

Avaliação de risco quantitativa como uma ferramenta para a caracterização da segurança microbiológica de alimento

Data de recebimento: 29/03/2007
Data de aprovação: 05/06/2007

Vânia Ferreira Roque-Specht (UCS /CCET/DENQ) – vrspecht@ucs.br
• Rua Visconde de Pelotas, 1447/apt 82 – Oeste Centro – CEP: 95020-183 – Caxias do Sul-RS
João Ernesto Escosteguy Castro (UFSC / CTC / EPS) – castro@depsufsc.br
Miguel Fiod Neto (UFSC/CTC/EPS) – miguelneto@depsufsc.br

Resumo

A identificação de perigo é um processo muito conhecido pelas indústrias alimentícias e a sua adequada implementação e execução permite uma maior eficiência na segurança alimentar. Algumas metodologias e ferramentas correntes têm sido desenvolvidas para auxiliar neste processo; entre elas, destaca-se a Avaliação de Riscos. Este artigo tem por objetivo descrever detalhes sobre avaliação de riscos e sua incorporação no processo de identificação de perigos microbiológicos. Como estudo de caso usou-se leite pasteurizado tipo “C”, produzido no Brasil. Para este propósito, utilizaram-se três bases de dados: 1) propriedades do alimento estudado; 2) as características do produto elaborado e 3) as características dos microrganismos. As bases de dados foram confrontadas e os resultados foram analisados pelo Shell Netica, para quantificar os valores referentes aos níveis de perigos dos microrganismos. De todos os microrganismos, somente dois foram classificados como de alto risco; três foram considerados de risco moderado e os demais, de baixo risco. Deste modo, o presente estudo oferece subsídios aos gerentes de risco para determinar as prioridades de ações, no processamento dos alimentos, de acordo com a classificação dos microrganismos encontrados.

Palavras-chave: Avaliação de riscos, segurança alimentar, leite.

Abstract

Hazard identification is a process well-known by food industries, and its adequate implementation and execution allow for more efficiency in food safety. There are some methods and tools, which are being currently developed to assist in this process; among them, one can single out risk evaluation. This article aims at describing details regarding risk evaluation and its incorporation in the process of identification of microbiological hazard. As a case study, it was used the type ‘C’ pasteurized milk produced in Brazil. For this purpose, it was used three databases: 1) properties of the food being studied; 2) the characteristics of the product created; and 3) the characteristics of the microorganisms. The databases were confronted and the results analyzed by the Shell Netica in order to quantify the values concerning the levels of danger of the microorganisms. Of all microorganisms analyzed, only two were classified as ‘high risky’; three were considered moderate risky, and the remaining proved to be of low risk. The present study offers xx subsidies for risk managers - those administrating risks to determine the priorities in the actions for food processing, according to the classification of microorganisms found.

Keywords: risk assessment, food safety, milk.

1. INTRODUÇÃO

A conscientização dos consumidores sobre a necessidade de consumir alimentos mais saudáveis e que não tragam riscos à saúde, tem obrigado organizações governamentais, indústrias e meios acadêmicos e científicos a reverem completamente o quadro conceitual e os instrumentos de que dispõem, para alcançar essa necessidade.

Nas últimas décadas, a palavra “riscos” vem sendo amplamente utilizada na literatura, com objetivos distintos, riscos de negócios, social, econômico, investimentos, político, mas em indústrias alimentícias, a sua aplicação está voltada para a questão de segurança alimentar, estando intimamente ligada ao termo perigo (KAPLAN & GARRICK, 1981).

O objetivo da segurança alimentar, segundo van Schothorst (1998), é limitar a concentração de agentes patogênicos nos alimentos, para que seja aceitável ao consumidor. Santos-Reyes & Beard (2002) acrescentam que a segurança não é um fator isolado, mas o grau de segurança depende do resultado das atividades interrelacionadas de pessoas, projeto da organização, gerenciamento, processo. Resumidamente, van Schothorst (1998) define como o risco aceitável, os perigos que não causam danos aos consumidores.

Segundo Mortimore & Wallace (1996), perigo é qualquer fator que pode estar presente nos alimentos e tem a possibilidade de produzir danos ao consumidor, por meio de uma lesão ou enfermidade, podendo ser classificado como físico, químico e microbiológico. Este último devido aos efeitos, aparecerem em curto espaço de tempo, tem se destacado em relação aos demais.

O processo de identificação de perigos é um procedimento conhecido e utilizado nas indústrias alimentícias; entretanto, autores como Mitchell (1998) e van Gerwen, et al. (2000) salientam que faltam critérios para ordenar os perigos por ordem de importância.

Diversas metodologias e ferramentas estão sendo desenvolvidas para auxiliar a identificação e quantificação de nocividade dos microrganismos patogênicos nos alimentos e, conseqüentemente, proporcionar processos decisórios mais rápidos e estruturados; entre elas, destaca-se a Avaliação de Riscos.

A Avaliação de Riscos é a primeira etapa Análise de Riscos, uma metodologia de amplitude maior que incorpora também, o Gerenciamento e a Comunicação de Riscos (LAMMERDING, 1997; MAYES, 1998). As duas últimas etapas são dependentes da primeira, o que faz com que a Avaliação de Riscos tenha um destaque maior para a eficiência do processo.

Este trabalho apresenta como foco principal, a descrição da Avaliação de Riscos e a sua incorporação no processo de identificação de perigos microbiológicos, tendo como estudo de caso, o leite integral pasteurizado “tipo C”, fabricado no Brasil.

2. AVALIAÇÃO DE RISCOS

Avaliação de Riscos é a estimativa da probabilidade da ocorrência de um efeito adverso ao consumidor, causando danos à sua saúde (NOTERMANS, et al., 1998). Segundo Lammerding (1997), é uma avaliação científica que emprega parâmetros numéricos para quantificar o risco; focaliza a descrição da incerteza e variabilidade da informação usada para derivar a estimativa de risco.

Segundo Hoornstra, et al. (2001), Hathaway & Cook (1997) e Hathaway (1993), o processo de avaliação de riscos envolve quatro etapas: a Identificação de Perigos, a Caracterização de Perigos, a Avaliação de Exposição e a Caracterização de Riscos.

A etapa de Identificação de Perigo tem por finalidade identificar os agentes, potencialmente, nocivos à saúde e à sua ação sobre o alimento e no homem, podendo ser de origem física, química ou microbiológica. Em função de suas funções, esta etapa talvez seja a mais importante ou, no mínimo, de grande relevância na sua implantação e, portanto, deve ser realizada criteriosamente.

A Caracterização de Perigo é a avaliação qualitativa e/ou quantitativa da natureza dos efeitos adversos.

Os resultados são obtidos, a partir de avaliações de dose-resposta, realizadas experimentalmente, com base na concentração do agente, frequência de ingestão e severidade no organismo estudado (MAYES, 1998; LAMMERDING, 1997).

A Avaliação de Exposição consiste na avaliação quantitativa e/ou qualitativa do grau de exposição humana aos agentes patogênicos (HATHAWAY, 1993).

A Caracterização de Risco, segundo Mayes (1998), é a integração das etapas anteriores, estimando os efeitos adversos comuns, que podem ocorrer numa população. Esta etapa serve de base para as tomadas de decisões (HATHAWAY, 1993).

Cabe ressaltar que existe uma grande confusão por parte de alguns autores, sobre as definições da etapa de identificação de perigo, apresentada na Avaliação de Riscos e do processo de Identificação de Perigo. Este último, apesar de ser mais utilizado, apresenta características qualitativas, de abrangência local e faz parte de metodologias tradicionais de análise de perigo. A Identificação de Perigo, parte da Avaliação de Riscos, apresenta características quantitativas e seu processo de obtenção de dados resulta de pesquisas de vários meses ou anos (SPERBER, 2001).

3. DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO COM A AVALIAÇÃO DE RISCOS

A identificação de perigo, em indústrias alimentícias, tradicionalmente é um processo qualitativo, onde ocorre somente a descrição dos microrganismos causadores de toxinfecções no homem (SPERBER, 2001). Os resultados obtidos deste processo são insuficientes para os gerentes de processos, pois não fornecem informações de quais ações devem ser priorizadas.

Neste trabalho, através da figura 1, propõe-se aprimorar o processo de identificação de perigo, incorporando a Avaliação de Riscos, de modo que este possa adquirir características qualitativas e quantitativas dos possíveis agentes patogênicos. Os dados das etapas caracterização de perigo e avaliação de exposição, parte da Avaliação de Riscos, serão obtidos, a partir de bibliografias especializadas sobre epidemiologia e biologia dos microrganismos patogênicos ao homem.

Este novo processo de identificação de perigos apresenta como inovação uma análise conjunta das propriedades dos alimentos, características dos microrganismos e do processo produtivo, bem como, utilização de dados epidemiológicos que dão subsídios à caracterização (quantificação) do risco de cada microrganismo.

Descrição mais detalhada sobre esta nova proposta, encontra-se a seguir.

ETAPA 1: Listagem de todos os microrganismos patogênicos ao homem

A identificação de perigos inicia com a confecção de uma lista de organismos patogênicos ao homem. Esta lista, devido à amplitude de dados, normalmente contém cerca de 100 microrganismos conhecidos, selecionados, a partir de fontes bibliográficas e de estudos de órgãos epidemiológicos.

ETAPA 2: Pré-seleção de microrganismos

Para alcançar o objetivo deste item e fornecer subsídios para o próximo, propõe-se o desenvolvimento de três bases de dados: 1) propriedades físico-químicas do alimento em estudo, antes e após o processamento; 2) características do processo de elaboração e 3) características dos microrganismos.

A pré-seleção de microrganismos inicia-se com o estudo da caracterização individual de cada microrganismo, tendo como base os fatores intrínsecos e extrínsecos dos alimentos que influenciam ou retardam o seu desenvolvimento. Desta maneira, conhecendo as propriedades físico-químicas dos alimentos em estudo, as características individuais de cada microrganismo e os processos em que são submetidos, ao confrontá-los, refina-se a lista, permitindo uma maior acuidade dos resultados alcançados.

ETAPA 3: Lista final dos microrganismos

Nesta etapa, ocorre um confronto entre as três bases de dados, já explicitado na etapa anterior, com o objetivo de criar uma nova lista de microrganismos específicos para o alimento e para o processo estabelecido, permitindo, assim, uma maior agilidade na decisão.

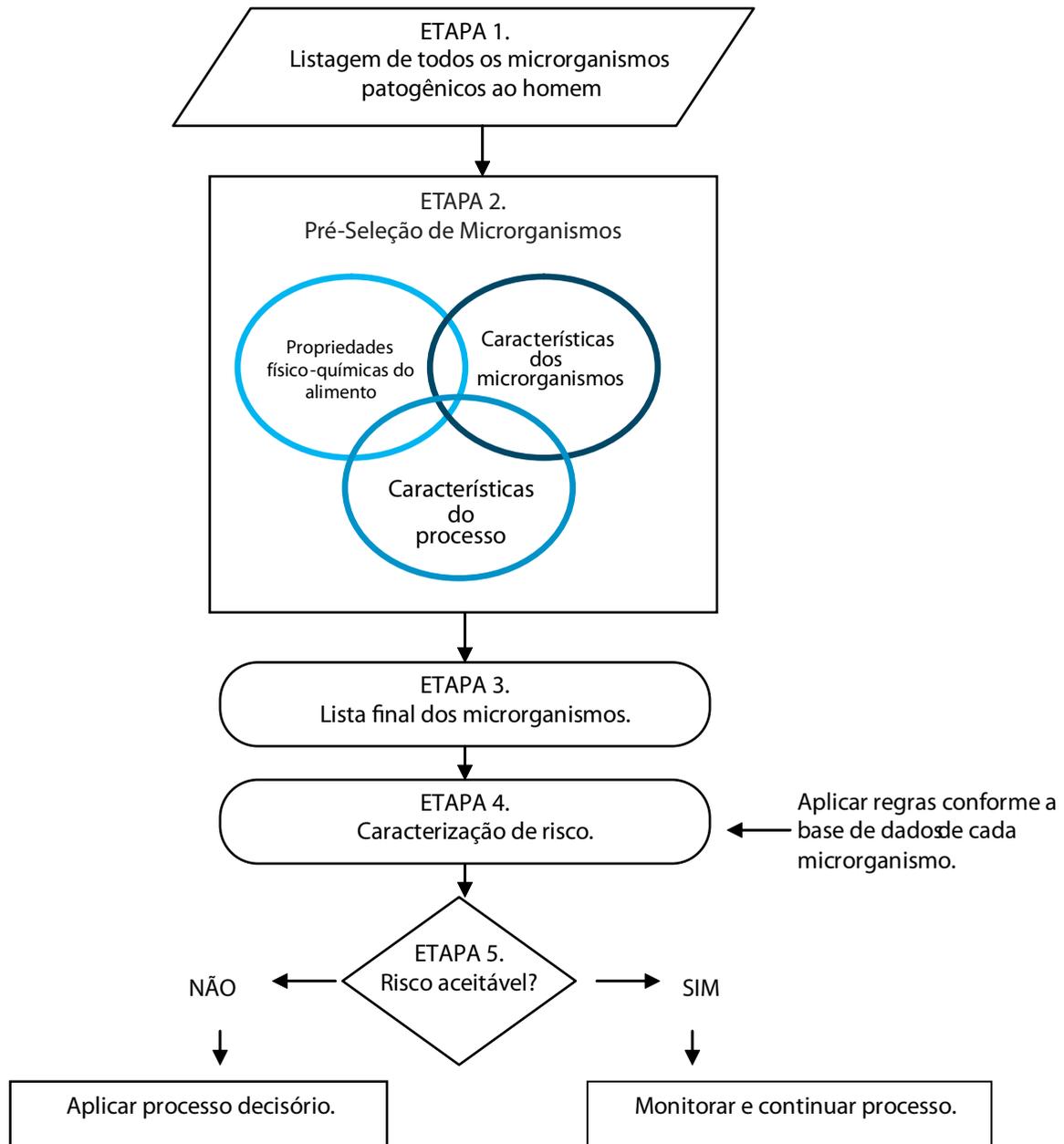


FIGURA 1 – Processo de identificação de perigo, com a inclusão de Avaliação de Riscos.

Nesta etapa, utilizam-se Sistemas Especialistas, através da aplicação do *Shell Netica*, para auxiliar os processos de tomadas de decisões, sobre qual ou quais microrganismos apresentam prioridade de remoção do alimento.

Sistemas Especialistas são sistemas de computadores que tomam decisões ou auxiliam no processo de diagnóstico, baseiam-se em conhecimentos, fatos e regras definidas por um especialista humano, em um determinado domínio de aplicação (KEUNG-CHI & ABRAMSOM, 1990 apud TOLEDO, 2000, p. 8; CELEUXA et al, 2006).

Shells são programas gerais desenvolvidos para trabalhar com a base de conhecimento específica para um determinado propósito, no caso deste trabalho, o Shell utilizado para trabalhar a base de conhecimento neste modelo, foi o Netica modelado, utilizando redes bayesianas. Seu princípio consiste em criar “nós”, a partir dos quais são definidas as variáveis e seus atributos (parte qualitativa) e tabelas (parte quantitativa), caracterizadas por valores de probabilidades associadas às variáveis.

O programa *Shell Netica* é composto de dois ambientes de trabalho, o *Netica Application* e *Netica API*. O *Netica Application* é a interface gráfica, onde a base de conhecimento é visualizada na forma de rede, como os “nós”, representando as variáveis e atributos; arcos que representam as dependências causais entre as variáveis e valores de probabilidade que podem ser visualizados através de tabelas. O *Netica API* é uma biblioteca completa de funções escritas na Linguagem C, para criar “nós”, adicionar *links*, realizar inferências, compilar e gravar (TOLEDO, 2000).

No contexto deste estudo, o uso do *Shell Netica* visa quantificar, por ordem de maior risco, os microrganismos causadores de doenças ao homem. O modelo, aqui, proposto relaciona e organiza, para cada microrganismo, as variáveis diagnósticas e seus respectivos atributos, quantificando se o seu risco de produzir algum dano na saúde do homem é alto, moderado ou baixo

ETAPA 4: Caracterização de Risco

O objetivo da caracterização de riscos, segundo Buchanam (1995), consiste em combinar as informações obtidas da exposição e dose-resposta para estimar a magnitude do risco de cada microrganismo.

A base de dados de microrganismos foi obtida a partir de informações das características intrínsecas e extrínsecas dos alimentos que afetam a sua sobrevivência ou o seu desenvolvimento, bem como, particularidades próprias de sua constituição e aspectos epidemiológicos.

O resultado é expresso em três níveis de nocividade de microrganismos, segundo a sugestão de Bishop, *apud* Kelly (1997):

- **alto:** microrganismos que apresentam capacidade de esporular e produzir toxinas termorresistentes, apresentam alta capacidade letal nos consumidores;
- **moderado:** microrganismos que, na maioria, também apresentam a capacidade de esporular e são produtores de toxinas termorresistentes, entretanto, sua concentração para causar um dano ao homem, é muito maior do que do grupo anterior;
- **baixo:** microrganismos causadores de distúrbios gastro-intestinais, freqüentemente apresentam baixo poder letal.

ETAPA 5: Aceitação ou não do risco

Dependendo do resultado da etapa anterior, se o microrganismo é de alta, moderada ou baixa nocividade, pode-se aceitar ou não a sua presença no alimento ou tomar decisões que amenizem ou retardem a sua ação.

4. ESTUDO DE CASO

Para a aplicação do modelo proposto, foi escolhido o leite integral pasteurizado “tipo C”, produzido no Brasil. O produto “leite” foi escolhido como objeto de estudo, devido ao seu processo de beneficiamento passar por várias etapas (e equipamentos) tornando-o vulnerável a contaminações microbiológicas, podendo, assim, analisar a eficiência da metodologia proposta. As bases de dados foram desenvolvidas com base em literatura científica da área, referenciadas em ROQUE-SPECHT (2002).

A seguir, será descrita a aplicação do modelo, seguindo as etapas apresentadas na figura 1.

ETAPA 1: Lista de todos os microrganismos patogênicos ao homem

A listagem de todos os microrganismos patogênicos ao homem não é uma tarefa fácil, pois ainda não se conhecem os efeitos nocivos de todos eles, bem como o modo de crescimento e sobrevivência nos alimentos. No caso do leite cru, através de pesquisas em fontes científicas, foram estimados 103 microrganismos patogênicos que podem estar presentes (ROQUE-SPECHT, 2002) (tabela 1).

ETAPA 2: Pré-seleção de microrganismos

Nesta etapa, três bases de dados são confrontadas: 1) características do alimento em estudo (leite integral pasteurizado “tipo C”, produzido no Brasil) antes e após o beneficiamento (tabela 2); 2) descrição do processo de beneficiamento do leite pasteurizado tipo “C” (tabela 3); 3) características dos microrganismos (tabela 4).

TABELA 1 – Quadro representativo dos microrganismos freqüentemente detectados nos alimentos, reconhecidos por causar danos à saúde do homem.

MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS AO HOMEM		
<i>Achromobacter</i>	<i>E. rubrum</i>	<i>Paecilomyces variotii</i>
<i>Aerobacter aerogenes</i>	<i>Emericella (Aspergillus) nidulans</i>	<i>Paraccus (Micrococcus) halodenitrificans</i>
<i>Alcaligenesfaecalis</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Pediococcus corevisiae</i>
<i>Aspergillus candidus</i>	<i>Enterococeus spp.</i>	<i>Pencillium brevicompactum</i>
<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Eremascus albus</i>	<i>Penicillium iralicum</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Erotum (Aspergillus) amstelodami</i>	<i>Penicillium variabilo</i>
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Penicillium viridicatum</i>
<i>Aspergillus ochraceous</i>	<i>Escherichia coli O157:H7</i>	<i>Phycomyces blakesleeanus</i>
<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Escherichia coli patogênica</i>	<i>Proteus vulgaris</i>
<i>Aspergillus restrictus</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
<i>Aspergillus sydowii</i>	<i>Halobacterium halobium</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
<i>Aspergillus tamarii</i>	<i>Hanseniaspora melligeri</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Aspergillus terreus</i>	<i>Hansenula canadensis</i>	<i>Rhizopus nigricans</i>
<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Laciobacillus viridescens</i>	<i>Rhodotorula macitaginosa</i>
<i>Aspergillus wentii</i>	<i>Lactoacilius spp.</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Saccharomyces exiguus</i>
<i>Bacillus megaterium</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Saccharomyces fragilis</i>
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Saccharomyces microellipsoides</i>
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	<i>Microbacterium spp</i>	<i>Saccharomyces pastori</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Micrococcus sp.</i>	<i>Saccharomyces rouxii</i>
<i>Brucella sp.</i>	<i>Micrococcus luteus (lysodeiklicus)</i>	<i>Salmonella paratyphi</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Monaseus (Xeromyces) bisporas</i>	<i>Salmonella schottmuelleri</i>
<i>Candida krusei</i>	<i>Mucor plumbeus</i>	<i>Salmonella spp.</i>
<i>Candida pseudotropicalis</i>	<i>Penicillium patulum</i>	<i>Salmonella typhi</i>
<i>Candida sp.</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Schizosaccharomyces ociosporus</i>
<i>Chrysosporium fastidium</i>	<i>Penicillium citrinum</i>	<i>Serratia marcescens</i>
<i>Clostridium botulinum tipo A</i>	<i>Penicillium cyclopium</i>	<i>Shigella spp.</i>
<i>Clostridium botulinum tipo B</i>	<i>Penicillium fellutanum</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>

<i>Clostridium botulinum</i> tipo E	<i>Penicillium frequentans</i>	<i>Streptococcus faecium</i>
<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Penicillium islandicum</i>	<i>Streptococcus lactis</i>
<i>Clostridium sporogenes</i>	<i>Penicillium martensii</i>	<i>Streptococcus pyogenes</i>
<i>Coxiella burnetti</i>	<i>Penicillium palitans</i>	<i>Vibrio cholare</i>
<i>E. fertilis</i>	<i>Penicillium patulmm</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>
<i>E. carnoyi</i>	<i>Penicillium puberulum</i>	<i>Yersinia enterocolitica</i>
<i>E. Chevalieri</i>	<i>Penicillium spinulosum</i>	

Fonte: Roque-Specht (2002).

TABELA 2 – Quadro demonstrativo das características do produto antes e ao final do processo.

Itens	Alimento
Nome do produto	Leite integral pasteurizado “tipo C”
Código	LP
Temperatura inicial	0 leite chega à empresa com temperatura inicial de 7°C
Temperatura durante o processo	A temperatura oscila em vários pontos do processo, podendo apresentar: 4, 7, 50, 70, 75°C
Temperatura do produto no final do processamento	4°C
Aa inicial	≥0,98
Aa final	≥0,98
pH inicial	6,3 a 6,5
pH final	6,3 a 6,5
Estado físico inicial	Líquido
Estado físico final	Líquido
Concentração inicial de NaCl	-
Concentração final de NaCl	-
Aditivos utilizados	Isentos
Potencial de oxi-redução inicial	Positivo
Potencial de oxi-redução final	Positivo

Fonte: Roque-Specht (2002).

TABELA 3 – Quadro demonstrativo das etapas de processamento do leite integral pasteurizado “tipo C”.

1. Recepção do leite cru na indústria
2. Filtração
3. Resfriamento
4. Estocagem do leite cru
5. Pré-aquecimento
6. Filtração / Clarificação
7. Padronização
8. Pasteurização
9. Armazenamento do leite pasteurizado

Fonte: Roque-Specht (2002).

TABELA 4 – Quadro demonstrativo das características dos microrganismos consideradas na base de dados.

nome do microrganismo
tipo (bactérias; mofos;)
produtor de esporos?
infecção /intoxicação /toxi-infecção
pH min. / pH ótimo / pH max.
temperatura mínima / temperatura ótima / temperatura máxima
Aa min.
valor D
disponibilidade de oxigênio
alimentos envolvidos
dose infectante
período de incubação
Duração
sintomas

Fonte: Roque-Specht (2002).

ETAPA 3: Lista final dos microrganismos

O resultado desta etapa são descritos na tabela 5.

TABELA 5 – Microrganismos obtidos da interação das bases de dados.

<i>Bacillus cereus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Salmonella spp.</i>
<i>Brucella sp.</i>	<i>Shigella spp.</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Streptococcus faecium</i>
<i>Coxiella burnetti</i>	<i>Streptococcus lactis</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptococcus pyogenes</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Yersinia enterocolitica</i>

Fonte: Roque-Specht (2002).

ETAPA 4: Caracterização de Risco

Nesta etapa, aplicou-se o *Shell Netica*, um sistema especialista modelado em redes bayesianas, para determinação do nível de nocividade de cada microrganismo, quantificando-se o risco de sua presença no leite integral pasteurizado, “tipo C”, após a pasteurização.

A tabela 6 mostra um quadro com os resultados da magnitude do risco obtido pelo *Shell Netica*, indicando a probabilidade do microrganismo representar um risco alto, moderado ou baixo de nocividade, conforme sugerido por Bishop, *apud* Kelly (1997).

TABELA 6: Quadro demonstrativo dos resultados obtidos pelo Shell Netica, em percentual, para a determinação da magnitude do risco de cada microrganismo.

Microrganismo	Magnitude do risco (%)		
	Alto	Moderado	Baixo
<i>Bacillus cereus</i>	68,7	31,3	0,00
<i>Bacillus subtilis</i>	9,36	90,25	0,39
<i>Brucella sp.</i>	0,00	20,3	79,7
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,00	11,7	88,3
<i>Clostridium perfringens</i>	13,5	86,5	0,00
<i>Coxiella burnetti</i>	0,00	5,50	94,5
<i>Escherichia coli</i>	0,00	6,80	93,2
<i>Lactobacillus plantarum</i>	0,00	0,00	100
<i>Listeria monocytogenes</i>	99,1	0,90	0,00
<i>Salmonella spp.</i>	0,200	31,5	68,3
<i>Shigella spp.</i>	0,00	31,5	68,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	12,8	87,2	0,00
<i>Streptococcus faecium</i>	0,00	0,00	100
<i>Streptococcus lactis</i>	0,00	0,00	100
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0,00	10,9	89,1
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,00	4,60	95,4

ETAPA 5: Aceitação ou não do risco

O quadro anterior demonstra que para o caso do leite integral pasteurizado, “tipo C”, há presença de microrganismos de alto, moderado e baixo risco à saúde humana. Os de alto e moderado risco são extremamente preocupantes, porque são resistentes à temperatura de pasteurização e sua presença no leite pasteurizado não é aceitável.

Os demais microrganismos, de baixo e moderado nível de nocividade, são indicadores de contaminação no processo de ordenha e do trajeto entre a fazenda e a usina. Portanto, passam a ser aceitos, desde que o processo de higiene seja reanalisado e/ou modificado.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dos cento e três microrganismos relatados, inicialmente, após a aplicação do modelo, somente dezesseis apresentaram-se como residuais no leite pasteurizado. Destes, somente dois foram considerados de alta, três de moderada e onze de baixa nocividade (tabela 6). Os dezesseis microrganismos obtidos por este modelo são confirmados por Potter, et al. (1984) e van Gerwen, et al. (1997), por serem os mais comuns responsáveis pelo processo de contaminação no leite pasteurizado.

Esta seleção de microrganismos facilita a busca de informações sobre quais pontos do processo estão falhos, bem como auxilia a criação de prioridades de ação para os perigos identificados como de maior risco, diminuindo esforços nos de menor importância.

Dois microrganismos foram determinados de alta periculosidade: *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes*. Segundo Davies & Wilkinson, 1973, *Bacillus cereus* é um contaminante de leite, cremes e outros produtos

de laticínios, formador de esporos termorresistentes e produtor de toxinas. Goepfert, et al. (1973) relatam uma preocupação com esta bactéria, que uma vez no trato intestinal, provocam a liberação de toxinas (proteínas), sendo que em concentração superior a 10^5 células, são capazes de provocar intoxicações no homem

Segundo Franco (1996) esta bactéria é preocupante, pois uma vez formados esporos, são necessários 24 minutos à 95°C para que ocorra a sua destruição. Entretanto, uma vez contaminado, a pasteurização do leite (que ocorre entre $72 - 75^\circ\text{C}$ por 15 segundos) não será suficiente para eliminação do problema, permanecendo no produto final.

Ao contrário do *Bacillus cereus*, a bactéria *Listeria monocytogenes* não produz esporos nem toxina, entretanto é termorresistente, consegue sobreviver a 63°C , por 5 minutos, ou 100°C por 15 segundos, ou ainda 80°C por 5 minutos (BRYAN, 1979). No homem, esta bactéria pode causar infecção intestinal ou, em alguns casos, torná-lo o seu reservatório. Os indivíduos que ficam assintomáticos, conseqüência da colonização do trato intestinal, podem contaminar utensílios, equipamentos e matéria-prima, sem desenvolverem a doença.

Em relação ao nível moderado de nocividade, três microrganismos foram determinados: *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringes*, *Staphylococcus aureus*. De forma diferenciada do grupo anterior, os microrganismos relacionados agora, apresentam particularidades, que fazem com que as alternativas para medidas de controle sejam próprias para cada espécie; entretanto, a sua periculosidade no homem é mais amena do que a do grupo anterior.

A bactéria *Bacillus subtilis* é formadora de esporos e produtora de toxinas (JAWETZ, et al., 1991). Apesar de apresentar uma alta resistência térmica (toxina resiste a 100°C por algumas horas) sua presença nos alimentos está mais relacionadas aos processos deteriorantes (PELCZAR, REID & CHAN, 1980).

O *Clostridium perfringens*, apesar de pertencer ao gênero *Clostridium*, apresenta nível de periculosidade menor, quando comparado ao *C. botulinum*. A primeira toxina é responsável por infecção invasiva, sendo necessário a ingestão de mais de 108 formas vegetativas para iniciar a produção da enterotoxina. Entretanto, o *C. botulinum* ocasiona distúrbios visuais, incapacidade de deglutir e dificuldade para falar. A morte pode ser ocasionada por paralisia respiratória ou parada cardíaca, sendo necessário apenas 1 a 2 μg (JAWETZ, et al., 1991).

O *Staphylococcus aureus* é um patógeno importante para os seres humanos e responsável por muitas infecções graves, entretanto, não é capaz de formar esporos (JAWETZ, et al., 1991). No leite, sua ocorrência está muito ligada à mastite das vacas, uma inflamação mamária que conduz a um aumento da taxa de microrganismos infecciosos no leite, na ordem de milhões/ml (ICMSF, 1985).

A maioria das sub-espécies de *S. aureus* são destruídas pela temperatura de 72°C por 11 segundos ou 75°C por 7 segundos (JOHNSON, NELSON & JOHNSON, 1990), ou seja, a temperatura de pasteurização. Entretanto, quando o nível de contaminação é muito elevado, no caso de mastite, a pasteurização não consegue eliminar completamente as bactérias.

O terceiro grupo ilustrado na tabela 6 são os microrganismos de baixa nocividade, dentre eles, pode-se citar: *Brucella sp.*, *Campylobacter jejuni*, *Coxiella brunetti*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus plantarum*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus pyogenes*, *Yersina enterocolitica*. Todos estes microrganismos estão relacionados com a falta de higiene da indústria de beneficiamento ou do local de ordenha, bem como de enfermidades inflamatórias dos animais.

De acordo com a descrição Jawetz, et al. (1991), os resultados obtidos no modelo estão coerentes com a literatura específica.

6. CONCLUSÃO

A segurança de alimentos é uma ciência que tem evoluído ao longo dos anos, devido à sua necessidade de atender aos interesses dos consumidores, políticos e órgãos de saúde e governamentais. Entretanto, devido à sua importância, o processo de identificação de perigo tem sido objeto de vários estudos, com o intuito de aprimorar os resultados e fornecer subsídios para as tomadas de decisão.

No caso dos microrganismos, apesar de todos merecerem atenção, os de alta nocividade demandam ações imediatas, para não causarem danos à saúde do homem. Em função disso, a Avaliação de Riscos demonstrou ser capaz de aprimorar o processo de identificação de perigos, acrescentando características quantitativas, permitindo, assim, ordenar as prioridades de ação.

Este trabalho demonstrou que o processo de identificação de perigos é amplo e complexo e que para ser eficiente, necessita-se de conhecimentos de várias áreas, como de processo, de alimento, de microrganismos, de sistemas especialistas e metodologias que incluam o risco, como é o caso da Avaliação de Riscos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRYAN, F. L. Epidemiology of food-borne diseases. In: RIEMANN, H.; BRYAN, F. L. (Ed.). **Food-borne infections and intoxications**. London: Academic Press., 1979, cap. 1, p. 3-69.
- BUCHANAN, R. The role of microbiological criteria and risk assessment in HACCP. **Food Microbiology**, London, v. 12, p. 421 - 424, 1995.
- CELEUXA, G.; CORSETB, F.; LANNOYC, A., RICARDC, B. Designing a Bayesian network for preventive maintenance from expert opinions in a rapid and reliable way. **Reliability Engineering & System Safety**, v.91, n. 7, p. 849-856, 2006.
- DAVIES, F. L.; WILKINSON, G. *Bacillus cereus* in milk and dairy products. In: HOBBS, B. C.; CHRISTINA, J. H. B. (Ed.) **The microbiological safety of food**. London: Academic Press, 1973, p. 57-67.
- FRANCO, B. G. de M. Fatores intrínsecos e extrínsecos que controlam o desenvolvimento microbiano nos alimentos. In: FRANCO, B. G. de M.; LANDGRAF, M. (Ed.) **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996, cap. 2, p. 13 - 26.
- GERWEN, S. J. C. van; GIFFEL, M. C. TE; RIET, K. van't; BEUMER, R. R.; ZWIETERING, M. H. Stepwise quantitative risk assessment as a tool for characterization of microbiological food safety. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 6, p. 938-951., 2000.
- GERWEN, S. J. C. van; WIT, J. C. DE; NOTERMANS, S.; ZWIETERING, M. H. An identification procedure for foodborne microbial hazards. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 38, p. 1-15, 1997.
- GOEPPERT, J. M.; SPIRA, W. M.; GLATZ, B. A.; KIM, H. U. Pathogenicity of *Bacillus cereus*. In: HOBBS, B. C.; CHRISTIN, J. H. B. (Ed.) **The microbiological safety of food**. London: Academic Press, 1973, p. 69-75.
- HATHAWAY, S. C. Risk assessment procedures used by the Codex Alimentarius Commission and its subsidiary and advisory bodies. **Food Control**, Guildford, v. 4, n. 4, p.189 - 201, 1993.
- HATHAWAY, S. C.; COOK, R. L. A regulatory perspective on the potential uses of microbial risk assessment in international trade. **International Journal of Food Microbiology**, v. 36, n. 2-3, p.127 - 133, 1997.
- HOORNSTRA, E.; NORTHOLT, M. D.; NOTERMANS, S.; BARENDZ, A. W. The use of quantitative risk assessment in HACCP. **Food Control**, Guildford, v. 12, p. 229-234, 2001.
- ICMSF (Internacional Commission on Microbiological Specification for Foods). Leche y productos lacteos. In: _____ (Ed.). **Ecologia Microbiana de los Alimentos 2: productos alimenticios**, Zaragoza: Acri-bia, 1985. cap 18, p. 472-525.
- JAWETZ, E.; MELNICK, J. L.; ADELBERG, E. A.; BROOKS, G. F.; BUTEL, J. S.; ORNSTON, L. N. Patogênica da infecção bacteriana e resistência do hospedeiro à infecção. In: **Microbiologia Médica**, ed. JAWETZ, E.; MELNICK, J. L.; ADELBERG, E. A.; BROOKS, G. F.; BUTEL, J. S.; ORNSTON, L. N., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991, p. 109-123.
- JOHNSON, E. A.; NELSON, J.H.; JOHNSON, M. Microbiological safety of cheese made from heat-treated

- milk, part II. microbiology. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 53, n. 6, p. 519-540, 1990.
- KAPLAN, S.; GARRIK, B. J. On the quantitative definition of risk. **Risk Analysis**, New York, v. 1, n. 1, p. 11-27, 1981.
- KELLY, P. M. Microbiology risk analysis of milk and milk products in international trade. **Farm & Food**, v. 7, n. 2, p. 23-28, 1997.
- LAMMERDING, A. M. An overview of microbial food safety risk assessment. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 60, n. 11, p. 1420-1425, 1997.
- MAYES, T. Risk analysis in HACCP: burden or benefit? **Food Control**, Guildford, v. 9, n. 3, p. 171-176, 1998.
- MITCHELL, R.T. Why HACCP fails. **Food Control**, Guildford, v. 9, n. 2-3, p. 101, 1998.
- MORTIMORE, S.; WALLACE, C. **HACCP: enfoque práctico**. Zaragoza: Acribia, 1996. 291 p.
- NOTERMANS, S.; NAUTA, M. J.; JANSEN, J.; JOUVE, J. L.; MEAD, G. C. A risk assessment approach to evaluating food safety based on product surveillance. **Food Control**, Guildford, v. 9, n. 4, p. 217-223, 1998.
- PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. C. S. **Microbiologia**. São Paulo: McGraw-Hill, 1980. vol. 2, p. 578 - 1072.
- POTTER, M. E.; KAUFMANN, A. F.; BLAKE, P. A.; FELDMAN, R. A. Unpasteurized milk. The hazards of a healf fetish. **JAMA – Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 252, n. 15, p. 2048-2052, 1984.
- ROQUE-SPECHT, V. F. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de riscos para o aumento da segurança alimentar**. 2002. 157 f. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SANTOS-REYES, J; BEARD, A. N. Assessing safety management systems. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 15, p. 77-95, 2002.
- SCHOTHORST, M. van. Principles for the establishment of microbiological food safety objectives and related control measures. **Food Control**, Guildford, v. 9, n. 6, p. 379-384, 1998.
- SPERBER, W. H. Hazard identification: from a quantitative to a qualitative approach. **Food Control**, Guildford, v.12, p. 223 - 228, 2001.
- TOLEDO, R. V. A. **Sistema de auxílio ao diagnóstico diferencial de cefaléia**. 2000. 86 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.