick ice cooling and not followed by cooling. Certain representative samples were stored for time periods up to 18 hours at 4°C, 20°C and 25°C and they were analysed for total standard bacterial count (CGP), thermocuric count (CGT) and acid production at the time 0, 4 and 18 hours. The results have demonstrated a significant higher degree of microbial invasion established in the first milking fraction as compared to the last milking fraction ( $p < 0,05$ ). It was also established that the post milking growth of microorganisms in raw milk is an expected fact which can be predicted by the following function:

$$Y = a \cdot e^{bx} \cdot \text{antilog} (K + Kf_j + Kf_l + Kf_b + Kf_r + Kf_h)$$

It was also demonstrated that certain hygienic care can be accounted by special weighted numbers as a function of an average regional pre-established bacterial count. These principles may have a wide application as a government tool to establish regional policy for the development of hygienic milk quality at the consumer level. A general absolute growth curve for describing the evolution of bacterial population after 18 hours of storage was also established. This curve is described by  $Y = a \cdot e^{bx}$  (significant at the level of 1%) where "a" has a constant value of 1,2475; "b" depends on the type of the mixed population in the milk and "x" is the chosen storage temperature. The value for "Y" is what one would expect for bacterial quality of milk expressed in u.f.c./ml.

# AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas TO-

SHIYUKI TANAKA e J.A. BONILLA pelas críticas e sugestões apresentadas.

# LITERATURA CONSULTADA

- ABD-EL-MALEK, Y. & GIBSON, T.: Studies in the bacteriology of milk: IV. The Gram negative rods of milk. *Journal of Dairy Research*, 19:294, 1952.
- ALBRECHT, J. E. & TATINI, S. R.: A method to measure pyruvate in milk. *Journal of Milk and Food Technology*, 39 (11):776-777, 1976.
- ATHERTON, H. V.; ADESS, M. L. & BEAULIEU, R. D.: Growth and resistance characteristics of some yeasts isolated from raw milk. *Journal of Dairy Science*, 52 (6):896, 1969.
- AUCLAIR, J. & MOCQUOT, G.: Growth of psychrotrophic organisms and their influence on cheese and fermented milks. *IDF. Seminar on psychrotrophic organisms* (subj. n.º 8) University of Sussex, Brighton; em 7 - 10 de abril de 1968, p. 2.
- BARBOSA, H.D.C.: Considerações sobre higiene do leite. *FELCTIANO*, 8(47): 3 - 14, 1953.
- BRAZIS, A. R.; CLARK, W. S. & SANDINE, W.: In: American Public Health Association, Washington, D.C., *Standard Method for the Examination of Dairy Products: Standard plate count method*. 13 ed. Washington, D.C., pp. 71 - 87, 1972a.
- BRAZIS, A. R.; COOK, E. W.; SCHAFFER, E. F.; HANSEN, H. K. & WHALEY, K. W.: In: American Public Health Association, Washington D.C. *Standard Method for the Examination of Dairy Products; Sampling Dairy Products*. 13 ed., Washington D.C., pp. 28 - 45, 1972b.
- CONNOR, F. O.: in: The series of papers of the IDF symposium on bacteriological quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel, Growth of bacteria in farm milk supplies, Kiel, 33(4):333 - 336, 1981.
- DAVIS, B. D.; DULBECCO, R.; EISEN, H. N.; GINSBERG, H. S.; WOOD, W. B. & MCCARTIN, M.: *Microbiology*, 2nd edition p., 788 Harper & Row, Publishers, London, 1973.
- DAVIS, J. G.: In: Lactic acid bacteria in beverages and food; The microbiology of yoghurt (edited by CARR, J. G.; CUTTING, C. V.; WHITING, G. C.) Academic Press, p., 248, London, 1975.
- de-VRIES, T. J.: In: The series of papers of the IDF symposium on bacteriological quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel; The mammary gland, Kiel, pp. 372 - 381, 1981.



ELLIOTT, J. A.; EMMONS, D.B. & YATES, A. R.: The influence of the bacterial quality of milk on the properties of dairy products. A review; *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 7(1):32-39, 1974.

—, —. FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE LATICÍNIOS, Enumeração de microrganismos do leite líquido e do leite em pó. *FIL, Doc. 3*, 1958.

EVANS, D. A.; HANKINSON, D. J. & LITSKY W. Heat Resistance of Certain Pathogenic Bacteria in Milk Using a Commercial Plate Heat Exchanger. *Journal of Dairy Science* 53(12): 1659-1665, 1970.

FRANKLIN, J. G.: Spores in milk; Problems associated with UHT processing. *Journal of Applied Bacteriology*, 33:180-191, 1970.

GEHRIGER, G.: In; The series of papers of the IDF symposium on bacteriological quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel; Manipulation of bacteria in milk during farm storage, Kiel, 33(4):317-323, 1982.

GOUDKOV, A. V. & SHARPE, M. E.: Clostridia in dairying. *Journal of Applied Bacteriology*, 28(1):63-73, 1965.

HUHN, S.; HAJDENWURCEL, J. R.; MO-RAES, J. M. & VARGAS, O. L.: Qualidade microbiológica de leite cru obtido por meio de ordenha manual e mecânica e ao chegar à plataforma. *Revista do ILCT*, 35(209):3-8, 1980.

IENISTEA, C.; CHITU, M. & ROMAN, A.: Heat resistance in milk of some strains of group D streptococci from pasteurized milk and the influence exerted on their growth by selective media. *Zbl. Bakt., I. Abt. Orig.*, 215:173-181, 1970.

JORGENSEN, K.: In; The series of papers of the IDF symposium on bacteriological quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel. The microflora of the udder: interior and surface, Kiel, 33(4):290, 1981.

KREULA, M.: The role of silage in preventing the clostridia problem in cheese making. *Tidsskrift*, 43(11/12):360-368, 1977.

MABBITT, L. A.: In; Factors influencing the bacteriological quality of raw milk; The bacterial quality of raw milk, a summary; *International Dairy Federation, Doc. 120*:30-31, Brussels, 1980.

MARRITT, L. A.: In; The series of papers of the IDF symposium on bacteriology-

cal quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel; Metabolic activity of bacteria in raw milk, Kiel 33(4):273-280, 1981.

OKEY, C. H. & WALTER, W. G.: In; American Public Health Association, Washington, D.C., Standard method for the examination of dairy products; Culture media and preparation, 13 ed. Washington D.C., p. 62, 1972.

PALMER, J.: In; The series of papers of the IDF symposium on bacteriological quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel, Contamination of milk from the milking environment, Kiel, 33(4):307-316, 1981.

ROSSI, Jr. O. D.; NADER, A. F.; FALEIROS, R. R.; LOPES, J. L. & SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.: Análises das condições físico-químicas e bacteriológicas do leite oferecido ao comércio em Jaboticabal-SP. *Revista do ILCT*, 37(229):15-19, 1982.

SCHIEHMANN, D. A.: Inhibition substances in the milk supply of Southern Ontario. *Journal of Milk and Food Technology*, 39(7):490-492, 1976.

SCHRODER, M. J. A.; COUSINS, C. M. & MCKINNON, C. H.: Effect of psychrotrophic post-pasteurization contamination on the keeping quality at 11 and 5°C of HTST-pasteurized milk in the UK. *Journal of Dairy Research*, 49:619-630, 1982.

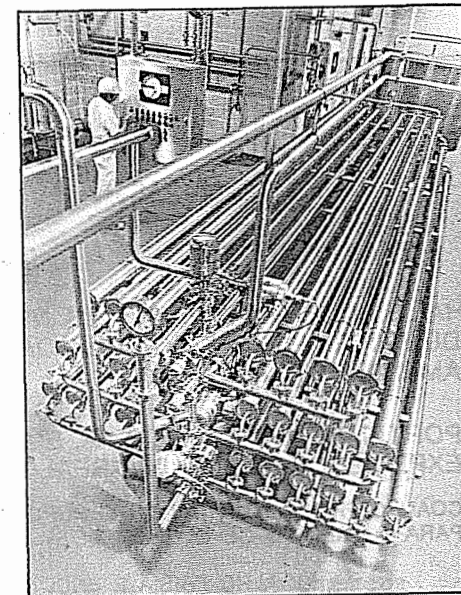
SINGH, K. & SINHA, R. N.: Rapid detection of coliforms in pasteurized milk. *India Journal of Dairy Science*, 34(3): 305-309, 1981.

SKJELKVALE, R.; STRINGER, M. F. & SMART, J. L.: Enterotoxin production by lecithinase-positive and lecithinase-negative *Clostridium perfringens* isolated from food poisoning outbreaks and other sources. *Journal of Applied Bacteriology*, 47(3):329-339, 1979.

THOMAS, S. B. & THOMAS, B. F.: The bacterial content of milking machines and pipeline milking plants. *Dairy Industry International*, 45(5):17-26, 1978.

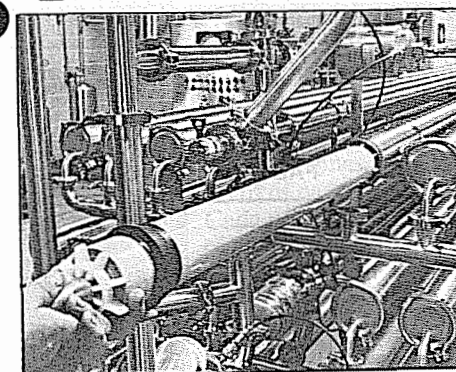
TOLLE, A.: In; The series of papers of the IDF symposium on bacteriological quality of raw milk; at the Federal Dairy Research Centre, Kiel; Public Health Aspects, Kiel, 33(4):281-287, 1981.

VARGAS, O. L.: A study of the heat-stable casein proteolytic enzyme systems produced by some strains of psychrophilic bacteria: (Tese de Mestrado) pp. 1 - 122, University of Glasgow, Glasgow, 1978.



## por que ultrafiltração reginox?

- Porque aumenta 10 a 30% a sua produção de queijo tipo fresco, prato ou outros.
- Porque você não joga fora o soro, um resíduo poluente.
- Porque o permeado da Ultrafiltração é rico em lactose, que pode ser aproveitada através da Osmose Reversa Reginox.
- Porque você conta com a qualidade de nossos equipamentos e a tecnologia Tri-Clover/B.V. /Reginox.



COMPROVE OS RESULTADOS, SOLICITANDO UM TESTE COM A NOSSA UNIDADE PILOTO. CONSULTE-NOS. PEÇA CATÁLOGOS.

ng in Finland. Nordeuropaeisk Me-

 **reginox**

**INDÚSTRIA MECÂNICA LTDA.**

Rua Hum, 690 - Centro Industrial Guarulhos - 07000 - Guarulhos, SP - B. Bonsucesso - Brasil - Telefone pabx tronco chave: (011) 208-1322 - Telegramas: reginox - Telex: (011) 33924 RIML BR



Sob licença de LADISH CO. TRI-CLOVER DIVISION



# COALHO FRISIA KINGMA & CIA. LTDA.

**58 ANOS DE TRADIÇÃO — QUALIDADE — APERFEIÇOAMENTO**

HA 58 ANOS FOI IMPLANTADA NO BRASIL, EM MANTIQUEIRA, SANTOS DUMONT, A 1.ª FÁBRICA DE COALHO (RENINA PURA) DO BRASIL E DA AMÉRICA DO SUL.

PORTANTO, COALHO FRISIA, EM LÍQUIDO E EM PÓ, NÃO É MAIS UMA EXPERIÊNCIA E SIM UMA REALIDADE.

COALHO FRISIA É UM PRODUTO PURO (RENINA) E POR ESTA RAZÃO É PREFERIDO PARA O FABRICO DE QUEIJOS DE ALTA QUALIDADE.

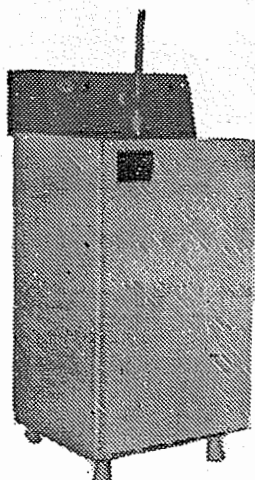
COALHO FRISIA É ENCONTRADO A VENDA EM TODO PAÍS.

COALHO FRISIA É O COALHO DE TODO DIA.

**KINGMA & CIA. LTDA. — CAIXA POSTAL, 26 — SANTOS DUMONT — MG**  
Telefone : 251-1680 (DDD 032)

## Ind. Mec. São José Ltda.

FÁBRICA DE MÁQUINAS PARA LATICÍNIOS E REFORMAS



Máquinas para lavar latões de leite,  
Esteiras transportadora de latões,  
Aparelho para teste de Crioscopia,  
Batedeiras de Manteiga  
Tachos para doces e Requeijão, Tanques  
para queijos e estocagem etc.

Av. dos Andradas, 1146 (fundos) — Tel.: 212-6160  
36.100 — JUIZ DE FORA — MG

**EPAMIG - CEPE - ILCT**  
**BIBLIOTECA**

## Juventino Luz. Guarda-freios.



Piuuuuuuu...  
... e vem o trem.  
E, na mesma linha,  
em sentido contrário,  
vem outro trem.  
Dentro dos trens,  
sacolejando sobre os  
dormentes e trilhos,  
vem a vida.  
Vem a esperança.  
A vontade de chegar.  
O desejo do encontro.  
Juventino Luz,  
guarda-freios,  
sai calmamente da  
sua guarita, com  
lanterna e alavanca.  
Ele sabe o que pode  
acontecer se não fizer  
o seu trabalho, mas,  
ainda assim, não se  
afoba. Introduce a  
alavanca entre os  
trilhos e repete aquilo  
que vem fazendo há  
quase 30 anos:  
desvia as linhas.  
Os trens passam.  
Cada um rumo ao  
seu destino.  
E lá se vão, levando  
a vida e os  
sentimentos.

**Gente.**  
**O maior**  
**valor**  
**da vida.**

**Nestlé®**

Companhia Industrial e Comercial Brasileira de Produtos Alimentares

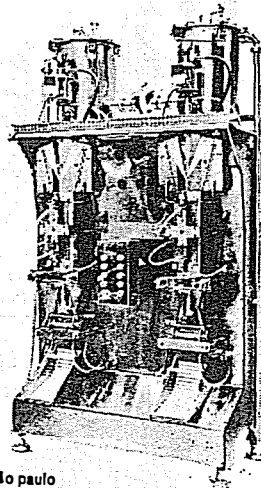


# Prepac eco 6 6600 l/h

APRESENTAMOS O MODELO  
«ECO 6» 6600 L/H DA SÉRIE  
«ECOMATIC» PARA EMBALAR  
LÍQUIDOS AUTOMATICAMENTE

**Prepac do Brasil**  
máquinas automáticas de embalagem lida

av. octaltes marcondes ferreira, 338 (antiga av. central) - jurubatuba - santo amaro - são paulo  
endereço telegráfico - plasticfoil - cep 04696 - c.g.c. 62.846.928/0001-49 - inscr. estadual 108.355.801 - telefone pabx 246-2044



## PRODUTOS



**MAGNUS SOILAX INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.**  
Divisão Klenzade

Nova linha especializada na limpeza e sanitização  
de laticínios.

Para uso em pasteurizadores, tanques de estocagem,  
garrafas e equipamentos em geral.

Assistência Técnica Gratuita

Av. Treze de Maio, 33 — 35.º and. CENTRO — Fone: 210-2133  
Telex: (021) 21277 — Rio de Janeiro, RJ  
Rua Moraes e Castro, 778 — São Mateus — Fone: 211-3417 — Juiz de Fora, MG

## UTILIZAÇÃO DA BETA-D-GALACTOSIDASE NO PROCESSO CONTÍNUO DE FABRICAÇÃO DE DOCE DE LEITE HOMOGENEIZADO (\*)

*Utilization of Beta-D-Galactosidase on the continuous  
processing of homogenized "doce de leite"*

Teófilo José Pimentel da Silva(\*\*)  
Adão José Rezende Pinheiro(\*\*\*)  
Dilson Teixeira Coelho(\*\*\*)  
Alonso Salustiano Pereira(\*\*\*)  
José Benício Paes Chaves(\*\*\*)

### 1. INTRODUÇÃO

O sistema contínuo de produção de doce de leite se caracteriza pelo influxo contínuo dos ingredientes (leite, açúcares e outros) num reator onde as modificações necessárias à produção do doce de leite homogeneizado são realizadas. Nesse sistema, as condições do reator permitem observar e controlar as alterações químicas e físicas, nas suas várias seções: tanque de estocagem com temperatura controlada; caramelizador; resfriador de placas; conjunto de evaporação-concentração a vácuo; homogeneizador; envasadora e outros acessórios necessários à produção contínua (13, 30).

Entre as dificuldades técnicas que se têm apresentado na fabricação do doce de leite, em escala industrial, talvez a mais difícil de vencer tem sido os procedimentos seguidos para minimizar os efeitos desta cristalização, todavia, os resultados não têm sido satisfatórios pois, continua ocorrendo e, com ela a perda das características de cremosidade e suavidade do doce, que se torna áspero e arenoso (33). Há muito tempo se conhecem os problemas que a lactose causa na indústria de laticínios em razão de sua baixa solubilidade e susceptibilidade a cristalização. Vários trabalhos foram publicados por pesquisadores brasileiros, visando a mini-

mizar este problema no doce de leite (8, 17, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32).

Usualmente, a indústria de leite condensado e doce de leite fazem a cristalização forçada da lactose, ora adicionando lactose em pó, ora produto fabricado de véspera, visando a uma cristalização rápida com a formação de microcristais, imperceptíveis ao consumidor. Entretanto, algumas limitações são observadas durante esse processo, quando se trata de doce de leite, tais como: resfriamento rápido e controlado do doce, problemas microbiológicos e utilização de núcleos de cristalização adequados. Em face dessas dificuldades há tendência em utilizar a enzima lactase para hidrólise parcial da lactose no leite em forma de preparado ou mesmo de levedura permeabilizada e retardar a cristalização do doce de leite, durante o armazenamento prolongado (6, 8, 18, 23, 27).

O presente trabalho teve como objetivo principal estudar a viabilidade técnica da utilização da enzima Beta-D-galactosidase (EC 3.2.1.23), na produção de doce de leite homogeneizado, visando reduzir o seu teor de lactose, e com isso minimizar o processo de cristalização, proporcionando maior vida comercial do produto.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na usina piloto de laticínios da CCPR, em

(\*) Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, como uma das exigências para obtenção do grau de "Magister Scientiae" em 02.09.80.

(\*\*) Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal da Escola de Veterinária da UFMG — 30.000 Belo Horizonte-MG.

(\*\*\*) Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa — 36.570 Viçosa-MG.

Belo Horizonte, utilizando-se como matéria-prima, leite cru, resfriado proveniente de várias cooperativas regionais. Em cada unidade experimental, foram utilizados 300 litros de leite, padronizados a 2% de gordura, pasteurizados a 74°C/15", aplicando-se 5 tratamentos com 4 repetições em 20 dias consecutivos.

Em todas as repetições foram coletadas amostras de leite, do tanque de estocagem vertical, conforme as normas da FIL — IDF (11), e foram determinados: acidez titulável em °Dornic, segundo LARA et alii (20); o índice crioscópico ou depressão do ponto de congelação (DPC) em graus Hortvet (°H), conforme FIL — IDF (12); pH, conforme ATHERTON & NEWLANDER (4); teor de glicídios redutores, expresso como lactose, conforme LARA et alii (20).

A enzima utilizada foi um preparado concentrado de lactase (Beta-D-galactosidase EC 3.2.1.23), comercialmente denominada "Maxilact-R" (14) com atividade 40.000 ONPG (orthonitrophenyl-Beta-D-galactopyranoside) produzida pela empresa "Gist-Brocades NV" Delft, Holanda, fornecida pela BIOBRÁS — Bioquímica do Brasil S/A. Trabalhou-se com os níveis de 0, 20, 30, 40 e 60 mg, por litro de leite, em 4 repetições para cada tratamento. Após as análises do leite, diluiu-se a "Maxilact" no nível referido em uma pequena porção de leite frio, a fim de desfazer grumos formados. Esta mistura foi adicionada aos 300 litros de leite, já ajustado a 8°C. A mistura foi mantida sob agitação lenta, durante 15 horas, para que a hidrólise enzimática se processasse. A hidrólise da lactose foi acompanhada por meio da variação do índice crioscópico ou DPC. As amostras de leite foram tomadas a intervalos de 3 horas e analisadas segundo FIL — IDF (12). Após 15 horas de hidrólise, uma amostra de leite foi submetida às mesmas análises prévias. O grau de hidrólise enzimática definido pelo teor de glicídios redutores, expresso como lactose, utilizando-se os resultados analíticos do leite no tempo zero e após a atividade da enzima, foi estimado com a equação (1):

$$X = \frac{b - a}{a} \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

X = Conversão ou grau de hidrólise (%).

a = Glicídios redutores, expresso como lactose (%) na matéria-prima.

b = Glicídios redutores, expresso como lactose (%) no leite parcialmente hidrolisado. (Na titulação dos açúcares redutores, após a hidrólise parcial, considerou-se que o aumento apare-

te do teor de lactose, devido ao aumento dos glicídios redutores, já expresso em ml da solução da amostra necessária para titular a solução de Fehling).

O leite, parcialmente hidrolisado, era submetido a tratamento térmico (80°C durante 15 segundos), visando a inativação da enzima Beta-D-Galactosidase, promover a mistura e solubilização dos ingredientes (15% de açúcar cristal p/p e 5% de glicose de milho p/p) e propiciar um maior rendimento térmico do trocador de calor "shell-and tube". A acidez da mistura era, em seguida, reduzida para 8°D com solução de bicarbonato de sódio. A mistura era calcada com uma bomba monopositiva através do trocador de calor "shell-and-tube", de fluxo em contra-corrente, onde recebia um tratamento térmico adicional (138°C por 30 segundos), para intensificar as reações de escurecimento, melhorando o sabor e odor do produto. Após o seu resfriamento a 80°C a mistura era conduzida automaticamente até o tanque de equilíbrio do conjunto de evaporação de duplo efeito modelo "Plate Junior" da APV; e concentrada até 70°Brix e daí até o homogeneizador a pistão onde era submetido a 2.500 psi de pressão para ser finalmente envasado. O produto foi estocado sob refrigeração (5°C).

De cada repetição eram tomadas amostras do produto final, conforme as normas da FIL-IDF (11), para determinação da acidez com NaOH N/10, segundo A.O.A.C. (1); do pH, conforme ATHERTON & NEWLANDER (4); do teor de gordura; do teor de glicídios redutores, expresso como lactose; do teor de glicídios não redutores, expresso como sacarose; e do teor de extrato seco total; conforme os métodos descritos por LARA et alii (20). Paralelamente, procedeu-se à execução das análises microbiológicas: contagem global, contagem de fungos e leveduras e a contagem de coliformes, segundo os métodos descritos no A.P.H.A. (2).

A avaliação sensorial do doce de leite obedeceu a dois critérios: teste de degustação e teste de cristalização. O método utilizado para a classificação de preferência dos níveis de qualidade do doce foi a escala hedônica, conforme A.S.T.M. (3). Os pontos da escala foram representados por figuras, de modo que podiam ser associados aos valores numéricos de 1 a 7 pontos. Os parâmetros analisados foram: 1) coloração; 2) consistência; 3) textura; 4) sabor/aroma; e 5) preferência global. O

teste de cristalização foi efetuado com 45, 90, 135 e 180 dias de estocagem.

O efeito dos diferentes níveis da enzima e do tempo de estocagem, sobre a avaliação sensorial da cristalização da lactose no doce, foi estudado através de um modelo de primeiro grau da regressão linear, sendo a variável dependente (Y) as notas médias dos 3 provadores, e as variáveis independentes os níveis da enzima lactase (X<sub>1</sub>) e o tempo de estocagem (X<sub>2</sub>). Para obtenção da equação ajustada, foi utilizado o modelo:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + e_i$$

em que:

Y<sub>i</sub> = nota média dos três provadores;

b<sub>0</sub> = constante de regressão;

b<sub>j</sub> = coeficiente de regressão, onde (j = 1, 2);

X<sub>1</sub> e X<sub>2</sub> = respectivamente, níveis da enzima e tempo de estocagem;

e<sub>i</sub> = erro aleatório, pressuposto normal e independentemente distribuído com média zero e variância constante σ<sup>2</sup>.

Na análise da regressão e na estimativa dos coeficientes de regressão, utilizou-se o método dos quadrados mínimos ordinários, descritos em DRAPER & SMITH (10).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises visando o controle da hidrólise enzimática da lactose do leite destinado à produção de doce de leite homogeneizado, encontram-se no Quadro 1.

A análise de regressão mostrou, de acordo com o Quadro 2, relações significativas (P < 0,05) entre as variáveis estudadas.

A primeira equação ajustada, mostrou ser significativa (P < 0,05) a regressão de primeiro grau, entre a porcentagem de hidrólise e os níveis da enzima, apresentando uma relação direta, conforme a Figura 1.

A elevação do nível de Beta-D-Galactosidase, resultou em aumento do grau de hidrólise da lactose no leite, comportando-se como uma reação de 1.<sup>a</sup> ordem. Nos ensaios enzimáticos, segundo LEHNINGER (21), torna-se mister escolher adequadamente a concentração de enzima, ao lado de outros parâmetros (concentração de substrato, temperatura, pH, etc.) a fim de se trabalhar na região de proporcionalidade direta. Resultados de experimentos análogos demonstraram, entretanto, que a taxa de hidrólise da lactose não aumenta em proporção direta com a elevação da

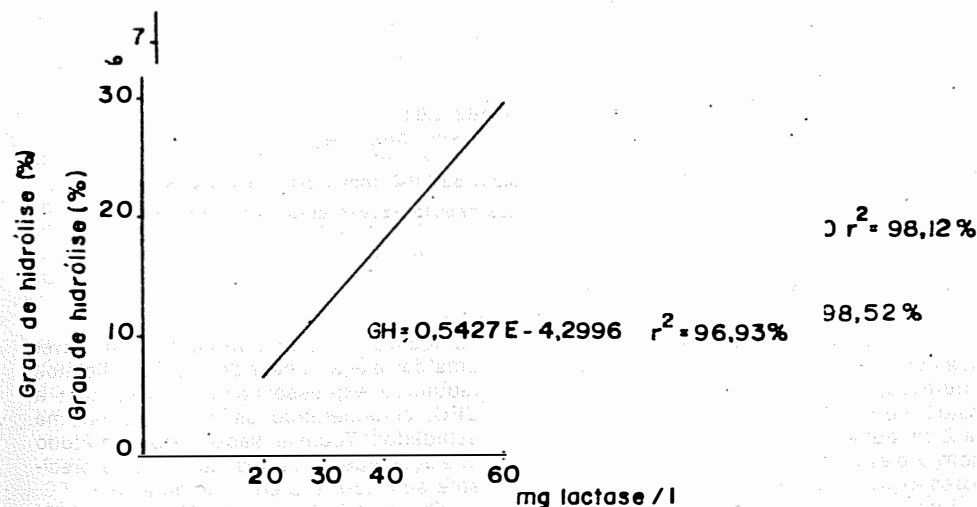


Figura 1. Efeito do nível da enzima sobre o grau de hidrólise

A análise dos resultados obtidos pelo painel de degustação foi efetuada, segundo o delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, descritos em COCHRAN & COX (7).

concentração da enzima utilizada, em razão de uma deficiência crescente de substrato (9, 15 e 18). Resultado similar foi obtido por COELHO (8), mostrando que concentrações maiores de 1.000 mg de



lactase por litro resultava em saturação do substrato, e por conseguinte, em aumentos decrescentes nas quantidades de açúcares redutores, comportando-se portanto como uma reação de ordem zero.

A relação do valor absoluto da DPC com o grau de hidrólise e da DPC com a % de glicídios redutores expresso como lactose, apresentam uma relação direta significativa ( $P < 0,05$ ), conforme Quadro 2 e Figura 2.

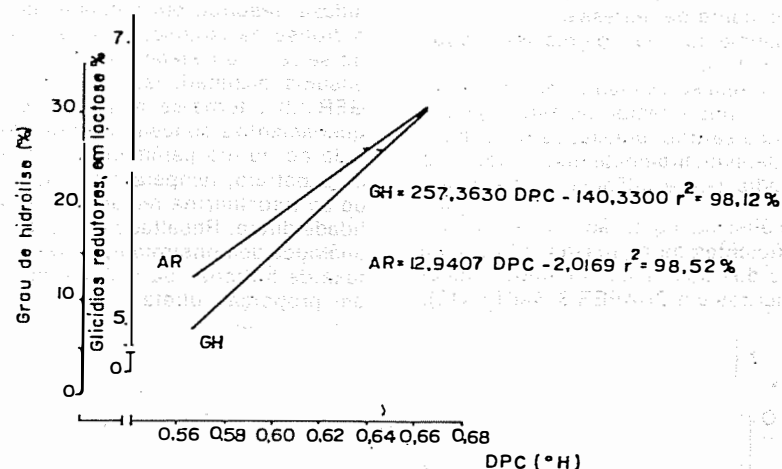


Figura 2. Relação do valor absoluto da DPC com o grau de hidrólise e com a % de glicídios redutores, expresso como lactose.

O ponto de congelação do leite, entre suas características, é a mais constante de interesse, tanto do ponto de vista teórico como prático (16, 25). Observa-se na Figura 2 um aumento positivo da DPC do leite, com a elevação do teor de glicídios redutores expresso como lactose, e por conseguinte, com o grau de hidrólise. Portanto, observou-se uma correlação linear entre o valor absoluto da DPC com a % de glicídios redutores expresso como lactose e com o grau de hidrólise nos níveis de Beta-D-Galactosidase considerados, confirmando o trabalho de RAMET et alii (24) que encontraram uma correlação linear entre a quantidade de galactose libe-

A equação 2 permite calcular diretamente o grau de hidrólise da lactose no leite. Este método pode ser utilizado no controle da hidrólise da lactose, pela sua simplicidade, rapidez e custo. Entretanto, deve-se atentar para os resultados errôneos, que poderão advir na determinação da DPC, em consequência de alterações químicas ou microbiológicas do leite.

Os resultados, obtidos com o emprego

da equação 3, demonstram também haver uma correlação linear do teor de glicídios redutores expresso como lactose com a DPC, considerando os níveis da enzima estudados. Todavia, sabe-se que o método dos açúcares redutores não é muito preciso e susceptível a erros de análise.

Os resultados da análise sensorial (cristalização) do doce de leite homogeneizado, quanto ao efeito do grau de hidrólise, encontram-se no Quadro 3.

Verifica-se no Quadro 2 que as equações 4, 5, 6 e 7, regressões de primeiro grau, entre as notas de cristalização e o grau de hidrólise, apresentam uma relação direta, significativas ( $P < 0,05$ ), conforme mostra a Figura 3.

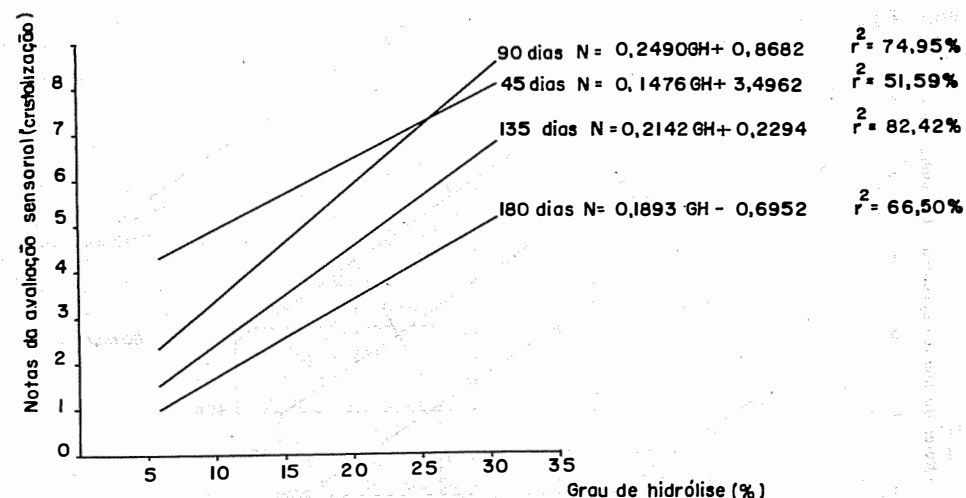


Figura 3. Efeito do grau de hidrólise sobre as notas de cristalização durante a estocagem do doce de leite.

As notas da avaliação sensorial, referentes ao defeito de cristalização crescem com o grau de hidrólise e, diminuem com o tempo de estocagem do doce de leite homogeneizado. Entretanto, esta avaliação aos 45 dias de estocagem, não apresentou boa correlação com o grau de hidrólise. Observa-se que o tempo de estocagem influi consideravelmente no processo de cristalização do doce de leite. Vários fatores impedem a cristalização imediata da lactose, principalmente, a viscosidade do doce. Esses resultados concordam com os encontrados por CASTELAO et alii (6) e COELHO (8).

Ainda no Quadro 2, verifica-se que a equação 8, regressão de primeiro grau, relacionando notas de avaliação sensorial (cristalização) com os níveis de enzima utilizados e os tempos de estocagem foi significativo ( $P < 0,05$ ). O coeficiente de correlação das notas de avaliação sensorial (cristalização) crescem positivamente com o nível de enzima utilizado e negativamente com o tempo de estocagem, no período considerado conforme a Figura 4a. Verificou-se, no entanto, que as notas da análise sensorial (cristalização) decrescem com o tempo de estocagem, observando-se maiores valores com 60 mg de lactase, por litro de leite, considerando os mesmos períodos de estocagem, conforme a Figura 4b. Resultados semelhantes foram obtidos

por CASTELAO et alii (6) e COELHO (8).

As notas médias das 4 repetições da análise sensorial (degustação) do doce de leite homogeneizado, aos 30 dias de fabricação, considerando 10 provadores e uma escala hedônica de 7 pontos, encontram-se no Quadro 4.

O Quadro 5 resume a análise de variância das notas dadas pelo painel de degustação, observando-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ), entre os níveis da enzima utilizada com a coloração, textura, sabor/aroma e preferência global. Como todos os F foram significativos ( $P < 0,01$ ), utilizou-se o teste de Tukey para definir os contrastes observados entre as médias das notas do painel de degustação do doce de leite homogeneizado.

Observa-se pelo Quadro 6, que o teste de Tukey aplicado às médias das notas da análise sensorial do produto, aos 30 dias de estocagem, mostrou diferença significativa entre o nível de 40 mg da enzima/l com os demais níveis, no que se refere à preferência global, em razão, certamente, da melhor uniformidade de suas características organolépticas. Os níveis da enzima, 30 e 60 mg/l não diferiram entre si quanto à preferência global, o mesmo ocorrendo entre os níveis de 60 e 20 mg/l e entre 20 e 0 mg/l. Por outro lado, a média das notas para a textura cristaliza-

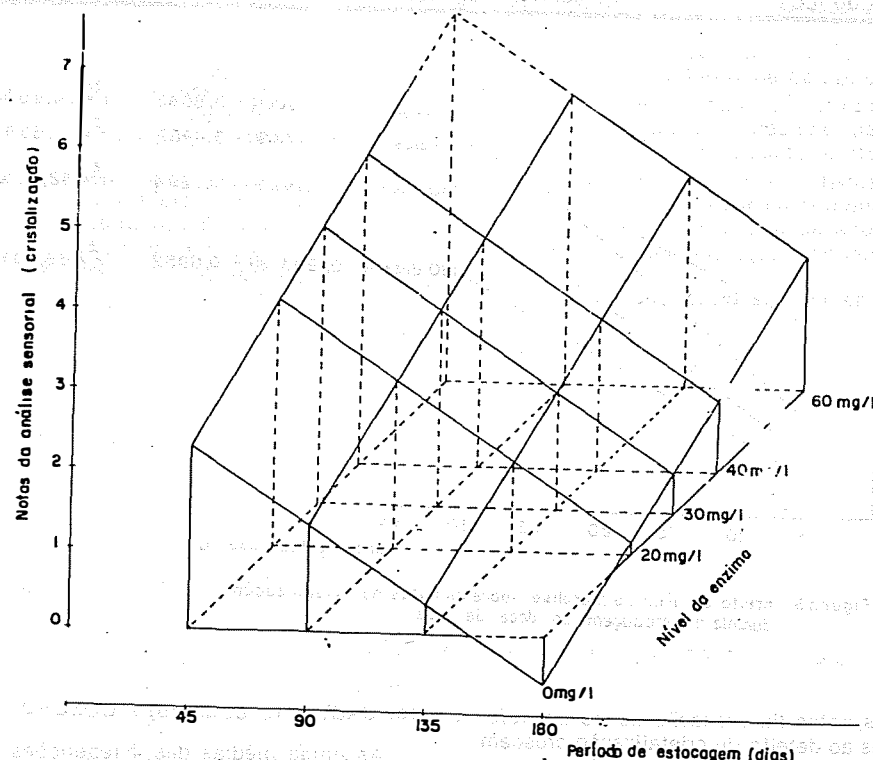


Figura 4a - Perspectiva da superfície de resposta das notas da análise sensorial (cristalização), considerando uma escala de 7 pontos.  
 $N = 0,0910E - 0,0218T + 3,3100 \quad R^2 = 83,77$

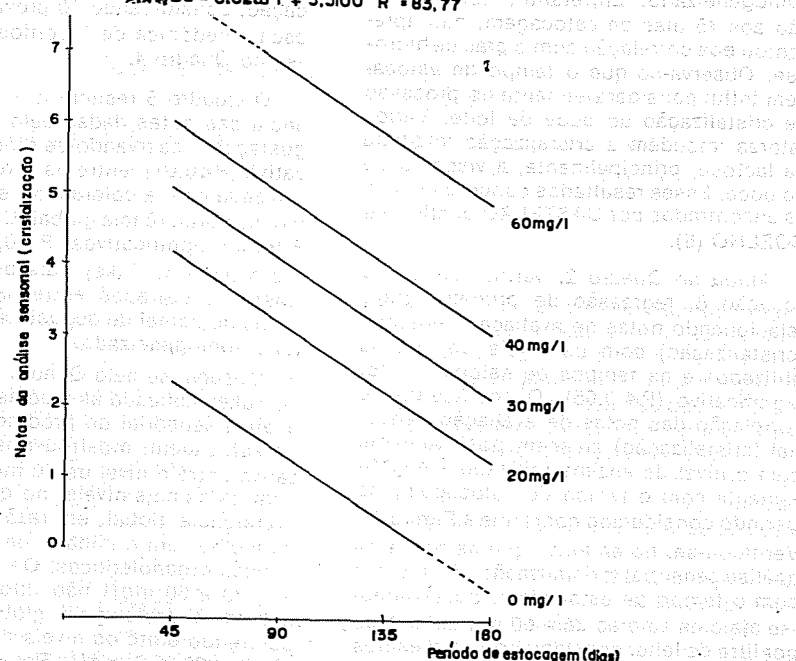


Figura 4b - Notas da análise sensorial (cristalização) em função do período de estocagem e do nível da enzima.

ção) cresceram positivamente com o nível da enzima utilizada, confirmando assim os resultados obtidos na avaliação sensorial de cristalização com diferentes períodos de estocagem. Paralelamente, verificou-se que níveis crescentes da enzima propiciaram aumento no teor de glicídios redutores no leite e, consequentemente, uma coloração mais escura no produto final, em função das reações de escurecimento não enzimático (22). Comportamento análogo foi evidenciado com as características do sabor e aroma, principalmente com 60 mg enzima/l, evidenciando sabor e aroma de caramelo. Os resultados das análises químicas e microbiológicas do doce de leite homogeneizado enquadraram-se dentro das normas exigidas pela SIPA/MA (5) e encontram-se no Quadro 7.

Observou-se grande uniformidade na qualidade do produto, nas repetições de cada tratamento, constituindo a reprodutibilidade uma das características principais do sistema contínuo.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Realizou-se, na Usina Piloto de Laticínios da Cooperativa Central dos Produtores Rurais de Minas Gerais (CCPR-BH), um experimento adicionando-se diferentes níveis da enzima Beta-D-Galactosidase ao leite com a finalidade de minimizar o problema de cristalização no doce de leite, relacionando-se a hidrólise parcial da lactose presente no leite, com as características organolépticas do doce de leite homogeneizado, durante o período de estocagem. Os níveis de Beta-D-Galactosidase foram de 0, 20, 30, 40 e 60 mg, por litro de leite, com quatro repetições.

Os doces foram produzidos utilizando-se o sistema contínuo de produção que inclui a caramelização, concentração a vácuo, homogeneização e envase automático.

As amostras foram submetidas às análises químicas e microbiológicas após 24 horas de produção e à análise sensorial de degustação (30 dias) e de cristalização após 45, 90, 135 e 180 dias de estocagem.

Em função dos resultados obtidos, foram estabelecidos modelos de regressão que expressam o efeito de cada parâmetro estudado. Verificou-se que a concentração

utilizada da enzima, sobre o grau de hidrólise da lactose aumentou positivamente com o nível de lactase empregada, dentro da faixa denominada "região de proporcionalidade direta", entre os níveis 20 a 60 mg da enzima/l de leite, correspondente 7,1 a 28% da lactose hidrolisada. O experimento mostrou também uma correlação positiva entre a depressão do ponto de congelamento (DPC) com o grau de hidrólise e da DPC com a % de glicídios redutores expresso como lactose.

A mesma observação foi verificada entre o tempo de hidrólise com a DPC que cresceu positivamente com o tempo de hidrólise e com o nível de lactase.

Um dos objetivos do trabalho foi encontrar a melhor concentração da enzima que evitasse a cristalização do produto, concluindo-se que as notas da análise sensorial (cristalização) crescem positivamente com o nível da enzima e negativamente com o tempo de estocagem. Verificou-se que, para 60 mg/l de leite, estende respectivamente, por duas e quatro vezes o período de vida útil do produto, considerando 45 dias para o controle.

Outro objetivo foi estudar a viabilidade técnica de produção de doce de leite homogeneizado, associando, às suas características organolépticas, os diferentes níveis de lactase. A análise de variância mostrou que os provadores detectaram diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) entre os diferentes níveis da enzima utilizados sobre as características organolépticas do produto. O teste de Tukey indicou diferença significativa entre 40 mg de enzima/l de leite ( $P \leq 0,01$ ) e os demais níveis, quanto ao atributo de preferência global.

O experimento mostrou ser viável a utilização da lactase na produção do doce de leite homogeneizado para se evitar os defeitos de textura arenosa. A adição de 40 mg de "Maxilact 40.000 ONPG" por litro de leite, seguido de incubação a 8°C/15h, sob contínua agitação, resulta em doce de leite com características de coloração, textura, sabor e aroma similares ao produto tradicional brasileiro, não apresentando o defeito de arenosidade com 90 dias de estocagem.

#### 5. SUMMARY

The application of  $\beta$ -D-galactosidase



(lactase) at five different levels in "Dulce de Leche" processing to avoid crystallization problems has been carried out at the Central Dairy Cooperative of Minas Gerais (C.C.P.R.-BH), in a homogenized continuous vacuum-process. Samples were submitted to a test panel after up to 180 days of storage at room temperature. It has been found that at 60 mg of enzyme/liter of pasteurized milk a four times increase in shelf life, without crystallization, was observed. A twice increase was obtained at 40 mg/liter level.

The statistical analysis pointed out significant results at  $P \leq 0,01\%$  for the different levels of added enzyme, on the sensory characteristics of the final product. The addition of 40 mg. lactase/liter of pasteurized milk, kept at 8°C for 15 hours under continuous agitation, permitted the development of a commercial homogenized vacuum-processed "Doce de leite", with the same sensory patterns of the traditional product, without crystallization problems before 90 days storage.

# 6. LITERATURA CITADA

1. A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 12th ed., Washington, 1975, p. 242-282.
2. A.P.H.A. American Public Health Association. *Standard methods for the examination of dairy products*. 13th ed., New York, 1972, 345 p.
3. A.S.T.M. American Society for Testing and Materials. *Manual on sensory testing methods*. Philadelphia, STP 434, 1976, 77p.
4. ATHERTON, H.V. & NEWLANDER, J.A. *Chemistry and testing of dairy products*. 4th ed. Connecticut, AVI Publ. Co., 1977, p. 261-265.
5. BRASIL, Ministério da Agricultura. Decreto n.º 30.691 de 29/03/52. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília, SIPA-DILEI, 1980, 166p.
6. CASTELAO, E., PERIN, O., REYNA, R., SBODIO, O., BACHETA, J.E. & PAULETTI, M. Dulce de leite a partir de leite hidrolisado — ensaio prévio. *Rev. Inst. Tecnol. de Alimentos* 2(1): 173-176, 1977.
7. COCHRAN, W.G. & COX, G.M. *Experimental designs*. 2nd. ed., New York,

- John Wiley & Sons, Inc., 1962, 611 p.
08. COELHO, E.B.B. Utilização da Beta-D-galactose no controle da cristalização do doce de leite. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1980. (Tese M.S.).
09. DAHLQVIST, A., ASP, N-G., BURVALL, A. & RAUSING, H. Hydrolysis of lactose in milk and whey with minute amounts of lactase. *J. Dairy Research*. 44:541-48, 1977.
10. DRAPER, N.R. & SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1966. 407 p.
11. FIL-IDF. *Standard methods for sampling milk and milk products*. Brussels, International Dairy Federation (FIL-IDF 50), 1969, 4p.
12. FIL-IDF. *Freezing point depression of milk*. Brussels, International Dairy Federation (E-DOC 64), 1975. 6p.
13. FREYER, J. *Elaboracion del dulce de leche*. FAO, Santiago, TR-LA 72/021-5, 1972, 18p.
14. GIST-BROCADES nv. Industrial Products Division. *Maxilact a dairy yeast-lactase*. Delft-Holland, Technical data sheet MI 1 01 — 01/78. 05. En. 03, 1978. 6p.
15. GUY, E.J. & BINGHAM, E.W. Properties of Beta-D-galactosidase of *Saccharomyces lactis* in milk and milk products. *J. Dairy Sci.* 61(2): 147-51. 1978.
16. HORTVET, J. The cryoscopy of milk. *J. Ind. Eng. Chem.* 13(3): 198-208. 1921.
17. HOSKEN, F.S. Doce de leite — durabilidade e cristalização. *Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes* 24(147): 10-17. 1969.
18. KISZA, J., SWITKA, J., KRUK, A. & SURAZYNSKI, A. Essai d'utilisation de la bêta-D-galactosidase pour la fabrication du lait condensé sucré. *Le Lait* (527): 430-39. 1973.
19. KOSIKOWSKI, F.V. & WIERBICK, L.E. Lactose hydrolysis of raw and pasteurized milks by *Saccharomyces lactis* lactase. *J. Dairy Sci.* 56(1): 146-148. 1973.
20. LARA, A.B.W.H., NAZÁRIO, G., ALMEIDA, M.E.W. & PREGNOLLATO, W. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 2.ª ed. vol. 1. São Paulo, Secretaria do Estado de Saúde, 1976, p. 151-76.
21. LEHNINGER, A.L. *Biochemistry*. 2nd ed. New York, Worth Publishers, Inc.,

1970. p. 183-212.
22. PATTON, S. Browning and associated changes in milk and its products: a review. *J. Dairy Sci.* 38(5): 475-78. 1955.
23. POPOVA, N.G., GULYAEV-ZAISEV, S.S., MURAV'eva, T.P., FENIKSOVA, R.V., TIKHOMIROVA, A.S. & KULIKOVA, A.K. Method of producing condensed sweetened milk. USSR Patent (1978) 631133. *Dairy Sci. Abstr.* 42(1): 18. 1980.
24. RAMET, J.P., NOVAK, G., EVERS, P.A. & NITPELS, H.H. Application de la cryométrie à la mesure de l'hydrolyse enzymatique du lactose. *Le Lait* (581-82): 46-55. 1979.
25. RAOULT, F.M. *Cryoscopie*. Scientia, Série Physico-Mathématique n.º 13, October, 1901, 99p.
26. RIBEIRO, J.A. Tecnologia de fabricação de leite desidratado. *Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes* 7(4): 3-25. 1952.
27. SABIONNI, J.G. Utilização de *Kluyveromyces lactis* e de suas células permeabilizadas no controle da cristalização da lactose em doce de leite. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1981. (Tese M.S.).
28. SANTOS, D.M. Arenosidade no doce de leite. *Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes*. 31(185): 3-9. 1976.
29. SILVA, J.C. Efectos del calor sobre la leche. *Ind. Lechera* 56(653): 17-20. 1.
30. SILVA, T.J.P. Sistema contínuo de fabricação de doce de leite. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 6.º, Juiz de Fora, 1979. Anais, Juiz de Fora, Inst. Lat. Cândido Tostes — EPAMIG, 1979. p. 143-48.
31. SOUZA, L.R.P., COELHO, D.T., PINHEIRO, A.J.R. & CHAVES, J.B.P. Influência da acidificação e do tratamento térmico da matéria-prima na aceitação do doce de leite. *Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes* 35(209): 9-17. 1980.
32. VARGAS, M.M., COELHO, D.T., CHAVES, J.B.P., MARTYN, M.E.L. Influência da gordura, da glicose e do amido na cristalização do doce de leite. *Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes* 37(221): 25-29. 1982.
33. VELOSO, J.O. Dulce de leite no cristalizável. *Ind. Lechera* 57(661): 2. 1978.

QUADRO 1 — Resultados médios (4 repetições) das análises visando o controle da hidrólise enzimática da lactose do leite destinado à produção de doce de leite homogeneizado.

Enzima mg/l	Matéria Prima (Leite)		Leite parcialmente lacto hidrolisado		Lactose Hidrolisada %
	AR %	DPC °H	AR %	DPC °H	
0	5,03	0,540	—	—	—
20	5,03	0,539	5,39	0,571	7,10
30	5,05	0,540	5,61	0,594	11,03
40	5,03	0,540	5,95	0,612	18,23
60	5,04	0,540	6,45	0,654	28,09

AR — Glicídios redutores expresso como lactose (%)

DPC — Depressão do ponto de congelação em valor absoluto (°H)

QUADRO 2 — Equações de regressão de algumas variáveis estudadas, no controle da hidrólise enzimática da lactose.

Equação	R ou r (%)
1 GH = 0,5427 E — 4,2996	96,93
2 GH = 257,3630 DPC — 140,3300	98,12
3 AR = 12,9407 DPC — 2,0169	98,52
4 N = 0,1476 GH + 3,4962	51,59
5 N = 0,2490 GH + 0,8682	74,95
6 N = 0,2142 GH + 0,2294	82,42
7 N = 0,1893 GH — 0,6952	66,50
8 N = 0,0910 E — 0,0218 T + 3,3100	83,77

GH — Grau de hidrólise (%)  
 E — Nivel da enzima (mg/l)  
 DPC — Depressão do ponto de congelação, em valor absoluto (°H)  
 AR — Glicídios redutores, expresso como lactose (%)  
 N — Notas de cristalização (escala 7 pontos)  
 T — Tempo de estocagem (dias)

QUADRO 3 — Média das notas da avaliação sensorial (cristalização), de 4 repetições, do doce de leite homogeneizado, em escala hedônica de 7 pontos.

Enzima mg/l	Período de estocagem (dias)				Grau de hi- drólise %
	45	90	135	180	
0	1,65	1,15	1,07	1,00	—
20	3,22	1,55	1,32	1,07	7,10
30	6,22	3,87	2,62	1,40	11,03
40	7,00	6,90	4,87	1,80	18,23
60	7,00	7,00	7,70	5,05	28,09

QUADRO 4 — Média das notas do teste de degustação do doce de leite homogeneizado, 4 repetições, em escala hedônica de 7 pontos.

Enzima mg/l	Coloração	Consistência	Textura	Sabor/ Aroma	Preferência Global
0	3,73	3,87	2,10	4,38	3,52
20	4,26	4,41	3,45	5,07	4,30
30	5,31	4,84	5,06	5,53	5,19
40	6,19	6,20	6,15	6,25	6,20
60	4,03	5,29	6,50	4,71	5,13

QUADRO 5 — Resumo da análise de variância das notas médias dadas pelo painel de degustação do doce de leite homogeneizado.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Coloração	Consistência	Textura	Sabor/ Aroma	Preferência Global
Enzima	04	4,1870**	3,1570**	13,78500**	2,1450**	4,9920**
Resíduo	15	0,1470	0,2330	0,4250	0,2340	0,0960
Coef. de va- riação %		8,15	9,80	14,00	9,32	6,36

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ )

QUADRO 6 — Teste de Tukey aplicado às médias das notas dadas pelo painel de degustação do doce de leite homogeneizado, aos 30 dias de estocagem.

Coloração		Consistência		Textura		Sabor/Aroma		Preferência Global	
mg/l Enzima	Nota	mg/l Enzima	Nota	mg/l Enzima	Nota	mg/l Enzima	Nota	mg/l Enzima	Nota
40	6,19 a	40	6,20 a	60	6,50 a	40	6,25 a	40	6,20 a
30	5,31 ab	60	5,29 ab	40	6,15 ab	30	5,53 ab	30	5,19 b
20	4,26 bc	30	4,84 bc	30	5,06 abc	20	5,07 ab	60	5,13 bc
60	4,03 c	20	4,41 bc	20	3,45 bcd	60	4,71 b	20	4,30 cd
0	3,73 c	0	3,87 c	0	2,10 d	0	4,38 b	0	3,52 d

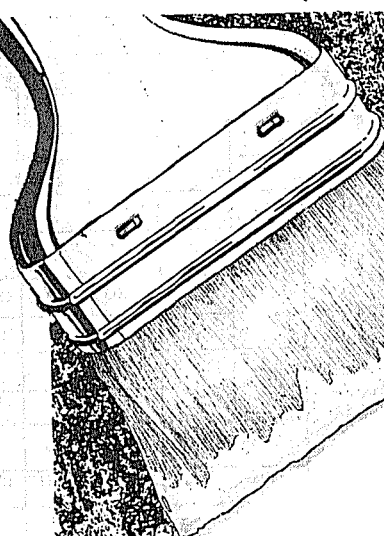
Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ).



QUADRO 7 — Resultados das análises químicas e microbiológicas do doce de leite homogeneizado

Enzima (mg/l)	Acidez Sol. alc. normal %	pH	Gordura %	Glic. red. expr. como Lactose %	Glic. n/red. expr. como Sacarose %	EST %	Cont. padrão mesófilos UFC/grama	Cont. fungos e leveduras UFC/grama	Cont. coliformes UFC/grama
0	2,4	6,54	4,30	18,67	40,85	70,08	450	10 EST.	2 EST.
	3,1	6,28	4,45	18,51	41,74	71,25	240	10 EST.	1 EST.
	2,5	6,47	4,20	18,34	40,78	70,17	320	10 EST.	1 EST.
	2,2	6,59	4,15	18,09	40,57	69,96	870	20 EST.	4 EST.
20	2,6	6,48	4,25	18,85	40,09	70,20	460	10 EST.	3 EST.
	2,6	6,50	4,10	18,97	39,98	70,06	190	10 EST.	1 EST.
	2,4	6,37	4,30	18,82	40,33	70,90	450	10 EST.	1 EST.
	2,7	6,53	4,20	18,76	40,25	70,15	310	10 EST.	2 EST.
30	2,4	6,49	4,15	19,37	39,87	70,46	290	10 EST.	1 EST.
	2,1	6,68	4,05	20,02	38,81	69,09	740	20 EST.	4 EST.
	2,3	6,60	4,20	19,15	39,95	70,32	420	10 EST.	2 EST.
	2,3	6,65	4,35	19,03	39,95	70,88	380	10 EST.	1 EST.
40	2,5	6,50	4,25	21,39	38,77	70,50	390	10 EST.	2 EST.
	2,5	6,48	4,30	21,13	38,85	70,45	230	10 EST.	1 EST.
	2,3	6,75	4,20	20,89	39,02	70,18	620	10 EST.	3 EST.
	2,4	6,56	4,20	21,64	37,54	70,03	270	10 EST.	1 EST.
60	2,6	6,45	4,10	22,06	37,23	70,05	450	10 EST.	3 EST.
	2,5	6,62	4,15	23,71	36,98	70,04	370	10 EST.	1 EST.
	3,2	6,35	4,30	23,12	39,45	72,42	180	10 EST.	1 EST.
	2,5	6,64	4,25	23,55	37,01	70,22	210	10 EST.	1 EST.

**Não deixe  
seu lucro na  
parede.**



**DANILAC**

Danilac DD é um revestimento especial que vai fazer muito pelas paredes de seu estabelecimento.

E consequentemente pelos seus lucros! Graças à sua fórmula à base de poliuretano é a solução mais adequada para ambientes que precisam estar constantemente isentos de contaminação de fungos, bactérias, mofo e bolores. Como laticínios, cereais, padarias, etc.

Aplicado em substratos devidamente preparados, conforme exigem as especificações, Danilac tem garantia automática de 5 anos. Além de maior durabilidade e eficiência. Evitando repinturas frequentes e gastos desnecessários.

Características que fazem de Danilac DD uma opção prática e muito econômica. Como você precisa. Deixe sua parede com Danilac. Os lucros ficam por sua conta.

Fabricado por



Tintas e Preservação de Madeiras S.A.  
Escritório e Depósito: Rua Mathias Groh, 412  
Tel.: 280.5033 - São Paulo - SP.

para DANILAC

Indústria e Comércio Ltda.  
Rua Victor Biecherel, 36/38  
Tel.: 572-2467  
Endereço Telegráfico: DANILAC  
Caixa Postal 4514 - SP - Brasil





R: Barão de Iguape 212 6º and  
CEP 01507 São Paulo, Capital  
Telefone: (011) 270-6288  
Telex: (011) 35711 CCNL-BR

**BALCÃO DE CONSULTAS**

Por telefone ou pessoalmente solicite  
qualquer informações sobre LATICÍNIOS,  
seja em relação a produtos, máquinas e  
equipamentos, produtos químicos etc.

# BOLSA DE LATICÍNIOS

INFORMATIVO DO DIA  
24.04.84

**Codificação:**

SC: Sem compradores  
EA: Em alta  
SV: Sem vendedores  
EB: Em baixa  
SN: Sem negócios  
ET: Estável  
PN: Possibilidade de  
negócios  
Sem cura: menos de 90 dias de fabricação  
Cura: acima de 90 dias de fabricação  
Cura: Formas com 1/2 e 1 kg.  
Grande: Formas com mais de 2 kg, para faltar  
Observações: Registro de detalhes como: para fundir  
— para faltar — embalagem cryovac —  
a granel etc.

MERCADO			MERCADO			MERCADO			MERCADO					
PARMESÃO			PRATO			MUSSARELA			MANTEIGA			LEITE EM PÓ		
sem cura			pequeno			pequena			primeira			desnat.		
curado			grande			grande			extra			integr.		
E			E			E			E			E		
EA			EA			EA			EA			EA		
2.400			3.000			2.450			1.900			2.200		
2.900			2.450			2.400			1.900			2.784,6		
60 dd			45 dd			30 dd			a/c			a/c		
45 dd			30 dd			45 dd			a/c			a/c		
60 dd			45 dd			30 dd			a/c			a/c		
E			E			E			EA			E		
EA			EA			EA			EA			E		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP			CIF/SP		
CIF/SP			CIF/											



# Bom para você, ótimo para o setor agro- pecuário

A cada mês, o Informe Agropecuário traz a tecnologia apropriada para uma atividade de grande interesse econômico e social do setor agropecuário. Reportagens e entrevistas trazem delineamentos importantes para uma tomada de decisão. Nesta linha de editorial já foram publicados diversos números



**EPAMIG**  
EMPRESA DE PESQUISA  
AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS

Av. Amazonas, 115 - sala 507 - Belo Horizonte

do Informe Agropecuário, tratando de assuntos da mais alta relevância: cerrados, café, piscicultura, algodão, sementes, conservação de forragens, recursos naturais, retrospecto agropecuário, avicultura, soja, feijão, alho, suínos, trigo, citricultura, geadas e arroz. Adquira sua coleção na

## A GRANDE SOLUÇÃO NACIONAL PARA O ENVASE!

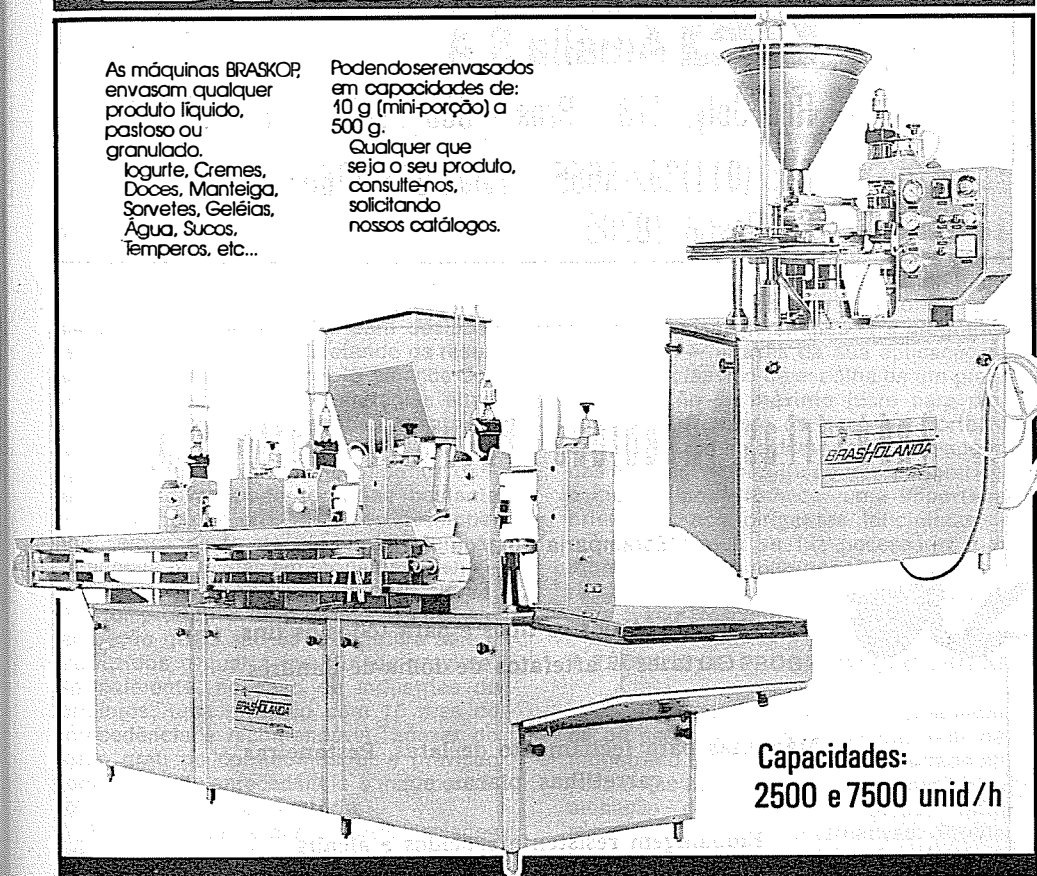
# BRASKOP

As máquinas BRASKOP  
envasam qualquer  
produto líquido,  
pastoso ou  
granulado.

iogurte, Cremes,  
Doces, Manteiga,  
Sorvetes, Geléias,  
Água, Sucos,  
Temperos, etc...

Podendo ser envasados  
em capacidades de:  
10 g (mini-porção) a  
500 g.

Qualquer que  
seja o seu produto,  
consulte-nos,  
solicitando  
nossos catálogos.



Capacidades:  
2500 e 7500 unid/h



**BRASHOLANDA S.A.**  
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

MATRIZ E  
FABRICA CX. POSTAL 1250 - FONE: (041) 266 3522 - TELEX: (041) 5386 BHEI BR  
80.000 CURITIBA - PARANÁ - BRASIL

FILIAIS

SÃO PAULO	• SP • FONE: (011) 543 4738 - 543 4805 - 241 7074
PORTO ALEGRE	• RJ • FONE: (021) 551 3336
BELO HORIZONTE	• RS • FONE: (0512) 22 7890
FORTALEZA	• MG • FONE: (031) 337 0327
SALVADOR	• CE • FONE: (085) 223 5357 - TELEX: (085) 1178
MANAUS	• BA • FONE: (071) 242 2195
RECIFE	• AM • FONE: (092) 232 1739
	• PE • FONE: (081) 224 1192



## Queijo Fundido ou Requeijão?

Seja dono da tecnologia que você usa.

**CITRATO DE SÓDIO** é o sal fundente

**DEIXE SEU PROBLEMA CONOSCO**



**Fermenta  
Produtos Químicos  
Amália S.A.**

Rua Joly, 273 - Bras - São Paulo - SP - 03016

Tel: (011)292-5655 Telex(011)23651

Cx Postal 10705

## Indústrias Reunidas Fagundes Netto S.A.

"Estamparia Juiz de Fora"



Latas de todos os tipos e para todos os fins.  
Cartazes e artefatos de fôlha-de-flandres

Máquinas para fechamento de latas, Pestaneiras,  
carretilhas, placas, etc.

Embalagem resistente a ácidos e álcalis

Rua Francisco Valadares, 108 — Telefones: 212-1790 — 211-9878

Endereço Telegráfico "IRFAN" — Juiz de Fora — Minas Gerais

## DETERMINAÇÃO DE PLANOS DE PRODUÇÃO DE MÁXIMA RENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

*Maximum Profit Product Mix Determination in the Dairy Industry*

Carlos Arthur Barbosa da Silva(\*)  
Sebastião César Cardoso Brandão(\*\*)

**RESUMO:** Este artigo pretende ilustrar a aplicação da técnica da programação linear ao problema de definição de um plano de produção de máxima rentabilidade para uma indústria de laticínios de pequeno porte. O método é utilizado na solução do problema clássico da escolha de produtos e quantidades a serem elaborados num determinado período de tempo, para indústrias com restrições de equipamentos, mão-de-obra, matéria-prima e outros recursos fixos. Tendo em vista a crescente disponibilidade de recursos computacionais de baixo custo, a técnica é hoje mais acessível ao dirigente laticinista, e seu emprego pode gerar importantes subsídios para uma administração mais eficiente.

### INTRODUÇÃO

No ambiente econômico atual, os diretores das indústrias laticinistas são frequentemente confrontados com decisões estratégicas importantes afetando os resultados e permitindo ou não o alcance dos objetivos programados. Estratégias alternativas devem ser comparadas quantitativamente objetivando maiores lucros e menores riscos. A avaliação econômica destas alternativas pode tornar-se bastante complexa, o que inviabiliza seu desempenho sem a ajuda de modernas técnicas gerenciais baseadas em modelos de análise de sistemas e de pesquisa operacional. O setor produtivo deve conhecer com antecedência quais são os produtos a serem produzidos e qual a quantidade prevista. Normalmente, no caso de indústrias de laticínios, uma previsão com 15 dias de antecedência é recomendável, apesar do baixo grau de confiabilidade; a previsão com 7 dias de antecedência é indispensável e com 1 dia é obrigatória.

Em empresas de maior porte, decisões como a escolha de um plano ótimo de produção são tomadas frequentemente com o auxílio de métodos quantitativos que permitem a utilização das informações

disponíveis sobre as operações empresariais para a avaliação correta de benefícios, custos e riscos. Neste sentido, o presente trabalho procura ilustrar o uso de uma dessas técnicas gerenciais — a programação linear — através da sua aplicação ao problema clássico de escolha de um plano de produção de máximo lucro para uma empresa laticinista de pequeno porte. A ilustração pretende demonstrar que apesar das hipóteses simplificadoras do método, o mesmo pode fornecer uma importante orientação aos dirigentes laticinistas, o que sem dúvida se faz necessário num momento onde a manutenção da competitividade na indústria é fator preponderante para o seu crescimento e sobrevivência.

### A TÉCNICA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

A programação linear (PL) é uma técnica de pesquisa operacional que tem demonstrado uma enorme aplicabilidade em problemas administrativos que envolvem a alocação de recursos escassos entre meios e finalidades alternativas. Problemas como a definição de rações de custo mínimo, determinação ótima de rotas em linhas de leite, e controle de produção e estoques, são apenas alguns exemplos

(\*) Economista Rural, Ph.D., Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, 36570, Viçosa, MG.

(\*\*) Engenheiro Químico, Ph.D., Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, 36570, Viçosa, MG.

onde a técnica tem sido empregada com sucesso(1).

O problema típico de PL envolve a otimização (maximização ou minimização) de uma função, sujeita a uma série de restrições. A função a ser otimizada (função objetivo) pode ser expressa em termos monetários como no caso de funções de custo ou lucro, ou em qualquer outra forma adequada ao problema analisado. As restrições normalmente representam os níveis fixos de recursos que limitam as ações alternativas de um administrador. Para uma empresa laticinista, as restrições poderiam representar por exemplo, a capacidade máxima diária de pasteurização, a capacidade máxima de estocagem em uma câmara de cura, ou mesmo as necessidades mínimas de produção de algum derivado para satisfazer um determinado contrato.

Um conceito importante na PL é a idéia de linearidade, através da qual é assumido que as funções de produção analisadas apresentam retornos constantes à escala. Em termos simples, a linearidade implica na seguinte relação: se 10 horas de mão-de-obra associadas com 5 horas do uso de uma máquina resultam em uma produção de 100 kg de um produto qualquer, então o modelo de PL assumirá que 20 horas de mão-de-obra associadas à 10 horas de uso da máquina resultarão na produção de 200 kg de produto. Para muitos, esta é uma limitação do método, mas a experiência prática tem indicado que a suposição é realista dentro de intervalos apropriados de operação. A linearidade é também assumida na função objetivo.

Para melhor ilustrar o uso do método, o problema da determinação de um plano de produção de máximo lucro para uma usina laticinista de pequeno porte é analisado nas seções seguintes.

### DEFINIÇÃO DE UM PLANO ÓTIMO DE PRODUÇÃO: SOLUÇÃO GRÁFICA

Uma decisão típica a ser tomada por um administrador na indústria de laticínios é a determinação do seu plano de produção para um determinado período. Suponhamos que a indústria receba uma média diária de 18.000 litros de leite para beneficiamento. Para fins de simplificação, imaginemos ainda que a indústria se especializa na produção de dois tipos de queijos: prato e mussarela. O administrador sabe que cada quilo de queijo prato produzido

rende Cr\$ 180,00 líquidos por quilo produzido. Ele sabe ainda que suas restrições de equipamento e mão-de-obra lhe permitem produzir no máximo 2.500 kg de queijo prato ou 1.000 kg de queijo mussarela por dia. Quaisquer combinações dentro destes limites são válidas. Finalmente, é sabido ainda que o setor de vendas da empresa possui mercado assegurado para um máximo de 900 kg de mussarela e 2.500 kg de queijo prato.

A decisão a ser tomada com base nestas informações diz respeito à determinação das quantidades de cada produto que deverão ser produzidas para que o lucro decorrente seja máximo.

Embora existam infinitas possibilidades de produção, apenas uma combinação gerará lucro máximo. Para definir esta combinação, o problema do administrador deve ser traduzido para uma representação matemática. Considerando-se  $X_1$  e  $X_2$  respectivamente como as quantidades em quilogramas de queijo prato e mussarela a serem produzidas, teríamos:

- Função a ser maximizada**

Lucro =  $150 X_1 + 180 X_2$ ; ou:  
"O lucro total será igual à quantidade de queijo prato produzida ( $X_1$ ) vezes seu lucro unitário (Cr\$ 150/kg) mais a quantidade de mussarela produzida ( $X_2$ ) vezes seu lucro unitário (Cr\$ 180/kg)".

- Restrição de equipamento e mão-de-obra**

$X_1 + 2,5 X_2 \leq 2.500$ ; ou:  
"A produção conjunta de queijo prato ( $X_1$ ) e mussarela ( $X_2$ ) é limitada por valores máximos de 2.500 kg e 1.000 kg para cada produto respectivamente. Quaisquer combinações intermediárias dentro destes limites são válidas".

- Restrição de matéria-prima**

$9 X_1 + 10 X_2 \leq 18.000$ ; ou:  
"O volume de leite utilizado na produção dos dois tipos de queijo deve ser igual ou inferior a 18.000 litros".

- Restrições de mercado**

$X_1 \leq 2.500$ ; ou:  
"A quantidade de queijo prato a ser produzida deve ser igual ou inferior a 2.500 kg".

$X_2 \leq 900$ ; ou:  
"A quantidade de mussarela a ser produzida deve ser igual ou inferior a 900 kg".

Em virtude das hipóteses simplificadas assumidas este problema pode ser resolvido graficamente. A solução é apresentada na Figura 1. A produção de cada queijo é restrita às funções lineares repre-

sentadas pelas retas da Figura 1. A área interna de produção irrestrita é o polígono obtido pelos cortes.

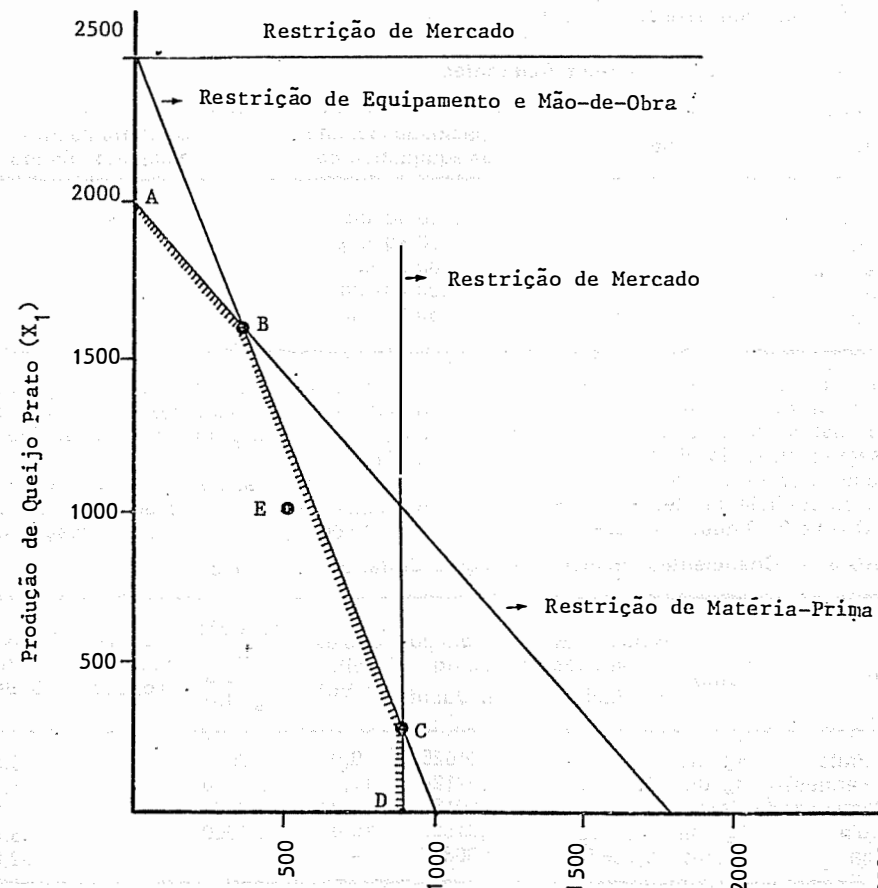
Pode-se observar na Figura 1 que todas as combinações possíveis de  $X_1$  e  $X_2$  situam-se dentro do polígono representado pelos pontos A, B, C e D, e a origem do gráfico. Para avaliar qual dessas combinações produzirá o melhor plano de produção, basta calcular o lucro nestes pontos extremos. (Quadro 1). O ponto E no interior do polígono é também considerado para fins comparativos.

De acordo com as hipóteses assumidas no exemplo em discussão, o plano ótimo de produção para esta indústria laticinista

seria a fabricação de 1.600 kg de queijo prato e 360 kg de mussarela.

Como vimos, a determinação gráfica do plano ótimo é bastante simples para combinações de dois produtos. Contudo, na medida em que se aumentam as opções de produção, o cálculo assume maior complexidade e requer a solução através de processos matemáticos mais elaborados. Considerando-se que na prática as opções de produção tendem a ser mais diversas, o exemplo a seguir determina um plano de produção de máximo lucro para uma fábrica diversificada e discute o processo de solução através do uso de programas computacionais disponíveis no mercado nacional.

**FIGURA 1**  
**SOLUÇÃO GRÁFICA DO PROBLEMA PROPOSTO**





QUADRO 1 — Avaliação do Lucro Total para Planos de Produção Seleccionados.

Ponto na Figura 1	Produção de Queijo Prato (kg)	Produção de Mussarela (kg)	Lucro Total (Cr\$)
A	2.000	0	300.000
B	1.600	360	304.800
C	250	900	199.500
D	0	1.000	180.000
E	1.000	500	240.000

DETERMINAÇÃO DE UM PLANO ÓTIMO DE PRODUÇÃO: SOLUÇÃO FORMAL

Para a formulação de um exemplo mais realista do uso da PL em indústrias de laticínios, passa-se a analisar o processo de planeamento de uma fábrica com capacidade máxima de recepção estimada em 18.000 litros de leite por dia. Esta usina está capacitada a produzir queijo prato, queijo parmesão, mussarela, manteiga e

leite pasteurizado. Suas principais limitações de produção são dadas pela disponibilidade de mão-de-obra não qualificada e semi-qualificada, pela restrição em capacidade de estocagem, pelo volume de leite recebido, por uma restrição contratual de mercado, e por restrições em capacidade de equipamento. As restrições de capacidade de equipamento e de contrato de fornecimento são apresentadas no Quadro 2.

QUADRO 2 — Restrições Individuais Relevantes

Produto	Símbolo	Capacidade máxima dos equipamentos	Contrato de Fornecimento mínimo
Queijo Prato	$X_1$	1.500 kg/dia	—
Queijo Parmesão	$X_2$	1.800 kg/dia	—
Leite Pasteurizado	$X_3$	8.000 l/dia	5.000 l/dia
Mussarela	$X_4$	1.000 kg/dia	—
Manteiga	$X_5$	250 kg/dia	—

Quanto à mão-de-obra, a empresa dispõe de um máximo de 160 h/dia de trabalho não qualificado e de 32 h/dia de trabalho semi-qualificado. Esta mão-de-obra é utilizada no processo produtivo de acordo com os coeficientes técnicos resumidos no Quadro 3. O quadro apresenta tam-

bém o lucro unitário de cada produto elaborado e as necessidades respectivas de leite e/ou gordura no processo de fabricação.

Por último, cabe acrescentar que a capacidade máxima de estocagem de queijos é de 3.500 kg/dia, e que a empresa pode

QUADRO 3 — Coeficientes Técnicos\* e Lucros Unitários Específicos\*\*

Produto	Unid.	Horas de Mão-de-obra por Unidade de Produto	Uso de leite (l/Ud)	Produção de gordura (kg/Ud)	Uso de gordura (kg/Ud)	Lucro Unitário (Cr\$/Ud)
		N/Qualif.	Semi-Qualif.			
Queijo Prato	kg/dia	0,04170	0,01626	9,0	0,09	110,0
Queijo Parmesão	kg/dia	0,11730	0,02124	11,8	0,1416	125,0
Leite Pasteurizado	l/dia	0,00489	0,00180	1,04	0,0104	10,0
Mussarela	kg/dia	0,06182	0,01800	10,0	0,1000	105,0
Manteiga	kg/dia	0,03872	0,00307	—	0,8	62,0

Pinheiro et alli (6)  
Valores assumidos

vencer qualquer excesso de gordura na forma de "butter oil", obtendo nesta operação um lucro de Cr\$ 25/kg.

As informações resumidas acima permitem a formulação do problema matemático

e a sua solução subsequente por meio de uma rotina computacional. Utilizando-se a simbologia adotada no quadro 2 e chamando a venda de "butter oil" de " $X_6$ ", pode-se representar o problema na forma mostrada no Quadro 4. A

QUADRO 4 — Formulação Matemática do Problema Proposto

ITEM	Queijo Prato $X_1$	Queijo Parmesão $X_2$	Leite Pasteurizado $X_3$	Mussarela $X_4$	Manteiga $X_5$	Venda de "Butter Oil" $X_6$	Lado Direito
Lucro a ser Maximizado	110,0	125,0	10,0	105,0	62,0	25,0	—
Capacidade Máxima de Equipamento — Queijo Prato	1,0	—	—	—	—	—	1500
Capacidade Máxima de Equipamento — Queijo Parmesão	—	1,0	—	—	—	—	1800
Produção Mínima por Contrato — Leite Pasteurizado	—	—	10	—	—	—	5000
Capacidade Máxima de Equipamentos — Leite Pasteurizado	—	—	1,0	—	—	—	8000
Capacidade Máxima de Equipamento — Mussarela	—	—	—	1,0	—	—	1000
Capacidade Máxima de Equipamento — Manteiga	—	—	—	—	1,0	—	250
Disponibilidade Máxima de Mão-de-Obra Não Qualificada	0,04170	0,1173	0,00489	0,06182	0,03872	—	160
Disponibilidade Máxima de Mão-de-Obra Semi-Qualificada	0,01626	0,02124	0,00180	0,0180	0,00307	—	32
Capacidade Máxima de Estocagem — Queijos	—	—	—	1,0	—	—	3500
Produção, Uso e Venda de Gordura	—	—	—	—	0,8	1,0	0

interpretação das equações é similar à apresentada no problema simplificado discutido anteriormente.

Deve apenas ser mencionado que os coeficientes negativos na última restrição apresentada no Quadro 4 indicam que para cada unidade de produto elaborado, o estoque de gordura é acrescido pela quantidade representada pelo respectivo coeficiente. O coeficiente  $-0,09$  na coluna " $X_1$ ", por exemplo, denota que para cada quilograma de queijo prato elaborado,  $0,09$  kg de gordura serão também produzidos. Os coeficientes positivos denotam o uso do estoque de gordura na elaboração de manteiga ou na venda sob a forma de "butter oil". Como foi estabelecido que a produção de gordura não utilizada na fabricação de manteiga deve ser vendida na forma de "butter oil", a equação é balanceada de modo que o estoque de gordura seja sempre nulo.

Para a solução do problema, emprega-se o algoritmo conhecido como "método simplex", o qual de certa forma se relaciona com os procedimentos convencionais de resolução de sistemas de equações simultâneas (5). Obviamente uma discussão detalhada deste processo de

solução fugiria aos objetivos do presente trabalho. O leitor interessado encontrará uma ampla abordagem do assunto nas referências 1, 3 e 5. De qualquer forma, deve ser ressaltado que a existência de programas computacionais de fácil utilização torna hoje o método bastante acessível, mesmo para o usuário de menor inclinação matemática. O problema em discussão foi solucionado com o auxílio de um microcomputador HP-85A, disponível no mercado nacional, por meio de programas fornecidos pelo próprio fabricante do equipamento (4). Programas para outros equipamentos nacionais estão também disponíveis no mercado, ou na literatura especializada (5).

A solução do problema é resumida no Quadro 5. Ela estabelece como estratégia ótima a produção de  $220,03$  kg de manteiga,  $1.378$  kg de queijo prato e  $5.000$  litros de leite pasteurizado, gerando dessa forma, um lucro máximo de Cr\$  $215.228,08$  por dia. Por outro lado, a solução oferece ainda uma série de importantes informações sobre as restrições que realmente limitam a capacidade de operações e sobre as taxas de lucro unitário onde a linha ótima de produção não deve ser alterada.

QUADRO 5 — Plano Ótimo de Produção

Produto	Símbolo	Unidade	Quantidade
Queijo Prato	$X_1$	kg/dia	1378,056
Queijo Parmesão	$X_2$	kg/dia	—
Leite Pasteurizado	$X_3$	l/dia	5000,000
Mussarela	$X_4$	kg/dia	—
Manteiga	$X_5$	kg/dia	220,031
Venda de "Butter Oil"	$X_6$	kg/dia	—

Neste caso, observa-se no Quadro 6 um excesso de mão-de-obra qualificada da ordem de aproximadamente 70 horas diárias, um excesso na capacidade de estocagem de queijos de cerca de  $2.122$  kg/dia, e excesso de capacidade de equipamento para todos os produtos. Observa-se também através dos "preços sombra" gerados pela solução do problema que a restrição

mais limitante é a mão-de-obra semi-qualificada. O "preço sombra" deste recurso é de Cr\$  $7.069,95$ , significando que cada hora adicional contratada contribuiria com esta quantia para a geração de lucros. A disponibilidade de gordura é também limitante, sendo que cada unidade adicional disponível contribuiria com Cr\$  $50,37$  para a geração de lucros.

QUADRO 6 — Níveis excedentes e "Preços-sombra" dos recursos fixos

Recurso	Nível Excedente	Preço-Sombra
Mão-de-Obra não qualificada	69,565 horas	0,000
Mão-de-Obra qualificada	—	7069,952
Capacidade de estocagem	2121,944 kg	0,000
Leite	397,498 l	0,000
Gordura	—	50,369
Equipamentos-Queijo Prato	121,944 kg	0,000
Equipamentos-Queijo Parmesão	1800,000 kg	0,000
Equipamentos-Leite Pasteurizado	3000,000 l	0,000
Equipamentos-Mussarela	1000,000 kg	0,000
Equipamentos-Manteiga	29,969 kg	0,000

Quanto à análise de sensibilidade dos resultados, pode-se constatar que os produtos constantes do plano ótimo de produção permanecerão neste plano se ocorrerem variações no lucro unitário dentro das faixas apresentadas no Quadro 7. Alterações dentro das faixas poderiam implicar

em modificações nas quantidades produzidas e no lucro total obtido, mas não alterariam os produtos constantes do plano ótimo. As faixas de variação dos lucros unitários dos produtos que não integram o plano ótimo dão uma idéia da magnitude de mudança que seria necessária para que os mesmos passassem a ser produzidos.

QUADRO 7 — Faixas de Variação: Lucros Unitários

Produto	Mínimo (Cr\$)	Máximo (Cr\$)
Manteiga	41,27	686,34
Queijo Prato	96,30	219,38
Leite	—	12,20
Queijo Parmesão	—	143,03
Mussarela	—	122,22
Venda de Gordura	—	50,37

Por último, observa-se no Quadro 8 as faixas de variação dos níveis das restrições adotadas, o que dá uma indicação da

magnitude da alteração necessária para a modificação da composição do plano ótimo.

QUADRO 8 — Faixas de Variação: Nível das Restrições

Restrição	Mínimo	Máximo
Mão-de-Obra não qualificada	90,43 horas	—
Mão-de-Obra qualificada	9,20 horas	32,73 horas
Capacidade de Estocagem	1378,06 kg	—
Leite	17602,50 l	—
Gordura	—	24,49 kg



Todas estas informações são prontamente geráveis através do emprego dos programas computacionais mais comuns para a solução de problemas similares, e seu valor para o administrador é, sem dúvida, substancial. Através do conhecimento dos fatores que são realmente restritivos, decisões sobre a contratação de novos empregados, a exemplo, podem ser tomadas com menos risco.

## CONCLUSÕES

Procurou-se demonstrar com o presente trabalho que a solução de um problema complexo como a seleção de um plano de produção de lucro máximo na indústria de laticínios pode ser bastante simplificada, se forem adotadas técnicas quantitativas de fácil aplicação, como a programação linear. O método não é recente, sendo bastante conhecido nos meios gerenciais há várias décadas. No entanto, a difusão de sua utilização tem sido bastante prejudicada pela relativa dificuldade de formulação e solução dos problemas com os recursos técnicos disponíveis para o administrador comum. Contudo, a crescente disponibilidade de recursos computacionais de baixo custo, aliada à necessidade imperativa de se racionalizar cada vez mais a alocação de recursos empresariais em segmentos industriais como o setor laticionista, torna recomendável o emprego de tais técnicas gerenciais com forma de minimização de riscos no processo decisório.

O emprego da programação linear, ou de qualquer outra técnica gerencial similar, não exclui a necessidade da execução de julgamento criterioso por parte do administrador nos processos decisórios. Entretanto, ao contribuir para a geração de maiores informações sobre as possíveis consequências das decisões a serem tomadas, a técnica permite o estabelecimento de diretrizes mais informadas, o que é inegavelmente desejável em qualquer situação.

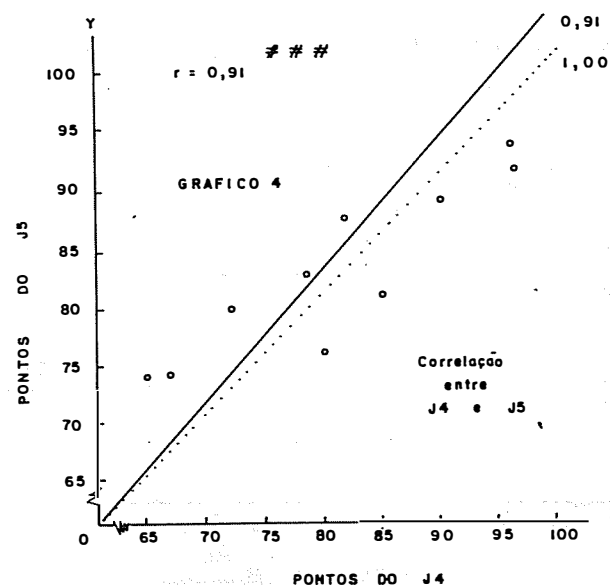
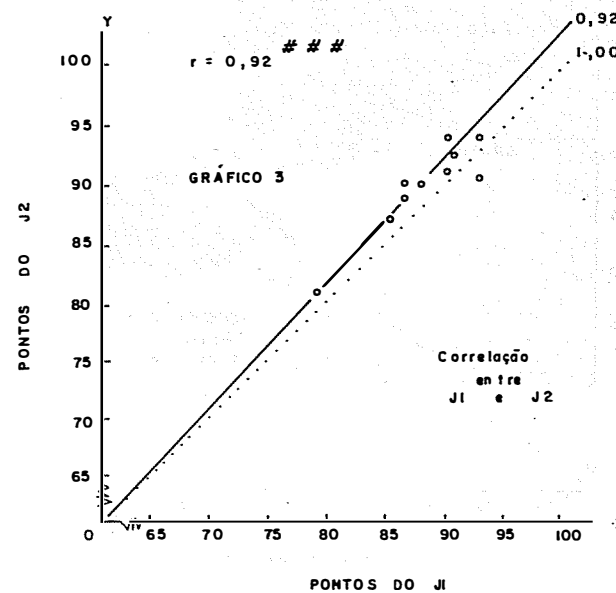
## ABSTRACT

The purpose of this paper is to demonstrate the utilization of linear programming as a means to select maximum profit product mixes in the dairy industry. The method is applied to the classic problem of deciding on types and quantities of alternative dairy products to process in a given period, subject to resource constraints such as equipment capacity, labor and raw material availability, as well as other fixed inputs. In view of the increasing availability of low cost computational resources, linear programming is now readily available to most dairy executives, and its use can certainly generate relevant subsidies towards a more efficient management.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENDER, F.E., KRAMER A. e KAHAN, G.; 1982. "Linear Programming and its Applications in the Food Industry"; Food Technology 36:7, pp. 94-6.
2. —; 1976. Systems Analysis for the Food Industry; AVI, Westport, 468p.
3. HEADY, E. e CANDLER, W.; 1973. Linear Programming Methods; Iowa State Univ. Press, Ames; 597p.
4. HEWLETT — PACKARD Co.; 1980. HP-85 Linear Programming Pac, São Paulo; 47p.
5. McMILLAN, C. e GONZALEZ, R.; 1973. Systems Analysis: A Computer Approach to Decision Models; Richard Irwin, Homewood. 610p.
6. PINHEIRO, A., SILVA, C., MOSQUIM, C. e FURTADO, C.; 1982. Estudo de Viabilidade Técnico Econômica para a Implantação de uma Usina de Laticínios no Município de Altamira, Pará; Universidade Federal de Viçosa, 111p.

## XII Concurso Nacional de produtos lácteos. Gráficos 3 a 6 (Reproduzidos)



## XII CONCURSO NACIONAL DE PRODUTOS LÁCTEOS: ANÁLISE ESTATÍSTICA

Francisco Amaral Rogick

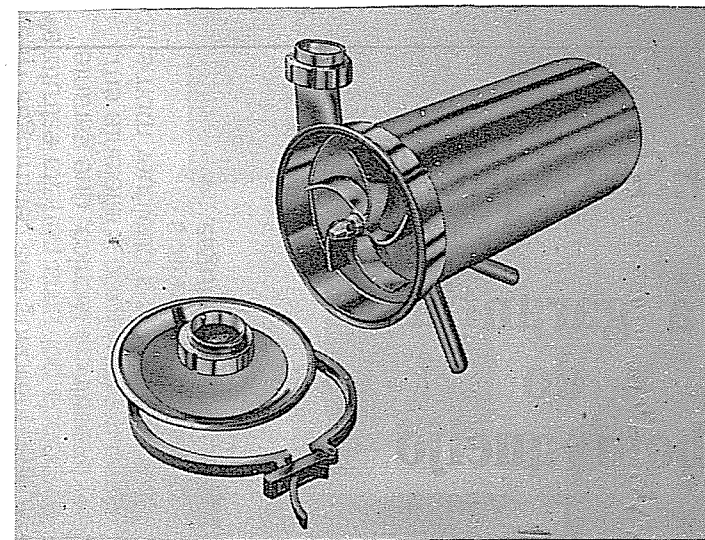
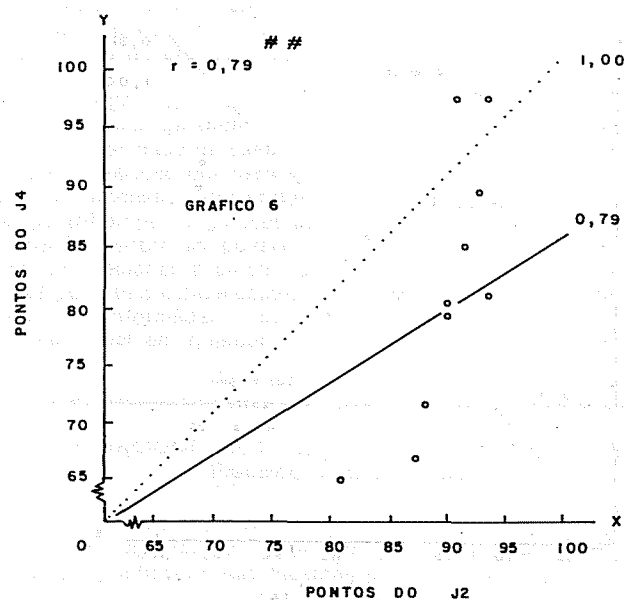
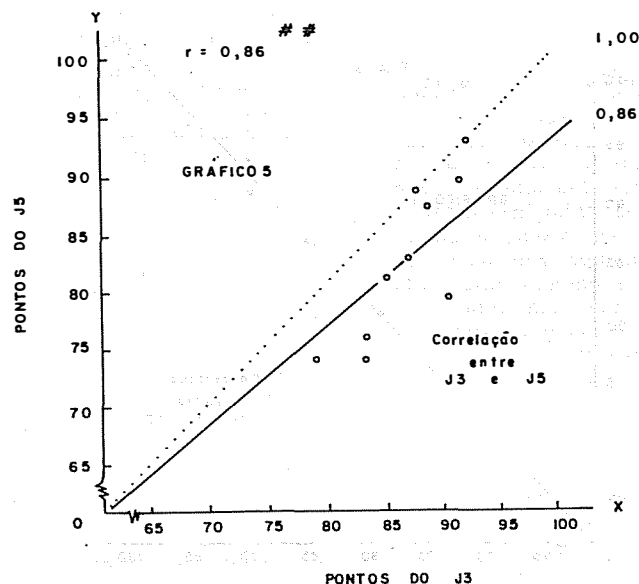
**CORRIGENDA:** Por um engano na diagramação do trabalho acima, os gráficos das páginas 45 e 46 do número 231 foram trocados, e devem ser substituídos pelos gráficos originais publicados nas mesmas páginas deste número. Favor recortar e

**EPAMIG**

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Instituto de Laticínios Cândido Tostes



## Bombas centrífugas sanitárias Inoxil.

### Tecnologia feita de aço.

As bombas centrífugas Inoxil são mais uma prova de que comprar qualidade é o melhor investimento que existe.

Fabricadas totalmente em aço inoxidável, são do tipo monobloco, sem mancais e dispensam manutenção.

E por serem da Inoxil, trazem atrás de si uma assistência técnica formada por engenheiros da mais alta capacitação profissional.

Entre em contato com um deles.

Você vai entender melhor como a Inoxil conseguiu se transformar naquilo que ela é hoje.

**REPRESENTANTES:** Norte/Nordeste - Sr. Carvalho - Tels.: (021) 265-1310 e 245-6455  
Rio de Janeiro/Espírito Santo - Sr. Patrick - Tel.: (021) 221-9744  
Rio Grande do Sul/Santa Catarina - Sr. Luiz - Tel.: (0512) 42-0400



Uma empresa com a força do aço.

**INDÚSTRIA MECÂNICA INOXIL LTDA.**

Rua Arary Leite, 615 - Vila Maria - C.P. 14.308 - CEP 02123  
Tel.: (PBX) (011) 291-9644 - End. Telegr. INOXILA - Telex 11 - 23988 - IML-BR  
SÃO PAULO - BRASIL



# TRÊS CORÔAS

a garantia  
do  
bom queijo

O coalho Três Corôas é utilizado pela maioria dos laticínios, das mais afamadas marcas de queijos do Brasil.

Garante a sua pureza, qualidade, uniformidade, rendimento e é o mais econômico, até a embalagem se aproveita.

## TRÊS COROAS

Informa:

em um ano foram coalhados com

COALHO TRÊS COROAS 584 MILHÕES DE LITROS  
DE LEITE NO BRASIL



## ENDEREÇOS:

FABRICA: Tel.: 429-5624

Ind. e Com. Prod.

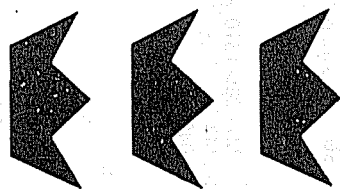
Químicos Três Corôas S/A

Rua Primavera n.º 58 —

Vila Santa Terezinha

06300 — Carapicuíba — SP.

VENDAS: Tel.: 429-2307



# CENTRIFUGAS WESTFALIA. O MILAGRE DA MULTIPLICAÇÃO DO LEITE.

Leite. Um dos alimentos mais antigos e mais nutritivos da humanidade. A Westfalia participa de todas as formas de processamento deste alimento.

Suas centrifugas garantem economia e perfeita eficiência no desnate, na purificação e desgerminação do leite, na fabricação do queijo, da manteiga e de todos os outros derivados do leite.

A alta qualidade das centrifugas Westfalia é apoiada por uma perfeita estrutura de assistência técnica, que garante atendimento rápido e eficiente em qualquer local e a qualquer momento. Desnatadeira Westfalia - a nata das centrifugas.



**WESTFALIA  
SEPARATOR**

Rod. Campinas - Monte Mor, Km 12  
Sumaré - SP - PABX (0192) 42.1555



# BRASPAC. UM SHOW DE PERFEIÇÃO!

