

DANILO JOSÉ PEREIRA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES
EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS E DESENVOLVIMENTO DE UM
SISTEMA MULTIMÍDIA DE APOIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2006

DANILO JOSÉ PEREIRA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES
EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS E DESENVOLVIMENTO DE UM
SISTEMA MULTIMÍDIA DE APOIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 4 de maio de 2006

Prof. José Luís Braga
(Conselheiro)

Prof. Nélio José de Andrade

Prof. Cláudio Mudado Silva

Prof. Antônio Fernandes Carvalho

Prof. Frederico José Vieira Passos
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais Elias e Maria do Carmo.

Aos meus irmãos Sinval e Eni.

A minha avó Geraldina.

A minha namorada Rosária.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que sempre ilumina o meu caminho e me concede saúde, paz, serenidade e força para realizar meus projetos de vida.

Aos meus pais, Elias e Maria do Carmo, pelo amor, oportunidade, estímulo, e formação que foram fundamentais em minha vida acadêmica e social.

Aos meus irmãos Sinval e Eni pela amizade, estímulos e apoio constantes.

À minha avó, Geraldina pelo incentivo, apoio e ensinamentos.

À Rosária pelo carinho, amor, convivência e compreensão durante os momentos agradáveis e difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente, ao Coluni e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos pela excelente formação e oportunidades concedidas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Frederico José Vieira Passos, pela oportunidade, amizade, dedicação, pelos dois anos de orientação, ótima convivência e valiosa colaboração na realização desse trabalho.

Ao Professor Ismael Maciel de Mancilha, pelas sugestões, conselhos e colaboração na realização desse trabalho.

Ao professor José Luís Braga, pelo aconselhamento e participação na tese.

Ao professor Cláudio Mudado Silva, pelas valiosas sugestões.

Ao professor Nélio José de Andrade, pela convivência e sugestões.

Ao professor Antônio Fernandes Carvalho, pelas sugestões.

Aos amigos, Frederico, Marcelo, Felipe e Vitor, pela convivência e valiosa contribuição na realização deste trabalho.

À Vanessa Castro e Cristiane, pela amizade e valiosa colaboração na execução desse trabalho.

Ao Weskley e Ueverson, pela preciosa contribuição na realização deste trabalho.

À Valéria, laboratorista do laboratório de efluentes da celulose e papel, pela disponibilidade e preciosa ajuda na realização deste trabalho.

Aos avaliadores do programa: Aristides, Cláudia, Fabiana, Fabrício, Geruza, José Manoel, Marcelo, Maurício, Max, Frederico, Vanessa e Sinval, pelas sugestões e valiosa contribuição na realização desse trabalho.

Aos estagiários Camila, Daniel, Hiasmyne, Júlia, Luzia, Priscila e Vanelle, pela valiosa contribuição na realização de parte desse trabalho.

Às companheiras de trabalho no laboratório, Liliane e Tatiana, pela amizade, sugestões e incentivo.

A todos os funcionários do Laticínios Funarbe, especialmente, Aristides, José Carlos, Helvécio, Renato, Geraldo e Ernesto, pela oportunidade, colaboração e amizade.

Às amigas Alcinéia e Vanessa, pela convivência e sugestões.

Aos meus amigos de república Diego, Vitor, Vitinho, Wallace e em especial ao Gildo, pela convivência e por disponibilizar o computador em vários momentos.

A todos os funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em especial à Geralda, Vaninha, Adão e Juarez.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

Biografia

Danilo José Pereira da Silva, filho de Elias Pereira da Silva e Maria do Carmo Sant' Ana Silva, nasceu em Ervália, Minas Gerais no dia 01 de dezembro de 1978.

Em janeiro de 2004, graduou-se como Engenheiro de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Em março de 2004, iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Biotecnologia e Fermentações Industriais.

CONTEÚDO

RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Caracterização da Indústria de Laticínios	4
2.2. Características dos resíduos gerados na indústria de laticínios	7
2.2.1. <i>Efluentes líquidos</i>	<i>7</i>
2.2.2. <i>Resíduos sólidos</i>	<i>13</i>
2.3. Recuperação de subprodutos	14
2.4. Gerenciamento de Resíduos na Indústria de Laticínios	16
2.5. Redução do consumo e reuso da água na indústria de alimentos ...	17
2.6. Sistemas de Informação e Sistemas de Apoio à Decisão	19
2.6.1. <i>Sistemas multimídia</i>	<i>22</i>
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. Etapa 1: Diagnóstico do controle ambiental em uma indústria de laticínios	27
3.1.1. <i>Métodos analíticos</i>	<i>29</i>
3.2- Etapa 2: Desenvolvimento do sistema multimídia	32
3.2.1- <i>Aquisição do conhecimento</i>	<i>32</i>

3.2.2. <i>Organização do conhecimento</i>	33
3.2.3. <i>Desenvolvimento do ambiente</i>	34
3.2.4- <i>Avaliação do sistema multimídia</i>	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Etapa 1: Diagnóstico do controle ambiental na indústria de laticínios	36
4.1.1. <i>Análise dos processos/produtos</i>	36
4.1.2. <i>Caracterização do efluente global</i>	43
4.1.3. <i>Consumo de água</i>	45
4.2. Etapa 2: Desenvolvimento do Sistema Multimídia	50
4.2.1. <i>Aquisição do conhecimento</i>	50
4.2.2. <i>Apresentação da interface de acesso e organização do conhecimento</i>	56
4.2.4. <i>Módulo [Programa de Conservação e Reuso de Água (PCRA)]</i>	60
4.2.5. <i>Módulo [Características de Resíduos da Indústria de Laticínios]</i>	63
4.2.6. <i>Módulo [Manual de Implantação do SGA]</i>	64
4.2.7. <i>Avaliação do sistema multimídia</i>	66
5. CONCLUSÃO	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXO I:	80
ANEXO II:	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Etapas de processamento com os principais pontos de geração de resíduos em uma planta de laticínios.	12
Figura 2 - Consumo de água industrial durante um dia de processamento (00:00 as 17:00 h) com respectiva média. Os valores sobre a barra correspondem ao coeficiente de consumo médio de água (L de água / L de leite processado).	48
Figura 3 - Perfil do consumo de água diurno (7:00-17:00 h) e noturno (17:00-7:00 h).	49
Figura 4- Perfil da vazão média durante o período diurno.....	50
Figura 5 – Tela inicial do ambiente direcionada ao especialista.....	56
Figura 6 – Tela inicial do ambiente direcionada ao público alvo.....	57
Figura 7 – Organograma da estruturação do conhecimento no SIMGA.	58
Figura 8 – Tela de apresentação do item [Princípios do SGA].....	60
Figura 9 – Tela do ambiente mostrando a disposição das informações dentro do subitem [Etapas de desenvolvimento do PCRA]	63
Figura 10 – Tela mostrando a disposição das informações do subitem [origem] dentro do item [Efluente Líquidos]	65
A Figura 11 – Disposição das informações da Etapa 3 na tela do ambiente....	66

RESUMO

SILVA, Danilo José Pereira da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2006. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio.** Orientador: Frederico José Vieira Passos. Conselheiros: Ismael Maciel Mancilha e José Luís Braga.

Reduzir, reutilizar e reciclar são as novas tendências do mercado para o gerenciamento dos resíduos. Tanto as grandes empresas como as pequenas estão se adequando a esse novo cenário, marcado por uma rígida legislação ambiental, pelo alto custo da produção e pela competição. No setor da agroindústria não é diferente. No sentido de contribuir para a melhoria da gestão ambiental das micro e pequenas empresas, o objetivo geral deste trabalho foi disponibilizar conhecimentos sobre práticas e/ou procedimentos para redução do consumo de água e da geração de resíduos em micro e pequenas empresas de laticínios. Um diagnóstico ambiental foi realizado por meio de um levantamento do consumo de água e da geração de efluentes de uma pequena indústria de laticínios localizada na Zona da Mata Mineira. De posse do diagnóstico, foi proposto um sistema multimídia direcionado, principalmente, para as micro e pequenas indústrias de laticínios, mostrando a importância e as vantagens de se fazer um controle preventivo da geração de resíduos e do consumo de água. Além disso, o sistema multimídia proposto orienta passo a passo como implementar um programa de redução do consumo de água e um sistema de gerenciamento ambiental na indústria de

laticínios. Por meio do diagnóstico de consumo de água e da geração de efluentes na indústria de laticínios concluiu-se que: i) As linhas de produção de queijo mussarela, queijo frescal e requeijão geram a maior carga orgânica específica (kg de DQO/m³ de leite processado), devido ao descarte direto do soro no efluente; ii) A falta de padronização dos procedimentos de limpeza e a falta de conscientização e treinamento dos funcionários em relação às boas práticas ambientais são pontos críticos em todas as linhas de processamento, tendo sido observado um consumo excessivo de água para uma unidade do porte da indústria de laticínios estudada; iii) Os coeficientes de consumo específico de água (L de água/L litro de leite recebido) no valor de 6,1 para água industrial e 7,0 para água total (água industrial mais vapor), estão muito acima dos encontrados na literatura. Finalmente, identificou-se que a implementação de medidas simples como o reaproveitamento do soro, a padronização dos procedimentos de limpeza, o treinamento e a conscientização dos funcionários, a manutenção preventiva dos equipamentos e práticas de reuso de água proporcionarão a redução no consumo de água e no volume e na carga poluidora do efluente. Em relação ao sistema multimídia desenvolvido, o mesmo consiste de quatro módulos, com informações interligadas, facilitando a compreensão e proporcionando rapidez no seu uso. Esses módulos são: Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA), Programa de Conservação e Reuso de Água (PCRA), Características de resíduos da indústria de laticínios e Manual para implantação de um SGA. Dentro de cada módulo, as informações estão organizadas em itens e subitens. Além desses módulos, o programa apresenta itens de apoio contendo saiba mais, glossário, legislação, exemplos de aplicação na indústria e um acesso ao editor de mensagem que permite comunicar com o especialista. De acordo com os avaliadores, o sistema multimídia proposto apresenta grande potencial para ser usado como uma ferramenta de apoio no gerenciamento de resíduos e na redução do consumo de água nas indústrias de laticínios. Ajustes, principalmente, nas ferramentas de navegação, na estética e qualidade gráfica dos ambientes e na interface (cores e imagens) tornarão o ambiente mais atrativo e facilitará a sua utilização pelo público alvo.

ABSTRACT

SILVA, Danilo José Pereira da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, May, 2006. **Diagnoses of water consumption and generation of effluents in a dairy industry and development of a support multimedia system.** Adviser: Frederico José Vieira Passos. Committee Members: Ismael Maciel Mancilha and José Luís Braga.

Reducing, reusing, and recycling are the new trends in the market to management of residues. Both big and small enterprises are fitting themselves to this scenery, labeled by a strict environmental legislation, by the high cost of production and by the competition. In the agricultural industry section is not different. In the sense to contribute to the improvement of environmental management in the micro and small enterprises, the general aim of this work was to make available the knowledge on practices and/ or procedures to reduce the water consumption and generation of residues in micro and small dairy enterprises. An environmental diagnostic was carried out through a survey on the water consumption and generation of effluents in a small dairy industry located in Zona da Mata Mineira. In possession of the diagnostic, an addressed multimedia system was proposed, mainly to the micro and small dairy industries, showing the importance and advantages in doing a preventive control in generation of residues and in the water consumption. Besides that, the proposed multimedia system guides step by step how to implement a reduction in water consumption and in a system of environmental management in the dairy industry. By diagnosing the water consumption and a generation of effluents it was concluded that: I) the production lines of mussarela cheese, frescal cheese and requeijão produce the highest specific organic load (DQO kg/ m³ manipulate milk), due to the immediate discard of whey in the effluent, ii) the lack of standard of the cleaning procedures and lack of awareness and

training of the workers regarded to the good environmental practices are critical points in all processing lines, and it has been noticed that an excessive water consumption to an unity with the size of the dairies studied; iii) the coefficients of specific consumption of water (L of water / L of received milk) in the value of 6.1 to industrial water and 7.0 to the total water (industrial water plus vapor), are higher than the ones found in the literature. Finally, it was identified the implementation of simple measures as the reusing of the whey, the setting of standards for cleaning procedures, the training and awareness of the workers, the preventive maintenance of the equipments and practices of reuse of the water will provide reduction in water consumption and in the volume and in the polluter load of the effluent . Regarding to the developed multimedia system, it is made up of four modules with interconnected information making the understanding easier and giving rapidity on its use. Those modules are the following: System of Environmental Management (SGA), Program of Conservation and Reuse of the Water (PCRA), Characteristics of residues in the Dairy Industry and Manual to implementation of a SGA. The information is organized in items and subitems in each modulo. Besides those modules, the program presents items of support having know more, glossary, legislation, examples of application in the industry and access to the editor of message that allows to communicate with the expert. Accordingly to the appraiser, the proposed multimedia system shows a great potential to be used as support tool in the management of residues and in the reduction of water consumption in the dairy industry. Adjustments, mainly in the navigation tools, in the aesthetics and graphic quality of the environments and interface (colors and images) made the environment more attractive and it will make its utilization by the target public easier.

1. INTRODUÇÃO

Reduzir, reutilizar e reciclar são as novas tendências do mercado para o gerenciamento de resíduos e efluentes industriais. Tanto as grandes empresas como as pequenas estão se adequando a esse novo cenário, marcado por uma rígida legislação ambiental, pelo alto custo da produção e pela competição acirrada. No ramo da agroindústria não é diferente. A preocupação com o meio ambiente e com o aumento da produtividade passou a orientar a busca por novas tecnologias que, incorporadas aos processos tradicionais, otimizem a capacidade competitiva.

No controle ambiental, o maior efeito junto às pequenas e médias empresas foi a definição de uma legislação ambiental, com suas várias resoluções e padrões de lançamento a serem atendidos (SILVEIRA, 1999). No Brasil, esse assunto ganhou destaque a partir da implementação da Política Nacional de Meio Ambiente, do sistema de licenciamento ambiental e da aprovação da lei de crimes ambientais, que prevê pena de reclusão e multa para quem lesar o meio ambiente. Nesse contexto, o tratamento e a disposição adequada de resíduos industriais e sanitários, por parte das empresas, tornaram-se uma obrigação, perante a lei e a opinião pública (RAMOS, 2002). Esta cobrança tem levado as empresas a investirem parte de seu capital em sistemas de tratamento de efluentes. Aliado a isso, a aplicação de modernas ferramentas de gestão, principalmente de gestão ambiental, tem proporcionado retorno financeiro a médio e longo prazo. Este comportamento é particularmente observado nas empresas que possuem um sistema de gestão

da qualidade de produto, apresentando assim uma estrutura que facilita a implantação de sistemas de gestão ambiental, (SILVEIRA, 1999).

Cabe ao setor alimentício promover o seu desenvolvimento com mínimo comprometimento da qualidade ambiental. A geração de resíduos além de constituir um problema ambiental para a sociedade é também um problema econômico para a empresa, uma vez que demanda gastos com sua eliminação e, ou tratamento até níveis ambientais aceitáveis.

Uma tendência atual na indústria de alimentos, entre elas o segmento de laticínios, é a busca de novas tecnologias, principalmente visando o aproveitamento de resíduos e a implementação de sistemas de reuso de água.

Esses fatos conduzem a uma mudança no comportamento das empresas que começam a implementar medidas para redução da geração dos resíduos na fonte, ou seja, o controle preventivo passa a ser mais importante do que o controle de final de linha. Esse novo panorama fortaleceu os Sistemas de Gerenciamento Ambiental (SGA), uma vez que o controle ambiental passa a ser tão importante quanto os demais setores da empresa.

No entanto, as pequenas e médias empresas do setor alimentício, incluindo o segmento de laticínios, na sua maioria, não dispõem de especialistas na área de gerenciamento e tratamento de resíduos em sua equipe técnica. Dessa forma, quando necessário, utilizam assessoria de técnicos ou de empresas especializadas.

Pesquisa realizada pelo SEBRAE-MG (1997) mostrou que a falta de programas específicos para a indústria de laticínios foi citada como sendo o principal problema enfrentado pelas empresas. Além disso, a pesquisa ressalta que a maior limitação dos laticínios sem inspeção federal é a falta de recursos para investir no treinamento adequado dos funcionários e para contratar o desenvolvimento de programas específicos para o controle da empresa.

Assim, a busca de soluções ou ferramentas que auxiliem o processo decisório dessas empresas poderá beneficiar o setor de alimentos como um todo. A geração de grandes volumes de efluentes e os custos de projetos de estação de tratamento mal concebidos ou não compatíveis com o porte da empresa podem significar, além de um prejuízo, o comprometimento da sua sobrevivência pela perda de competitividade.

Atualmente, pode-se dispor do auxílio da informática para a obtenção e disseminação de informações. Os sistemas de apoio à decisão podem ter uma ampla aplicação em sistemas de gerenciamento e tratamento de resíduos.

Para isso, o uso de sistemas multimídia pode ser uma alternativa viável. Um sistema multimídia para apoio à decisão pode ser utilizado como uma ferramenta de treinamento, proporcionando mais conhecimento e disseminando informações. A utilização das informações disponibilizadas nessa ferramenta orienta e facilita o processo de tomada de decisão.

Assim, o usuário não especializado pode consultar o sistema para obter informações e respostas sobre problemas específicos. Isto é possível por meio de uma interação entre o usuário e o programa.

O objetivo geral deste trabalho foi disponibilizar conhecimentos sobre práticas e/ou procedimentos para redução da geração de resíduos e consumo de água nas indústrias de laticínios, utilizando-se para isso recursos multimídia.

Para o diagnóstico do problema na indústria, foi realizado um levantamento das condições ambientais de uma pequena indústria de laticínios da Zona da Mata Mineira. De posse dos dados, foi proposto um sistema multimídia direcionado, principalmente, para as micro e pequenas empresas do setor de laticínios mostrando a importância e as vantagens de se fazer um controle preventivo da geração de resíduos e consumo de água. Além disso, esse sistema orienta como implementar essas práticas ambientais.

Espera-se que a utilização do sistema desenvolvido permita:

- orientar as empresas no que se refere às práticas preventivas de controle ambiental facilitando o cumprimento da legislação;
- criar uma consciência ecológica em todos os níveis da empresa caminhando assim para o desenvolvimento sustentável.
- aumentar a competitividade das indústrias de laticínios, reduzindo as perdas de matéria prima, produtos acabados e insumos;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da Indústria de Laticínios

Na década de 90 a produção brasileira de leite cresceu cerca de 40%, passando de 14,5 para 20,4 bilhões de litros, entre 1990 e 1999. Este crescimento acentuado fez com que o Brasil passasse a responder, segundo a FAO (1999), citado por RUFINO (2005), por aproximadamente 4,3% da produção mundial, em 1998.

De acordo com os registros do Ministério da Agricultura, em abril de 1997, o Brasil possuía cerca de 2.251 estabelecimentos de laticínios, assim distribuídos: granja leiteira - 2,13%; posto de recebimento - 0,67%; posto de refrigeração - 36,16%; posto de coagulação - 0,53%; usina de beneficiamento - 21,46%; fábrica de laticínios - 35,72%; entreposto de usina - 0,84% e entreposto de laticínios - 2,49%. Em 1999, o número total de estabelecimentos era de 2.043 e em 2001, 2.017, o que representa uma queda de 9,24% e 10,40% em relação a 1997, respectivamente, (INDI, 2003).

Minas Gerais possuía, em 2001, 34,16% dos estabelecimentos; São Paulo - 13,93%; Goiás - 10,16%; Paraná - 8,03%; Rio Grande do Sul - 5,95% e Rio de Janeiro - 3,52%, (INDI, 2003).

O Sul de Minas, em 2003, apresentou a maior concentração de indústrias de laticínios, com 210 unidades, seguido pela Zona da Mata - 118; Central - 94; Triângulo Mineiro - 70; Rio Doce - 43; Alto Paranaíba - 42; Centro-Oeste de Minas - 42 e demais regiões com 43 unidades. Observa-se que, de setembro de 1996 a maio de 2003, o número de fábricas de laticínios no estado passou de 326 para 364 unidades, os postos de refrigeração de 258 para 152 e as usinas de beneficiamento de 108 para 124 unidades, (INDI, 2003).

Segundo INDI (2003), estima-se que em 2002, cerca de 37,3% do leite produzido no Brasil foram consumidos e/ou processados sem a fiscalização do Serviço de Inspeção Federal (SIF). Essa informação indica a existência de muitas indústrias que operam as margens da fiscalização do SIF. Esse índice já foi muito maior, mas para um país que deseja competir no mercado internacional, ainda é muito grande. Em Minas Gerais, possivelmente, a situação seja até pior, devido a sua tradição na produção dos chamados queijos artesanais, produzidos sem inspeção do Ministério da Agricultura ou do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA).

Segundo estudo realizado pelo SEBRAE (1997), foram identificadas 667 empresas de laticínios, no Estado de Minas Gerais, que operam sem fiscalização do Serviço de Inspeção Federal. Essas indústrias são licenciadas apenas pelo Estado, apenas pelo município ou não possuem qualquer tipo de fiscalização.

Segundo informações do Ministério da Agricultura, a capacidade instalada da indústria de laticínios brasileira, em abril de 2001, apresentava a seguinte caracterização: mais de 500 mil litros/dia - 1,01%; de 300 a 500 mil litros - 1,01%; de 100 a 300 mil litros - 3,25%; de 50 a 100 mil litros - 3,85%; de 20 a 50 mil litros - 18,46%; de 10 a 20 mil litros - 17,49%; de 5 a 10 mil litros - 19,52% e até 5 mil litros - 35,40%. Esses dados evidenciam que as indústrias, na sua grande maioria, são de pequeno porte (INDI, 2003).

Nos estados que lideram a produção nacional de leite e derivados também prevalecem as micro e pequenas empresas. Em Minas Gerais, por exemplo, 40,12% podem processar somente até 5 mil litros de leite/dia; 17,57% - de 5 a 10 mil litros; 16,69% - de 10 a 20 mil litros/dia; 17,42% - de 20 a 50 mil litros/dia, e somente 8,2% processam mais de 50 mil litros/dia (SEBRAE, 1997).

No Brasil as empresas que atuam nos setores de produtos de maior valor agregado (leites fermentados, esterilizados, condensado, em pó, evaporado, sobremesas lácteas, sorvetes, queijos finos) e algumas que produzem leite pasteurizado utilizam tecnologias avançadas em todas as fases da cadeia produtiva, possuem escala de produção, recursos humanos, produtos de alta qualidade e preços competitivos (INDI, 2003).

Por outro lado, aquelas que operam com produtos mais tradicionais (queijos tradicionais, doce de leite, leite pasteurizado tipo C e manteiga) normalmente apresentam pequena escala de produção, utilizam técnicas ultrapassadas, carecem de recursos humanos, são pouco diversificadas e, em geral, enfrentam problemas para colocar seus produtos no mercado, devido à concorrência dos produtos das indústrias melhor aparelhadas, dos importados e das exigências crescentes dos próprios consumidores (INDI, 2003).

Minas Gerais, por liderar a produção nacional de leite e derivados, abriga um parque industrial com grandes e modernas empresas. Também, encontram-se instaladas no estado inúmeras empresas de pequeno porte, desprovidas de condições básicas necessárias exigidas pelas fiscalizações federal e estadual, colocando no mercado produtos de qualidade duvidosa e sem padronização, o que dificulta sua sobrevivência no mercado, (SEBRAE, 1997).

Segundo diagnóstico da indústria de laticínios do Estado de Minas, (SEBRAE, 1997), uma das características importantes da indústria de laticínios no Estado de Minas Gerais é a superioridade numérica do grupo de laticínios sem fiscalização do Serviço de Inspeção Federal, em relação ao total de estabelecimentos e o elevado percentual de postos de refrigeração presente no grupo dos grandes laticínios particulares e das cooperativas regionais.

No que se refere ao tamanho dos estabelecimentos duas classificações são encontradas (SEBRAE/MG, 1997). Uma se refere ao volume médio de leite captado e a outra ao volume médio de leite industrializado. Em relação ao primeiro índice, destaque especial é dado ao grupo das cooperativas regionais, cujo volume médio diário de leite captado por estabelecimentos em funcionamento em 1996 foi de 30.734L/dia, seguido pelos grupos dos grandes laticínios e cooperativas centrais, cujos índices foram respectivamente 22.017 e 13.974L/dia. No caso da industrialização média de leite, ocorre uma inversão em relação a captação, sendo que as cooperativas centrais processam maior volume seguidas dos grandes laticínios e cooperativas regionais. Em média, cada unidade industrial pertencente ao grupo das cooperativas centrais industrializou 232.168L/dia em 1996, seguidas dos grandes laticínios e cooperativas regionais, cujos índices foram respectivamente 134.407 e 27.292L/dia (SEBRAE/MG, 1997).

Outra característica relevante é que os laticínios com fiscalização do Serviço de Inspeção Federal recebem e industrializam maiores volumes de leite em relação aos laticínios sem fiscalização do Serviço de Inspeção Federal. No caso da industrialização, tais índices são 8.522L/dia, para o grupo dos laticínios com fiscalização do SIF e 2.250L/dia para o grupo de laticínios sem fiscalização do SIF (SEBRAE/MG, 1997).

2. 2. Características dos resíduos gerados na indústria de laticínios

A indústria de laticínios gera efluentes líquidos, resíduos sólidos, e emissões atmosféricas passíveis de impactar o meio ambiente. Os efluentes líquidos industriais são despejos líquidos originários de diversas atividades desenvolvidas na indústria, que contém leite e produtos do leite, detergentes, desinfetantes, areia, lubrificantes, açúcar, pedaços de frutas, essências e condimentos diversos que são diluídos nas águas de lavagem de equipamentos, tubulações, pisos e demais instalações da indústria, (MACHADO et al., 2002).

2.2.1. Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos das indústrias de laticínios abrangem os efluentes industriais, os esgotos sanitários gerados e as águas pluviais captadas na respectiva indústria. O efluente líquido é considerado um dos principais responsáveis pela poluição causada pela indústria de laticínios. Em muitos laticínios o soro de queijo é descartado junto com os efluentes líquidos sendo considerado um forte agravante devido ao seu elevado potencial poluidor (DBO entre 30.000 a 50.000 mg O₂/L). Uma fábrica com produção média de 300.000 litros de soro por dia polui o equivalente a uma cidade com 150.000 habitantes. Atualmente constitui prática incorreta descartar o soro, direta e indiretamente, nos cursos de água, (MACHADO et al., 2002).

O soro de queijo é o subproduto da indústria de laticínios resultante da precipitação e remoção da caseína do leite durante a produção de queijo (KOSIKOWSKI, 1979). Nos últimos anos observou-se um crescente aumento da produção mundial de soro de queijo impulsionado pela expansão da indústria de laticínios, atingindo 100 bilhões de litros ao ano (Filho, 2002, citado por SILVEIRA, 2004).

O soro de queijo representa aproximadamente 80 a 90% do volume de leite e retém 55% dos nutrientes do leite apresentando em torno de 6,9% de sólidos totais. Entre os sólidos totais se destacam lactose (4,5-5% p/v), proteínas solúveis (0,6-0,9% p/v), lipídios (0,3-0,5% p/v), sais minerais (0,6%) e ácido láctico (0,1%), além de outros nutrientes presentes em menores concentrações como vitaminas (SANTOS, 2001). Em média, para a fabricação de um quilo de queijo necessitam-se de 10 litros de leite e recuperam-se 9 litros de soro.

Considerando a produção de queijos no Brasil em torno de 450 mil toneladas/ano, a produção de soro alcança 4,05 milhões toneladas. Essa produção de soro gera um resíduo formado por aproximadamente 24.300 toneladas de sais minerais, 36.450 toneladas de proteínas, 12.150 toneladas de gordura e 202.500 toneladas de lactose (SANTOS, 2001).

Estima-se que 50% do soro produzido no Brasil, ainda são descartados na natureza sem nenhum tipo de tratamento (SILVEIRA, 2004).

O Estado de Minas Gerais, por exemplo, possui cerca de 1250 indústrias de laticínios formalmente constituídas, sem qualquer tipo de tratamento de seus efluentes líquidos lançados diretamente nos corpos receptores, (MACHADO et al., 2002). Esse dado permite concluir que a poluição provocada pelos efluentes líquidos de laticínios assume proporções que exigem uma conscientização da gerência e funcionários das indústrias e a implementação de ações concretas para minimizar esse impacto ambiental.

A vazão e a qualidade do efluente gerado por agroindústrias são dependentes, dentre outros fatores, do tipo e porte da indústria, dos processos empregados, do grau de reciclagem e da existência de pré-tratamento. Dessa forma, mesmo que duas empresas produzam essencialmente o mesmo produto, o potencial poluidor pode ser bastante diferente entre si (VON SPERLING, 1996a).

No caso específico da indústria de laticínios, a composição detalhada do efluente é influenciada por fatores tais como: processos industriais em curso; volume de leite processado; condições e tipos de equipamentos utilizados; práticas de redução da carga poluidora e do volume de efluentes; atitudes de gerenciamento e da direção da indústria em relação às práticas de gestão

ambiental; quantidade de água utilizada nas operações de limpeza e no sistema de refrigeração, (MACHADO et al., 2002).

Na Tabela 1 estão apresentados os valores das principais características físico-químicas dos efluentes industriais de fábricas de laticínios localizadas no Estado de Minas Gerais.

Tabela 1– Características físico-químicas de efluentes industriais de fábricas de laticínios localizadas no Estado de Minas Gerais (*) Tipos de

indústria: (1) Produção de leite pasteurizado, manteiga, requeijão, doce de leite e queijos; (2) Produção de queijos diversos; (3) Produção de leite pasteurizado, requeijão, ricota, manteiga e queijos; (4) Produção de queijos diversos.

Parâmetros	Tipos de Indústria (*)			
	1	2	3	4
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	2051 – 5269	3637 - 17624	5127 - 5949	18485 - 19755
DQO (mg O ₂ /L)	3005 – 7865	4307 - 20649	5496 - 7709	21277 - 23920
DBO/DQO	0,67 - 0,78	0,59 - 0,85	0,77 - 0,93	0,83 - 0,87
Sólidos suspensos (mg/L)	484 – 1133	560 - 2080	440 - 1105	1540 – 1870
Sólidos totais (mg/L)	1010 – 2107	1567 - 10744	3508 - 4498	8838 – 10052
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	0,4 – 60	0,5 - 15	0,4 - 0,6	1,4 - 2,3
Nitrogênio orgânico (mg/L)	32,5 - 79,6	74,2 - 297,6	52,7 - 142,7	190,7 - 292,0
Fósforo total (mg/L)	6,5 - 31,0	2,9 - 131,4	12,4 - 29,2	92,4 - 175,5
Óleos e graxas (mg/L)	227 – 474	90 - 184	37 - 359	75 – 439
Coeficiente geração efluente (L efluente/L leite recebido)	2,7 - 3,1	3,7 - 4,0	2,6 - 3,4	1,0
Coeficiente consumo água (L água/L leite recebido)	3,9 - 4,4	-	3,3 - 3,9	1,4 - 1,5
Leite recebido (m ³ /dia)	16,3 - 18,1	-	15,1 - 21,7	22,0 - 22,2
Leite processado (m ³ /dia)	17,0	7,0	18,5	21,5

Fonte: Adaptado MINAS AMBIENTE/CETEC, 2000

As faixas de variações de alguns parâmetros apresentados na Tabela 1 são muito amplas, e podem ser justificadas pela falta de aplicação de medidas

preventivas para reduzir a geração de resíduos e pela variação na escala de produção dos produtos em relação a diferentes dias de processamento.

Para efeito de comparação com os dados apresentados na Tabela 1 são apresentados na Tabela 2 valores das características dos efluentes de laticínios no Estado de São Paulo segundo CETESB (1990).

Tabela 2– Características médias dos efluentes líquidos industriais de diferentes tipos de indústrias de laticínios localizadas no Estado de São Paulo.

(*) Tipos de indústria: (1) Posto de recepção e refrigeração de leite; (2) Leite pasteurizado e manteiga; (3) Leite pasteurizado e iogurte; (4) Leite esterilizado e iogurte; (5) Leite condensado; (6) Leite em pó; Observação: a densidade média do leite bruto varia de 1,028 a 1,032 kg/L

Parâmetros	Tipos de indústrias (*)						
	(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)
DBO ₅ (mg/L)	1033	487	1319	3420	290	875	761
DQO (mg/L)	1397	873	1740	4430	2010	1365	1370
Sólidos suspensos (mg/L)	520	329	494	420	915	776	471
Sólidos totais (mg/L)	-	-	993	3300	-	1870	1406
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	-	-	14	1	1,5	0,1	1,7
Nitrogênio total (mg/L)	-	26,5	43,2	86,2	56,7	25,5	11,3
Fósforo total (mg/L)	5,75	4,5	5,9	14,2	18,8	6,8	8,8
Óleos e graxas (mg/L)	562	-	253	575	-	100	-
Temperatura (°C)	-	-	29	31	29	38	28
Vazão (m ³ /t leite processado)	1,06	1,47	0,83	4,1	5,5	3,2	5,4
Carga orgânica (kg DBO ₅ /t leite processado)	1,09	0,72	1,09	14,02	1,60	2,8	4,11
Leite processado (t)	18,5	29,4	48,4	226,2	59,7	80	63,4

Fonte: adaptado CETESB (1990)

Fontes de efluentes líquidos

Na indústria de laticínios, diversos processos, operações e ocorrências contribuem para a geração de efluentes líquidos, as quais são apresentados na Tabela 3.

Para o controle do volume e carga poluente dos resíduos gerados durante o processamento é preciso uma compreensão do fluxograma de processamento e dos fatores que influenciam a sua geração. No entanto, é difícil identificar uma planta típica e seus resíduos associados. Na Figura 1 pode-se observar de forma resumida as etapas de processamento e os principais pontos de geração de resíduos em uma indústria de laticínios.

Tabela 3– Operações e processos que geram efluentes líquidos na indústria de laticínios

Operação ou processo	Descrição
Limpeza e higienização	<ul style="list-style-type: none"> - Enxágüe para remoção de resíduos de leite ou de seus componentes, assim como de outras impurezas, que ficam aderidos em latões de leite, tanques diversos (inclusive os tanques de caminhões de coleta de leite e silos de armazenamento de leite), tubulações de leite e mangueiras de soro, bombas, equipamentos e utensílios diversos utilizados diretamente na produção; - Lavagem de pisos e paredes; - Arraste de lubrificantes de equipamentos da linha de produção, durante as operações de limpeza.
Descartes e descargas	<ul style="list-style-type: none"> - Descargas de misturas de sólidos de leite e água por ocasião do início e interrupção de funcionamento de pasteurizadores, trocadores de calor, separadores e evaporadores; - Descarte de soro, leite e leite ácido nas tubulações de esgotamento de águas residuárias; - Descargas de sólidos de leite retidos em clarificadores; - Descarte de finos oriundos da fabricação de queijos; - Descarga de produtos e materiais de embalagem perdidos nas operações de empacotamento, inclusive aqueles gerados em colapsos de equipamentos e na quebra de embalagens; - Produtos retornados à indústria;
Vazamentos e derramamentos	<p>Vazamentos de leite em tubulações e equipamentos correlatos devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operação e manutenção inadequadas de equipamentos e tubulações; - Transbordamento de tanques, equipamentos e utensílios diversos; - Negligência na execução de operações, o que pode causar derramamentos de líquidos e de sólidos diversos em locais de fácil acesso às tubulações de esgotamento de águas residuárias.

Fonte: MACHADO et al. (2002).

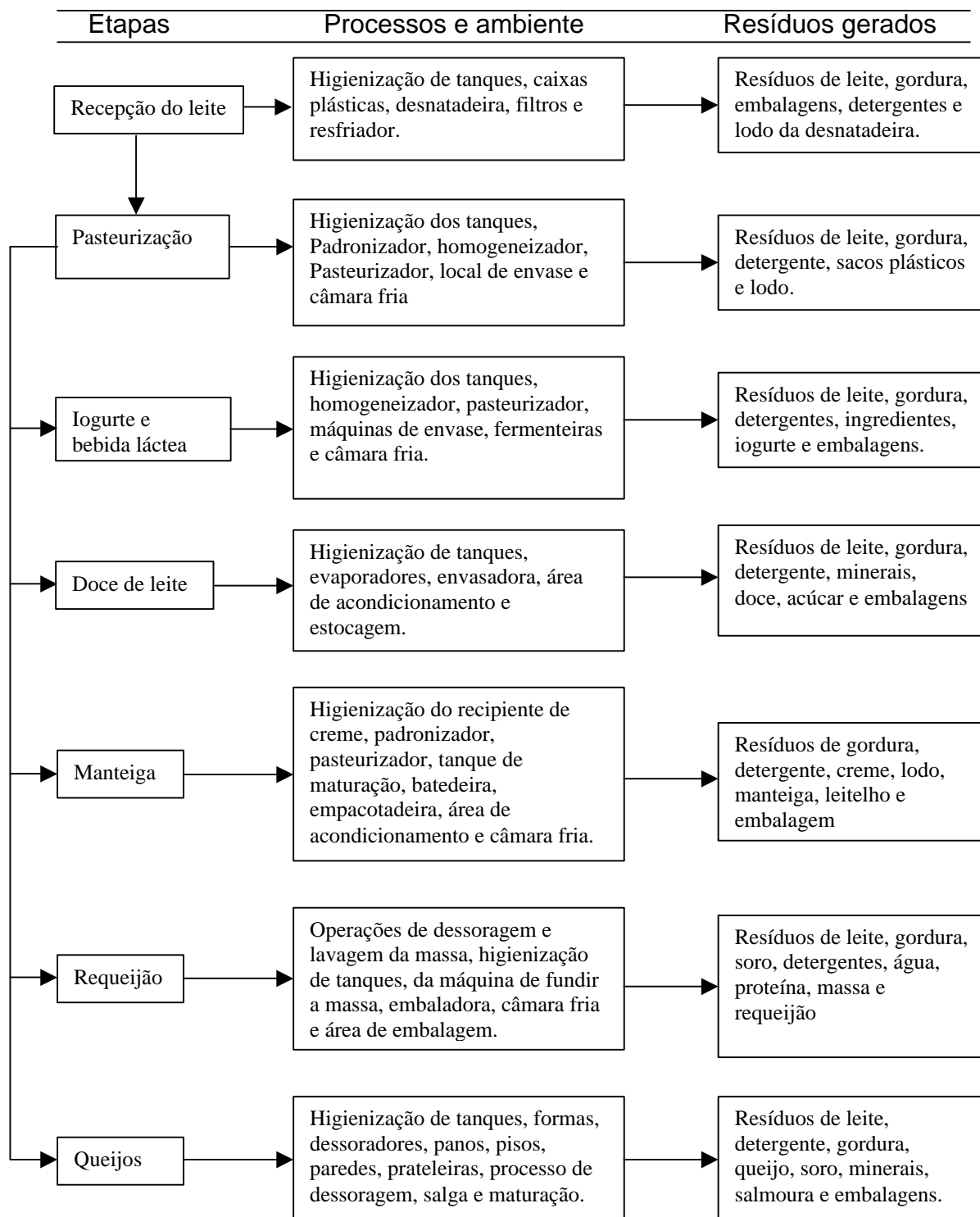


Figura 1- Etapas de processamento com os principais pontos de geração de resíduos em uma planta de laticínios.

2.2.2. Resíduos sólidos

Segundo MACHADO et al. (2002), os resíduos sólidos gerados na indústria de laticínios podem ser subdivididos em dois grupos principais, no que se refere a sua origem. O primeiro grupo são os resíduos gerados nos escritórios, nas instalações sanitárias e nos refeitórios da indústria. Corresponderia ao que se costuma denominar lixo comercial e abrange: papéis; plásticos e embalagens diversas gerados nos escritórios; resíduos de asseio dos funcionários como papel toalha, papel higiênico, etc. e resíduos de refeitório ou cantina, restos de alimentos, produtos deteriorados, embalagens diversas, papel filtro, etc.

O segundo grupo refere-se aos resíduos sólidos industriais provenientes das diversas operações e atividades relacionadas diretamente à produção industrial. Nas indústrias de laticínios são basicamente sobras de embalagens, embalagens defeituosas, papelão, plásticos, produtos devolvidos (com prazos vencidos) e cinzas de caldeiras.

Quanto ao tipo dos resíduos de embalagens, predomina o material plástico, principalmente sob as formas de sacos (polietileno de baixa densidade – PEB) usados para a embalagem de leite pasteurizado, iogurte e bebidas lácteas, bem como de filmes plásticos diversos usados na embalagem de queijos. Pode haver, ainda, no caso da manteiga, filmes de papel, usados na embalagem de tabletes.

Nas indústrias onde se produz doce de leite e requeijão também há resíduos de lata, vidro ou de embalagens de plástico semi-flexível.

A Tabela 4 mostra a quantidade estimada dos principais resíduos sólidos que são gerados e comercializados pelas indústrias de laticínios no Estado de Minas Gerais, em função da capacidade de processamento de leite.

Tabela 4 – Estimativa da quantidade de resíduo gerado pelas indústrias de laticínios

Volume de leite processado (L/dia)	Quantidade estimada de resíduo produzido (kg/dia)			
	Plástico	Embalagem multifoliar	Folha de Flandres	Alumínio
10.000	3	5	40	8
20.000	6	9	80	16
30.000	9	14	120	24
40.000	12	18	160	32
50.000	14	23	200	40
60.000	17	27	240	48
70.000	20	32	280	56
80.000	23	36	320	64
90.000	26	41	360	72
100.000	29	45	400	80

Fonte: MINAS AMBIENTE/CETEC, 1998

2.3. Recuperação de subprodutos

Processos industriais secundários são operações de manipulação, recuperação e processamento de subprodutos, (CARAWAN e PILKINGTON, 1986). Subprodutos correspondem a todos os produtos que não são diretamente destinados ao consumo e uso humanos (BRAILE e CAVALCANTI, 1979).

A recuperação de subprodutos é prática econômica indiscutível e evita que materiais sejam liberados ao ambiente como rejeitos. Nesta etapa ocorre acentuada diferenciação tecnológica entre as pequenas e as grandes empresas (SILVEIRA, 1999).

A produção de subprodutos a partir de resíduos de certos tipos de estabelecimentos, pressupõe a existência de quantidades mínimas de resíduos para que possam ser recuperados individualmente de forma econômica. O armazenamento dos resíduos para a formação de lotes economicamente viáveis, pode se tornar altamente oneroso e inconveniente devido a sua rápida deterioração. Além disso, deve se considerar a ociosidade dos equipamentos

no caso de pequenos estabelecimentos. Esses fatores dificultam a produção dos subprodutos (BRAILE e CAVALCANTI, 1979).

Nos últimos 50 anos algumas alternativas para o aproveitamento do soro de queijo foram desenvolvidas, tais como: destiná-lo para ração animal, secagem, recuperação das proteínas, produção de ácidos orgânicos, produção de biogás, produção de combustível, produção de glicerol, produção de lactose, α -lactoalbumina, β -lactoglobulina, fosfolipoproteínas, peptídeos, proteases e aproveitamento direto em formulações e outros (SANTOS, 2001; SILVEIRA 2004). Mesmo com todas essas alternativas, estima-se que menos da metade de todo soro produzido no mundo é aproveitado de alguma maneira.

A etapa inicial da maioria dos procedimentos adotados para o aproveitamento industrial do soro corresponde à recuperação das proteínas. O processo de recuperação das proteínas do soro gera um permeado e um concentrado protéico, composto, principalmente, por β -lactoglobulina, α -lactoalbumina e lactoferrina (SANTOS, 2001). Estas proteínas são compostas por aminoácidos essenciais facilmente digeríveis e considerados nutricionalmente completos.

A recuperação das proteínas do soro não resolve o problema ambiental, porque o permeado gerado contém toda lactose presente originalmente no soro (Viene e Stockar, 1985 citado por SILVEIRA, 2004). Uma alternativa que está sendo considerada há décadas é o aproveitamento desse permeado para a fermentação de leveduras para produção de etanol. No entanto devido ao caráter diluído da lactose do soro de queijo, a produção de álcool a partir desse é economicamente inviável (TIN e MAWSON, 1992).

Uma alternativa mais viável e que está ganhando espaço no Brasil, é a utilização do soro para elaboração de novos produtos como as bebidas lácteas, leites fermentados, mistura em sucos e ricota (SANTOS, 2001). Essa tendência pode ser comprovada pela pesquisa realizada pelo SEBRAE/MG (1997), em que se constatou um aumento de 206% na produção de bebidas lácteas no ano de 1995.

2.4. Gerenciamento de Resíduos na Indústria de Laticínios

No passado, as indústrias concentravam suas preocupações, exclusivamente com a produção e os lucros. Ações para proteger o meio ambiente eram insignificantes e esta despreocupação foi responsável pela ocorrência de comprometimentos ambientais irreversíveis (PEREIRA e TOCCHETO, 2005).

O surgimento de uma legislação ambiental constitui um importante instrumento de controle e fiscalização das atividades industriais, contribuindo para a melhoria da gestão das empresas, inclusive para a implantação de medidas que resultaram na redução do impacto ambiental. No entanto, os custos de disposição de resíduos ainda eram vistos como uma despesa operacional (PEREIRA e TOCCHETO, 2005a).

Com a globalização da economia a competitividade aumenta e a margem de lucros diminui. Produzir muito pode significar gerar um grande volume de resíduos e conseqüentemente aumentar os custos com tratamento. Nesse contexto, o comportamento reativo das empresas é substituído pelo pró-ativo. As operações industriais, neste período, experimentaram mudanças radicais com implicações significativas, principalmente com a introdução das normas de gestão pela qualidade ambiental, a exemplo da série ISO 14000 (PEREIRA e TOCCHETO, 2005).

As empresas adquiriram uma visão estratégica em relação ao meio ambiente, passando a percebê-lo como oportunidade de desenvolvimento e crescimento. As ações passaram a ser nas fontes geradoras de forma a minimizar a geração dos resíduos, reaproveitar o resíduo e, só em último caso, tratá-lo e dispô-lo de maneira segura (CICHOCKI, 2005).

A ação de prevenir e de controlar a poluição nos processos industriais, estrutura-se nos conceitos de redução, reutilização e reciclagem de materiais, o que leva a benefícios como: diminuição dos desperdícios de produtos e de matéria prima; economia de insumos (água, energia elétrica, combustíveis e outros); otimização no uso de produtos químicos; redução do volume de despejos; menores riscos de infrações e multas; aumento de produtividade; dentre outros. Todos esses ganhos fazem com que a empresa reduza, principalmente, os custos de implantação da estação de tratamento de

efluentes (ETE), além da melhoria da imagem da empresa com conseqüente aumento da competitividade, (MACHADO et al., 2002 e PEREIRA e TOCCHETO, 2005b).

A indústria de laticínios tem buscado novas tecnologias, principalmente visando o aproveitamento de resíduos e implementando sistemas de reuso de água. A aplicação de técnicas de gestão aliada às ferramentas e filosofias atuais como a "emissão zero" (PAULI - 1996), "tecnologia limpa" (CNTL-1998) e sua versão "tecnologia mais limpa" (AMUNDSEN - 1999), "APPCC/HACCP - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle" (SENAI - 1998) e (GARCIA - 1998), e "Boas Práticas de Fabricação" (JORDANO - 1997), tem propiciado consideráveis melhorias na redução da emissão de resíduos nas indústrias de alimentos. Esta redução está limitada em parte às necessidades de higienização na indústria (ANDRADE & MACEDO, 1996). Apesar das tecnologias disponíveis ainda é elevado o despejo de resíduos, principalmente utilizando a água como veículo, em função do elevado consumo nas diferentes etapas de higienização.

Este problema pode ser melhor equacionado pelo pleno conhecimento do processo tecnológico adotado e das diferentes formas e tecnologias de tratamento dos efluentes (SILVEIRA, 1999).

2.5. Redução do consumo e reuso da água na indústria de alimentos

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente, tem aumentado a pressão pelo uso eficiente da água. Nesse contexto torna-se inevitável a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e reduzir os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias, (FIESP/CIESP, 2006).

A pressão sobre o uso da água só tende a aumentar, o que vai lhe conferir valor econômico, como já implantado em algumas regiões, e aumento das restrições com relação ao lançamento de efluentes (POHLMANN, 2004).

Práticas preventivas, como o uso eficiente e o reuso d'água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou na instalação de novos sistemas de abastecimento de água, (FIESP/CIESP, 2006)

O foco das modernas práticas de gerenciamento é a minimização da carga poluidora e redução do consumo de água na linha de processamento. Um controle preventivo da geração de resíduos (JOHNS, 1995).

Na indústria de alimentos e em especial na área de laticínios, as técnicas e procedimentos usados durante a limpeza podem influenciar muito o consumo de água na planta e a carga poluente total de resíduos gerados. A padronização dos procedimentos de higienização, a conscientização dos funcionários e uma limpeza a seco dos equipamentos e piso para remoção dos resíduos grosseiros, antes da lavagem reduz significativamente o consumo de água e a carga poluente do efluente (MACHADO et al., 2002).

Uma avaliação constante do processo de produção ajuda a reduzir as perdas de água e a identificar onde é possível fazer reciclagem. Estas são ações que devem sempre ser consideradas em empresas que buscam a excelência na área ambiental (POHLMANN, 2004).

Existem dois tipos de ação para redução e controle do consumo de água: ações de gerenciamento e ações de engenharia de processo. As ações de gerenciamento são iniciativas que, normalmente, não implicam custos adicionais significativos. Já as ações de engenharia de processo dizem respeito à aplicação de técnicas de engenharia voltadas aos processos industriais, que podem exigir investimentos maiores como automação e troca de equipamentos, (MACHADO et al., 2002).

Estudos realizados por CARAWAN e PILKINGTON (1986), em uma planta de processamento de carne mostraram que medidas simples como treinamento de funcionários, substituição de equipamentos de limpeza, uso de sprays e válvulas automáticas e mudanças nos processos reduziram significativamente o consumo de água e a carga poluidora. A redução no consumo de água foi em torno de 30%.

Outro aspecto que tem despertado interesse é o reuso da água. Essa é uma das alternativas que também merece destaque e está sendo cada vez

mais empregada pelas indústrias. Para análise da implantação do reuso de efluentes na indústria, há duas alternativas a serem consideradas. A primeira refere-se ao reuso de água proveniente de efluentes tratados em estações administradas por concessionárias ou outras indústrias. A segunda, mais comum, é o reuso de efluentes tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria. Dentro da segunda alternativa, uma prática que tem apresentado bons resultados é o reuso de efluentes em cascata. Nesse caso, o efluente originado em um processo industrial é diretamente utilizado em um processo subsequente (FIESP/CIESP, 2006).

O desafio é identificar as possibilidades de reuso de acordo com a realidade de cada indústria, e encontrar o tipo de tratamento necessário para transformar um efluente antes descartado em água de reuso. Segundo POHLMANN (2004), existem algumas características desejáveis da água de reuso para qualquer finalidade e que podem ser obtidos com alternativas e custos variáveis. Essas características são: baixa carga orgânica, baixo teor de sólidos totais (suspensos + dissolvidos), baixa contagem de microrganismos e livre de odores.

Muitos projetos estão sendo implantados em abatedouros com a finalidade de reuso da água, em áreas que não necessitam de água potável. A maioria envolve um tratamento prévio da água antes do seu reuso (JOHNS, 1995).

A indústria que deseja fazer o reuso do seu efluente deve planejar o sistema de tratamento de efluentes de forma a reduzir a necessidade de um tratamento complementar (POHLMANN 2004).

2.6. Sistemas de Informação e Sistemas de Apoio à Decisão

Segundo BIAL (2001), os sistemas de informação mais modernos oferecem às empresas oportunidades sem precedentes para melhoria dos processos internos, e dos serviços prestados ao consumidor final. Entretanto, nas pequenas e médias empresas o processo de informatização é normalmente conduzido de uma maneira não planejada, refletindo as pressões sofridas pelas empresas.

Conforme pesquisa realizada pelo SEBRAE em agosto de 2003 (SEBRAE, 2003), apenas 47% das micro e pequenas empresas do Estado de São Paulo encontram-se informatizadas. Todavia, as estatísticas indicam que, a utilização dos equipamentos de tecnologia de informação (TI) está direcionada às funções operacionais e administrativas e não às atividades de tomada de decisões. Essa mesma pesquisa mostra que alguns setores ainda desconhecem os benefícios que a informatização pode trazer para o gerenciamento de seus negócios.

Segundo Thong (2001), citado por PRATES (2003), pesquisa sobre as restrições de recursos e implementação de sistemas de informação em 114 pequenas empresas em Singapura mostrou que as pequenas empresas com sucesso em tecnologia de informação tendem a ter alta participação de especialistas externos, adequado investimento, alto conhecimento dos usuários, alto grau de envolvimento do usuário e alto suporte do gerente geral. A participação do especialista externo é a chave principal do sucesso de implantação da TI em pequenas empresas.

Sistemas de Informação (SI) são definidos por Falsarella e Chaves (2003), como sistemas que permitem coleta, armazenamento, processamento, recuperação e disseminação de informações. Geralmente, são baseados em programas de computador, que apoiam as funções operacionais, gerenciais e de tomada de decisão. Os usuários dos sistemas de informação utilizam-no para alcançar os objetivos e as metas de suas áreas funcionais.

Os SI são formados pela combinação estruturada de vários elementos como: i) informação, que são os dados formatados, textos livres, imagens e sons; ii) recursos humanos, que incluem pessoas que coletam, armazenam, recuperam, processam, disseminam e utilizam as informações; iii) tecnologias de informação, englobando o hardware e o software usados no suporte aos SI; e iv) práticas de trabalho ou métodos utilizados pelas pessoas no desempenho de suas atividades, organizados de maneira que permita o melhor atendimento dos objetivos do sistema (Falsarella e Chaves, 2003).

Um sistema é funcionalmente dividido em três partes distintas: entradas, processos e saídas. Eles são cercados por seu ambiente e freqüentemente incluem mecanismos de “feedback”. O responsável pela tomada de decisão também é considerado parte do sistema (BRAGA, 2003).

Segundo Falsarella e Chaves (2003) e BRAGA (2003), os SI podem ser classificados em cinco tipos:

1) Sistemas Transacionais (EDP - Eletronic Data Processing): também chamados de operacionais. São necessários para o controle operacional das organizações. Exemplos são os sistemas de folha de pagamento, contabilidade, controle de estoque e faturamento;

2) Sistemas de Informação Gerencial (MIS - Management Information Systems): Um exemplo é o sistema que analisa as receitas e as despesas de uma organização, possibilitando que gerentes as relacionem e comparem ao que foi planejado no orçamento;

3) Sistemas Executivos de Informação, (EIS – Executive Information Systems): Abastecem a alta gerência de informações e permitem o acesso à informações internas e externas, à organização que sejam relevantes para controlar os fatores críticos de sucesso, através de interfaces amigáveis e recursos de correio eletrônico, teleconferência e outros. Também fornecem dados detalhados sobre o passado, o presente e as tendências futuras da organização;

4) Sistemas Especialistas: o conhecimento e as experiências que uma pessoa detém sobre determinada área do conhecimento pode ser preservado e disseminado para que pessoas com menos conhecimento e experiência possam deles se valer para resolver seus problemas. Estes sistemas são conhecidos como “Expert Systems” (ES) quando fornecem, eles mesmos, soluções para determinados problemas e como “Expert Support Systems” (ESS), quando fornecem informações extraídas das bases de conhecimento a profissionais, para auxiliar no processo de tomada de decisão. As principais funções e características dos sistemas especialistas, além de armazenar os conhecimentos de especialistas, são ajudar a resolver problemas e possibilitar a inclusão de novas informações nas bases do conhecimento sem eliminar as já armazenadas; e

5) Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ou Decision Support Systems (DSS): São sistemas desenvolvidos para dar apoio em situações de decisão semiestruturada.

Sistemas de apoio à decisão são criados para auxiliar os tomadores de decisões e estender suas capacidades, mas não para substituir seus

juízos. A tomada de decisão é um processo de escolha entre diferentes alternativas de ação, com o propósito de alcançar um ou mais objetivos, e pode ser dividido em quatro fases principais: coleta de informações; estruturação do problema; escolha da melhor alternativa de ação; implementação desta alternativa (Turban, 1998, citado por ANTUNES, 2003).

Segundo Falsarella e Chaves (2003), quando se fala em auxiliar o processo de tomada de decisão, significa fornecer informações e também analisar alternativas, propor soluções, pesquisar o histórico das decisões tomadas, simular situações. O processo de tomada de decisão desenrola-se por meio da interação constante com o usuário, com um ambiente de apoio à decisão desenvolvido especialmente para dar subsídio às decisões.

2.6.1. Sistemas multimídia

Um dos aspectos, geralmente, enfatizados em discussões sobre sistemas de apoio à processos decisórios é a necessidade de facilitar seu uso. As Chamadas “interfaces amigáveis” têm tido sua construção facilitada por desenvolvimentos recentes na tecnologia computacional. Entre estes destacam-se os Sistemas Multimídia (FONSECA FILHO, 1998).

Sistemas multimídia é qualquer combinação de texto, arte gráfica, som, animação e vídeo transmitidos pelo computador. Se você permite que o usuário controle quando e quais elementos serão transmitidos, isto chama-se multimídia interativa. Se você fornece uma estrutura de elementos vinculados pela qual o usuário pode mover-se, a multimídia interativa torna-se hipermídia, (VAUGHAN, 1994). De modo geral, a noção de multimídia está ligada a uma maneira de apresentar e recuperar informações de forma não linear, segundo um modelo de redes compostas de nós interconectados. Estes nós podem conter tanto informações de textos e gráficos, como informações de outro tipo, tais como imagens e sons digitalizados, seqüências de animação e vídeo interativo (FONSECA FILHO, 1998).

O que se vê na tela do computador de multimídia a qualquer momento é um conjunto desses elementos. Algumas partes destas imagens podem deslocar-se ou mover-se, para que a tela nunca pareça estar parada, atraindo os olhos do visualizador. A tela é onde ocorre a ação e contém muito mais que

a mensagem a ser transmitida. Ela é a principal conexão do usuário com o conteúdo do sistema de informação. Os mapas de *bits* são utilizados para imagens de fotos reais e para desenhos complexos que requeiram detalhes. A aparência desses tipos de imagens depende da resolução da tela e das capacidades gráficas de *hardware* e do monitor do computador. O julgamento do usuário a respeito deste tipo de veículo de comunicação é fortemente influenciado pelo seu impacto visual. Além disso, as fotos e os filmes auxiliam no entendimento do assunto, tornando a leitura agradável e estimulando a busca pelas informações (VAUGHAN, 1994).

Os elementos de multimídia normalmente são colocados juntos, utilizando-se programas de autoria. Estas ferramentas de *softwares* são projetadas para controlar os elementos de multimídia e propiciar interação ao usuário. Além de fornecer um método para interação dos usuários, a maioria dos programas de autoria oferece facilidades para criação e edição de texto e imagens, com extensões para gerenciar controladores de videodisco, videoteipe e outros importantes periféricos de *hardware*. Sons e filmes são criados por ferramentas de edições dirigidas a estas mídias, e, no entanto, são importantes para o sistema de reprodução. A soma do que se consegue reproduzir é a interface humana que determina as regras do que acontece com a interação do usuário ao que está na tela. O *hardware* e o *software* que controlam os limites do que pode acontecer são as plataformas ou os ambientes do multimídia (VAUGHAN, 1994).

A multimídia realça as interfaces tradicionais e produz benefícios mensuráveis, ganhando e mantendo a atenção e o interesse, o que inevitavelmente promove a retenção melhorada de informações (VAUGHAN, 1994). Os sistemas de multimídia claramente devem fornecer não somente uma combinação de vários tipos de informação, como também acesso conveniente a essa informação.

O hipertexto é uma forma de apresentação ou organização de informações escritas, no qual blocos de texto estão articulados por remissões, de modo que, em lugar de seguir um encadeamento linear e único, o leitor pode formar diversas seqüências associativas conforme seu interesse (FONSECA FILHO, 1998).

A característica da multimídia, semelhante aos nossos esquemas mentais, na busca intuitiva de informações, tem levado os projetistas de software a pesquisarem e desenvolverem interfaces de software, baseados neste paradigma (FONSECA FILHO, 1998).

A interface do usuário do sistema multimídia é uma combinação dos seus elementos gráficos e do seu sistema de movimentação. Se as suas mensagens e os seus conteúdos estiverem desorganizados e difíceis de ser encontrados, ou se os usuários ficarem desorientados ou aborrecidos, o sistema poderá fracassar. Gráficos pobres podem causar aborrecimento. A ajuda de movimentação pobre pode fazer com que os usuários sintam-se perdidos e desconectados em relação ao conteúdo, ou pior, eles podem correr imediatamente para o extremo, desistindo e saindo do programa (VAUGHAN, 1994).

Apesar da disseminação dos sistemas multimídia ser relativamente recente, aplicações educacionais destes sistemas começam a ser maciçamente propostas. Mas, o setor educacional é um dos mais conservadores entre os setores sociais, apresentando forte tendência a reagir às inovações tecnológicas (FONSECA FILHO, 1998).

Segundo MOTA (2001), o uso de mídias eletrônicas não altera necessariamente as relações pedagógicas, mas abre novas perspectivas na relação ensino aprendizagem.

Um sistema multimídia para apoio à decisão pode ser utilizado como uma ferramenta de treinamento, proporcionando mais aprendizagem e disseminando informações, pois contém o conhecimento de especialistas de determinada área. Esse conhecimento é difundido por um programa de computador para outros não-especialistas, em outros locais onde, até então, não era possível a solução de alguns problemas. Ao utilizar esses conhecimentos para facilitar o processo de tomada de decisão, enriquece as conclusões sobre tal decisão e pode concentrar-se em outros pontos de determinado problema. O computador pode ser utilizado para transferência de tecnologias (Pozza, 1998, citado por ANTUNES, 2003).

O objetivo de se utilizar um sistema multimídia é aproveitar os recursos para prender a atenção do usuário, conseguindo fixar os conceitos necessários

de maneira diferente do convencional, associando imagens, sons e textos com conceitos de determinada área específica (ANTUNES, 2003).

Nos últimos anos alguns sistemas especialistas, específicos para a indústria de alimentos, foram desenvolvidos no Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV. Alguns desses sistemas são descritos a seguir:

- **SISTSAN** (SPROESSER, 1991)

Trata-se de um sistema especialista que tem por objetivo recomendar procedimentos de higiene e sanificação para técnicos de empresas laticinistas. Este sistema foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia de Alimentos

- **ACQUA_SIST** (MACÊDO, 1994)

Sistema especialista, aplicado ao controle e tratamento de água na indústria de alimentos. O sistema permite a consulta e emissão de laudos técnicos para condições de potabilização de mananciais e também para aplicações específicas dentro da indústria de alimentos, tais como a avaliação da qualidade da água para geração de vapor em caldeiras de baixa, média e alta pressões. Abrange também a avaliação da água de resfriamento de latas após a esterilização comercial, de equipamentos, de processos e de sistemas de refrigeração, bem como para a higienização de paredes, pisos, superfícies de alimentos, tubulações e equipamentos. Pode ainda efetuar consultas sobre a legislação vigente no que se refere às condições de potabilização de mananciais e padrões de potabilidade de água. Sistema foi desenvolvido por uma equipe interdisciplinar dos Departamentos de Tecnologia de Alimentos, Química e Solos da UFV.

- **BAC-SIST** (FREITAS, 1995)

Consiste em um sistema especialista que tem por objetivo a diagnose de toxinfecções de origem bacteriana destinado, principalmente, aos administradores de serviços de alimentação. O software é constituído de três módulos. O Primeiro avalia os aspectos epidemiológicos de surtos, definindo se o problema é uma intoxicação ou infecção. Também fornece indícios sobre os prováveis microrganismos envolvidos. O segundo módulo avalia informações de análises laboratoriais dos alimentos envolvidos no surto, enquanto o terceiro componente do sistema avalia informações de exames laboratoriais de material recolhido da população envolvida no surto. A partir dessas análises, um laudo

final é emitido. Esse sistema foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV.

Existem também sistemas multimídias já disponíveis, como o PAS - Programa Alimentos Seguros - Ferramentas para Implantação do Sistema APPCC e das Boas Práticas (SEBRAE et al. 2002) e outros que estão próximos de serem lançados no mercado como o Sistema Multimídia de Apoio à Decisão em Procedimentos de Higiene, para Unidades de Alimentação e Nutrição, denominado CleanUp (ANTUNES, 2003), Sistema Multimídia de Apoio à Decisão na Fabricação de Queijo Coalho com Qualidade, Coalho Quality (CAVALCANTE, 2005), entre outros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira etapa realizou-se um diagnóstico completo do controle ambiental em um laticínio, localizado na Zona da Mata Mineira, com capacidade para processar 15.000 L de leite/dia. Na segunda etapa foi desenvolvido um sistema multimídia de apoio à decisão para gerenciamento de resíduos e redução do consumo de água na indústria de laticínios.

3.1. Etapa 1: Diagnóstico do controle ambiental em uma indústria de laticínios

Esse diagnóstico foi realizado em uma indústria de laticínios e as análises do efluente foram realizadas no laboratório de Biotecnologia e Processos Fermentativos do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, MG. O laticínio estudado recebe em média, 15.000 L de leite/dia e produz sete produtos: leite pasteurizado, queijo mussarela, queijo minas frescal, requeijão, manteiga, doce de leite e iogurte. Esse diagnóstico foi realizado em duas fases:

Fase 1: Nessa fase foi realizado um levantamento completo em todos os pontos de geração de efluentes e consumo de água nas linhas de processamento de cada um dos sete produtos, incluindo a quantificação do volume de água consumido e do volume de efluente gerado em cada etapa. Além disso, o efluente gerado em cada etapa foi caracterizado em relação aos seguintes parâmetros: demanda química de oxigênio (DQO), pH, sólidos totais,

sólidos suspensos e sólidos dissolvidos. Para coleta das amostras, primeiramente, todo efluente gerado em cada etapa foi recolhido em latões de 50 litros com o auxílio de baldes de 15 litros. Posteriormente o volume total desse efluente foi misturado obtendo assim um líquido mais homogêneo. Feito isso, coletaram-se as amostras em duplicata, em garrafas de diluição de 100 ml. Toda coleta foi realizada em três repetições.

As amostras coletadas foram congeladas imediatamente e 24 h antes das análises foram descongeladas à temperatura de refrigeração e analisadas. A partir das características do efluente gerado em cada etapa das linhas de processamento foram determinadas as características do efluente global por produto no final de cada dia de processamento. Esses dados foram obtidos por meio de balanço de massa.

Fase 2: Nessa etapa foi determinado o volume total de água que o laticínios consome diariamente e foi realizada a caracterização do efluente global do laticínios no que refere aos seguintes parâmetros: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, teor de óleos e gordura, temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos.

Para caracterização do efluente global foram realizadas coletas em três dias por semana, seguindo a produção, das 7:00 às 17:00 horas, durante três semanas. Foi feita a coleta de 500 mL de efluente a cada quinze minutos formando uma amostra de 2,0 L no final de cada hora. Paralelamente, a cada hora, foi medida a vazão de água de entrada na fábrica por meio da leitura do hidrômetro. No final do dia formou-se uma amostra única de 2,5 L utilizando o método de amostragem composta. A amostra composta foi preparada pela mistura de volumes proporcionais da vazão horária de forma a obter um volume final de 2,5 L. O volume proveniente da amostra de cada hora foi calculado utilizando a Equação 1.

$$V = \left(\frac{V_h}{V_d} \right) \cdot 2,5 \quad (1)$$

em que,

V é o volume proveniente da amostra de cada hora (L);

V_h é o volume do efluente no final de uma hora (m^3); e

V_d é o volume do efluente no final do dia (m^3).

Esse procedimento de amostragem composta proporcional foi adotado com o propósito de reduzir o efeito da variação da vazão e das características do efluente do laticínios ao longo do tempo, obtendo assim uma amostra representativa do efluente global.

Para determinação do consumo de água industrial foi instalado um hidrômetro na rede na entrada da fábrica. O consumo diário de água foi determinado pela leitura do hidrômetro às 7:00 h e às 17:00 h, durante 13 dias de processamento, distribuídos no mês de setembro e outubro. A leitura foi realizada nesses dois horários para identificar o consumo noturno e o diurno. O volume de água consumido para produção de vapor foi estimado por meio da capacidade de produção de vapor da caldeira (1200 Kg/h), considerando doze horas de funcionamento por dia e uma eficiência de 80%.

3.1.1. Métodos analíticos

- **Demanda Química de Oxigênio – DQO**

A demanda química de oxigênio foi determinada conforme descrito em APHA (1995). Em tubos próprios para determinação de DQO foram adicionados 2,0 mL de uma solução de sulfato de prata/ácido sulfúrico, 1,5 mL de uma solução de dicromato de potássio e sulfato de mercúrio em meio ácido e 2,5 mL da amostra. O branco foi obtido repetindo o mesmo procedimento, substituindo a amostra por água destilada. Os tubos contendo a amostra e o branco foram colocados em termorreator TR300 e mantidos por duas horas a 148 °C, para completa oxidação do resíduo.

Com os tubos já resfriados, foram lidas as absorvâncias a 600 nm em spectrophotômetro Novaspec II. O valor da DQO da amostra foi calculado por meio de uma curva de calibração, empregando biftalato ácido de potássio como padrão, cuja DQO teórica é de 1,76 mg de O_2 /mg do sal.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO5**

A demanda bioquímica de oxigênio foi determinada conforme descrito em APHA (1995). Os volumes de amostra utilizados na determinação da DBO

foram calculados de acordo com o valor da DQO da amostra, a partir da Equação 2.

$$V_{\text{amostra}} \text{ (mL)} = \frac{5.000}{\text{DQO}_{\text{amostra}}} \quad (2)$$

Para as análises utilizaram-se os volumes 0,6 V e V, que foram colocados em um balão volumétrico de um litro e o volume foi completado com água de diluição. Amostra descrita foi transferida por sifonação para dois frascos de DBO com capacidade para 300 ml, cuidadosamente, para não formar bolhas de ar.

Além das amostras foi preparado o branco com água de diluição. Para cada amostra e o branco as leituras foram feitas em triplicata, sendo três frascos para a leitura de oxigênio dissolvido inicial (tempo zero) e três para a leitura do oxigênio dissolvido após cinco dias.

Os frascos foram incubados por cinco dias a 20 °C, para posterior determinação do teor de oxigênio dissolvido final (ODf).

O teor de oxigênio dissolvido (OD) foi medido por meio do método titulométrico com tiosulfato de sódio.

$$\text{OD (mg O}_2\text{/L)} = 2 \times V_{\text{tiosulfato}} \times f$$

Para a estimativa da DBO5 foi utilizada a Equação 3.

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg O}_2\text{/L)} = (\text{ODi} - \text{ODf}) \cdot 1000 / V_a \quad (3)$$

em que,

ODi - oxigênio dissolvido inicial (mg/L);

ODf - oxigênio dissolvido final (mg/L); e

V_a - volume da amostra

- **pH**

Para a determinação do potencial hidrogeniônico foi utilizado um potenciômetro digital Hann Instruments, em que o eletrodo foi mergulhado diretamente na amostra sem diluição e sob constante agitação.

- **Sólidos sedimentáveis**

A determinação do teor de sólidos sedimentáveis foi feita conforme descrito por IMHOFF e IMHOFF (1996). A amostra homogeneizada foi colocada em cone de Imhoff de um litro de capacidade, permanecendo em repouso por 45 minutos. Após esse tempo, foi exercido um movimento rotativo alternado ao cone, a fim de que os sólidos que ficaram aderidos às paredes se soltassem e sedimentassem, deixando a amostra em repouso por mais 15 minutos. Ao final, a leitura foi feita diretamente no cone e o teor de sólidos sedimentáveis foi expresso em mililitros de sólidos por litro de amostra.

- **Sólidos Totais (ST)**

A determinação do teor de sólidos totais foi realizada segundo metodologia descrita por SILVA (1997). Alíquotas de 20 mL da amostra foram colocadas em cadinhos de porcelana, previamente secos e tarados (P1) e, em seguida, colocados em estufa a 105 °C, para secagem completa até peso constante (P2).

O teor de sólidos totais (ST) foi obtido pela Equação 4.

$$ST \text{ (g/L)} = (P2 - P1) \cdot 1000/Va \quad (4)$$

em que,

P1 - peso do cadinho (g);

P2 - peso do cadinho mais o resíduo seco a 105 °C (g); e

Va - volume da amostra (ml)

- **Sólidos Suspensos (SS)**

A determinação do teor de sólidos suspensos foi realizada segundo metodologia descrita por EATON et al. (1995). Alíquotas de 5,0 mL da amostra foram filtradas através de um filtro de fibra de vidro (MILLIPORE AP 20) previamente seco e tarado (P1); em seguida, o filtro foi colocado em estufa a 105°C, para secagem completa até peso constante (P2).

O teor de sólidos suspensos (SS) foi obtido pela Equação 5.

$$SS \text{ (g/L)} = (P2 - P1) \cdot 1000/Va \quad (5)$$

em que,

P1 - peso do filtro (g);

P2 - peso do filtro mais o resíduo seco a 105 °C (g); e

Va - volume da amostra (ml).

- **Sólidos Dissolvidos (SD)**

O teor de sólidos dissolvidos (SD) foi obtido pela diferença entre o teor de sólidos totais (ST) e o teor de sólidos suspensos (SS) de acordo com a Equação 6.

$$SD = ST - SS \quad (6)$$

- **Óleos e Gorduras**

As análises foram feitas na Estação de Tratamento de Água (ETA) da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se o método gravimétrico (APHA, 1992). Foi utilizado um litro de amostra que foi previamente acidificada até pH 2,0 com ácido clorídrico 1:1. Posteriormente a amostra foi transferida para um funil de separação e adicionou-se 30 ml do extrator hexano. Em seguida essa solução foi agitada por dois minutos, seguido de repouso até separação de fase. Descartou a fase aquosa e a fase orgânica contendo a gordura foi submetida à centrifugação (2500 rpm/5 min). O material centrifugado foi transferido para um balão usado na destilação, passando através de um filtro com 10 g de sulfato de sódio (Na₂SO₄). Esse balão foi acoplado a um sistema de destilação onde foi realizada a separação do hexano da gordura.

3.2- Etapa 2: Desenvolvimento do sistema multimídia

O sistema multimídia de apoio à decisão para gerenciamento de resíduos e redução do consumo de água em indústria de laticínios (SIMGA) foi desenvolvido com o apoio da Central de Processamento de Dados (CPD), da Universidade Federal de Viçosa.

3.2.1- Aquisição do conhecimento

O conhecimento para o desenvolvimento do sistema foi adquirido a partir de revisão de literatura, e de outros sistemas multimídias já disponíveis, como

o sistema Ferramentas para Implementação do APPCC (SENAI,1998); Aplicativo Básico de Armazenamento – ABA / UFV (SOUZA, 1997); WinDiet (ESTEVES, 1996); Curso Básico de Irrigação / DEA / UFV (MOTA, 2001); CleanUp / UFV (ANTUNES, 2003); Coalho Quality / UFV (CAVALCANTE, 2005). Além destes, incluem-se, ainda, sistemas especialistas, desenvolvidos na UFV, como ACQUA–SIST (MACÊDO, 1994), SISTSAN (SPROESSER, 1991), BAC–SIST (FREITAS, 1995). Também contribuiu, a experiência dos membros da equipe de trabalho e de outros profissionais, como professores e profissionais que atuam no setor de laticínios ou na área ambiental.

Uma outra fonte importante de informações foram os dados levantados no diagnóstico de controle ambiental da indústria de laticínios, realizado na Etapa 1. Esse diagnóstico permitiu identificar os principais pontos de geração de resíduos e consumo de água e sugerir medidas preventivas que podem ser aplicadas de maneira geral na indústria de laticínios.

Para completar essa busca de informações foi realizado um levantamento da situação das micro e pequenas indústrias de laticínios em relação a utilização das ferramentas de gestão da qualidade, das ferramentas de gestão ambiental e de sistemas informatizados em seu cotidiano. O levantamento foi realizado utilizando pesquisa direta em uma amostra de nove (9) empresas do setor lácteo, localizadas em oito (8) municípios da região da Zona da Mata Mineira. Para direcionar o levantamento das informações foi aplicado um questionário nas empresas (modelo em anexo). O questionário aplicado foi composto de 35 perguntas abordando os seguintes tópicos: processos e ferramentas utilizados no controle de qualidade, dificuldades encontradas para a implantação de programas e/ou ferramentas específicas para a indústria de laticínios, conhecimento e aplicação de Sistema de Gestão Ambiental, controle e tratamento dos resíduos gerados e uso da informática na indústria de laticínios.

3.2.2. Organização do conhecimento

O conhecimento foi dividido em módulos. A informação foi organizada e estruturada de forma hierárquica, sendo apresentada em itens e subitens dentro de cada módulo. Além disso, foram criados itens de apoio contendo

glossário, saiba mais, legislação, exemplos de aplicação na indústria e um acesso ao editor de mensagem que permite falar com o especialista.

3.2.3. Desenvolvimento do ambiente

Nesta etapa foi construída a interface do sistema, com base na organização do conhecimento. Foram incluídos na equipe de trabalho dois programadores da CPD/UFV responsáveis pela programação do ambiente.

O sistema web foi desenvolvido em linguagem de programação PHP em conjunto com a ferramenta Smarty Templates, responsável por realizar a interação com o usuário por meio de páginas em html. Para o banco de dados foi utilizado o Microsoft SQL Server 2000. Foi utilizado o Macromídia Dreamweaver MX para a codificação do sistema.

O ambiente foi desenvolvido com duas interfaces de acesso. A primeira, direcionada ao especialista, contando com ferramenta de gerenciamento para a inclusão organizada das informações a serem disponibilizadas, permitindo acrescentar, alterar ou excluir conteúdos. A outra, direcionada ao público alvo, para a apresentação do conteúdo montado pelo especialista.

3.2.4-Avaliação do sistema multimídia

O sistema multimídia foi avaliado, no primeiro semestre de 2006, por 12 potenciais usuários selecionados entre profissionais que atuam diretamente na indústria de laticínios e estudantes de mestrado e de doutorado do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Viçosa.

Uma senha foi disponibilizada para os avaliadores, permitindo que eles acessassem a interface do sistema apenas como público alvo. A avaliação baseou-se na Escala Likert (TROCHIM, 2000), modificada com os atributos próprios de escala hedônica (CHAVES, 1980). Foram escolhidas frases para identificar os intervalos desta escala que variam de “extremamente bom”, quando o avaliador é positivamente favorecido pela ferramenta a ele apresentada, a “extremamente ruim”, quando o avaliador considerou que não é favorecido pela ferramenta. Além disso, considerou-se como não-avaliado

quando o avaliador não teve a disponibilidade da ferramenta ou por falta do resultado.

Além das frases, foram atribuídos valores numéricos de 1 a 9 aos atributos, para a análise dos resultados. Estas informações estão representadas no modelo de ficha de avaliação em anexo.

Na avaliação foram observadas informações sobre a interatividade, a navegação pelos ambientes, o funcionamento dos ícones e a qualidade das mídias. Na avaliação do conteúdo, procurou-se coletar informações sobre a qualidade e a quantidade dos textos e a seqüência das informações no ambiente. Outro objetivo foi coletar a opinião do avaliador sobre cada módulo, após ter acessado todos os ambientes e explorado o conteúdo pertinente.

A adequação do ambiente também foi avaliada por meio de questões qualitativas complementares sobre os possíveis benefícios, obstáculos e mudanças significativas sugeridas pelo avaliador. Adicionalmente, sugestões e críticas adicionais foram solicitadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Etapa 1: Diagnóstico do controle ambiental na indústria de laticínios

4.1.1. Análise dos processos/produtos

A análise dos processos de cada linha de produção permitiu identificar todos os pontos onde ocorrem o consumo de água, geração de efluentes e as características desse efluente. Além disso, foram identificados pontos críticos, onde o consumo de água e a geração de efluente são mais acentuados, apontando possíveis ações corretivas. Os resultados da análise do processo de cada produto estão apresentados no Quadro 1.

Pela análise do Quadro 1 pode-se observar que o desperdício de água e a falta de padronização dos procedimentos de higienização são pontos críticos em todas as linhas de processamento. Isto é um reflexo direto da falta de treinamento e conscientização dos funcionários no que se refere às boas práticas ambientais. Segundo MACHADO et al. (2002), esse comportamento é comum em pequenas e médias empresas do setor de laticínios.

Pode-se observar também que ações de gerenciamento ou ações de engenharia simples e de baixo custo podem ser aplicadas para corrigir as principais falhas. Isso mostra que existe grande potencial de redução do consumo de água e geração de efluentes apenas com a implementação de ações preventivas. Apesar das sugestões de ações corretivas serem específicas, para o laticínio em estudo, a maioria delas pode ser aplicada em outros laticínios.

No Quadro 2 estão apresentados os dados de caracterização do efluente em relação à diferentes parâmetros, a carga orgânica gerada e o volume e coeficientes de consumo de água por linha de produção.

Analisando os dados apresentados no Quadro 2 pode-se observar que os maiores coeficientes de consumo específico de água (L de água/L de leite processado), ocorrem nas linhas de processamento de queijo frescal, iogurte e doce de leite. No caso da linha de processamento de queijo frescal, o consumo elevado de água pode ser justificado pela falta de compatibilidade entre os equipamentos e espaço onde eles estão dispostos.

Quadro 1 - Características dos processos de cada linha de produção

Linha de produção	Pontos críticos	Tipos de resíduos gerados	Atividades nos pontos críticos	Ações corretivas
Leite	- Higienização dos equipamentos (tanques de estocagem, tubulações e caminhões)	Leite e resíduos de detergente e hidróxido de sódio	-Desperdício de água (mangueira aberta sem uso) -Falta de padronização dos procedimentos	-Padronização dos procedimentos de limpeza e treinamento e conscientização dos funcionários; - Adaptação de válvulas na ponta das mangueiras.
Queijo fresco e Mussarela	- Higienização inicial dos equipamentos - Dessoragem e filagem (mussarela) -Higienização final dos equipamentos	Leite, soro, resíduos de queijo, água de filagem e detergente	- Desperdício de água (mangueira aberta sem uso) - Descarte incorreto do soro - Ambiente de processamento e equipamentos ociosos, aumentando o consumo água.	- Treinamento e conscientização dos funcionários; - Utilização do soro para produção de subprodutos como ricota, bebida láctea ou alimentação animal. - Adequação das escalas de produção
Doce leite	- Higienização dos equipamentos e utensílios; - Descarte do condensado e água de resfriamento - Lavagem dos tachos após cada batelada - Tanque de iodo e tanque de esterilização;	Leite, gordura, doce de leite, detergente, ácido nítrico e solução de iodo.	-Processamento: Incrustação de doce no fundo do tacho; - Higienização geral do setor: Falta de padronização dos procedimentos; - Descarte do condensado e água de resfriamento	- Adaptação de uma borracha nos agitadores de cada tacho evitando incrustações (queima do doce) - Coleta em separado dos resíduos grosseiros e destinação para os resíduos sólidos - Reuso da água de resfriamento e condensado - Treinamento e conscientização dos funcionários.

Quadro 1 – Características dos processos de cada linha de produção (continuação)

<p>Iogurte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Higienização inicial e final dos equipamentos; - Ativação da cultura na fermenteira; - Descarte do condensado; - Lavagem externa das garrafas durante o envase; 	<p>Resíduos de leite, iogurte, corante, aromatizante, açúcar, detergente e hidróxido de sódio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Envase do produto: falhas nos equipamentos gerando perdas de produto e embalagens; - Primeiro enxágüe dos equipamentos: efluente com alto potencial poluidor - Falta de padronização na higienização equipamentos - Descarte do condensado e água resfriamento; - Desperdício: mangueira aberta sem uso 	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção preventiva dos equipamentos e substituição de equipamentos obsoletos; - Coleta em separado dos resíduos grosseiros e destinação para os resíduos sólidos; - Padronização e documentação dos procedimentos de limpeza; - Reuso do condensado e da água de resfriamento; - Treinamento e conscientização dos funcionários; - Adaptação de válvulas na ponta das mangueiras.
<p>Manteiga</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Higienização de equipamentos e utensílios: Latões, tanque de maturação, bateadeira e máquina de envase; - Descarte do leite e água de lavagem da manteiga. 	<p>Resíduos de creme, leite, lactose, manteiga, detergente e hidróxido de sódio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Agitação insuficiente do tanque de creme: perda de creme que fica aderido na parede do tanque; - Derretimento do creme: gasto excessivo de água; - Limpeza geral: falta de padronização procedimentos; - Desperdício: mangueira aberta sem uso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalação de um agitador mais adequado; - Reaproveitamento do leite na fabricação de subprodutos ou alimentação animal; - Estocar o creme em recipientes que facilite o seu derretimento e retirar a creme com maior antecedência da câmara fria; - Padronização dos procedimentos de limpeza e treinamento e conscientização dos funcionários;
<p>Requeijão</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Higienização de equipamentos e utensílios; - Dessoragem; - Envase do produto. 	<p>Creme, massa (colhada), soro requeijão, detergente e hidróxido de sódio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Descarte do soro: Alto potencial poluidor; - Falta de padronização dos procedimentos de limpeza; - Desperdício de água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso do soro para fabricação de subprodutos ou alimentação animal; - Padronização dos procedimentos de limpeza e treinamento e conscientização dos funcionários.

Quadro 2- Características do efluente gerado, volume e coeficiente (coef.) específico de consumo de água por linha de produção.

OBS: para os cálculos da carga orgânica total e carga específica de DQO considerou-se que o volume de efluente gerado na linha foi igual ao consumo de água.

Linha Produção	pH	Sólidos totais (g/L)	Sólidos Suspensos (g/L)	Sólidos dissolvidos (g/L)	DQO (mg O₂/L)	Volume água (L/dia)	Coef. L água/ L leite	Carga orgânica total (Kg DQO/dia)	Carga específica DQO (Kg DQO/ m³ leite processado)
Leite	6,76 ± 0,07	2,35 ± 1,32	1,17 ± 0,47	1,31 ± 1,35	1724 ± 743	15300	1,03	26,39	1,78
Mussarela	5,35 ± 0,30	36,92	5,43 ± 0,55	31,08	38977± 18257	5237± 164	1,51	204,16	58,86
Frescal	6,61 ± 0,09	6,73 ± 0,07	0,81 ± 0,29	5,90 ± 0,24	7011 ± 256	1787 ± 33	6,21	12,53	43,54
Doce leite	3,99 ± 1,15	16,96 ± 5,51	4,19 ± 1,76	12,96 ± 3,95	3443 ± 443	20030 ± 372	3,86	68,98	13,29
Requeijão*	5,24	20,01	2,53	17,51	14302	7828	2,70	111,97	38,62
Manteiga	6,80 ± 0,04	9,51 ± 2,98	2,69 ± 0,23	6,82 ± 3,05	2689± 265	5226 ± 15	18,34**	14,06	49,33***
logurte	5,98 ± 0,19	1,53 ± 0,51	0,30 ± 0,05	1,26 ± 0,52	828± 79	10301± 220	5,15	8,53	4,27

* Apenas uma repetição (produzido apenas uma vez durante levantamento dos dados)\ ** L água/L de creme\ *** Kg DQO/m³ de creme processado

O setor utilizado para produção de queijo possui uma área muito superior à capacidade dos equipamentos disponíveis para a produção. O processo de higienização da unidade super dimensionada também contribui para elevação do consumo de água.

O setor de fabricação de iogurte apresentou o segundo maior coeficiente de consumo de água (5,15 L de água/L de leite processado). Esse elevado consumo ocorre devido à falta de padronização dos procedimentos de limpeza e desperdício gerado pela mangueira aberta sem uso, o que caracteriza a falta de conscientização dos funcionários.

A linha de fabricação do doce de leite apresentou o maior consumo de água por dia de processamento e o terceiro maior coeficiente de consumo. Esse consumo elevado se deve principalmente a três eventos: grande consumo de vapor que é descartado na forma de condensado; ao resfriamento do doce com água a temperatura ambiente, com descarte total dessa água; e a etapa de higienização final da repartição que consome grandes volumes de água, principalmente, devido às incrustações que se formam nos tachos de concentração do leite.

O setor de recepção, resfriamento e estocagem do leite incluindo a linha de processamento de leite pasteurizado, apresentou o segundo maior consumo diário de água. O coeficiente de consumo de água encontrado nessa linha está de acordo com os dados apresentados na literatura. Segundo MACHADO et al. (2002), postos de recepção e resfriamento de leite, apresentam coeficiente médio de consumo de água em torno de 1,06 L água/L de leite recebido.

Os maiores valores de DQO ($\text{mg O}_2/\text{L}$) e os maiores valores de carga específica de DQO ($\text{Kg de DQO}/\text{m}^3$ de leite processado), ocorreram nas linhas de produção de queijo mussarela, queijo frescal e requeijão. Esses valores elevados de DQO e carga específica do efluente podem ser justificados pelo descarte direto do soro no efluente sem nenhum tipo de processamento. O soro apresenta elevado potencial poluidor. Neste trabalho, análises de DQO realizadas no soro apresentaram valores na faixa de 55.000 a 61.000 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para o soro proveniente do processamento de queijo frescal e de 53.000 a 100.000 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para o soro proveniente do processamento de queijo mussarela. Dados de literatura confirmam esse elevado potencial poluidor. MACHADO et al. (2002) relata valores de DQO do soro em 75.000 $\text{mg O}_2/\text{L}$.

ALFA (1995) descreve valores de DBO em torno de 40.000 mg O₂/L. Como descrito no Quadro 1, a destinação do soro para a produção de subprodutos como ricota, bebida láctea ou alimentação animal se constitui como uma boa alternativa para reduzir a carga poluidora do efluente global.

Como são relatados, as linhas de doce de leite e iogurte são as que apresentam o maior consumo de água. No entanto, observou-se também que existe um grande potencial de redução do consumo de água, e conseqüentemente, do volume de efluente gerado nessas linhas.

Para visualizar melhor o potencial de redução do consumo de água, nas linhas de produção de iogurte e doce de leite, os dados referentes às principais atividades consumidoras de água foram agrupados em função das características do efluente gerado e o seu destino recomendado, como pode ser observado no Quadro 3 (linha de produção de iogurte) e no Quadro 4 (linha de produção de doce de leite).

Analisando os dados apresentados nos Quadros 3 e 4, observa-se que as atividades de limpeza e higienização dos equipamentos, logo após a produção, são as principais responsáveis pela geração de efluente com elevada carga poluidora (maiores valores de DQO). No entanto, algumas atividades como o descarte do condensado e água de resfriamento e enxágüe da solução de soda, geram um efluente com baixa carga poluidora, sugerindo a possibilidade de reuso desse efluente. Para finalizar, merece destaque o desperdício de água que ocorre nas duas linhas de produção, sugerindo a necessidade de conscientização e treinamento dos funcionários.

Os dados apresentados nos Quadros 3 e 4 confirmam que existe um grande potencial de redução do consumo de água nas linhas de produção de iogurte e doce de leite. Para que seja possível essa redução deve ser desenvolvido e implementado um programa focalizando dois pontos básicos:

- Treinamento e conscientização dos funcionários para reduzir o desperdício que corresponde a 31,44 % do volume de água consumido na linha de produção de iogurte e 12,4 % na linha de produção de doce de leite; e
- Implementação de sistemas de reuso de água, o que corresponde a uma prática cada vez mais comum nas indústrias de alimentos. No caso da linha de produção de doce de leite uma possibilidade seria o retorno do condensado para a caldeira e a recirculação da água de resfriamento do doce. Esse

procedimento reduziria em 58 % o consumo de água dessa linha. É importante ressaltar que antes de retornar o condensado para a caldeira é necessário verificar se essa água atende aos parâmetros de pH e dureza recomendados para a água de caldeira. O retorno do condensado para a caldeira permitirá uma redução do custo operacional da caldeira, uma vez que o condensado retorna já aquecido reduzindo assim, o consumo de lenha ou outro tipo de combustível e também o consumo de água.

Quadro 3- Consumo médio diário de água e DQO do efluente gerado nas diferentes atividades da linha de processamento, para produção de 2.000 L de iogurte, e destino recomendado para cada fração do efluente.

Atividades de consumo de água	Volume água (L)	Percentual do total diário(%)	DQO do efluente gerado (mg O₂/L)	Destino recomendado
1º Enxágüe dos equipamentos**	691,6	6,71	10.469	ETE
Limpeza manual e 2º Enxágüe dos equipamentos	2320,1	22,52	654,8	ETE
Água do condensado e resfriamento	1641,9	15,94	< 100	Reuso
Solução de soda	1597,4	15,51	551,7	ETE
Enxágüe da solução de soda	812,0	7,88	222,8	Reuso
Desperdício*	3238,6	31,44	< 100	Prevenção
Consumo diário total	10301,6	100		

* Qualquer consumo de água desnecessário, como por exemplo, a mangueira aberta sem uso\

** Limpeza dos equipamentos, logo após a produção, para remoção dos resíduos grosseiros.

Quadro 4 – Consumo médio diário de água e DQO do efluente gerado nas diferentes atividades da linha de processamento, para produção de 1900 kg de doce de leite, e destino recomendado para cada fração do efluente.

Atividades de consumo de água	Volume água (L)	Percentual do total diário(%)	DQO do efluente gerado (mg O₂/L)	Destino recomendado
Limpeza inicial	155	0,89	<100	Reuso
Limpeza pós-batelada	595	3,4	>100	ETE
Limpeza Final	4395	25,31	6.660	ETE
Água do condensado e resfriamento	10064	58	<100	Reuso
Desperdício*	2155	12,4	<100	Prevenção
Consumo diário total	17364	100		

4.1.2. Caracterização do efluente global

O Quadro 5 apresenta os dados de caracterização do efluente global referentes à diferentes parâmetros, os quais tem seus padrões de lançamento em corpo receptor, estabelecidos pela DN10/86 – COPAM para o Estado de Minas Gerais.

Quadro 5- Características do efluente global em relação à diferentes parâmetros

Parâmetro	Faixa	Média	Desvio Padrão
PH	4,9 – 11,28	8,77	2,55
Temperatura (°C)	32 – 39	35,50	4,95
S. totais (g/L)	0,9 - 3,76	2,06	0,87
S. Suspensos (g/L)	0,23 – 0,78	0,47	0,20
S. Dissolvidos (g/L)	0,67 – 3,15	1,63	0,80
S. Sedimentáveis (mL/L)	0,0 – 27,00	3,10	8,26
Óleos e graxas (mg/L)	22,1 – 806	414	554,80
DQO (mg de O ₂ /L)	2120 – 4287	3567	762,39
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	496 – 1712	1033	417,24
Volume (m ³)	65,7 – 99,10	75,85	12,56
Carga orgânica total (Kg DQO)		270,63	
Carga orgânica específica (Kg DQO/m ³ de leite processado)		25,70	
Relação DBO ₅ /DQO		0,29	

Analisando os dados apresentados no Quadro 5, pode-se observar que os valores de pH apresentaram uma ampla faixa de variação, sendo que o valor médio foi de 8,77, mesmo com o elevado consumo de água. Essa faixa de variação está de acordo com dados encontrados na literatura. AFONSO et al. (2001) relata valores médios de pH de 8,0 para efluentes de postos de resfriamento de leite. MACHADO et al. (2002) relata valores na faixa de 4,4 a 9,4. ALFA (1995) relata uma faixa de variação mais ampla de pH, variando entre 2,0 e 12,0 e justifica essa variação, como resultado do uso de detergentes ácidos e alcalinos no processo de limpeza. Estudo realizado por KONG et al. (2000), encontrou valores de pH na faixa de 6,7 e 10,9 para o afluente a ETE sendo que esta faixa reduziu para 6,9 a 7,8 para o efluente ao

tanque de equalização. Isso sugere que um tanque de equalização pode ser suficiente para correção do pH para valores próximos da neutralidade. Valores de pH neutro são requeridos para tratamento do efluente por processos biológicos. No caso do laticínio em estudo, a ampla faixa de variação do pH pode ser explicada pelo uso de agentes químicos ácidos e alcalinos nos procedimentos de limpeza dos equipamentos e ambiente de produção, agravado pela falta de padronização no uso desses produtos químicos. A padronização dos procedimentos de higienização pode reduzir essa variação do pH. Sugere-se que antes de ser tratado por sistemas biológicos, o efluente passe por um tanque de equalização para correção do pH.

Os valores dos sólidos sedimentáveis, encontrados nas análises do efluente global, apresentaram uma ampla variação. Os valores estão na faixa de 0,0 a 27,0 mL/L, sendo o valor médio 3,10 mL/L. Esses valores estão de acordo com os citados pela literatura. Estudo feito por MACHADO et al. (2002) em quatro indústrias de laticínios, apresentou valores de sólidos sedimentáveis na faixa de 0,4 a 60 ml/L. KONG et al. (2000) relata valores de 345 ml/L para efluente na saída do tanque de equalização. A ampla faixa de variação pode ser explicada pela variação do pH, que quando ácido precipita as proteínas do leite, ou então devido aos períodos chuvosos. Em dias chuvosos aumenta a concentração dos sólidos sedimentáveis, devido principalmente à lavagem dos caminhões sujos com barro. Para corrigir este problema, sugere-se o uso de caixa de areia nas unidades de tratamento do efluente de laticínios.

Os sólidos totais e sólidos suspensos apresentaram valores semelhantes a faixa de 1.017 a 2.261 mg/L para sólidos totais e 190 a 366 mg/L para sólidos suspensos, encontrados por KONG et al. (2000), em análise de efluente bruto de laticínios.

O teor de óleos e graxas encontrado variou na faixa de 22,1 a 806,7 mg/L, sendo o valor médio 414,40 mg/L. Estudo feito por MACHADO et al. (2002), em laticínios com características semelhantes ao estudado nesse trabalho, encontrou valores do teor de óleos e graxa para o efluente na faixa de 37,0 a 474,0 mg/L. Essa ampla faixa de variação pode ser explicada pela diferença na escala de produção e tipos de produtos produzidos em diferentes dias de processamento.

Os valores de DQO e DBO encontrados estão dentro da faixa de valores relatados por outros autores. KONIG et al. (2000), encontrou valores de 189 a 569 mg O₂/L para DBO e 2143 mg O₂/L para DQO. Esses dados foram encontrados no efluente bruto de um laticínio com a produção de leite pasteurizado tipo C e outros derivados como iogurtes, doce de leite, queijos, requeijão e manteiga. AFONSO et al. (2001), estudando efluentes de postos de resfriamento de leite encontrou valores de 2576 mg O₂/L para DQO e 1292 mg O₂/L para DBO. MACHADO et al. (2002), relata valores de DQO na faixa de 3.238 a 7.865 mg O₂/L e valores de DBO entre 2.051 a 5.949 mg O₂/L, para efluente bruto de laticínios com características de processamento semelhantes ao estudo nesse trabalho.

A relação DBO5/DQO encontrada foi de 0,29. Esse valor está muito abaixo dos valores citados na literatura. Segundo MACHADO et al. (2002), os efluentes brutos de laticínios apresentam valores da relação DQO/DBO na faixa de 0,50 a 0,70. Valores fora dessa faixa são indicadores de efluentes de natureza incomum, como aqueles contaminados por amônia ou glicol originários das instalações de água fria, ou por outras substâncias tóxicas ao teste de DBO como detergentes sanitizantes e variações do pH.

A carga orgânica específica do efluente global apresentou valores bastante elevados, (25,70 Kg de DQO/m³ de leite processado). MACHADO et al. (2002) relata valores na faixa de 14,0 Kg de DBO5/m³ de leite processado para a indústria nacional com características semelhantes ao laticínio em estudo. Porém esses valores estão muito acima dos encontrados para as indústrias de laticínios dos EUA e Nova Zelândia que estão em torno de 6,0 Kg DBO5/m³ de leite processado. Esse valor elevado pode ser explicado pelas perdas de matéria prima e produtos acabados que ocorrem durante as etapas de processamento, pela falta de separação e destinação dos resíduos grosseiros para os resíduos sólidos e, principalmente, pelo descarte total do soro junto com os demais efluentes.

4.1.3. Consumo de água

Foi determinada a água utilizada diretamente dentro da fábrica, denominada água industrial e foi estimado o consumo de água para a produção de vapor. No Quadro 6 estão apresentados os volumes de água e os

coeficientes de consumo por unidade de leite processado. A água total inclui a industrial e a água consumida para produção de vapor.

Analisando os dados apresentados no Quadro 6, pode-se observar que o consumo diário de água e o coeficiente de consumo (L de água/L de leite recebido) são muito elevados. Os coeficientes de consumo de água industrial (6,06 L de água/L de leite recebido) e coeficiente de consumo total (7,03 L de água/L de leite recebido) estão muito acima dos valores encontrados na literatura. Segundo levantamento feito por MACHADO et al. (2002) para indústrias com capacidade de recebimento e processamento entre 10.000 e 20.000 L de leite/dia, os coeficientes de consumo de água (L de água/L de leite recebido) variaram entre 3,0 a 4,5. ALFA (1995) relata valores típicos de coeficiente de consumo de água para indústria de laticínios em torno de 2,5 L/L de leite recebido e sugere que o emprego de medidas preventivas pode reduzir esses valores para 1L/L de leite recebido. Estudos realizados por KONIG et al. (2000), encontrou valores em torno de 1,5 L de água/L de leite processado em um laticínio de Campina Grande – PB. O consumo de água depende do tipo de produto produzido, da eficiência do uso da água e do grau de aplicação de práticas preventivas e de reuso.

Esses altos valores encontrados no presente trabalho confirmam os dados determinados nas análises por linha de produção (Quadros 1, 2, 4 e 5). Nessa análise os pontos críticos comuns de todas as linhas foram a falta de padronização dos procedimentos de limpeza, falta de treinamento e conscientização dos funcionários em relação às boas práticas ambientais, além da inexistência de práticas de reuso de água.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam o perfil de consumo de água diário e da vazão média durante um dia de processamento.

De acordo com a Figura 2 constatou-se que o consumo diário de água industrial varia entre 60 e 80 m³, apresentando uma média de 74,53 m³ como mostrado no Quadro 6. Pode-se observar também que ocorreu um pico de consumo de água de 99,1 m³/dia, correspondente ao dia onde ocorreu o processamento do maior volume de leite.

Quadro 6- Consumo diário de água e coeficientes de consumo por unidade de leite processado seguidos das médias e desvio padrão

Período (dia)	Volume água industrial (m³)	Vol. de leite recebido (L)	Vol. de leite processado (L)	Coef. L água/L leite recebido	Água industrial mais vapor (m³)	Coef. total-água + vapor (L água/L leite recebido)
16/set	76,9	11025	11788	6,98	88,9	8,06
20/set	76,6	11290	15480	6,78	88,6	7,85
21/set	73,6	22571	12958	3,26	85,6	3,79
22/set	74,7	6341	12747	11,78	86,7	13,67
23/set	54,4	23737	10218	2,29	66,4	2,80
27/set	73	17755	15334	4,11	85	4,79
28/set	71,3	6085	14830	11,72	83,3	13,69
4/out	72,9	11916	12690	6,12	84,9	7,12
18/out	76,2	13427	12073	5,68	88,2	6,57
19/out	99,1	18490	16131	5,36	111,1	6,01
26/out	81,5	10761	9103	7,57	93,5	8,69
27/out	73	20270	8554	3,60	85	4,19
1/nov	65,7	18850	8569	3,49	77,7	4,12
Média	74,53	14809	12344	6,06	86,53	7,03
Desvio Padrão	9,86	5841	2645	2,99	9,86	3,47

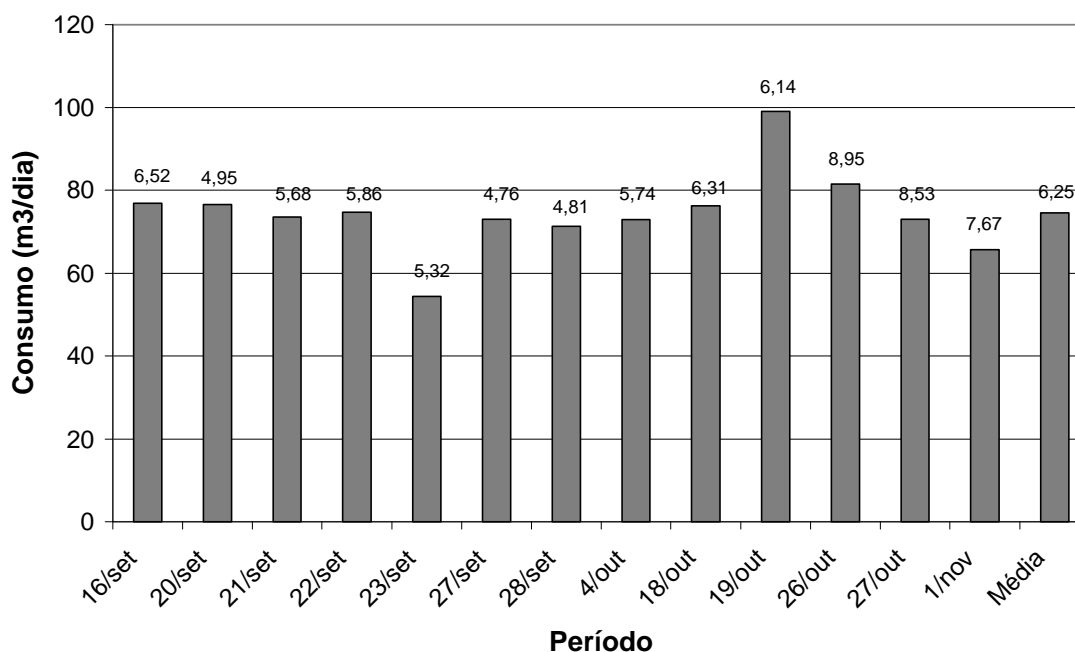


Figura 2 - Consumo de água industrial durante um dia de processamento (00:00 as 17:00 h) com respectiva média. Os valores sobre a barra correspondem ao coeficiente de consumo médio de água (L de água / L de leite processado).

Pela Figura 3 pode-se observar que no período noturno ocorreu um menor consumo de água em relação ao período diurno. Isto pode ser explicado pelo nível de atividades em cada faixa de horário. A maioria das atividades do Laticínio é realizada no período diurno fazendo com que a demanda de água seja maior. Esta demanda está relacionada, principalmente, com a limpeza de equipamentos e do ambiente logo após o processo produtivo. Observa-se que a média de consumo de água no período diurno foi de $54,2 \text{ m}^3$. E que a média noturna foi de $21,7 \text{ m}^3$. O valor encontrado para período noturno é proveniente das atividades realizadas a partir das 0:00 h na linha de iogurte e doce de leite.

Com relação ao comportamento médio da vazão de água durante o dia (Figura 4), notou-se uma constância no período de 7:00 h às 12:00 h, em um patamar de $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Este valor alto pode ser justificado pela concentração das atividades que consomem maior volume de água nesse período. Essas atividades correspondem ao resfriamento do doce de leite e limpeza final dos equipamentos e ambiente na maioria das linhas de processamento.

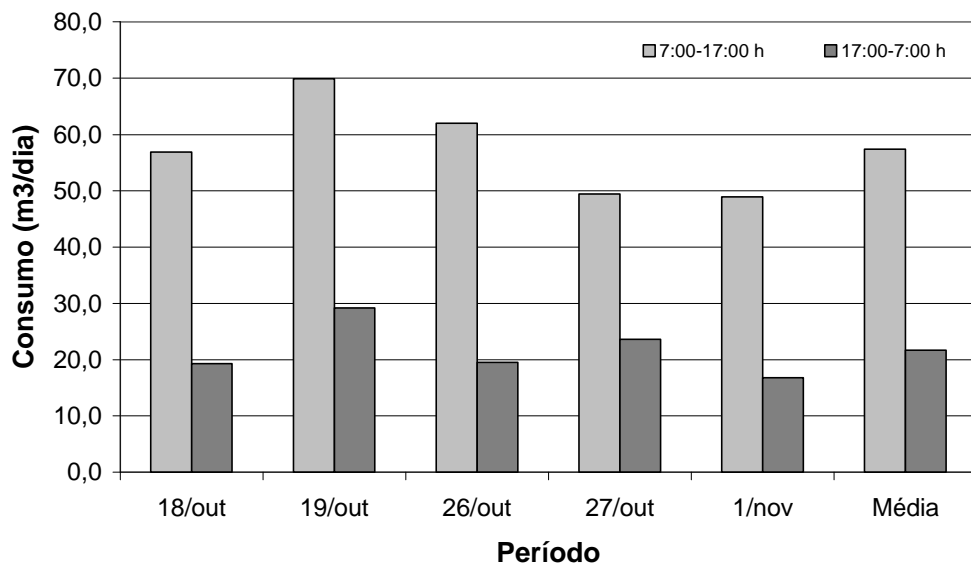


Figura 3 - Perfil do consumo de água diurno (7:00-17:00 h) e noturno (17:00-7:00 h).

De 12:00 h às 13:00 h observou-se um decréscimo da vazão atingindo um valor médio de 3,5 m³/h. Neste período a maioria dos funcionários realiza pausa para o almoço diminuindo o nível de atividade. A partir das 13:00 h há aumento gradual da vazão que atinge um pico de 6,2 m³/h às 14:00 h. Nesta faixa de horário a atividade com maior contribuição é a limpeza final do ambiente e equipamentos da linha de processamento de doce de leite.

Das 14:00 h às 17:00 verifica-se um decréscimo gradual do fluxo de água devido ao encerramento não simultâneo das atividades. A limpeza do caminhão tanque usado no transporte do leite a granel, a limpeza CIP (clean in place) dos equipamentos e a limpeza final do ambiente e equipamentos da linha de produção do doce de leite são os itens que mais contribuem para o perfil observado.

A determinação deste perfil permite avaliar as flutuações de vazão durante o dia auxiliando o dimensionamento das estações de tratamento de efluentes. Grandes oscilações na vazão exigem a presença de um tanque pulmão dependendo do sistema de tratamento utilizado.

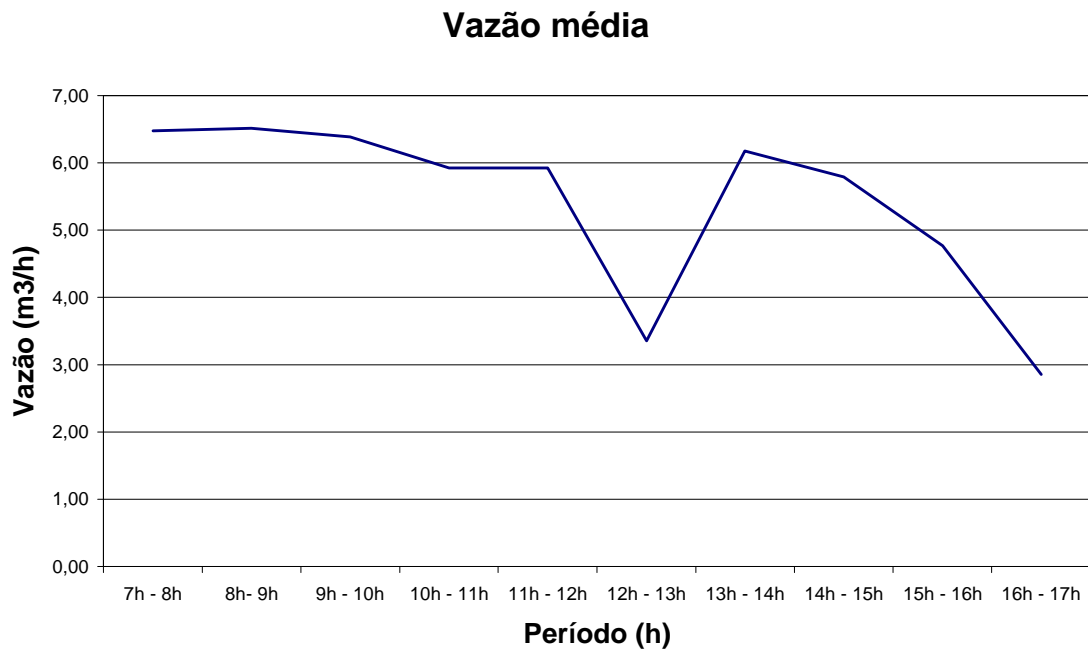


Figura 4- Perfil da vazão média durante o período diurno

4.2. Etapa 2: Desenvolvimento do Sistema Multimídia

4.2.1. Aquisição do conhecimento

Nesse item são apresentados os dados obtidos durante o levantamento de informações sobre as micro e pequenas indústrias de laticínios. No Quadro 7 estão expostos os itens avaliados e a frequência de respostas em relação aos processos e/ou ferramentas utilizados no controle de qualidade dessas indústrias.

Pelo Quadro 7 pode-se notar que a maioria das empresas ainda aplicam técnicas que apenas verificam se o produto acabado tem ou não a qualidade desejada, constituindo o chamado controle de final de linha. A única ferramenta de garantia da qualidade aplicada pela maioria das empresas é as Boas Práticas de Fabricação (BPF) a qual é uma exigência da legislação vigente. A ferramenta Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), a qual corresponde um nível mais avançado de garantia da qualidade, só é aplicada em 11% das empresas entrevistadas.

Quadro 7- Itens avaliados e freqüência de respostas em relação aos processos e/ou ferramentas utilizadas no controle de qualidade de micro e pequenas indústrias de laticínios.

Processo/ferramenta	Freqüência de respostas (%)
Inspeção visual	100
Experimentação de Produtos (degustação)	78
Guarda da amostra por lote para análise futura	89
Análises físico-químicas e microbiológicas	89
Controle de devoluções e registro de reclamações de clientes	100
Controle estatístico de qualidade	22
BPF	89
APPCC	11

As principais dificuldades encontradas para a implantação de programas e/ou ferramentas na indústria de laticínios estão apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8- Principais dificuldades encontradas para a implantação de programas e/ou ferramentas nas micro e pequenas indústrias de laticínios.

Dificuldades	Freqüência de respostas (%)
Baixo grau de escolaridade dos funcionários	67
Falta de treinamento dos funcionários	78
Dificuldade no treinamento e conscientização dos funcionários	67
Custo elevado de aquisição e manutenção dos programas	67

Os dados apresentados no Quadro 8 mostram que as principais dificuldades encontradas pelas empresas para a implantação de programas e/ou ferramentas na indústria de laticínios deve-se ao fato do setor lácteo empregar uma mão de obra de baixa qualidade, a falta de programas de

treinamento e o custo elevado para a aquisição e manutenção dos programas específicos para o setor.

Quanto ao destino do soro e tratamento dos resíduos gerados, e a aplicação de Sistemas de Gestão Ambiental e controle do consumo de água nas indústrias de laticínios, os itens avaliados e a frequência de respostas estão apresentados nos Quadros 9 e 10, respectivamente.

Pelo Quadro 9 nota-se que a maioria das indústrias analisadas têm buscado alternativas para a utilização do soro com o objetivo de não descartá-lo junto com o efluente. Dessas indústrias, 55% disseram tratar os demais efluentes gerados, sendo que desse total, 40% usam o tratamento biológico anaeróbio, 40% o tratamento biológico aeróbio e 20% usam o tratamento físico-químico combinado com anaeróbio. As demais indústrias (45%), disseram não tratar os efluentes alegando falta de área disponível, custo elevado do tratamento, falta de conhecimento no processo e/ou por nunca ter sido exigido pelos órgãos ambientais.

Quadro 9- Principais itens avaliados e frequência de respostas em relação ao destino do soro e tratamento de resíduos nas micro e pequenas indústrias de laticínios.

Itens avaliados	Possíveis respostas	Frequência de respostas (%)
Destino do soro/leitelho	Produção de Ricota	44
	Utilização na Alimentação animal	67
	Utilização em bebida Láctea	11
	Venda	22
	Descarte no efluente	11
A empresa faz tratamento de resíduos?	Sim, completamente	43
	Sim, parte dele	12
	Não	45
A empresa já sofreu alguma multa ou advertência dos órgãos ambientais?	Sim	33
	Não	67

Analisando as informações apresentadas no Quadro 10 e comparando com o resultado do Quadro 9 nota-se que apesar da maioria das indústrias de laticínios realizarem o tratamento de resíduos, apenas 11% aplicam alguma ferramenta de gestão ambiental, ou seja, se preocupam e investem no controle preventivo. Esses dados mostram que as micro e pequenas empresas tratam seus resíduos com objetivo único de atender a legislação, sendo que muitas delas nem isso consegue. No entanto pode-se observar que 78% das empresas avaliadas já aplicam algum programa de reciclagem/reuso ou recuperação de subprodutos.

Pode-se observar também que a principal fonte de abastecimento de água nessas indústrias é os poços artesianos, sendo que a maioria das empresas não tem controle do consumo de água na planta de processamento. No entanto, observa-se que existe uma grande preocupação, por parte dos empresários, em reduzir o consumo de água. Uma dificuldade encontrada nesse setor é a carência de informações sobre técnicas e procedimentos que possibilitam a redução do consumo de água agravada pela falta de conscientização e treinamento dos funcionários.

No Quadro 11 estão apresentados os itens avaliados e a frequência de respostas em relação ao uso da informática nas micro e pequenas indústrias de laticínios. Observa-se que todas as empresas analisadas têm acesso a internet e utilizam sistemas informatizados em pelo menos uma determinada área.

Esses dados mostram que de 1997 até os dias atuais, a situação das micro e pequenas indústrias do setor lácteo não mudou muito. Pesquisa realizada pelo SEBRAE-MG (1997) mostrou que a maior limitação dos pequenos laticínios era a falta de recursos para investir no treinamento adequado dos funcionários e para contratar o desenvolvimento de programas específicos para o controle da empresa. Após nove anos essa continua sendo uma das maiores limitações dos laticínios analisados.

Esse levantamento confirma que existe uma carência muito grande de informações nas micro e pequenas empresas do setor lácteo, principalmente, no que se refere ao uso de ferramentas que garantam a qualidade do produto durante o processamento, à aplicação de tecnologias preventivas para evitar a geração de resíduos e consumo de água. Como agravante essa indústria

emprega uma mão de obra de baixa qualidade que dificulta a aplicação de programas de treinamento para implementação de novas tecnologias e formas de comportamento.

Quadro 10- Principais itens avaliados e frequência de respostas em relação à aplicação de Sistema de Gestão Ambiental nas micro e pequenas indústrias de laticínios, incluindo o controle do consumo e reuso de água.

Itens avaliados	Possíveis respostas	Frequência de respostas (%)
Quais ferramentas de gestão ambiental a empresa conhece ou aplica?	Desconhece completamente	22
	Conhece ISO 14000	67
	Conhece produção mais limpa (P mais L)	45
	Conhece prevenção a poluição (P2)	33
	Aplica (ISO 14000 e/ou P mais L e/ou P2)	11
A empresa possui algum programa de reciclagem/reuso ou recuperação de subprodutos?	Sim	78
	Não	22
Qual a principal fonte de abastecimento de água na fábrica?	Captação da rede pública	11
	Poço artesiano	89
A empresa tem controle do consumo de água na planta?	Não	56
	Sim	44
A empresa tem implantado ou pretende implantar algum programa para redução do consumo de água?	Sim, tem implantado.	33
	Sim, pretende implantar.	67
	Não	0

A alta concorrência e a pequena margem de lucros do setor lácteo tornam a manutenção de uma mão de obra de baixa qualidade, condição necessária para que as micro e pequenas indústrias de laticínios se

mantenham no mercado. Só as grandes empresas conseguem manter uma mão de obra mais qualificada. Além disso, os custos de programas de garantia da qualidade de produtos e gestão ambiental, e os custos de construção e operação de sistemas de tratamento de resíduos são muito elevados. Isso faz com que as micro e pequenas empresas só adotem tais programas ou sistemas quando são obrigadas pela legislação.

Quadro 11- Itens avaliados e freqüência de respostas em relação ao uso da informática nas micro e pequenas indústrias de laticínios.

Itens avaliados	Possíveis respostas	Freqüência de respostas (%)
A empresa tem acesso e utiliza a Internet para os processos empresariais?	Sim	100
	Não	0
Caso afirmativo, em quais processos são adotados sistemas informatizados?	Contabilidade	100
	Planejamento e controle da produção	44
	Logística	33
	Folha de pagamento	100
	Controle de qualidade	44

Uma conscientização dos donos e gerentes das pequenas indústrias de laticínios, no que se refere aos benefícios que se pode obter pela adoção de sistemas preventivos de controle de qualidade e geração de resíduos, se constitui no principal ponto de partida para alterar essa condição em que se encontra o setor.

Uma das formas de melhorar esse quadro é acelerar a transferência de conhecimentos e tecnologias desenvolvidas nos centros de pesquisas. Um caminho possível seria o uso da informática via internet. Como constatado nessa pesquisa, esse recurso está presente em 100 % das empresas pesquisadas. Sistemas multimídia podem ser desenvolvidos pelos centros de pesquisa e disponibilizados na internet. Esses sistemas podem ser utilizados como uma ferramenta de conscientização e treinamento, proporcionando mais conhecimento e disseminando informações. Outras alternativas para

transferência de conhecimento devem ser consideradas. Segundo YOSHIDA (2006) a criação de incubadoras de empresas e a instalação de parques tecnológicos em torno das universidades seriam uma forma de aproximar os centros de pesquisas e o mercado. As incubadoras de empresas funcionam como um elo de ligação entre eles. Além disso, podem trabalhar juntos no desenvolvimento de produtos que facilitem a transferência de conhecimento.

4.2.2. Apresentação da interface de acesso e organização do conhecimento

O ambiente desenvolvido apresenta duas interfaces de acesso. A primeira, direcionada ao especialista, conta com a ferramenta de gerenciamento para a inclusão organizada das informações a serem disponibilizadas, permitindo acrescentar, alterar ou excluir conteúdos. Isso confere ao programa uma grande flexibilidade, o que representa o seu maior diferencial. A Figura 5 mostra a tela inicial do ambiente direcionada ao especialista, onde se encontra a opção de gerenciar os conteúdos no menu principal.



Figura 5 – Tela inicial do ambiente direcionada ao especialista

A outra interface é direcionada ao público alvo, onde são apresentados os conteúdos incluídos pelo especialista. A Figura 6 mostra a tela inicial da interface direcionada ao público alvo.



Figura 6 – Tela inicial do ambiente direcionada ao público alvo

O sistema multimídia de apoio à decisão para gerenciamento de resíduos e redução do consumo de água na indústria de laticínios, denominado “SIMGA”, é composto de várias bases de conhecimento, conforme ilustra o organograma da Figura 7.

O sistema consiste de quatro módulos, com informações interligadas, facilitando a compreensão e proporcionando rapidez no seu uso. Esses módulos são: Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA), Programa de Conservação e Reuso de Água, Características de resíduos da indústria de laticínios e Manual para implantação de um SGA. Dentro de cada módulo, as informações estão organizadas em itens e subitens.

Além desses módulos, o programa apresenta itens de apoio contendo *saiba mais*, *glossário*, *legislação*, *exemplos de aplicação na indústria* e *um acesso ao editor de mensagem* que permite comunicar com o especialista.

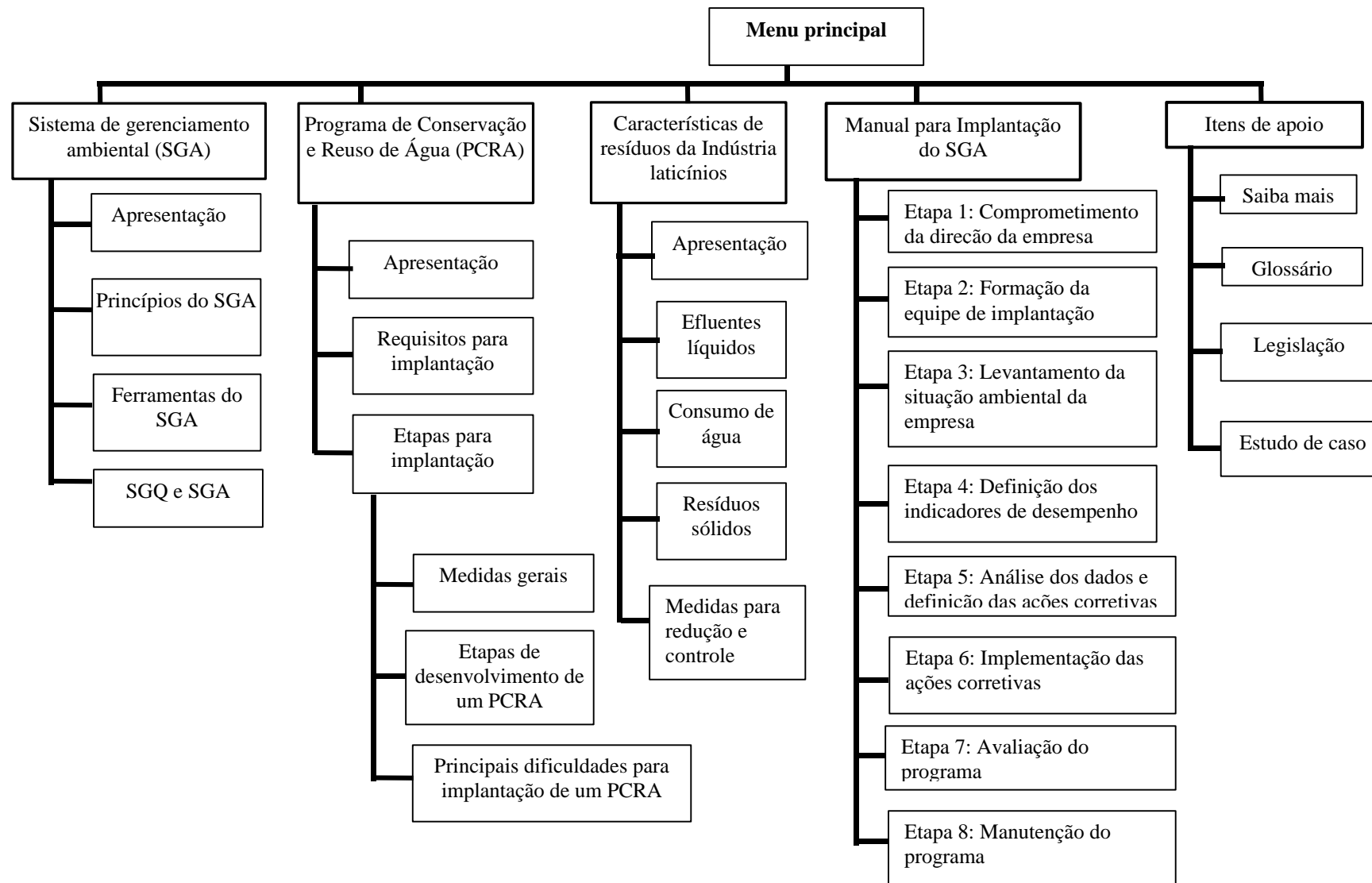


Figura 7 – Organograma da estruturação do conhecimento no SIMGA.

4.2.3. Módulo [*Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA)*]

Este módulo consiste na descrição de um Sistema de Gerenciamento Ambiental, incluindo o item apresentação, princípios do SGA, ferramentas do SGA e uma análise comparativa da gestão da qualidade de produtos e gestão ambiental.

No item [*Apresentação*] foram descritos aspectos referentes ao histórico do controle ambiental, seus objetivos, motivos para implantação e público alvo.

No subitem [*Motivos para implantação*] foram abordados dois aspectos fundamentais: a necessidade de se fazer o controle ambiental exigida pela legislação e as vantagens que o gerenciamento ambiental pode proporcionar para a empresa. Para descrição das vantagens foi apresentado um quadro mostrando as possíveis medidas que a empresa pode adotar para fazer o gerenciamento ambiental, relacionando-as com os benefícios e resultados concretos que a empresa pode alcançar.

No [*Público alvo*] foi abordado o caráter geral de aplicação do SGA. Sendo enfatizado que o SGA é aplicável tanto nas grandes empresas quanto nas pequenas, além de mostrar as vantagens e dificuldades que cada tipo de empresa oferece na sua implantação.

Para os [*Princípios do SGA*] foi feita uma descrição abordando os quatro princípios básicos: prevenção, reciclagem/reuso, otimização da disposição final e ações corretivas. Foi focalizada a importância de priorizar os princípios de prevenção e reciclagem/reuso, uma vez que, qualquer ação implementada visando atender esses dois princípios representará um investimento e trará um retorno financeiro para a empresa. A otimização da disposição final e a aplicação de ações corretivas são exigências da legislação e representam um custo para as empresas. Além disso, foi apresentado um quadro relacionando cada princípio com suas premissas e exemplos de medidas que podem ser aplicadas para atender cada um dos princípios. A Figura 8 mostra a disposição desse item na tela do usuário.

No item [*Ferramentas do SGA*] foi feita uma descrição da política de prevenção à poluição (P2), da política de produção mais limpa (P mais L) e da ISO 14000. Sendo focalizado a função de cada uma dessas ferramentas no processo de implantação e funcionamento do SGA. Foi também apresentado

um quadro relacionando cada ferramenta com seus princípios, locais de aplicação na indústria e exemplos das medidas que podem ser implementadas dentro de cada ferramenta.

Para finalizar esse módulo foi feita uma descrição relacionando o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e o Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Nesse item foram apresentados argumentos mostrando como um SGQ auxilia na redução da geração de resíduos e cria um ambiente favorável para a implementação e bom funcionamento de um SGA.



Figura 8 – Tela de apresentação do item [Princípios do SGA]

4.2.4. Módulo [Programa de Conservação e Reuso de Água (PCRA)]

Esse módulo contém os itens [Apresentação], [Requisitos para implantação] e [Etapas para a implantação].

No item [Apresentação] foram descritos o conceito de um PCRA, motivos para a indústria adotar esse programa, impactos esperados com a implementação do PCRA.

Para o subitem [Motivos para implantação] foram abordados os benefícios econômicos que podem ser alcançados como conseqüências diretas da redução do consumo de água, redução do volume de efluentes gerados e,

como conseqüências indiretas, redução do consumo de energia, de produtos químicos, a otimização de processos e a redução de despesas com manutenção. Além disso, ações desta natureza demonstram responsabilidade social, tendo reflexos diretos e potenciais na imagem das empresas.

Nos [*Impactos esperados*] foram abordados os aspectos econômicos, sociais e ambientais, focalizando a contribuição para a preservação de um recurso cada vez mais escasso.

No item [*Requisitos para implantação*] foi descrita a importância do comprometimento da alta gerência como ponto de partida, além da necessidade de definir metas e prioridades e escolher um ou mais gestores de água que devem ser permanentemente capacitados para implantar e difundir o programa. Foi descrito também, a importância de divulgar os resultados obtidos e criar mecanismos de incentivos de forma a engajar ainda mais os usuários envolvidos. Para finalizar foi abordada a importância de implantar um sistema de gestão da água que será responsável pela manutenção dos resultados obtidos.

Para o item [*Etapas para a implantação*] foram descritos aspectos sobre medidas gerais para redução do consumo de água na indústria, etapas de desenvolvimento de um PCRA e as principais dificuldades encontradas para a implantação do PCRA.

No subitem [*Medidas gerais*] foi descrito a importância de considerar a peculiaridade de cada indústria. Esse fato caracteriza a necessidade de um estudo detalhado para identificar os pontos críticos no consumo de água em cada linha, antes de implementar um PCRA. Posteriormente, foram descritas ações que podem ser aplicadas em qualquer tipo de indústria, tais como: implementação de sistemas de reuso, implantação de sistema de Gestão da Água, conscientização e treinamento dos funcionários em relação ao uso da água, entre outras.

Para as [*Etapas de desenvolvimento*] foram descritas, passo a passo, seis etapas que devem ser seguidas para a implantação do programa. A Figura 9 mostra a disposição dessas informações na tela do ambiente. Essas etapas são:

I) Avaliação técnica preliminar: Nessa etapa foi explicado como fazer uma análise documental e um levantamento de campo, buscando assim, dados que mostrem o histórico do consumo de água e a situação atual da empresa.

II) Avaliação da demanda de água: Nessa etapa foi descrito como fazer um levantamento detalhado de todos eventos que contribuem para o consumo de água, tais como: análise de perdas físicas, análise de desperdício, identificação de diferentes níveis de qualidade, entre outras.

III) Avaliação da oferta de água: Nessa etapa foi descrito como fazer um levantamento de todas as possíveis fontes de água que a empresa pode usar, principalmente, as fontes alternativas como águas pluviais e reuso de efluentes.

IV) Estudo de viabilidade técnica e econômica: Nessa etapa foi descrita a importância de se fazer um estudo da Viabilidade Técnica e Econômica para orientar na escolha das ações que possibilitem uma imediata geração de economias, com baixos investimentos e períodos atrativos de retorno. Além disso, foi apresentado um modelo de como montar uma matriz de configurações possíveis de atuação, na demanda e na oferta de água, e o investimento necessário para implementação de cada medida.

V) Detalhamento técnico e implantação do PCRA: Nessa etapa foi descrita a necessidade de se fazer um detalhamento das ações de gerenciamento e engenharia que foram escolhidas após o estudo de viabilidade. Foi apresentado também um modelo de como fazer esse detalhamento e definir quais medidas devem ser priorizadas.

VI) Implantação do sistema de gestão de água: Nessa etapa foi descrita a importância do sistema de gestão de água para a manutenção dos indicadores de economia obtidos com a implantação do PCRA. Além disso, foi descrito as ações e atividades que devem ser implementadas pelo sistema de gestão de água.

Para finalizar foi feita uma descrição das principais dificuldades encontradas para implantação de um PCRA. Foi definido que de uma maneira geral, essas dificuldades podem ser divididas em três categorias: dificuldades técnicas, operacionais e econômicas.



Figura 9 – Tela do ambiente mostrando a disposição das informações dentro do subitem [Etapas de desenvolvimento do PCRA]

4.2.5. Módulo [Características de Resíduos da Indústria de Laticínios]

Neste módulo foram descritos aspectos referentes aos efluentes líquidos, resíduos sólidos, consumo de água e as medidas para redução e controle dos efluentes gerados na indústria de laticínios.

Dentro do item [Efluentes Líquidos] foram apresentadas as principais atividades da indústria de laticínios responsáveis pela sua geração os tipos de resíduos presentes, os aspectos de vazão e valores médios das principais características físico-químicas desse efluente referentes aos seguintes parâmetros: DQO, DBO, carga orgânica específica, pH, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos sedimentáveis e teor de óleos e gordura. A Figura 10 mostra a disposição das informações do subitem [origem] na tela do ambiente.

Para o [Consumo de água] foram apresentados os valores médios do coeficiente de consumo de água (L de água/L de leite recebido) para as micro e pequenas indústrias de laticínios.

No item [*Efluentes Sólidos*] foram apresentadas as principais atividades da indústria de laticínios responsáveis pela sua geração e os aspectos quantitativos e qualitativos.

No item [*Medidas para Redução e Controle*] foram descritos um conjunto de ações para reduzir o volume dos efluentes gerados e a carga poluidora, propiciando um tratamento mais fácil e uma redução nas dimensões das unidades de tratamento. Essas ações foram classificadas em dois tipos principais: ações de gerenciamento e ações de engenharia de processo. As ações de gerenciamento são iniciativas que, normalmente, não implicam custos adicionais significativos, a exemplo, a manutenção de rotina. Já as ações de engenharia de processo dizem respeito à aplicação de técnicas de engenharia voltadas aos processos industriais, que podem exigir investimentos maiores, por exemplo: automação e troca de equipamentos. Além disso, foram apresentados os principais pontos de aplicação e exemplos dos resultados obtidos com a aplicação dessas medidas na indústria de laticínio.

4.2.6. Módulo [*Manual de Implantação do SGA*]

Nesse módulo foi descrito um manual contendo 8 etapas consideradas fundamentais para implantação e manutenção de um Sistema de Gerenciamento Ambiental na indústria de laticínios. Essas etapas são:

- 1) Comprometimento da direção da empresa. Essa etapa descreve a importância do comprometimento da direção da empresa para o sucesso do programa;
- 2) Formação da equipe para implantação do SGA. Nessa etapa é descrito como escolher os membros da equipe e atribuir funções a cada um;
- 3) Levantamento da situação ambiental da empresa. Nessa etapa é descrito passo a passo como fazer um estudo detalhado de cada linha de processamento, identificando todos os pontos que geram resíduos e todas as atividades consumidoras de água e vapor. A Figura 11 mostra como essas informações estão dispostas na tela do ambiente;



Figura 10 – Tela mostrando a disposição das informações do subitem [origem] dentro do item [Efluente líquidos]

- 4) Definição dos indicadores de desempenho. Nessa etapa é descrita a importância de buscar dados concretos que caracterizem a situação ambiental da empresa e ensina como definir os indicadores de desempenho;
- 5) Análise dos dados e definição das ações corretivas. Nessa etapa é proposto um modelo para analisar os dados levantados e definir as ações corretivas;
- 6) Implementação das ações propostas. Essa etapa descreve a importância de definir os objetivos e metas que se espera alcançar em um período de tempo determinado. Além disso, orienta que a etapa de implementação das medidas deve iniciar com a conscientização e treinamento dos funcionários, seguido da implantação das medidas de caráter urgente. Essa etapa também apresenta uma palestra para conscientização dos funcionários;
- 7) Avaliação do programa. Nessa etapa é descrito como verificar os benefícios e ganhos, do ponto de vista ambiental e econômico, advindos da implantação do programa de gerenciamento ambiental, assim como, avaliar os problemas e barreiras encontradas durante a sua implementação; e
- 8) Manutenção do programa. Essa etapa define a conscientização e a participação dos funcionários, em todos os níveis, incluindo a direção da

empresa, como sendo a chave para a manutenção de um programa de gerenciamento ambiental.



A Figura 11 – Disposição das informações da Etapa 3 na tela do ambiente

4.2.7. Avaliação do sistema multimídia

O Quadro 12 apresenta a freqüência de respostas dos avaliadores para cada escore, de acordo com a ficha de avaliação, em relação aos diferentes itens avaliados. A última coluna apresenta a freqüência, em porcentagem, em relação aos escores iguais ou superiores a sete (7).

De um total de vinte (20) itens avaliados, verifica-se que a exceção de quatro itens, os demais apresentaram, para escores iguais ou superiores a sete (7), freqüências superiores a 83%, sendo que seis (6) itens apresentaram 100% de escores superiores a sete (7). Dois itens, "cores e imagens na interface" e "qualidade das mídias (fotos digitais)", apresentaram freqüência de 70% para escores iguais ou superiores a sete (7); o item, "facilidade de navegação por usuários não-treinados", apresentou freqüência de 58% para escores iguais ou superiores a sete (7); e o item, "estética e qualidade gráfica dos ambientes", apresentou freqüência de 50% para escores iguais ou superiores a sete (7). Estes quatro índices destacam dois resultados importantes: a necessidade da melhoria na qualidade visual das informações e

o aperfeiçoamento do programa para facilitar a navegação por usuários não treinados.

Para as questões complementares incluídas no questionário, são apresentadas as freqüências de respostas para cada um dos itens mencionados e os comentários e sugestões dos avaliadores, na íntegra, para cada um dos temas.

Questão 13 (Ficha de Avaliação): Para você qual benefício ou quais benefícios esse material pode proporcionar como suporte para o gerenciamento ambiental na indústria de laticínios?

Item	Freq. (%)
Possibilidade de utilização para treinamento e desenvolvimento pessoal	75
Orientar a gerência e demais funcionários no que se refere às práticas preventivas de controle ambiental facilitando o cumprimento da legislação	100
Aumentar a competitividade das indústrias de laticínios, reduzindo as perdas de matérias primas, produtos acabados e insumos.	83
Aumentar interatividade entre gerência / equipe técnica / manipuladores	67
Criar uma consciência ecológica em todos os níveis da empresa caminhando assim para o desenvolvimento sustentável	92
Outro(s). Qual(is)?	25

Os textos a seguir são, na íntegra, as sugestões e comentários apresentados por três dos avaliadores referentes à Questão 13.

- *Acho que o material é um suporte para qualquer tipo de pessoa interessada no assunto. Estudantes de disciplinas relacionadas ao tema (como o PRONAF em projetos), iniciantes na pesquisa (que podem tê-lo como referência ou até mesmo melhorá-lo) e profissionais acadêmicos e consultores.*
- *Pode partir dele a elaboração de materiais didáticos que compartilhem com a comunidade o interesse da empresa em relação à responsabilidade social (pode ser um instrumento de marketing).*
- *Reforçar a questão da Gestão Integrada da Qualidade, ampliando o conceito do que seja produzir a qualidade. Expande a idéia de que produzir com qualidade vai muito além de se fabricar um produto de qualidade.*

Quadro 12 - Frequência de respostas dos avaliadores para cada escore em relação aos diferentes itens avaliados e a frequência, em porcentagem, em relação aos escores iguais ou superiores a sete (7).

Tópicos Avaliados	Frequência dos escores									Freq. (%)
	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	
Apresentação das telas.	3	5	2			1		1		83
Estética e qualidade gráfica dos ambientes.		3	3	2	1	1	1	1		50
Cores e imagens na interface.	2	5	1	2		1	1			75
Facilidade de navegação por usuários não-treinados	2	2	3	4					1	58
Legibilidade do texto	4	5	1			2				83
Qualidade das informações escritas	5	4	3							100
Qualidade das mídias (fotos digitais)	1	3	5	2			1			75
Seqüência lógica da apresentação do conteúdo	4	5	3							100
Abordagem do assunto “Sistema de Gerenciamento Ambiental”	2	9	1							100
Quantidade de informação disponível para entender o assunto.	5	5	1		1					92
Adequação do conteúdo ao público-alvo	3	5	2	1	1					83
Módulo SGA	1	9	1			1				92
Módulo PCRA	2	5	4			1				92
Módulo características de efluentes de laticínios	5	4	2			1				92
Módulo Manual do SGA	5	5	1			1				92
Saiba mais	4	5	2		1					92
Glossário	2	6	4							100
Legislação	3	8	1							100
Fale com especialista	7	1	4							100

Questão 14 (Ficha de Avaliação): Assinale os possíveis obstáculos que você espera na utilização deste material pelos responsáveis por indústrias de laticínios.

Item	Freq. (%)
Falta de domínio no uso de computadores e seus recursos	67
Não entendimento do conteúdo	58
Problemas técnicos na utilização do material	50
Não participação	100
Outro(s). Qual(is)?	42

Os textos a seguir são, na íntegra, as sugestões e comentários apresentados pelos avaliadores referentes à Questão 14.

- *Mesmo em empresas consideradas grandes, já presenciei uma carência enorme de disponibilidade de computadores e recursos que facilitariam a implantação do SGA. Outro problema seria a dificuldade em se conscientizar tanto a alta gerência quanto os funcionários da importância da implantação do SGA (talvez fornecimento de incentivos e prêmios com o alcance de metas resolveriam essa dificuldade, em relação aos funcionários e sua motivação).*
- *Falta de conscientização do setor. Fazer com que o empresário valorize o uso racional da água e visualize os benefícios gerados por esta prática será o principal obstáculo a ser vencido.*
- *Em alguns pequenos laticínios acontecerá de não haver sequer um computador (Sugiro a confecção do material em forma impressa – a editora UFV pode ser uma ótima opção). Outra questão é a ocorrência de responsáveis que não possuem domínio mínimo de informática. Alguns profissionais ainda prevalecem com uma mentalidade fechada em relação à questão ambiental. Alguns insatisfeitos com a atual situação profissional não demonstram interesse em trabalhar para o melhoramento da empresa.*
- *Falta de consciência por parte dos proprietários (a implantação do programa é vista como despesa e não como investimento).*

- *Disponibilidade de mão-de-obra na indústria de laticínios para monitoramento técnico da eficiência do programa e falta de comprometimento do pessoal com o programa.*

Questão 15 (Ficha de Avaliação): Assinale as mudanças mais significativas que você sugere para o material.

Item	Freq. (%)
Modificações no visual da interface	58
Modificações na forma de apresentação do conteúdo	42
Modificações no conteúdo propriamente dito	17
Modificações nas apresentações dos módulos	17
Outro(s). Qual(is)?	25

Os textos a seguir são, na íntegra, as sugestões e comentários apresentados pelos avaliadores referentes à Questão 15.

- *Alteração da fonte do texto e cor da fonte.*
- *Acredito que a disposição do conteúdo de maneira mais dinâmica e ilustrativa vai melhorar o interesse pelo conteúdo. A inclusão de ilustrações, fotografias, cores e fontes diferenciadas. Ainda a disposição em quadros como foi feita algumas vezes, facilita a fluidez da leitura. O texto corrido cansa mais o leitor. A fonte azul combinada com o fundo cinza desestimula. Cores mais acesas são mais atrativas.*
- *Possibilidade de acesso instantâneo a cada tópico. Letras menores, não negritos e serifadas, interface mais dinâmica.*
- *Formatação; mudar, principalmente, a apresentação do Menu.*
- *Aumentar o tamanho do link Menu. Está muito escondido no canto esquerdo da tela.*
- *Como esta é a primeira versão da mídia, está muito boa. Acredito que durante a sua utilização real na indústria algumas sugestões aparecerão contribuindo ainda mais para as próximas versões.*

Questão 16 (Ficha de Avaliação): Para você, que outras informações e/ou ferramentas poderiam ser acrescentadas ao ambiente?

Os textos a seguir são, na íntegra, as sugestões e comentários apresentados pelos avaliadores.

- *Talvez adicionar uns links relacionados ao tema.*
- *Navegador das páginas, índice, gerador dos textos em PDF ou DOC, etc.*
- *Penso que a formulação de um check list para as principais etapas de implantação do SGA beneficiaria a coleta dos dados.*
- *Acho que o trabalho está muito bom e completo para o público alvo de interesse e para o objetivo no qual foi elaborado.*
- *Seria interessante se fosse acrescentados modelos de formulários e/ou questionários que facilitem a coleta de dados, principalmente na etapa de levantamento do consumo de água, vapor e geração de resíduos e nas atividades de avaliação também. Acho que ficaria mais ilustrativo e prático, do que o uso do texto “corrido”.*
- *O fornecimento de informações mais detalhadas de implementação do SGA com ilustrações, plantas e de sistemas de tratamento de resíduo de indústrias de laticínios.*

17) Críticas e sugestões:

Os textos a seguir são, na íntegra, as sugestões e comentários apresentados pelos avaliadores.

- *Não consegui abrir o módulo palestra de conscientização.*
- *Quando passa o mouse na casinha não parece nada escrito.*
- *O ícone “home” não está aparecendo e está com um problema. Por exemplo: Se estou na página 20 do programa e quero voltar para a página introdutória clico em “home”. Esta função está correta, mas quando tento passar da página introdutória vou para a página 21 e não para a página 1.*
- *Deve haver um ícone “Sair “ ou “ Sair com segurança” em cada página.*
- *O software mantém o menu aberto mesmo quando o mouse não está sobre ele, sugiro que se altere esta condição.*
- *Gostei da página inicial (HOME), a aparência me agradou.*

- *Acho que poderiam ser melhorados aspectos estéticos de fonte: tipo, cor, tamanho e espaçamento. Não gostei muito (talvez seja uma particularidade minha, por ser uma opinião feminina!).*
- *O tamanho da fonte poderia ser diminuído e a fonte deveria ser trocada por uma menos larga.*
- *Colocar mais fotos e maiores.*
- *As fotos também ficaram boas e ilustram bem o texto.*
- *Achei o programa interessante e realmente necessário para ser aplicado nas indústrias de laticínios.*
- *Talvez as informações contidas em SGA e PCRA poderiam ser mais sucintas. Demorei muito para lê-las e achei um pouco cansativo.*
- *Gostei muito das sessões SAIBA MAIS, da palestra sobre água (em PowerPoint), do MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DO SGA (as etapas estão bem claras. Como já disse, talvez, seria válido acrescentar questionários e formulários). As sessões sobre as CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS e LEGISLAÇÃO também estão legais.*
- *A maioria das pessoas não treinadas precisa sempre de um exemplo para a aplicação de um programa, principalmente funcionários da produção que normalmente não estão acostumados a ler muito. Percebi a existência de alguns exemplos, mas ainda acho que deveria ter mais.*
- *Os objetivos do SGA estão, ao meu ver, um pouco confusos. Ao iniciar a leitura, pensei que os 5 primeiros tópicos seriam os objetivos. Depois vieram os 3 últimos listados como os objetivos. Sugiro que os objetivos sejam divididos em geral e específicos.*
- *Em ferramentas do SGA. Penso que ISO 14.000 deveria vir primeiro no quadro já que se trata de implantação, depois sim vir manutenção (P + L) e (P2); Em SGQ versus SGA. O título dá a idéia de que um está contra o outro e é exatamente o contrário, um complementa o outro; Em vazão dos efluentes líquidos, você não explora qual seria a importância de se saber a vazão dos efluentes líquidos na indústria de laticínios. Está subentendido, mas não está exposto; No Quadro 14. A tabela já tem a minha idade. Eu*

também sou de 1974. Para uma pessoa, esta idade é de um jovem, mas para uma tabela, já é bisavó ou tataravó. Favor atualizar.

- *Em princípios: no quadro onde fala de ações corretivas, quando se diz que "ações educativas e preventivas..", não caberia melhor colocar essa observação em prevenção que é o primeiro item do quadro?*
- *Existe um quadro onde você cita a P2 e a produção mais limpa. Da maneira em que está escrito parece que constituem a mesma coisa.*
- *No paralelo entre SGQ e SGA: acho que ficou perfeita a colocação traçada entre ambos.*
- *No item de caracterização de resíduos em laticínios: você cita os resíduos líquidos que são inviáveis de serem tratados como tal e, portanto precisam ser administrados como resíduos sólidos. Acho que talvez exemplificar isso seria bom para não deixar o leitor perdido.*
- *Na transição do item de resíduos para o manual de implantação de SGA: acho que poderia ter uma tela concluindo, para depois introduzir o manual. Pulou meio de "sopetão"!*
- *No item saiba mais: esses arquivos foram criados por quem? Acho que seria interessante colocar a referência.*
- *No item palestra: acho que é necessário acrescentar uma conclusão final para o palestrante dar ênfase ao foco da palestra. Acho que ficou meio solto o final.*
- *A minha opinião geral é muito positiva. O que penso que precisa ser melhorado é mais a questão estética para torná-lo mais atrativo. Isso creio eu, é apenas uma fase a ser detalhada. O essencial já está criado!*
- *No item ISO 14.001: acho que as informações foram dispostas no quadro de maneira muito espalhada. É preciso ficar rolando a tela pra ler as informações, fica desagradável.*
- *O material está de excelente qualidade com informações precisas em todos os níveis. Gostaria, no entanto, que fossem esclarecidas algumas pequenas dúvidas: a) No Quadro 3, porque o uso de embalagens recicláveis é citado como exemplo de P+L?; No quadro 4 há duas colunas identificadas como ITEM. Talvez poderia substituir a palavra item por ETAPAS, na primeira coluna de Elementos e Ações na primeira coluna de*

NORMAS; Nos exemplos citados para destino do soro enfatizou-se muito a produção de bebida láctea e alimentação animal. No entanto, a produção de soro em pó é provavelmente a melhor sugestão para aproveitamento do soro na indústria em razão do alto valor agregado; No quadro 17, o ácido nítrico aparece como resíduo na produção de doce de leite. No entanto, apesar de seu uso contínuo na indústria, esse produto normalmente é neutralizado pelo uso de soluções mais concentradas de soda na limpeza, não se caracterizando, portanto, como resíduo.

5. CONCLUSÃO

Do diagnóstico da geração de resíduos e consumo de água na indústria de laticínios concluiu-se que:

- As linhas de produção de queijo mussarela, queijo frescal e requeijão geram a maior carga específica (Kg de DQO/m³ de leite processado), devido ao descarte direto do soro no efluente;
- A falta de padronização dos procedimentos de limpeza e a falta de conscientização e treinamento dos funcionários em relação a boas práticas ambientais são pontos críticos em todas as linhas de processamento, tendo sido observado um consumo de água excessivo para uma unidade do porte do Laticínio estudado;
- Foi identificado um grande potencial de redução do consumo de água, principalmente nas linhas de produção de doce de leite e iogurte; e
- Os coeficientes de consumo de água (L de água/L litro de leite recebido) no valor de 6,06 para água industrial e 7,03 para água total (água industrial mais vapor), estão muito acima dos encontrados na literatura, tendo sido identificado um potencial de redução de aproximadamente 50% do consumo de água, em relação a média de consumo observada na literatura.

A implementação de medidas simples como o reaproveitamento do soro, padronização dos procedimentos de limpeza, treinamento e conscientização dos funcionários, manutenção preventiva dos equipamentos e práticas de reuso de água, são medidas que proporcionarão a redução no consumo de água, no volume e na carga poluidora do efluente.

De acordo com os avaliadores, o sistema multimídia proposto apresenta um grande potencial para ser utilizado como uma ferramenta de apoio no gerenciamento de resíduos e redução de consumo de água na indústria de laticínios. Ajustes, principalmente, nas ferramentas de navegação, na estética e qualidade gráfica dos ambientes e na interface (cores e imagens) tornarão o ambiente mais atrativo e facilitará o uso pelo público alvo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, M. L. C.; PAWLOWSKY, U.; PATZA, M. G. Tratabilidade dos despejos de laticínios por lodos ativados. **Brasil Alimentos** - nº 8, p.34 – 38, Maio/Junho de 2001. Disponível em: <<http://www.brasilalimentos.com.br/BA/pdf/08/08%20-%20Efluentes.pdf>> Último acesso: 24/03/2006.
- ALFA LAVAL/TETRA PAK. **Dairy Processing Handbook**. Tetra Pak Processing Systems, Lund, Sweden. 1995
- AMUNDSEN, A. **Preventive wastes minimization process for sustainable development**. Palestra no Prim. Congresso Internacional de Tecnologia Limpa Aplicada ao Setor de Alimentos. Florianópolis, ago. 1999.
- ANDRADE, Nélcio J.; MACÊDO, Jorge A.B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996.
- ANTUNES, MARIA APARECIDA. **Sistema multimídia de apoio à decisão em procedimentos de higiene, para unidades de alimentação e nutrição**. Viçosa: UFV, 2003. 80p.
- APHA. **Standard methods for the examination of waste e wastewater**. 19ª. ed. Washington: American Public Association, 1995.
- BEAL, Adriana. **Manual de Gestão da Tecnologia da Informação**, 2001.
- BRAILE, P.M., CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1979. 764p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal** (decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952). Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/consultasislegis/do/consultaLei>. Último acesso: 30/11/2005.
- CARAWAN, R. E., PILKINGTON, D. H. **Reduction in Waste Load From a Meat Processing Plant-Beef**. North Carolina Agricultural Extension Service - North Carolina State University, Asheboro, N.C., 1986.
- CAVALCANTE, J. F. M., **Sistema Multimídia de Apoio à Decisão na Fabricação de Queijo Coalho com Qualidade**, Viçosa: UFV, 2005. (Tese Doutorado).

- CNTL. **Centro Nacional de Tecnologias Limpas: Relatório**. Porto Alegre: FIERGS, 1998.
- EMBRAPA. Programa Embrapa de Carne e Qualidade. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, 2000.
- FALSARELLA, O.M.; CHAVES, E.O.C. Sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão. Disponível em: < <http://www.chaves.com.br/TEXTSELF/COMPUT/sad.htm> > Acesso em: 02/02/2006.
- FIESP/CIESP, Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria, Vol. 1. Disponível: < <http://www.fiesp.com.br/download/publicacoesmeioambiente/reuso.pdf> >. Último acesso: 31/01/2006.
- FONSECA FILHO, Antônio Alberto, **Protótipo de sistema multimídia para apoio ao gerenciamento da Qualidade total em laticínios**. Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa; 94p. ,1998. (Tese M.S).
- FREITAS, Lúcia Helena de; **Sistema especialista para diagnóstico de toxinfecções alimentares de origem bacteriana**. Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa; 1995. (Tese M.S).
- INDI. A indústria de laticínios brasileira e mineira em números. Disponível em: < <http://www.indi.mg.gov.br/publicacoes/Laticinios> >. Último acesso: 20/06/2005.
- JOHNS M. R.. **Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review**. Department of Chemical Engineering, The University of Queensland, Australia; 1995.
- JORDANO, José C. **Boas práticas de fabricação na indústria de alimentos**. Pal. no 5º simpósio de tecnologia de produtos cárneos. Santa Maria, abr. 1997.
- KONIG, A.; LIMA, L. M. M.; CEBALLOS, B. S. O. **Comportamento de águas residuárias brutas e tratadas proveniente de uma indústria de laticínios durante um dia de funcionamento**. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental Fortaleza, 2000. v. III. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/i-031.pdf>. Último acesso: 24/03/2006.
- KOSIKOWSKI, F. V.; **Whey Utilization and Whey Products**, J. Dairy Science, v. 62 Pág 1149-1160, 1979;
- MACHADO, R.M.G.; FREIRE, V.H.; SILVA, P.C.; FIGUERÊDO, D.V.; FERREIRA, P.E. **Controle ambiental nas pequenas e médias**

indústrias de laticínios. Projeto Minas Ambiente, Belo Horizonte, 224p., 2002.

MAWSON, A. J.; **Bioconversions for whey utilization and waste abatement**, Bioresource Technology, v. 47, Pág 195-203, 1994;

MINAS AMBIENTE/CETEC. **Pesquisa tecnológica para controle ambiental em pequenos e médios laticínios de Minas Gerais: Medidas de gestão e controle ambiental.** Belo Horizonte, 2000. 151p. (Relatório Técnico)

MOTA, R.S. **Sistema multimídia para ensino e aprendizado de irrigação.** 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAULI, Gunter. **Emissão zero: a busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer à sociedade.** Trad. José W.M. Kathler; Maria T.R. Rodriguez. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, M. R. L. Sistema de Gestão e Proteção Ambiental. Disponível em: <<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/~>>. Último acesso: 28/04/2005.

PINHEIRO, A. J. R.; SOUZA, J. G. Pequenos problemas, grandes conseqüências. Revista de leite e derivados, n.77, Maio/Junho 2004. Disponível em: http://www.dipemar.com.br/leite/77/materia_atecnico_leite.htm. Último acesso: 28/06/2005.

POHLMANN, M. Água e efluentes na indústria frigorífica. Revista Nacional da Carne, Julho, 2004. Disponível em: <<http://www.dipemar.com.br/carne/329~>>. Último acesso: 28/04/2005.

PRATES, Cláudia Aparecida. **Tecnologia de informação em pequenas empresas – analisando empresas do interior paulista.** Revista Administração On Line, São Paulo. V. 04, n. 04, p. 1-13, out./nov./dez. 2003.

RAMOS, Alcinéia de Lemos Souza; **Desempenho de reatores anaeróbios de alta taxa no tratamento de efluentes gerados em unidades de abate e processamento de suínos.** Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa; 2002. (Tese M.S).

RICHARDS, N. S. P. S.; **Lácteos – Perspectivas Industriais e Proteção ao Meio Ambiente**, Revista Food Ingredients, Pág 20-27, 2001.

RUFINO, José Luiz dos Santos. Avanços e questões perspectivas na cadeia produtiva do leite. Disponível: http://www.terraviva.com.br/palestra/palestra_4.html (último acesso em 14/06/2005).

- SANTOS, J.P.V. & FERREIRA, C.L.L.F. **Alternativas para o aproveitamento de soro de queijo nos pequenos e médios laticínios**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. v.56, n.321, p.44-50, 2001.
- SEBRAE/MG. **Diagnóstico da indústria de laticínios do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 270p, 1997.
- SEBRAE-SP. **A Informatização nas MPEs Paulistas** - Agosto 2003.
- SENAI. **Guia do empresário para o sistema APPCC**. Rio de Janeiro: SENAI/DN, 1998.
- SILVA, C.A.B.; ANDRADE, N.J.; SPROESSER, R.L. **Aplicação de técnicas de inteligência artificial na indústria de laticínios : um protótipo de sistema especialista para recomendação de procedimento de limpeza e sanitização**. Rev. inst. Cândido Tostes, Juiz de Fora, 45 (262-272): 10-13, 1990.
- SILVEIRA, Djalma D. **Modelo para seleção de sistemas de tratamento de efluentes de indústria de carnes**. Florianópolis, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina; 286p,1999. (Tese D.S.).
- SILVEIRA, W. B.; **Produção de etanol em permeado de queijo: efeito da concentração de substrato e do nível de oxigênio**, Tese de Mestrado UFV, 2004 (*in press*).
- TIN, C. S. F.; MAWSON, A. J.; **Ethanol Production from Whey in a Membrane Recycle Bioreactor**, Process Biochemistry v. 28, Pág 217-221, 1992;
- TOCCHETTO, M. R. L.; PEREIRA, L. C. (a) **Desempenho Ambiental e Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/~>>. Último acesso: 28/04/2005.
- TOCCHETTO, M. R. L.; PEREIRA, L. C. (b) **Qualidade Ambiental e Ecoeficiência: nova postura**. Disponível em: <<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/~>>. Último acesso: 28/04/2005.
- VAN BERKEL, I. R. **Introduction to cleaner production assessments with applications in the food processing industry**. UNEP Industry and Environment, Amsterdam, 1995.
- VAUGHAN, T. **Multimídia na prática**. São Paulo. Makron Books, 1994. 545p.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. Brasília – DF: ABEAS, Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996a. 92p.
- YOSHIDA, E. **Tenologia, a força do campo**. Anuário Exame Agronegócio; Revista Exame, p. 34-35, Junho/2006.

ANEXO I:

Modelo da ficha de avaliação do sistema multimídia

AVALIAÇÃO DO SIMGA - Sistema Multimídia para Gerenciamento de Resíduos e Redução do Consumo de Água em Indústrias de Laticínios.

Nome (preencha este campo se considerar necessário):

Por favor, assinale a opção que melhor indica sua opinião, quanto ao tópico apresentado. Utilize como referência a seguinte escala:

Classificação da escala	Escore (nota)
Bom	9
	8
	7
Nem bom nem ruim	6
	5
	4
Ruim	3
	2
	1

1) Apresentação das telas.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

2) Estética e qualidade gráfica dos ambientes.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3) Cores e imagens na interface.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

4) Facilidade de navegação pelos ambientes por usuários não-treinados.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

5) Legibilidade do texto.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

6) Qualidade das informações escritas.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

7) Qualidade das mídias (fotos digitais).

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

8) Seqüência lógica da apresentação do conteúdo.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

9) Abordagem do assunto “Sistema de Gerenciamento Ambiental” no SIMGA.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

10) Quantidade de informação disponível para o entendimento do assunto.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

11) Adequação do conteúdo ao público-alvo

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

12) Avalie cada ambiente do SIMGA. Use a classificação descrita anteriormente

Módulo Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA)	
Módulo Programa de Conservação e Reuso de Água (PCRA)	
Módulo Características de resíduos da indústria de laticínios	
Módulo Etapas para implantação de um SGA	
Saiba mais	
Glossário	
Legislação	
Estudo de caso	

Questões complementares:

13) Para você qual benefício ou quais benefícios esse material pode proporcionar como suporte para o gerenciamento ambiental na indústria de laticínios.

- a. () Possibilidade de utilização para treinamento e desenvolvimento pessoal.
- b. () Orientar a gerência e demais funcionários no que se refere às práticas preventivas de controle ambiental facilitando o cumprimento da legislação.
- c. () Aumentar a competitividade das indústrias de laticínios, reduzindo as perdas de matéria prima, produtos acabados e insumos.
- d. () Aumentar interatividade entre gerência / equipe técnica / manipuladores.
- e. () criar uma consciência ecológica em todos os níveis da empresa caminhando assim para o desenvolvimento sustentável.
- f. () Outro(s). Qual(is)?

14) Assinale os possíveis obstáculos que você espera na utilização deste material pelos responsáveis por indústrias de laticínios.

- a. () Falta de domínio no uso de computadores e seus recursos.
- b. () Não entendimento do conteúdo.
- c. () Problemas técnicos na utilização do material.
- d. () Não participação.
- e. () Outros. Quais?

15) Assinale as mudanças mais significativas que você sugere para o material.

- a. () Modificações no visual da interface.
- b. () Modificações na forma de apresentação do conteúdo.
- c. () Modificações no conteúdo propriamente dito.
- d. () Modificações nas apresentações dos módulos.
- e. () Outras.

Quais? _____

16) Para você, que outras informações e/ou, ferramentas poderiam ser acrescentadas ao ambiente.

17) Críticas e sugestões:

ANEXO II:

Modelo do questionário aplicado na indústria de laticínios

Responsável pela entrevista: _____

Entrevistado: _____

Empresa: _____

Nome Fantasia: _____

Município: _____ () Zona rural () Zona urbana

Email: _____

Site: _____

Endereço para correspondência: _____

Nome do proprietário: _____

Data: ____/____/____

Início: ____:____ h

1-Qual é o número de funcionários em sua empresa? _____

2-Qual o volume de recepção de leite por dia? _____

3-Qual a capacidade instalada da empresa em litros por dia? _____

4-Qual o número de produtos industrializados pela empresa? _____

5-Quais os produtos fabricados pela empresa (A), sua participação percentual no volume de leite recebido (B) e quais produtos pretende produzir nos próximos cinco anos (C)?

Produto	A	B	C
Bebida Láctea	()	(%)	()
Doce de leite	()	(%)	()
logurte	()	(%)	()
Leite em pó	()	(%)	()
Leite longa vida	()	(%)	()
Leite pasteurizado	()	(%)	()
Manteiga	()	(%)	()
Minas frescal	()	(%)	()
Mussarela	()	(%)	()
Queijo do reino	()	(%)	()
Queijo minas padrão	()	(%)	()
Queijo parmesão	()	(%)	()
Queijo prato	()	(%)	()
Queijo provolone	()	(%)	()
Queijos finos com mofo	()	(%)	()
Queijos finos sem mofo	()	(%)	()
Requeijão culinário	()	(%)	()
Requeijão pastoso	()	(%)	()
Outros (Especificar): _____	()	(%)	()
_____	()	(%)	()
_____	()	(%)	()
Total	()	(100 %)	()

6-Dos registros abaixo, qual a empresa possui?

() Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Nº _____

() Serviço de Inspeção Federal (SIF). Nº _____

() Serviço de Inspeção Estadual (IMA). Nº _____

() Serviço de Inspeção Municipal (SIM). Nº _____

() Nenhum

7-Quais os processos que a empresa utiliza para o controle de qualidade de seus produtos acabados?

() Inspeção visual

() Experimentação de Produtos (degustação)

() Guarda da amostra por lote para análise futura

() Análises físico-químicas e microbiológicas

() Controle de devoluções e registro de reclamações de clientes

() Outros (Especificar): _____

() Não se aplica

8-Das ferramentas de gestão da qualidade, quais são utilizadas pela empresa?

() Controle estatístico de qualidade

() Programa 5S

() BPF

() APPCC

() Isso 9000

() ISO 14000

() Outros (Especificar): _____

9-Quais as principais dificuldades encontradas para a implementação de BPF ou de qualquer outro sistema de garantia da qualidade?

- Custo elevado
- Baixo grau de escolaridade dos funcionários
- Dificuldade no treinamento e conscientização dos funcionários
- A legislação sanitária é muito exigente
- Complexidade dos programas
- Baixa exigência do mercado
- Outras (Especificar): _____

10-Qual o destino do soro / leiteiro?

- Secagem
- Produção de Ricota
- Utilização na Alimentação animal
- Venda
- Outros (Especificar): _____
- Retirada e utilização da proteína
- Utilização em bebida Láctea
- Descarte
- Manteiga

11-A empresa faz tratamento de resíduos (efluentes)?

- Sim. Quais efluentes são tratados? _____
- Não

12-Caso afirmativo, qual o custo percentual que isso representa para a empresa?

- Menor que 5%
- Entre 5 e 10%
- Maior que 10%

13-Qual o processo utilizado para o tratamento de resíduos?

- Tratamento aeróbio
- Tratamento anaeróbio
- Outros (Especificar): _____

14- Caso não haja, qual é o principal motivo do não tratamento de resíduos/efluentes?

- Área insuficiente para tratamento
- Nunca foi exigido
- Falta de conhecimento do processo
- Outros (Especificar): _____
- Não sente necessidade
- O custo do tratamento é alto

15-A empresa já sofreu alguma multa ou advertência dos órgãos responsáveis pelo controle ambiental?

- Não
- Sim. Por quê? _____

16-A empresa aplica ou já viu falar em ferramentas de gestão ambiental?

- Sim, aplica.
- Sim, já viu falar.
- Não

17- Caso afirmativo, quais ferramentas de gestão ambiental a empresa conhece ou aplica?

- ISO 14000
- Produção mais limpa (P mais L)
- Prevenção a poluição (P2)

18-A empresa possui algum programa de reciclagem/reuso ou recuperação de subprodutos?

- Não
- Sim. Qual (is)? _____

19-Qual a principal fonte de abastecimento de água na fábrica?

- Captação da rede pública.
- Poço artesiano
- Outras. (Especificar): _____

20-A empresa tem controle do consumo de água na unidade industrial?

- Não
- Sim. Como é feito? _____

21-Caso tenha controle, qual o consumo médio de água por litro de leite processado?

- Entre 1 e 3
- Entre 3 e 5
- Maior que 5

22-A empresa tem implantado ou pretende implantar algum programa para redução do consumo de água na unidade industrial?

- Sim, tem implantado
- Sim, pretende implantar
- Não

23- Quais as principais dificuldades para redução do consumo de água na fábrica?

- Necessidade de limpeza e higienização dos equipamentos
- Custo da água é muito baixo inviabilizando qualquer tipo de investimento
- Falta de treinamento dos funcionários
- Falta de ferramentas ou programas que auxiliem a redução do consumo

24-Qual a formação do técnico responsável pela empresa?

- Técnico em laticínios
- Engenheiro Químico
- Engenheiro de Alimentos
- Engenheiro Agrônomo
- Outra (especificar): _____
- Tecnólogo/Bacharel em Laticínios
- Técnico em Química
- Médico veterinário
- Bacharel/Licenciado em Química

25-Em relação ao treinamento, quais os principais fatores limitantes em sua execução?

- Dificuldade para liberar funcionários
- Custos dos cursos de treinamento
- Falta de cursos especializados na região
- Falta de interesse dos funcionários
- Falta de informações sobre cursos

- Qualidade dos treinamentos disponíveis
- Dificuldade na identificação de áreas de carência
- Não faz treinamentos
- Outros (Especificar): _____

26-Ainda com relação ao treinamento, a Empresa considera importante a possibilidade de oferecimento de cursos no local de trabalho?

- Sim, isto poderia facilitar.
- Não, isto não irá facilitar.

27-Quais as principais áreas de interesse em cursos de qualificação?

- Administrativas
- Gerenciamento de fornecedores
- Gestão da qualidade
- Planejamento
- Recursos humanos
- Tratamento de resíduos
- Outros (Especificar): _____
- Atendimento ao consumidor
- Gestão financeira
- Informática
- Produção
- Vendas
- Gestão ambiental

28-A empresa tem acesso e utiliza a Internet para os processos empresariais?

- Sim
- Não

29-A empresa possui sistema informatizado de gerenciamento dos processos internos e externos?

- Sim
- Não

30-Caso afirmativo em quais processos são adotados sistemas informatizados?

- Contabilidade
- Logística
- Controle de qualidade
- Outros (Especificar): _____
- Planejamento e controle da produção
- Folha de pagamento
- Controle ambiental

31-Em relação aos sistemas informatizados, quais as principais dificuldades encontradas?

- Disponibilidade de equipamentos
- Investimentos nos sistemas
- Informações para alimentar os programas
- Rotatividade de pessoal
- Capacidade dos funcionários
- Manutenção e assistência especializadas
- As técnicas são muito sofisticadas e exigem muito esforço
- Não existem programas específicos para área de laticínios
- Baixa adaptação dos programas à realidade dos laticínios
- Distância entre a produção e o controle = Dificuldade de transferência de dados
- Outros (Especificar): _____

32-Para quais áreas dos laticínios deveriam ser desenvolvidos programas específicos de computador?

- Gerenciamento da recepção do leite e pagamento de fornecedores

- Controle de custos unitários de produção de todos os produtos fabricados
- Previsão de recepção de leite
- Controle de qualidade
- Otimização e planejamento da produção (o que, quanto e quando produzir)
- Gerenciamento ambiental e redução do consumo de água (processos de reciclagem/reuso, recuperação de subprodutos como o soro e treinamento de funcionários)
- Interação e comunicação com fornecedores e distribuidores
- Controle de pagamentos e recebimentos
- Controle de médias de produção
- Gerenciamento financeiro
- Controles contábeis
- Definição de Mix de produção
- Cursos
- Outras (Especificar): _____

33-Dos programas abaixo, específicos para laticínios, quais o (a) Sr.(a) conhece?

- Quanto Boas Práticas de Fabricação
- Boas Práticas Ambientais CELSIG
- Outros (Especificar): _____

34- Quais as principais fontes de informação utilizadas pela empresa para atualização gerencial e tecnológica?

Principais fontes	Nome das fontes
<input type="checkbox"/> Jornais e revistas	_____
<input type="checkbox"/> Rádio e televisão	_____
<input type="checkbox"/> Internet	_____
<input type="checkbox"/> Cooperativas	_____
<input type="checkbox"/> Instituições de ensino	_____
<input type="checkbox"/> Feiras e congressos	_____
<input type="checkbox"/> Associações e sindicatos	_____
<input type="checkbox"/> Outros (Especificar):	_____

35- Em que áreas a empresa já recebeu consultoria? Quais foram os resultados?

Área	Resultados positivos	Sem resultados
<input type="checkbox"/> Contábil financeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Marketing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Recursos humanos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Planejamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Programação e controle da produção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Gestão da qualidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Controle ambiental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Informática	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Tecnologia da produção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Certificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Outros (especificar): _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>