

Influência da aplicação das boas práticas de fabricação sobre a quantidade e qualidade do efluente bruto de uma indústria de laticínios em Caldazinha-GO

RESUMO

As Boas Práticas de Fabricação - BPFs podem ser importante ferramenta no processo de gestão ambiental em indústrias e agroindústrias, pois é capaz de controlar segundo normas preestabelecidas os fluxos e processos de produção. Essa pesquisa objetivou avaliar antes e depois da implantação das BPFs o volume e a qualidade física, química e biológica dos efluentes gerado em um laticínio localizado em Caldazinha – GO, no período entre maio de 2007 a setembro de 2008. Os resultados obtidos mostram que após as BPFs houve redução do volume de efluentes gerados e melhora nas condições físicas, químicas e biológicas, favorecendo o tratamento biológico dos efluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto bruto; BPFs; tratamento de efluente; leite.

ABSTRACT

The Good Manufacturing Practices - GMPs can be an important tool in the process of environmental management in industries and agribusinesses, as it is able to control the second pre-established norms flows and production processes. The study aimed to evaluate before and after the implementation of GMPs volume and physical, chemical and biological effluents generated in a plant located in Caldazinha - GO, in the period between May 2007 and September 2008. The results show that after the GMPs reduction in the volume of wastewater generated and improvement in physical, chemical and biological weapons, favoring the biological treatment of wastewater.

KEYWORDS: Raw sewage; GMPs; wastewater treatment; milk.

Denise Gonçalves Ferreira

Zootecnista, M. Sc. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Prefeitura Municipal de Caldazinha - Av. Cristóvão Colombo QD. 205, Lt. 17, Jardim Novo Mundo, Goiânia, GO, 74705-130

E-mail: dgferreiras@hotmail.com

Delvio Sandri

Docente de Ensino Superior V, Dr., Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás/UEG.

INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios de médio e pequeno porte representa um importante componente econômico e social, além disso, constitui uma importante parcela na produção de alimentos, mas sua contribuição em termos de poluição de águas receptoras é significativa, sendo, portanto, necessário o tratamento prévio de seus despejos líquidos antes do lançamento na natureza.

Os laticínios utilizam grande quantidade de água no processo industrial, gerando um volume considerável de efluentes, caracterizado por elevada carga orgânica e alta concentração de sólidos em suspensão, provenientes das diferentes etapas do processamento tecnológico do leite. O problema agrava-se considerando que estes resíduos industriais têm mobilidade, ou seja, se espalham por vastas extensões de terra, água e ar, causando danos ambientais (DERISIO, 2000).

Os efluentes das indústrias de laticínios abrangem as coleções líquidas industriais, geradas em todos os setores da indústria. Os constituintes presentes no efluente industrial incluem: substâncias orgânicas associadas ao leite, como gorduras, proteínas e carboidratos; detergentes e desinfetantes usados nas operações de lavagem e sanitização; areia e poeira removidas nas operações de lavagens de pisos e latões de leite e lubrificantes empregados em determinados equipamentos. Podem ainda estar presentes ingredientes como açúcar, pedaços de frutas, essências, condimentos diversos, subprodutos como o soro (produção de queijo) e o leiteiro (produção de manteiga) (MACHADO et al., 2001).

A vazão e a qualidade do efluente gerado por agroindústrias são dependentes, entre outros fatores, do tipo e porte da indústria, dos processos empregados, e do grau de reaproveitamento nas diferentes etapas do processamento; volume de leite processado; condições e tipo de equipamentos utilizados; adoção de

práticas para redução da carga poluidora; volume de efluentes; atitudes de gerenciamento ambiental; consumo de água nas operações entre outros fatores (KONIG e CEBALLOS, 1995).

A implantação de medidas simples como o reaproveitamento do soro, a padronização dos procedimentos de limpeza, o treinamento e conscientização dos colaboradores sobre as práticas ambientais e de higiene, a manutenção preventiva dos equipamentos e práticas de reúso de água, proporcionaram a redução no consumo de água e diminuição no volume e na carga poluidora do efluente, oferecendo melhores condições para as pequenas e médias empresas tratarem seus efluentes.

A adoção de programas de qualidade e segurança alimentar é uma alternativa para auxiliar as indústrias de laticínios, especialmente às pequenas e médias a: agregarem valor a seus produtos e reduzir seus efluentes e tornarem-se mais competitivas. Estes programas têm por objetivos reorganizar o processo produtivo evitando perdas de matéria prima; aumentar a segurança e a qualidade dos alimentos produzidos; aumentar a exportação de alimentos preparando o setor produtivo para atender às exigências dos países importadores; aumentar a competitividade nas empresas e agregar valor econômico aos produtos finais.

Dentre os programas de segurança de alimentos, as Boas Práticas de Fabricação - BPFs podem ser uma ferramenta importante, pois é capaz de controlar, segundo normas pré - estabelecidas, a água, as contaminações cruzadas, as pragas, a higiene e o comportamento do manipulador, a higienização das superfícies, o fluxo de processos, os equipamentos e outros itens, dando um grande passo para melhorar e dinamizar a produção de alimentos industrializados de forma segura e de qualidade.

Correlacionar as BPFs com a redução na quantidade e melhora a qualidade dos efluentes gerados em

laticínios pode ser uma importante ferramenta, principalmente para pequenas e médias indústrias, para, além de agregar valor qualitativo a seus produtos, possam reduzir as quantidades de efluentes gerados. Até o presente momento não foi identificados estudos que abordem esta correlação da interferência das BPFs na qualidade e quantidade de efluentes gerados por laticínios, sendo, portanto, importante obter estas informações.

Algumas literaturas (MOURA et al., 2003; BRIÃO e TAVARES, 2004; VALLE et al., 2000; BRAGA e MIRANDA, 2002; BRAILE e CAVALCANTE, 1993), (CUIKENDALL et al., 2003) mencionam que qualquer prática ou processo, técnica ou medida que reorganize e torne mais eficiente os processos produtivos e promova mudanças que resultem em economia de matéria-prima, insumos e água, e minimizem dos impactos negativos ao meio ambiente devem ser adotadas.

Desta forma, objetivou-se avaliar o volume de efluente gerado e a qualidade física, química e biológica, antes e depois da implantação das BPFs em uma indústria de laticínio.

MATERIAL E MÉTODOS

A indústria de laticínios Rio Grande LTDA, local realizado o experimento, instalada no Município de Caldazinha há 10 anos e segundo a Delegacia Federal de Agricultura de Goiás (Serviço de Inspeção Federal - SIF) (2005), esta indústria é classificada como fábrica de laticínios e tem uma capacidade industrial para processar 10 mil litros de leite por dia, estando, portanto, sob inspeção federal. No período chuvoso funciona com 80% de sua capacidade e no período de seca com 50%. Está localizada na região urbana do município de Caldazinha, onde existem em sua vizinhança residências, escolas e comércios. Esta indústria possui 14 colaboradores distribuídos em diversas funções, sendo que 10 trabalham na linha de produção, com nível de escolaridade de ensino médio completo.

O período de implantação das BPFs ocorreu entre maio de 2007 a setembro de 2008. Inicialmente realizou-se uma auditoria interna com base na Resolução DIPOA/SDA Nº 10, de 22 de maio de 2003, para levantamento das condições iniciais quanto aos seguintes aspectos: instalações, equipamentos, higiene da indústria e equipamentos, segurança da água, controle integrado de pragas, manejo de resíduos, recursos humanos, matéria prima, fluxos de produção e embalagem e rotulagem.

Na seqüência elaborou-se o manual de BPFs de acordo com a legislação pertinente do MAPA, Portaria Nº 368, de 04 de setembro de 1997 e Resolução DIPOA/SDA Nº 10, de 22 de maio de 2003 e dados obtidos na auditoria realizada no laticínio. O manual descreveu e contemplou de forma minuciosa todos os itens relativos à condição estrutural e higiênico-sanitária da indústria; o saneamento do estabelecimento; a higiene pessoal e requisitos sanitários; requisitos de higiene na elaboração do alimento e o armazenamento e transporte de produtos acabados conforme prevê as portarias citadas, bem como análise das condições dos

sistemas de disposição dos efluentes gerados no laticínio.

O plano PPHOs (Procedimentos Padrão de Higiene Operacional) seguiu a recomendação da Resolução DIPOA/SDA Nº 10, de 22 de maio de 2003, estruturada em nove pontos básicos: PPHOs 1: Segurança da água; PPHOs 2: Condições e higiene das superfícies de contato com o alimento; PPHOs 3: Prevenção contra contaminações cruzada; PPHOs 4: Higiene dos empregados; PPHOs 5: Proteção contra contaminantes e adulterantes do alimento; PPHOs 6: Identificação e estocagem adequadas de substâncias químicas e de agentes tóxicos; PPHOs 7: Saúde dos empregados; PPHOs 8: Controle integrado de pragas; PPHOs 9: Registros. Para atender aos PPHOs descreveu-se de forma minuciosa 18 instruções de trabalho que estabelecem de forma rotineira os procedimentos a serem realizados para alimento livres de contaminações a ser seguido dentro do laticínio pelos colaboradores.

Após a elaboração do manual de BPFs realizou-se o treinamento de todos os colaboradores do laticínio, apresentando-se o manual de BPFs com os PPHOs aos dirigentes do laticínio e aos colaboradores. Os colaboradores

assistiram aulas teóricas nos meses de janeiro e fevereiro de 2008, duas vezes por semana, das 15:00 h às 18:00 h, resultando em 48h de aulas teóricas que abordaram todos os itens descrito no manual de BPFs e noções de microbiologia, legislação, emprego e diluição dos produtos usados em limpeza e sanitização, noções de conservação e manejo ambiental e importância da monitorização por meio dos registros de informações.

Durante o treinamento teórico foram feitas as modificações e adaptações descritas pelos PPHOs, realizando-se atividades práticas em cada setor da indústria e posto de trabalho, de forma que os colaboradores conhecessem as condições de como realizar as suas tarefas de acordo com o preconizado pelo manual de BPFs. Afixou-se em locais visíveis e preestabelecidos no interior da indústria um resumo das instruções de trabalho, ou seja, os roteiros que descrevem a forma correta de desenvolver cada atividade, para que os colaboradores pudessem relembrar as seqüências e rotinas de realização das tarefas. As Figuras 1A e 1B mostram como exemplo, o PPHOs de higiene das mãos afixados na indústria.



Figura 1. Lavatório para as mãos (A) e instruções de trabalho fixadas na indústria sobre higiene das mãos (B).

O processo de implantação do Manual das BPFs com os PPHOs foi apresentado ao Serviço de Inspeção Federal (SIF), no mês de maio de 2008, para fins de certificação por auditores, quanto à validade do plano e de sua

implantação e que, ao mesmo tempo atende aos requisitos preconizados na legislação vigente.

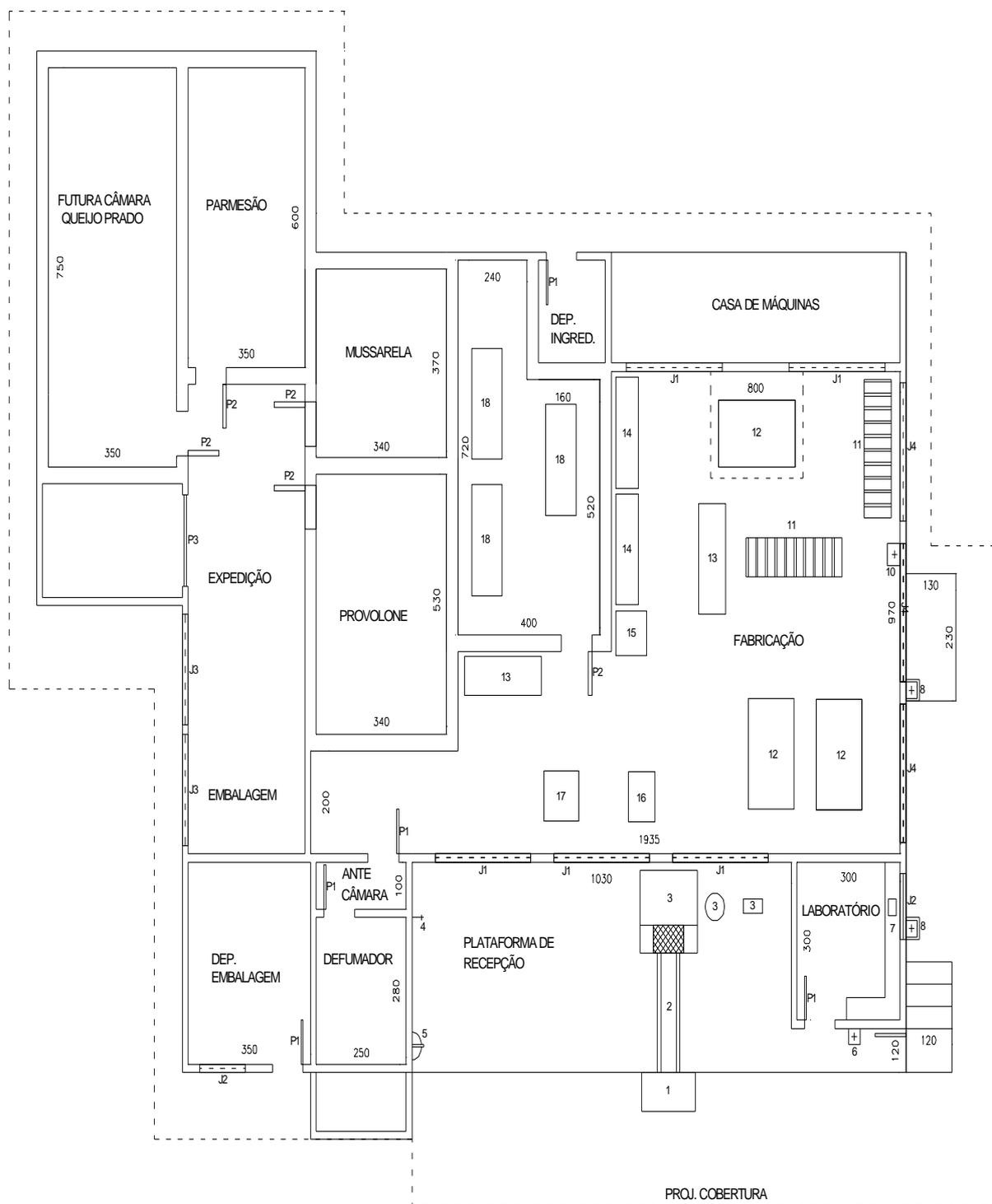
A matéria prima (leite) recebido pelo laticínio, após ser pasteurizado é transformado em

queijos como a mussarela, o parmesão e o provolone fresco defumado. A mussarela é produzida em maior escala (60%) e a menor na produção dos queijos parmesão e provolone (40%). A seqüência de produção dos diferentes

queijos pode ser vista no (Quadro 1) e a planta baixa do laticínio com os respectivos equipamentos estão na

Figura 2. A descrição do processo industrial se divide na seguinte seqüência:

QUADRO 1 – Sequência de produção dos diferentes queijos no laticínio.



LEGENDA

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Batente | 11 Prensas |
| 2 Deslizador para latões | 12 Tanques de fabricação em aço inox |
| 3 Tanque de recepção de aço inox | 13 Mesa em aço inox |

4	Ponto de água	14	Prateleira em aço inox
5	Ponto de vapor	15	Picadeira
6	Pia acionada com pedal	16	Filadeira
7	Bancada com pia	17	Tanque de água
8	Lavadouro de botas	18	Tanques para salmoura em fibras de vidro
9	Projeção da cobertura	19	Embaladura a vácuo
10	Pia acionada por pedal	20	Balança

Figura 2. Planta baixa do laticínio Rio Grande Ltda, com os equipamentos utilizados no processo industrial.

Mussarela	Provolone	Parmesão
1- Recebimento do leite	1- Recebimento do leite	1- Recebimento do leite
2 - Pasteurização	2 - Pasteurização	2 - Pasteurização
3 - Adicionar de cloreto de cálcio, fermento láctico e coalho	3 - Adicionar de cloreto de cálcio, fermento láctico e coalho	3 - Adicionar de cloreto de cálcio, fermento láctico e coalho.
4 - Aguardar 25 a 30 minutos	4 - Aguardar 25 a 30 minutos	4 - Aguardar 25 a 30 minutos.
5 - Fazer o 1º corte de forma lenta e repousar por 3 minutos	5 - Fazer o 1º corte de forma lenta e repousar por 3 minutos	5 - Fazer o 1º corte de forma lenta e repousar por 3 minutos.
6 - Fazer a mexedura por 10 minutos, aquecer a 47ºC	6 - Fazer a mexedura por 10 minutos, aquecer a 48ºC	6 - Fazer a 1º mexedura rápida por 15 minutos, aquecer a 51ºC.
7 - Prensar a massa no tanque por 15 minutos	7 - Prensar a massa no tanque por 20 minutos	7 - Fazer a 2º mexedura rápida por 30 minutos.
8 - Repouso para fermentação 12 horas	8 - Repouso para fermentação 12 horas	8- Pré - Prensar a massa.
9 - Filagem de 80 a 85ºC	9 - Filagem a 80 a 85ºC	9 – Prensagem por 12 horas, nas 6 primeiras virando de 20 em 20 minutos.
10 - Enformagem- esfriar por 4horas	10 - Enformagem- esfriar por 4horas	10 - Salmoura 5 dias.
11 - Salmoura 12 horas	11 - Salmoura 5 dias	12 - Secagem – 8 dias câmara de ventilação.
12 - Secagem	12 - Encordoamento	13 - Embalagem/ Rotulagem.
13 - Embalagem/ rotulagem	13 - Secagem	16 - Estocagem.
14 - Estocagem.	14 - Defumação	
	15 - Rotulagem	
	16 - Estocagem.	

Quadro 1. Sequência de produção dos diferentes queijos no laticínio

O funcionamento da linha de produção do laticínio inicia-se às 6:00 h e termina às 14:00 h, definido em função da sequência de produção do subproduto do leite (queijo) e do recebimento do leite na plataforma, sendo este portanto, o período de atividades e que são gerados os

efluentes. O efluente produzido pelo laticínio contém resíduos resultantes da pasteurização, limpeza da indústria e dos equipamentos e subprodutos dos queijos (o soro) sendo composto somente das coleções líquidas produzidas na área de recepção e processamento do leite, portanto, o

efluente não contém resíduos dos sanitários, refeitório e lavanderia. O (Quadro 2) apresenta a descrição dos ambientes do laticínio e processos de fabricação com a respectiva caracterização dos efluentes gerados.

Etapas	Período	Ambientes	Processos	Caracterização dos efluentes gerados
Recepção do Leite	7:00 às 11:00 h	Plataforma de recepção	Higienização de tanques caixas plásticas, latões, filtros e resfriadores.	Resíduos de leite, gordura, detergentes, terra e areia.
Pasteurização	9:00 e 12:00 h	Plataforma de recepção	Higienização dos tanques, padronizadores, pasteurizadores, pisos e tubulações.	Resíduos de leite, gordura, detergentes e resíduos de ácido nítrico e soda.
Produção de Queijos	6:00 às 13:00 h	Sala de fabricação	Dessoragem, filagem da massa, Enformagem higienização dos tanques e formas, panos, pisos, prateleiras, salga e maturação.	Resíduo de queijos, soro, salmoura, detergente, água de filagem.
Embalagem e rotulagem	7:00 às 11:00 h	Sala de embalagem	Embalagem	Água de lavagem do piso com detergentes.
Higienização da indústria	14:00 h	Toda a fábrica	Paredes, tanques, prateleiras, formas, tubulações, pisos e demais itens.	Água sanitária, detergente, resíduos de ácido nítrico e soda.

Quadro 2. Principais etapas do processamento de queijos e efluentes gerados

As condições físicas e estruturais presentes no local permitiram que o volume total de efluente gerado por dia fosse medido utilizando-se dois latões de 50 L. Para isso, uma pessoa foi orientada para encher e esvaziar os latões, após a caixa de equalização e antes de entrar no sistema de tratamento, 1 dia por semana (terça-feira ou quinta-feira), durante 8 semanas consecutivas, em dois momentos distintos, sendo antes a implantação das BPFs (Junho e Julho de 2007) e após a implantação das BPFs (Junho e Julho de 2008).

Para realização das análises físicas, químicas e biológicas foram

feitas 8 coletas de efluentes antes de implantação das BPFs no dias (05/12/19/26 junho de 2007 e 03/10/17/24 de julho de 2007) e 8 depois das BPFs nos dias (03/10/19/24 de junho de 2008 e 01/08/15/22 de julho de 2008). Os dias de coleta eram sempre na terça-feira ou quinta-feira para coincidir com os dias em que o laboratório recebia material (efluente) para análises.

Para se obter a qualidade média diária do efluente gerado no laticínio e reduzir o número de amostras para análise, viabilizando a execução das mesmas por questões técnicas, adotou-se a amostragem

composta. As coletas de afluente foram realizadas obedecendo ao período de atividade da indústria com intervalos de 2:00 h entre cada coleta (6:00; 8:00; 10:00; 12:00 e 14:00 h), resultando em cinco amostras simples, sendo misturadas, para formar uma amostra composta. As amostras foram coletadas no exterior do laticínio após a caixa de equalização e antes de sofrer qualquer tipo de tratamento e sempre no mesmo ponto. Utilizou se para coleta do efluente um recipiente de polietileno com capacidade para 1 L (Figura 3).



Figura 3. Ponto de coleta de efluente do laticínio para realização de análises físicas, químicas e biológicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na auditoria realizada no laticínio antes da aplicação das BPFs, constatou-se a falta de articulação do processo de produção, ausência de medidas de controle do processo produtivo, mal conservação e uso de instalações e equipamentos e desinformação dos colaboradores para desenvolver as etapas de fabricação, prevenindo o risco de contaminação dos alimentos produzidos.

Após a implantação do manual de BPFs as instalações foram reformadas de acordo com a necessidade. Para os equipamentos e utensílios foi elaborado e implantado um programa de manutenção preventiva. Estruturou-se a padronização dos procedimentos de limpeza e os produtos passaram a ser

usados de forma adequada seguindo as especificações do fabricante.. Os resíduos líquidos encaminhados para um sistema de tratamento externo ao laticínio passou a ser controlado por empresa terceirizada. Os resíduos gasosos (fumaça da caldeira) serão desenvolvidos estudos para tratamento. Os colaboradores receberam treinamento prático e teórico sobre as BPFs e apresentaram mudanças significativas dos hábitos de higiene e asseio pessoal. No recebimento da matéria prima (leite) passou-se a ter maior cuidado para evitar perdas e contaminações. Os fluxos de produção diretos foram reorganizados e o processo de produção foi descritos de forma seqüencial e de fácil compreensão, evitando que os colaboradores trabalhassem em outra atividade ao mesmo tempo, permitindo maior

eficiência para separar os resíduos, o soro e a água de filagem. O fluxo de produção indireto, ou seja, os processos de limpeza foram padronizados e passou se a usar equipamentos (jatos de água) e produtos de forma eficiente conforme diluição adequada. Os procedimentos de embalagem, rotulagem e expedição foram revistos e destinado à equipe exclusiva para esta atividade.

Os volumes de leite recebido, efluente gerados, soro coletado e a relação volume de efluentes gerado por litro de leite processado são apresentados no Quadro 3. As análises estatística (media, desvio padrão, coeficiente de variação e teste t e probabilidade) dos volumes obtidos antes e depois das BPFs são apresentados no Quadro 4.

Parâmetro	BPFs	Datas de análise							
		Antes	19/06	28/06	03/07	10/07	17/07	24/07	31/07
	Depois	05/06	10/06	17/06	24/06	01/07	08/07	15//07	22/07
Volumes (L)									
Leite recebido	Antes	4093	4231	4123	4407	4530	4859	4914	4303
	Depois	4614	4354	4064	4011	3935	3850	3757	3823
Efluente gerado	Antes	5540	5400	5330	4800	5100	4880	5250	4900
	Depois	5150	4900	4330	4800	4100	4200	4250	4050
Efluente / leite	Antes	1,35	1,27	1,29	1,08	1,12	1,00	1,06	1,13
	Depois	1,11	1,12	1,06	1,19	1,04	1,09	1,13	1,05
Soro coletado	Antes	1200	700	1300	1200	900	950	950	700
	Depois	1800	1500	1300	1700	1100	1300	1500	1700

Quadro 3. Volumes de leite recebido, efluentes gerados e soro coletado antes e depois da implantação das BPFs no laticínio Rio Grande Ltda, em Caldazinha (GO).

Volumes	Antes e depois das BPFs	Média	% de aumento (+) ou redução (-)	Desvpad (L)	CV (%)	Teste-t	P
Leite (L)	Antes	4433		314,5	7,10	2,5	0,03*
	Depois	4051	- 9,4	293,5	7,25		
Efluente** (L)	Antes	5150		271,8	5,28	3,86	< 0,01**
	Depois	4473	- 15	415,8	9,30		
Efluente / leite	Antes	1,16		0,13	11,21	1,34	0,20 ^{n.s.}
	Depois	1,1	- 5,5	0,05	4,55		
Soro (L)	Antes	988		227,9	23,08	- 4,26	< 0,01**
	Depois	1488	+ 50	241,6	16,25		

Quadro 4. Variáveis estatísticas para o volume de leite recebido, efluente gerado, relação efluente gerado / leite recebido e soro coletado antes e depois da aplicação das BPFs no laticínio Rio Grande Ltda.

Desvpad – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; P – probabilidade; * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$); ** - altamente significativo ao nível de 1% de probabilidade ($P < 0,01$); ^{n.s.} - não significativo.

O volume médio diário de leite recebido, antes das BPFs, foi de 4433 L e depois das BPFs foi de 4051 L, ou seja, redução no recebimento de leite de 382 L ou 9,4%. Vários fatores podem explicar esta redução, dentre eles, maior rigor na plataforma de recebimento com relação à qualidade da matéria prima, conforme descrito no manual de BPFs; as oscilações de preço do leite no mercado e o período seco que reduz a disponibilidade de alimento para os rebanhos leiteiros diminuindo a oferta de leite para a indústria; fatores estes também descritos por (MENDONÇA, 2006).

Depois das BPFs a quantidade média de efluente bruto gerado por dia teve redução de 15%, sendo significativo pelo teste t a 1% de probabilidade. A produção de efluentes esta associada ao volume de leite recebido, ao uso da água no processo de produção e aos procedimentos de limpeza e sanitização. Após as BPFs alguns fatores contribuíram para a menor produção de efluentes, como: redução da quantidade de leite recebida para processamento, a reorganização do processo produtivo, adaptação e recondicionamento dos equipamentos e a padronização dos processos de limpeza e sanitização, itens contemplados no manual de BPFs e maior segregação do soro com melhor aproveitamento do mesmo. A

determinação do volume de efluentes bruto é importante para definir o dimensionamento do sistema de tratamento e o melhor método de tratamento a ser adotado, além disso, pode servir como indicador para rever os processos de produção visando adotar medidas para reduzir em termos quantitativos os efluentes gerados durante o processo de produção.

Para o coeficiente de geração de efluente (litros efluente gerado / litros leite processado) os valores médios obtidos foram de 1,16 antes das BPFs e 1,10 depois das BPFs, redução de 5,5 %. Pelo teste t não houve diferença significativas entre as médias ($p > 0,05$), evidenciando que o volume de água gasto para executar as operações diretas e indiretas do processo industrial apresentou pequena variação, fator positivo, evidenciando que as BPFs não promoveu maior gasto com água nas rotinas da indústria. Esta é uma informação importante, considerando que quanto maior a quantidade de efluente gerado maior a demanda do sistema tratamento. Valores semelhantes de coeficiente de geração de efluente foram descritos por BRIÃO e TAVARES (2004) como sendo entre 0,5 a 7,0 L, para BRAILE e CAVALCANTE (1993) fica entre 1,1 a 6,8 L e KONIG e CEBALLOS (1996) descreve valores

entre 1,0 a 2,5 L para produção de queijos.

O coeficiente de geração de efluente define a produção de resíduos líquidos no processo industrial independente do volume de matéria prima processada. Apesar de ter havido queda na quantidade de leite recebida e conseqüentemente na produção de efluentes, o coeficiente de geração de efluente manteve-se sem alterações significativas apresentando ligeira redução indicando que as BPFs, promoveram pequena redução na produção de efluentes.

A média diária de soro coletado apresentou aumento de 50% depois das BPFs, diferença altamente significativa ao nível de 1% de probabilidade. As BPFs proporcionaram melhor conscientização dos colaboradores e organização do processo produtivo, permitindo assim, regularidade na dessoragem favorecendo a coleta deste material por tubulação construída especificamente para este fim. GIROTO e PAWLOWSKY (2001) relatam que cuidados durante as etapas de processamento do queijo ajudam a recuperar este material líquido para reaproveitamento e MACHADO et al. (2001) menciona que adotar melhorias que facilitem o escoamento do produto, implantar programas que possibilitem a produção de soro de qualidade ajuda a aumentar

a procura por este produto para ser usado na alimentação humana e/ou animal.

De maneira geral, para os parâmetros volume de leite recebido e efluente produzido o coeficiente de variação, mostra fraca dispersão entre os resultados obtidos antes das BPFs, mantendo depois da implantação das BPFs (Quadro 4). Para os parâmetros efluentes produzido por litro de leite processado e quantidade de soro coletado depois das BPFs, observa-se queda do coeficiente de variação demonstrando tendência a

homogeneidade nos volumes. O desvio padrão (Quadro 4). mostra dispersão entre os dados de volumes, tanto antes como depois da implantação das BPFs, isto se deve as diferenças que podem ocorrer entre os dias que foram medidos os volumes e também as quantidades de leite recebido e consequente produção dos efluentes.

A implantação das BPFs no laticínio contribuiu para redução da quantidade de efluente bruto gerado, por proporcionar condições que aumentaram o volume de soro coletado, além disso, pelo coeficiente

de geração de efluentes, constata-se que não houve aumento no consumo de água nos procedimentos da indústria, indicando que as BPFs podem favorecer o sistema de tratamento, pois reduz o volume de efluentes bruto gerados.

A Quadro 5 apresenta os resultados da caracterização qualitativa do afluente bruto do laticínio, antes e depois da implantação das BPFs. Os resultados das análises estatísticas são apresentados no Quadro 6.

Vaiáveis	BPFs		Datas de análise						
	Antes	19/06	28/06	03/07	10/07	17/07	24/07	31/07	06/08
	Depois	05/06	10/06	17/06	24/06	01/07	08/07	15//07	22/07
								7	
T ₁ (°C)	Antes	23	27	23	24	25	28	23	29
	Depois	29	27	32	27	27	23	24	28
T ₂ (°C)	Antes	20	23	21	25	24	22	26	24
	Depois	25	26	27	24	26	25	23	25
pH	Antes	4,0	4,0	4,0	3,0	3,3	3,0	4,0	4,0
	Depois	5,8	6,0	5,0	5,0	9,0	7,0	8,0	6,0
DBO (mg L ⁻¹)	Antes	10000	1800	6000	8000	9070	16000	5000	19954
	Depois	5000	00	00	2000	1800	2400	1600	2400
DQO (mg L ⁻¹)	Antes	32600	5770	2130	20200	38400	36100	25700	50400
	Depois	9960	18140	16480	8560	5990	9120	7100	7880
P total (mg L ⁻¹)	Antes	194	> 275	> 275	137	> 275	> 275	258	> 275
	Depois	86	43	110	67	127	133	119	74
NH ⁴⁺ (mg L ⁻¹)	Antes	21,6	5,2	29,0	16,0	63,0	61,0	35,0	48,0
	Depois	21,0	37,0	43,0	5,0	18,6	29,0	16,0	23,0
NO ₂ (mg L ⁻¹)	Antes	0,258	0,050	0,200	0,150	0,117	0,144	0,210	0,540
	Depois	0,750	1,100	0,960	1,400	1,600	1,400	1,200	0,950
SS (mg L ⁻¹)	Antes	1,6	9,0	5,0	2,0	10,0	14,0	25,0	0,4
	Depois	6,0	2,0	4,0	1,5	9,0	1,0	< 0,1	< 0,1
ST (mg L ⁻¹)	Antes	23666	47949	25510	23002	21761	35067	31067	34569
	Depois	17990	14193	13122	8008	6121	9738	7145	6787
Cor (mg Pt L ⁻¹)	Antes	8200	1810	18600	9600	2800	14800	11100	11000
	Depois	7660	6600	7800	5270	3220	3900	5500	3850
Turbidez UNT	Antes	1400	3400	3300	1800	4800	2600	1900	2200
	Depois	1720	900	1260	980	560	720	1000	700
Col.Totais (NMP 100 mL ⁻¹)	Antes	00	00	00	00	00	00	00	00
	Depois	1,3x10 ⁴	2,4x10 ⁴	9,5x10 ⁴	4,5x10 ⁴	3,4x10 ⁴	5,4x10 ⁴	3,8x10 ⁴	1,3x10 ⁴
Cloretos (mg L ⁻¹)	Antes	146,5	250	965	700	120	950	170	155
	Depois	1050	599	680	340	880	1867	896	1166
CE (μS cm ⁻¹)	Antes	4,11	00	00	00	00	00	00	00
	Depois	3,10	4,78	4,40	2,65	2,60	6,0	4,15	5,40

Ó e G (mg L ⁻¹)	Antes	1,3475	0,590	2,512	2,972	1,340	1,099	0,601	3,0037
	Depois	0,7144	0,914	0,725	0,543	0,469	0,634	1,104	0,5812
			8	2	5	0	7	8	
			6	6	8	8	2	2	

Quadro 5. Caracterização físico-química e microbiológica do efluente bruto do laticínio Rio Grande Ltda, realizadas antes e depois da implantação das BPFs.

T₁ - temperatura da amostra de efluente; T₂ - temperatura do ar ambiente; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; DQO - demanda química de oxigênio; Ptotal - fósforo total; NH⁴⁺ - nitrogênio amoniacal; NO₂ - nitrito; O & G - óleos e graxas; SS - sólidos sedimentáveis; ST - sólidos totais; Col. Totais - coliformes totais; CE - condutividade elétrica.

Para os resultados de coliformes totais não foram realizadas as análises estatística, pois antes das BPFs não houve crescimento de microorganismos. Quanto a condutividade elétrica, antes das BPFs somente foi realizada uma amostra e depois das BPFs todas foram realizadas, portanto a discussão foi feita com base nos resultados existentes sem comparar médias. As informações qualitativas de um efluente bruto são importantes para dimensionar e programar medidas que resultem em aumento da eficiência de um sistema de tratamento, além disso, servem como indicativo para verificar a eficiência de medidas de gestão ambientais aplicadas dentro do

Houve aumento de 8,6% na temperatura do ar ambiente, que está associado às mudanças climáticas durante o período do experimento. A temperatura ambiente não interferiu na implementação das BPFs, porém, pode causar efeitos sobre a qualidade do efluente. A importância da temperatura ambiente também está associada aos processos de tratamento do efluente, pois, sua influência se dá: nas operações de natureza biológica (a velocidade de decomposição aumenta com a temperatura na faixa entre 25 e 35 °C). A temperatura interfere na solubilidade do oxigênio, onde a quantidade de oxigênio dissolvido é menor em temperaturas mais elevadas, além disso, pode influenciar nas operações em que ocorre o fenômeno da sedimentação, sendo maiores com o aumento da temperatura, pois diminui a viscosidade (BRAILE e CAVALCANTE, 1993).

processo produtivo de uma indústria. A seguir tem se a discussão de todos os parâmetros estudados antes e depois das BPFs.

A temperatura do efluente bruto antes das BPFs variou entre 23 e 29 °C e média de 25,25 °C e depois da implementação das BPFs variou entre 23 e 32 °C e média de 27,13 °C aumento de 7,4%. O coeficiente de variação teve fraca dispersão entre as datas de análises e não houve alterações significativas das temperaturas (P < 0,05). Segundo BRASIL (2005), os padrões para emissão de efluentes dependem da classificação em que esta inserida o corpo receptor e da vazão do efluente, sendo a

O valor do pH dos despejos líquidos brutos do laticínio variou entre 3 e 4 unidades antes da implementação das BPFs e média de 3,7. Depois da implementação das BPFs variou entre 5,0 e 9,0 com média de 6,5, aumento de 77%, com diferença altamente significativa (P < 0,01). O pH em efluente para ser lançado em um corpo receptor de classe 2, segundo BRASIL (2005), deve estar entre 5 e 9, demonstrando que antes das BPFs deveria ser realizada a correção do mesmo, porém, depois das BPFs esta dentro de limites aceitáveis. O valor do pH do efluente bruto, antes das BPFs, manteve-se sempre ácido (Quadro 5), isto pode ser explicado pelo uso de produtos detergentes ácidos e sem fazer diluição prévia durante os processos de limpeza. Após implementação das BPFs, com as modificações no processo de limpeza e desinfecção, passou-se a utilizar

temperatura do efluente deve ser inferior a 40 °C para ser lançado em corpo receptor de classe 2. As BPFs não promoveram alterações na temperatura da água utilizada nas operações internas à indústria, no entanto, a mudança na realização das operações de limpeza e os produtos utilizados podem causar alteração da temperatura do efluente bruto conforme relatam BRAILE e CAVALCANTE (1993), KONIG e CEBALLOS (1996). De acordo com CETESB (1981) a faixa de variação da temperatura registrada em efluentes que sai de laticínios estão entre 18 e 45 °C, concordando com os resultados obtidos.

detergentes alcalinos para a limpeza e sempre com diluição adequada antes do uso. BRAILE e CAVALCANTE (1993); BRIAO e TAVARES (2004); KONIG e CEBALLOS (1996) relatam que as limpezas alcalinas objetivam a saponificação de gorduras e remoção de matéria orgânica em geral, enquanto que as limpezas ácidas removem as incrustações salinas. Além disso, todos descrevem que o pH é diretamente influenciado pelo tipo e quantidade de agentes químicos de limpeza e desinfecção utilizados.

A modificação do pH após a implementação das BPFs, é um fator de considerável importância, entendendo que o pH é fator limitante para adoção de tratamentos de efluentes por meios biológicos, além disso, influencia positivamente na remoção de outros poluentes dos efluentes VON SPERLING (2005).

Variáveis	BPFs	Média	% de aumento (+) ou redução (-)	DP	CV (%)	Teste-t	P
T ₁ (°C)	Antes	25,25		2,40	9,62	-1,43	0,17 ^{n.s.}
	Depois	27,13	+ 7,4	2,80	10,32		
T ₂ (°C)	Antes	23,13		2,00	8,78	-2,37	0,03*
	Depois	25,13	+ 8,6	1,30	4,96		
pH	Antes	3,66		0,47	12,84	-5,31	< 0,01**
	Depois	6,48	+ 77	1,43	21,96		
DBO (mg L ⁻¹)	Antes	9478		5928	62,55	2,80	0,02*
	Depois	2533	- 274	1250	49,34		
DQO (mg L ⁻¹)	Antes	26412		16501	62,48	2,65	0,02*
	Depois	10404	- 154	4453	42,80		
P total (mg L ⁻¹)	Antes	245,50		52,00	21,19	6,96	< 0,01**
	Depois	94,87	- 159	32,30	33,99		
NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	Antes	34,85		21,10	60,32	1,26	0,23 ^{n.s.}
	Depois	24,08	- 45	12,10	50,11		
NO ₂ (mg L ⁻¹)	Antes	0,21		0,15	71,43	-8,49	< 0,01**
	Depois	1,17	+ 457	0,28	24,27		
SS (mg L ⁻¹)	Antes	8,38		8,22	98,09	1,74	0,10 ^{n.s.}
	Depois	3,96	- 183	3,17	80,0		
ST (mg L ⁻¹)	Antes	30323		8833	29,13	5,75	< 0,01**
	Depois	10388	- 192	4268	41,09		
Cor (mg Pt L ⁻¹)	Antes	9739		5619	57,69	2,05	0,06 ^{n.s.}
	Depois	5475	- 78	1761	32,15		
Turbidez	Antes	2675		1112	41,57	4,09	< 0,01**
	Depois	980	- 173	369	37,69		
Cloretos (mg L ⁻¹)	Antes	432		374	86,67	-2,40	0,03*
	Depois	935	+ 116	458	49,05		
Ó & G (mg L ⁻¹)	Antes	1,68		1,20	78,49	3,60	< 0,01**
	Depois	0,71	- 136	0,20	29,44		

Quadro 6. Variáveis estatísticas dos valores médios obtidos nas análises qualitativas do efluente bruto do Laticínio Rio Grande Ltda.

DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; P – probabilidade; * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$); ** - altamente significativo ao nível de 1% de probabilidade ($P < 0,01$); ^{n.s.} - não significativo. T₁ - temperatura da amostra de efluente; T₂ – temperatura ambiente; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; DQO – demanda química de oxigênio; P total – fósforo total; NH₄⁺ - nitrogênio amoniacal; NO₂ - nitrito; O & G – óleos e gorduras; SS – sólidos sedimentáveis; ST – sólidos totais.

A DBO antes das BPFs apresentou valor médio diário de 9478 mg L⁻¹ e variação entre 1800 e 19954 mg L⁻¹ e depois da implementação das BPFs os valores médios foram 2533 mg L⁻¹ e variação entre 1600 e 5000 mg L⁻¹, redução média de 6945 mg L⁻¹, ou seja, 274%, sendo significativa ao nível de 5% de probabilidade. Antes da implementação das BPFs no laticínio o

volume médio diário de efluente gerado foi de 5150 L e considerando a DBO medida, resultou em uma carga orgânica 48,81 kg de DBO dia⁻¹. Depois da implementação das BPFs o valor médio diário de efluente de 4473 L, correspondendo a uma carga orgânica de 11,33 kg de DBO por dia, ou seja, redução de 330% ou 37,48 kg de DBO a menos por dia. O valor adequado para

lançamento em corpo hídrico receptor deve apresentar DBO entre 3,0 e 10,0 mg L⁻¹ (BRASIL, 2005). Os índices obtidos são elevados devido ao efluente ser bruto, no entanto, observa-se que se poderá obter o valor de DBO apropriado com mais facilidade após a aplicação das BPFs, considerando o mesmo sistema de tratamento, devido a menor carga

orgânica em relação a antes da aplicação das BPFs. Ao mesmo tempo, se poderá obter maiores eficiências no tratamento e possíveis reduções nos custos de tratamento do efluente.

A DQO média antes das BPFs foi de 26412 mg L⁻¹ e variação entre 5770 e 50400 mg L⁻¹ e depois da implementação das BPFs a média foi de 10404 mg L⁻¹ e variação entre 5990 e 18140 mg L⁻¹, uma redução de 16009 mg L⁻¹ ou 154%, apresentando diferença significativa pelo teste t ao nível de 5%. Considerando o volume médio de efluente antes da implantação das BPFs de 5150 L, resultou em 136 kg de DQO dia⁻¹ e depois das BPFs, para um volume de efluente de 4473 L, a carga orgânica foi de 47 kg dia⁻¹, uma redução de 189% ou 7,04 kg de DQO dia⁻¹ eliminada a menos.

O coeficiente de variação mostra forte dispersão entre os resultados obtidos antes das BPFs (Quadro 6) e depois da implementação das BPFs estes valores reduziram 27% para DBO e 46% para DQO indicando maior homogeneidade nas amostras de efluentes que foram submetidas a análises.

A redução nos valores de DBO (37,48 kg) e DQO (7,04 kg) podem ser atribuídas às alterações em todo o processo produtivo, interferindo em vários locais que contribuíram de forma decisiva para esta redução, entre eles: a otimização da linha de produção; maior rigor na recepção da matéria prima; melhor controle do uso da água; uso correto das substâncias usadas nas operações de limpeza e sanitização; maior segregação e coleta do soro; realização de manutenção dos equipamentos; qualificação e conscientização dos recursos humanos, dentre outros, concordando com BRAILE e CAVALCANTE (1993) e MACHADO et al. (2001).

A relação DQO/DBO revela a existência e a magnitude da matéria não biodegradável em relação à parcela biodegradável. Antes da implementação das BPFs a relação DQO/DBO apresentou valor médio de 2,8, ou seja, proporção de 3/1 e depois foi de 4,1, representado aumento de

46%. Esse resultado deve-se a redução da quantidade de matéria orgânica, principalmente o soro, que antes das BPFs, era eliminado em maior quantidade junto aos despejos do laticínio. O aumento da fração inerte é um fator importante, visto que a quantidade de matéria orgânica que é adicionada na estação de tratamento de esgoto é menor, resultando em maior facilidade de tratamento, além de se poder construir um sistema de tratamento de menor tamanho, resultando em menor área construída e conseqüentemente menor custo.

Segundo BRAILE e CAVALCANTE (1993) quanto maior for está relação, menor será a biodegradabilidade. BRIÃO e TAVARES (2004) descrevem que a relação de DQO / DBO na faixa de 2 a 3 é considerado adequada para aplicação de tratamentos biológicos. Valores acima de 3 significam maior presença de material inerte, portanto, tratamentos por meios químicos são mais indicados. Antes da implementação das BPFs a relação DQO/DBO foi dentro da faixa indicada pelos autores acima, devido a menor segregação da matéria orgânica, especialmente do soro. Porém, após as BPFs houve aumento da relação DQO/DBO causada provavelmente pela maior separação do soro e a água de filagem do efluente. Embora maior que a faixa indicada pelos autores acima, pode-se propor o uso tratamentos biológicos, no entanto, deve-se estudar a possibilidade da utilização de tratamento químico complementar, que depende do tipo de material inerte presente no efluente, podendo ser partículas sólidas como areia, terra, dentre outros.

As modificações nos valores de DBO e DQO ocorreram especialmente em função do produto elaborado e das medidas adotadas no processo produtivo. A eficiência com que o processo de produção foi conduzido na implementação das BPFs, influenciou nos valores qualitativos dos resíduos, sendo positivo considerando que as BPFs é um programa acessível a todas as empresas.

Os valores médios dos teores de fosfatos antes das BPFs foram de 245,6 mg L⁻¹ com variação entre 194 e > 275 mg L⁻¹, depois da implementação das BPFs a média obtida foi de 94,9 mg L⁻¹, com variação entre 43 e 133 mg L⁻¹, redução de 159%, apresentando diferença altamente significativa ao nível de 1%. O coeficiente de variação (Quadro 6) mostra dispersão moderada entre os resultados obtidos (ASCHERI, 2007). A redução de fósforo no afluente pode estar associada à redução da carga orgânica. Segundo BRASIL (2005) o fósforo total para ser eliminado no corpo receptor deve estar entre 0,030 e 0,050 mg L⁻¹ dependendo também do ambiente receptor se lântico (águas represadas) ou lótico (águas correntes). O fósforo é o elemento químico indispensável no crescimento de algas e quando em grandes quantidades, pode levar a um processo de eutrofização de um corpo hídrico onde é lançado, além de ser essencial ao crescimento das bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica MACÊDO (2004) e LORE et al., (2006).

O nitrogênio amoniacal antes da implementação das BPFs apresentou valor médio de 34,9 mg L⁻¹, variando entre 5,2 e 63,0 mg L⁻¹ e depois da implantação das BPFs foi de 24,1 mg L⁻¹ e variação entre 5,0 e 43,0 mg L⁻¹, redução de 45% e considerada moderada ao nível de 5%. Essa redução esta associada aos teores de carga orgânica, considerando que o laticínio não usa produtos de limpeza e sanitização a base de amônia que poderiam influenciar no efluente bruto. Segundo MACÊDO (2004) a presença de amônia esta relacionada com a decomposição do material orgânico e quanto maior o pH e a temperatura do efluente, maior será a concentração de NH₄⁺. Segundo BRASIL (2005) os valores de nitrogênio amoniacal no efluente a ser eliminado varia entre 0,05 e 20 mg L⁻¹ dependendo da influência do pH.

O coeficiente de variação mostra elevada dispersão entre os resultados obtidos antes e depois da implementação das BPFs, porém, após o programa de BPFs o valor reduziu 20%, indicando tendência de

homogeneidade nas amostras de efluentes bruto analisadas.

As concentrações de amônia na maioria dos casos estão englobadas as concentrações das duas formas de nitrogênio amoniacal (NH_3 e NH_4^+). O íon amônio (NH_4^+) é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. Altas concentrações do íon amônio podem ter grandes implicações ecológicas, como por exemplo: influenciando na quantidade do oxigênio dissolvido na água, uma vez que para oxidar 1,0 mg do íon amônio são necessários cerca de 4 mg de oxigênio. Outra forma de ação pode ser em pH básico (alcalino), onde este íon se transforma em gás amônia (NH_3 livre, gasoso), que, dependendo da concentração, pode ser tóxico para os peixes. Portanto, quando se encontra muito nitrogênio amoniacal na água pode-se dizer que esta é pobre em oxigênio dissolvido e que o ambiente deve ter muita matéria em decomposição VON SPERLING (2005).

O valor médio de nitrito obtido antes das BPFs foi de 0,208 mg L⁻¹ com variação entre 0,50 e 0,54 mg L⁻¹ e depois das BPFs foi de 1,17 mg L⁻¹ com variação entre 0,95 e 1,60 mg L⁻¹, aumento de 457%, sendo altamente significativo pelo teste t ao nível de 1%. O coeficiente de variação antes das BPFs foi 71,43% mostrando forte dispersão entre as datas de análises, já depois das BPFs o valor foi de 24,27%, redução de 47,16% que caracteriza média dispersão e tendência a homogeneidade ASCHERI (2007) entre as datas de análises. Para BRASIL (2005) o nitrito a ser liberado no efluente tratado pode variar entre 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ sendo que acima desses valores pode provocar a eutrofização dos corpos de água, além de ser tóxico aos organismos.

Os íons nitritos (NO_2^-) constituem-se a etapa intermediária do processo de nitrificação, sendo indicativo da oxidação do nitrogênio por ação das bactérias nitrificantes. O aumento de nitrito pode estar associado às modificações físico-químicas ocorridas no efluente bruto após as BPFs, principalmente de pH e

temperatura que favoreceram o crescimento de microorganismos, conforme descrito por MACEDO (2004) e VON SPERLING (2005)

O valor médio dos sólidos sedimentáveis, encontrados no efluente bruto, antes implementação das BPFs foi de 8,38 mg L⁻¹ e variação entre 0,4 e 25,0 mg L⁻¹ e depois das BPFs foi de 2,96 mg L⁻¹ e variação entre < 0,1 e 9,0 mg L⁻¹, ou seja, redução de 183%, existindo diferenças entre as médias ao nível de 5% de probabilidade. O coeficiente de variação (Quadro 6), antes da implementação das BPFs foi de 98,09% e depois foi de 80,0%, considerado elevada entre datas de análises, fato que pode ser explicado, pelas coletas compostas para formar as amostras, pois, as diferentes etapas do processamento contribui para formar amostras com teores bem diversificados de sedimentos. Segundo BRASIL (2005) os sólidos sedimentáveis em efluentes para serem eliminados em corpos receptores da classe 2 devem ser até 1 mg L⁻¹. As ações promovidas pela implementação das BPFs resultaram em diminuição do material suspenso sedimentável devido principalmente, à conscientização dos colaboradores que passaram a agir com mais rigor em dois pontos principais de geração deste material, que são a plataforma de recebimento de leite (latões de leite que chegavam sujos eram pré lavados antes de serem descarregados na plataforma) e as perdas de massa de queijo e soro que passaram a ser evitadas durante o processamento dos queijos.

Segundo BRAILE e CAVALCANTE (1993); KONIG e CEBALLOS (1996); BRIÃO e TAVARES (2004); MACHADO et al. (2001) a ampla faixa de variação dos resíduos sedimentáveis pode ser explicada pelas oscilações do pH, que quando esta ácido precipita as proteínas do leite; além disso, relatam que os resíduos sedimentáveis são um dado importante na verificação da necessidade e no dimensionamento de unidades de sedimentação no tratamento de águas residuais. Serve para a determinação da eficiência da sedimentação e permite a

previsão do comportamento de despejos ao atingirem um curso d'água.

O valor médio dos sólidos totais foi de 30323 mg L⁻¹ antes da implementação das BPFs e variação entre 21761 e 47949 mg⁻¹ e depois das BPFs o valor médio foi de 10388 mg L⁻¹ e variação entre 6121 e 17990 mg L⁻¹, redução de 192%, sendo significativa pelo teste t ($P < 0,01$). A variação obtida neste estudo esta dentro dos padrões descritos por KONIG e CEBALLOS (1996) que são entre 1,0 e 120000 mg L⁻¹ para laticínios com a mesma característica do laticínio estudado. O coeficiente de variação antes da implementação das BPFs foi de 29,13% e depois de 41,09%, aumento de 11,96% da dispersão entre as datas de análises, provavelmente pela metodologia de coleta composta que promove uma amostragem variada. Para BRASIL (2005) os efluentes tratados podem ser eliminados com até 500 mg L⁻¹ de sólidos totais.

Os sólidos totais são constituídos principalmente de sais inorgânicos e matéria orgânica dissolvida e podem aumentar o grau de poluição em efluentes. Após a implementação das BPFs as metodologias e produtos usadas nos processos de limpeza e sanitização podem ser considerados decisivos para as modificações físicas e químicas do efluente bruto, aliado a isto, de maneira geral, a conscientização dos colaboradores a matéria sólida reduziu devido ao maior rigor na coleta de soro, que é grande responsável pela presença da matéria orgânica no efluente, BRAILE e CAVALCANTE (1993).

A cor é o resultado da reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão MACEDO (2004). O valor médio de cor, antes das BPFs foi de 9739 mg Pt L⁻¹, variando entre 1810 e 14800 mg Pt L⁻¹ e após a implementação das BPFs o valor médio foi de 5475 mg Pt L⁻¹ variando entre 3220 e 7800 mg Pt L⁻¹, representando redução de 78%, porém, verificado pelo teste t que foi significativo ao nível de 5% de probabilidade. BRASIL (2005) preconiza a cor até 75 mg Pt L⁻¹ para ser eliminado o efluente tratado nos corpos de água de classe 2. Os coeficientes de variação foram de

57,69% e 32,15%, para antes e depois das BPFs, respectivamente, evidenciando variabilidade entre os resultados obtidos, porém, depois das BPFs foi 25,54% menor, indicando maior homogeneidade entre as amostras, sendo atribuído a metodologia de coleta das amostras serem compostas e às diferentes etapas de fabricação dos queijos, que resultam em diferentes qualidades do efluente, interferindo na amostra composta no final do período de coleta, mesmo considerando o mesmo horário em as datas de análise. A redução pode ser atribuída a redução da carga poluidora em consequência das modificações promovidas, principalmente nos processos de produção que permitiu maior segregação dos resíduos produzidos durante a fabricação dos queijos.

A cor dificulta a incidência de luz no efluente, portanto, compromete o processo de tratamento, uma vez que os teores de oxigênio dissolvidos ficam comprometidos BRAILE e CAVALCANTE (1993) e VON SPERLING (2005).

A turbidez é constituída por partículas em suspensão (MACEDO, 2004). A turbidez média antes da implementação das BPFs foi de 2675 UNT com variação entre 1400 e 3400 UNT e depois das BPFs a média foi de 980 UNT e variando entre 560 e 1720 UNT, redução de 173%, diferença demonstrada pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade. O coeficiente de variação foi de 41,57% e 37,69 % para antes e depois das BPFs, respectivamente, evidenciando variabilidade entre as datas de análises, sendo atribuídas as coletas compostas e as diferentes etapas de fabricação dos queijos. Deve-se principalmente às atividades que estavam sendo executadas no momento da coleta e que resultam em mudanças na qualidade do efluente bruto gerado, uma vez que o efluente gerado oscila na composição durante cada fase de fabricação dos derivados (queijos). A turbidez após as BPFs reduziu, fato que pode estar associado as mudanças realizadas, principalmente, na maior conscientização dos colaboradores sobre a segregação do resíduo orgânico

na linha de produção, promovendo alterações das condições físico-químicas do afluente bruto.

A turbidez pode variar entre 40 e 100 UNT no efluente a ser eliminado em corpos de água, Brasil (2005). A turbidez dificulta a passagem de luz pelo efluente e isto regulando a presença de microorganismos fotossintetizantes e a concentração de oxigênio. Apesar de não ser muito usada como forma de controle do esgoto bruto, é um parâmetro importante para caracterizar a eficiência do tratamento secundário, uma vez que está relacionada à concentração de sólidos em suspensão CETESB (1981) e MACÊDO (2004).

Os valores de cloretos obtidos antes das BPFs foi entre 120 e 965 mg L⁻¹ com média de 432 mg L⁻¹ e depois da implementação das BPFs foi entre 340 e 1867 mg L⁻¹ com média de 935 mg L⁻¹, aumento de 116%, sendo significativo pelo teste t ao nível de 5%. Para BRASIL (2005) para corpo receptores de classe 2 os efluentes podem conter até 250 mg L⁻¹ de cloretos. O coeficiente de variação antes das BPFs foi 86,67% e depois foi de 49,05% redução de 37,62% indicando menor variação entre as datas de análises e tendência homogeneidade ASCHERI (2007). Isto pode ser explicado pelo controle sanitário da água, onde o nível de cloro residual passou a variar entre 0,5 e 2,0 mg L⁻¹, garantindo a presença de ânions Cl⁻. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água. Os processos de limpeza e sanitização também podem ser causas de interferências no aumento de cloretos, pois, passou-se a usar água sanitária para limpeza de alguns ambientes da indústria e por ser substâncias básicas, quimicamente podem precipitar os sais. Os cloretos aumentam o efeito da corrosão do efluente podendo comprometer a infraestrutura do sistema de tratamento de efluentes CETESB (1981) e MACÊDO (2004).

O teor médio de óleos e graxas antes da implementação das BPFs, foi de 1,6800 mg L⁻¹ e variando entre

0,5908 e 3,003 e depois das BPFs a média foi de 0,7100 mg L⁻¹ e variação entre 0,4698 e 1,1040 mg L⁻¹, teve uma redução de 136%, sendo altamente significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade. BRASIL (2005) determina que em efluentes, após tratamento, deve-se conter teores de até 20 mg L⁻¹ para óleos minerais e até 50 mg L⁻¹ para óleos e gorduras animais. O coeficiente de variação antes das BPFs foi de 78,49% indicando forte dispersão entre datas de análises e depois das BPFs reduziu para 29,44%, evidenciando média dispersão e tendência a homogeneidade, ASCHERI (2007). As mudanças propostas pelo manual de BPFs possibilitaram melhor coleta do soro, pois, durante o processo de produção dos queijos principalmente na produção da mussarela a água quente usada na filagem da massa era, antes das BPFs, eliminada no efluente, porém, depois das BPFs, passou-se a coletar a mesma e destinar ao reservatório de soro, estas modificações promovidas no processo de segregação proporcionou a redução dos teores de óleos e graxas presente no efluente.

Estudos realizados por BRIÃO e TAVARES (2004), em laticínios com características semelhantes ao deste trabalho, observaram valores de óleos e graxas em efluente bruto resultantes da fabricação de queijos entre 911,8 e 5732,8 mg L⁻¹, demonstrando, a exemplo deste trabalho, grande variação, além disso, relatam que as diferentes fases do processamento podem contribuir para níveis variáveis de óleos e graxas no efluente bruto.

A redução dos teores de óleos e graxas eliminados no efluente bruto é importante, considerando que sua presença é altamente indesejável, pois, geralmente se aderem às paredes das canalizações das estações de tratamento dos esgotos, produzindo odores desagradáveis, diminuição do tempo de vida útil das estações, promovem a formação de material flutuante nos decantadores, interferem e inibem a vida biológica e trazem problemas de manutenção BRAILE e CAVALCANTE (1993), NEMEROW (1995), portanto, deve-se limitar o teor

de óleos e graxas no efluente a valores iguais ou menor que 50 mg L⁻¹, BRASIL (2005).

A condutividade elétrica esta associada com a quantidade de material dissolvido que podem dissociar em ânions e cátions VON SPERLING (2005). A condutividade elétrica, antes da implantação das BPFs, foi realizada em uma única amostra cujo resultado foi 4,11 $\mu\text{s cm}^{-1}$. Depois das BPFs a média de todos os dias de análise foi de 4,46 $\mu\text{s cm}^{-1}$ e variação entre 2,6 e 6,0 $\mu\text{s cm}^{-1}$, redução, portanto, de 8,5%. Para a legislação BRASIL (2005) os valores de condutividade elétrica em efluentes tratados devem ser até 5,0 mg L⁻¹. Após as BPFs, o efluente apresentou menor quantidade de sólidos totais e isto favoreceu a diminuição da condutividade elétrica. Os cuidados maiores na recepção das matérias primas, maior segregação e coleta do soro e modificações nos processos de limpeza e sanitização contribuíram para redução da condutividade elétrica.

Segundo CETESB (1981) os valores de condutividade elétrica em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais podem chegar até 1000 $\mu\text{s cm}^{-1}$, portanto, os valores encontrados antes e após implantação das BPFs, foram considerados abaixo, sendo importante, considerando que a condutividade esta diretamente relacionada com os valores de sólidos totais e o grau de decomposição da matéria orgânica. Para VON SPERLING (2005), mudanças significativas da condutividade elétrica em corpos de água podem causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos.

Antes da implantação das BPFs, não houve crescimento de coliformes totais, possivelmente devido ao valor baixo do pH (média de 3,7) sendo este um dos fatores principais para o desenvolvimento das bactérias. Após as BPFs, houve crescimento de bactérias com valor médio de $3,65 \times 10^4$ NMP 100 mL⁻¹ e variação entre $1,3 \times 10^4$ e $9,5 \times 10^4$ NMP 100 mL⁻¹). Para BRASIL (2005) os limites para coliformes fecais dependerão da destinação e uso do corpo receptor, podendo variar entre

40 e 4000 coliformes por mililitros de amostra. Segundo VON SPERLING (2005), MENDES et al. (2006), KELLNER e PIRES (1998), MAXIME et al. (2006) o não crescimento bacteriano em efluente esta relacionado a diversos fatores, dentre eles o pH, temperatura, presença de nutriente, irradiação solar e toxicidade. Depois das BPFs verificou-se que houve modificação da constituição físico-química do efluente, o que provavelmente, proporcionou ambiente adequado para o crescimento microbiano, principalmente considerando o pH e a temperatura, que aumentaram em 77% e 7,4%, respectivamente, favorecendo o crescimento microbiano.

Segundo VON SPERLING (2005) a faixa ideal de pH para crescimento microbiano está entre 5,5 e 9,0. Efluente fora desta faixa dificulta a realização de tratamentos por meios biológicos, sendo necessário, portanto, realizar correções do pH adicionando produtos químicos ou biológicos, aumentando os custos de tratamento.

Após as BPFs com as modificações do pH, resultante principalmente das modificações realizadas nos processos de limpeza e sanitização, favoreceu o crescimento dos coliformes totais, indicando que biologicamente o efluente tornou-se mais adequado para o tratamento, resultando em maior facilidade e economia para adoção de tratamentos por meios biológicos.

De modo geral, todos os parâmetros físicos químicos e biológicos tiveram modificações favoráveis após a implantação das BPFs, resultando em melhores condições para realizar o tratamento do afluente, porém, segundo BRASIL (2005), os índices ideais destes parâmetros no efluente devem ser bem menores aos observados, necessitando, portanto, a adoção de um sistema de tratamento eficaz para adequação a legislação vigente.

As Boas Práticas de Fabricação nas condições em que o experimento foi desenvolvido promoveu modificações na constituição físico-química, microbiológica e o volume do efluente bruto produzido no laticínio,

portanto, merecem atenção especial, não somente como uma medida de melhoria da segurança alimentar, mas também como uma alternativa de gestão ambiental, reduzindo o volume de efluente bruto gerado e propiciando qualidade que facilita seu tratamento, representando, um importante instrumento para unir a eficiência na produção de alimentos com qualidade e menor grau de impactos ambientais.

CONCLUSÕES

O fluxo e o processo de produção do laticínio foram melhorados e houve maior participação dos colaboradores na redução dos resíduos gerados.

O volume de efluentes bruto gerado depois da implementação das BPFs foi 15% menor em relação à antes da aplicação do programa.

Os valores de DBO, DQO, fósforo, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, cor e turbidez, e condutividade elétrica do efluente bruto do laticínio apresentaram redução depois da implementação das BPFs, já os valores de nitrito, cloreto, pH e temperatura aumentaram, favorecendo o uso dos sistemas tratamento dos efluentes.

Os coliformes totais antes da implementação das BPFs, não foram detectados no efluente bruto e depois foram de $3,65 \times 10^4$ NMP 100mL⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.R.; FURTINI, L.L.R. Utilização de APPCC na Indústria de Alimentos. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n. 2, p. 358-363, mar./abr., 2006.
- ABREU, L. R. **Tecnologia de Leite e Derivados**. LAVRAS-UFLA/FAEPE, 2000, p.205, ISBN: 637.1
- ASCHERI, D. P. R. **Estatística Experimental**. Apostila – Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis, 2007. p.130.

- BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. **Controle Ambiental da Água**. In: PHILIPPI, A. Jr. **Curso de Gestão Ambiental**. Editora Barueri. São Paulo: Manole, 2004. cap. 3, p. 53 a 99. ISBN: 85-204-2055-9.
- BRAGA, A. S.; MIRANDA, L. C. **Comércio e meio ambiente – Uma Agenda para América Latina e o Caribe**. Brasília: MMA/SDS, 2002. p.310, ISBN:339:504.
- BRILE, P. M.; CAVALCANTE, J. E. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993. 764p.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 326 de 30 de julho de 1997. Aprova o regulamento técnico sobre condições higiênico-sanitária e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores / industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 ago. 1997.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 91, de 11 de maio de 2001. Aprova o Regulamento Técnico - Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos constante do Anexo desta Resolução. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 maio. 2001.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 18. mar. 2005.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002. Aprova o regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite tipo A, do leite tipo B, do leite tipo C, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado e o regulamento técnico da coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 set. 2002.
- BRASIL. Portaria nº 368 de 08 de setembro de 1997. Aprova o regulamento técnico sobre condições higiênico - sanitária e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 set. 1997.
- BRESSAN, M. C. **Introdução Geral: Os alimentos de Origem Animal**. LAVRAS-UFLA/FAEPE, 1999, p.61. ISBN: 664.07
- BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. Geração de Efluentes na Indústria de Laticínios: Atitudes Preventivas e Oportunidades. In: 23 ° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais ... Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES**, Rio de Janeiro, 2004.
- CALDAZINHA (GOIÁS). Secretaria Municipal de Administração. **Base de dados e relatórios**. Caldazinha, 2007, 1039p.
- CALDAZINHA (GOIÁS). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Base de dados e relatórios**. Caldazinha, 2007, p.257-302.
- CAMPOS, C. M. **Recursos Naturais Renováveis e Impacto Ambiental: Água**. V. II. LAVRAS-UFLA/FAEPE, 2000, p.94, ISBN: 333.952.
- CETESB, **Relatório para Estabelecimento de Padrões de Emissões Indústria de Laticínios e Produtos Derivados**. São Paulo. 1981. 91p.
- CUYKENDALL, C., LADUE E.; GLOY, B. Future Structure of the Dairy Industry: Historical Trends. **Projections Department of Applied Economics Cornell University**. Ithaca, New York. 2003, ISSN: 14853-7801.
- DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2. ed. São Paulo: SIGNUS, 2000, p.204. ISBN: 978-85-87803-29-0.
- EMBRAPA, Gado de Leite. **Estatísticas das microrregiões**. Disponível em: www.gadodeleite.com.br. Acesso em: 16 /02/ 2008.
- FAEG - **FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE GOIÁS**. Disponível em: <http://www.faeg.gov.br>. Acesso em: 03/06/2007.
- GERARDI, M. H. Wastewater biology: the life processes. **Water Environment Federation**, USA. 1994. 184 p, ISBN: 881369-93-5.
- GIROTO, J.; PAWLOWSKY. U. O Soro de Leite e as Alternativas para o Seu Beneficiamento. **Revista Brasil Alimentos** nº. 10, Cetec – Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2001.
- GONÇALVES, P. M. SILVA, H. F. **Boas Práticas de Fabricação – BPFs: Aplicação em uma indústria de embalagens alimentícias**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Administração da UNISAL – Lorena, São Paulo, 2006.
- KELLNER, E.; PIRES, E. C. Lagoas de Estabilização: Projetos e Operações. Rio de Janeiro, **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES**, 1998, p.244.
- KIPERSTOK, A. **Tecnologias e gestão ambiental. Prevenção da poluição**. SENAI - programa de educação a distancia – Brasília 2002. 290p.
- KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A.; COELHO, A.; MEIRA, C. C. et al. **Tecnologias e Gestão Ambiental**. Fundamentos Legais e Econômicos Aplicados aos Processos de Gestão Ambiental nas Indústrias. SENAI - Programa de Educação a Distância – Brasília 2004. 179p.
- KONIG, A.; LIMA, L. M. M.; CEBALLOS, B. S. O. Comportamento das águas residuárias brutas e tratadas provenientes de uma indústria de laticínios durante um dia de funcionamento. In: 27° Congresso

- Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 1996, Campina Grande - Paraíba. **Anais ...** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES.
- LOPES, E. **Elaboração do Manual de Boas Práticas de Fabricação e Auditoria de Boas Práticas de Fabricação**. Food Desing Consultoria e Planejamento Ltda. SENAI, Vassouras, 2000. 86p.
- LORE, T.A., KURWIJILA, L.R. AND OMORE, A. (eds). Hygienic small-scale milk processing: a training guide for small-scale milk processors in Eastern Africa. **LRI (International Livestock Research Institute)**, Nairobi, Kenya. 2006.
- MACÊDO, J. A. B. **Águas e Águas. Atualizada e Revisada**. 2 ed. **ABES**: Belo Horizonte, MG, 2004. 977p. ISBN: 85-90-901568-6-9.
- MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C. Alternativas Tecnológicas Para o controle Ambiental em Pequenas e Médias Indústrias de laticínios. **Revista Brasil Alimentos**, v. 1, n.7, março/abril, 2001.
- MADEIRA, M.; FERRÃO, M. E. M. **Alimentos Conforme a Lei**. 1 ed. Manole: Barueri, SP, 2005, 2002. 443p. ISBN: 8520413145.
- MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI, A. Saneamento e Saúde Pública: Integrando Homem e Ambiente. In: PHILIPPI, A. Jr. **Saneamento, Saúde e Ambiente**. Manole: Barueri, SP, 2005. p.842, ISBN: 85-204-2188-1.
- MAXIME, A.; ARCOTTE, M.; ARCAND, Y. Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. **Journal of Cleaner Production**, v.14, n.6-7, p. 636-648, 2006.
- MENDES, A. A.; PEREIRA, E. B.; CASTRO H. F. Biodegradação de Águas Residuárias de Laticínios Previamente Tratadas por Lípases. **Brasilian journal of food technology**. v.9 n.2, p.143 -149, abril a junho, 2006.
- MENDONÇA, A. F. Comportamento Ambiental das Empresas do Setor Lácteo do Estado de Goiás. In: www.SEPLAN.gov.go.br - **Secretaria Estadual de Planejamento-Go**, 2006. Acesso em: 10/11/2007.
- MOTA, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. ABES: Rio de Janeiro, 1997. 292p. ISBN: 8570221398.
- MOURA, T. N.; RIBEIRO, C. M. D.; JERONIMO, C. E. M. Problemas Ambientais dos Laticínios do Estado do Rio Grande do Norte. In: 22 °Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, Joinville, SC, 2003.
- NEMEROW, N.L. **Zero pollution for industry: waste minimization through industrial complexes** 1 ed., Editora: John Wiley Professio. New York, 1995. ISBN: 0471121649.
- OLIVEIRA, A.; MASSON, M. L. Terminologia e definições utilizadas nos sistemas da qualidade e segurança alimentar. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos – SBCTA**. v. 37, n.1, Campinas, SP, 2003. 52 a 57p.
- OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DA SAÚDE. **HACCP: Instrumento essencial para a inocuidade de alimentos**. Buenos Aires, Argentina: INPAAZ, Bireme, 2001, 333 p. ISBN: 987-9868919.
- PEREIRA, D. B. **O Rendimento da Fabricação de Queijos: Métodos para Avaliação e Comparação**. Disponível em: www.cienciaetecnologiadoleite.com.br. Acesso em: 13/11/ 2007.
- PHILIPPI, A. Jr. **Curso de Gestão ambiental**. Manole: Barueri, SP, 2004. 1033p. ISBN: 85-204-2055-9.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p.26 a 41.
- SEPLAN – Secretaria de Planejamento de Goiás. **Gerencia de Estatística Socioeconômica**. Disponível em: http://www.seplan.go.gov.br/sepin/public/anuario/2005/pecuria/tab_05pecuaria.htm. Acesso em 29/04/2007.
- SILVA, D. J. P. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio**. 2005. http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=162 Acesso em: 29/02/2008.
- SILVA, P. H. F. Leite: Aspectos de Composição e Propriedades. **Química e Sociedade**, n. 6, nov. 1997, Epaming. Juiz de fora - MG.
- Standart Methods for the Examination and Wastewater** – 20th ed. 1998. APHA-AWWA- WPCF.
- VALLE, R.; CARVALHO, E.; BRESSAN, M. C. **Controle da Qualidade Relacionado a Alimentos**. LAVRAS-UFLA/FAEPE, 2000, p. 138. ISBN: 36319264.
- VELLOSO, C. R. V. **Elementos de Inspeção Sanitária e Tecnológica de Leite e Produtos Lácteos**. Nobel: Brasília, 2002, p.194.
- VON SPERLING, M. **Introdução á Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**- 3 UFMG, Belo Horizonte, MG, 2005. p. 452. ISBN-10: 8570411146.