



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## COMPARAÇÃO ENTRE DUAS MATRIZES FMEA APLICADAS EM LATICÍNIOS DE LAVRAS – MG

Amanda de Cássia Nogueira<sup>1</sup>; Alexandre de Paula Peres<sup>2</sup>

---

### RESUMO

O FMEA (do inglês – *Failure Mode and Effect Analysis*) é uma metodologia que vem sendo empregada na avaliação do risco ambiental durante o processo produtivo. Embora a certificação ambiental signifique fortalecimento da imagem da empresa e garantia de sua permanência no mercado, ela é ainda muito onerosa, principalmente para as empresas de pequeno e médio porte. Diante disso, o FMEA pode ser uma referência para as empresas começarem a diagnosticar o risco ambiental causados pelos mesmos. Esta metodologia foi empregada para diagnosticar diferenças quanto à preocupação ambiental e aos controles ambientais exercidos em dois laticínios de Lavras. Por meio da aplicação deste método, podem-se observar distintas aplicações diante dos quadros encontrados nas empresas: diagnóstico dos riscos e confirmação dos controles tomados.

**Palavras-chave:** FMEA; gestão ambiental; estudos de caso.

### COMPARISON BETWEEN TWO FMEA ANALYSIS APPLIED TO DAIRY PLANTS FROM LAVRAS – MG

### ABSTRACT

The FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) is a methodology that has been used in environmental risk assessment during the production process. Although the environmental certification means strengthening corporate image and ensuring their stay in the market, it is still very costly, particularly for small and medium businesses. Given this, the FMEA can be a benchmark for companies to start to diagnose the environmental risk caused by them. This methodology was used to diagnose differences in environmental concern and environmental controls exercised in two dairy plants from Lavras. By applying this method, one can observe different applications on the tables found in business: diagnosis and confirmation of the risks of controls taken.

**Keywords:** FMEA; environmental management; case studies.

---

Trabalho recebido em 05/03/2010 e aceito para publicação em 14/06/2010.

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), e-mail: amandinha\_jcp@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), e-mail: peres@dca.ufla.br

## 1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental vem se tornando uma incógnita para as empresas, especialmente para as indústrias de pequeno e médio porte, as quais, atualmente, representam 99% das empresas formais na indústria, comércio e serviços (MENDES, 2009; SEBRAE, 2010). E por representarem grande porção, o impacto gerado pelas mesmas é significativo, quando analisado coletivamente (ZAMBRANO & MARTINS, 2007).

Pressões decorrentes dos governos, da sociedade civil organizada e do próprio mercado vêm impulsionando as empresas a adotarem uma postura ambientalmente correta (MENDES, 2009).

Dentro do contexto atual é perceptível que as grandes organizações, de forma geral, se encontram em estágio mais avançado no trato das questões ambientais. Em contrapartida, uma vez que as pequenas e médias empresas enfrentam uma série de dificuldades na condução de seus negócios, a questão ambiental é, geralmente, tratada por estas empresas, como um compromisso secundário e de custo elevado, motivado, muitas vezes pela pressão dos órgãos de controle.

Dentre os vários benefícios trazidos para o processo pela melhoria na relação com o meio ambiente, Ferreira & Francisco (2007) destacam: economia de

materiais, decorrentes do processamento, da substituição, da reutilização ou da reciclagem dos insumos de produção; melhor utilização dos subprodutos; menor consumo de energia; aumento do rendimento do processo; redução dos custos de armazenamento e manuseio de materiais; conversão de desperdícios na forma de valor; e eliminação ou redução do custo das atividades envolvidas na descarga, manuseio, transporte e descarte de resíduos.

No setor de laticínios situam-se as unidades produtivas com menor capacidade de busca das soluções tecnológicas necessárias às suas atividades. Outro fator de grande importância, o qual ocorre neste segmento, por suas próprias características, é uma grande agressão ao meio ambiente, ocasionada principalmente pelos efluentes líquidos gerados (MINAS AMBIENTE, 1998).

Entretanto, a certificação ambiental significa fortalecimento da imagem da empresa e a garantia de sua permanência no mercado.

A utilização do método FMEA (do inglês – *Failure Mode e Effect Analysis*) para avaliação do risco ambiental durante o processo produtivo pode ser uma referência para os pequenos empresários começarem a diagnosticar o risco ambiental causados pelos mesmos. Além disso, a implantação de programas de

gestão ambiental pode auxiliar a empresa a diminuir seus custos devido ao aumento da eficiência.

O objetivo deste trabalho foi elaborar e comparar os formulários de aplicação do FMEA de dois laticínios de pequeno e médio porte, respectivamente, da região de Lavras – MG com o intuito de diagnosticar os potenciais riscos gerados pelos mesmos e as diferenças quanto à preocupação ambiental e aos controles ambientais exercidos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. O Método FMEA**

Para os autores Stamatis (2003) e Helman (1995), o FMEA é uma ferramenta utilizada para identificar, minimizar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais, de sistemas, processos, projetos, produtos e prestação de serviços, antes que estas atinjam o cliente e a empresa.

Já para Palady (2004), o FMEA é uma metodologia que oferece três funções distintas, que são: “FMEA é uma ferramenta para prognóstico de problemas”; “FMEA é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados”; e “FMEA é o diário do projeto, processo ou serviço”.

Diversas aplicações da ferramenta FMEA têm sido relatadas por pesquisadores de diversas áreas: como suporte ao gerenciamento de riscos em serviços hospitalares (PAPARELLA, 2007; REID, 2005); avaliação de riscos associados à estratégia de terceirização (WELBORN, 2007); análise de falhas existentes em etapas de sistemas agroindustriais (GARRAFA e ROSA, 2004; GARRAFA, 2005); avaliação do risco ambiental (ZAMBRANO & MARTINS, 2007).

A forma de apresentação da ferramenta FMEA é no formato de formulários físicos ou digitais. Nestes formulários reúnem-se todas as informações relevantes da ferramenta para facilitar no seu desenvolvimento, análise e interpretação (AGQ, 2006).

### **2.2. O formulário para aplicação do FMEA**

As matrizes foram elaboradas de acordo com Zambrano & Martins (2007). Visitas as empresas foram realizadas para realizar um levantamento das entradas e saídas de cada operação do processo. As saídas que apresentaram risco ambiental foram analisadas. O Quadro 1 apresenta o formulário.

**Quadro 1.** Formulário do FMEA.

Descrição das saídas – função	Tipo	Efeito do impacto ambiental	Causa do Impacto Ambiental	Controles atuais	S	O	D	A	R	Controles ambientais – ações recomendadas
-------------------------------	------	-----------------------------	----------------------------	------------------	---	---	---	---	---	---

Fonte: Adaptado de Helman & Andery (1995).

De acordo com Zambrano & Martins (2007), as colunas deste formulário foram preenchidas da seguinte forma:

- descrição das saídas – função: foram descritas as saídas e a sua função durante o processo produtivo;
- tipo de impacto ambiental: os impactos ambientais que ocorrem cotidianamente na empresa estudada foram classificados como “real”, por outro lado, os impactos que possam vir a ocorrer foram classificados como “potencial”;
- efeito do impacto ambiental: descrevem-se os meios envolvidos com o impacto ambiental, estes podem ser: a água, o solo e o ar;
- causa do impacto ambiental: na maioria das vezes, a causa do impacto ambiental é o descarte incorreto dos resíduos e efluentes industriais;
- controles atuais: são as atitudes que a empresa pesquisada adota para impedir que ocorra o impacto ambiental. Quando a empresa não adota nenhuma atitude para mitigar o impacto, esta coluna estará em branco;

f) as colunas “S”, “O”, “D”, “A” e “R” representam a “severidade”, a “ocorrência”, a “detecção”, a “abrangência do impacto” e o “risco ambiental”;

g) controles ambientais - ações recomendadas: nesta coluna estão descritas as ações que as organizações deveriam adotar para mitigar os impactos ambientais. Quando os “controles atuais” da organização forem julgados como eficazes para mitigar os impactos ambientais, não será recomendada nenhuma ação.

Para realizar uma análise dos riscos ambientais, utilizando o FMEA, foi necessário adaptar os índices de severidade, ocorrência e detecção do impacto ambiental, além disso, foi acrescentado o índice de abrangência o impacto. Nos Quadros 2, 3, 4 e 5 estão descritos os índices adotados. Adotou-se o índice de ocorrência igual 1 para os impactos ambientais potenciais.

**Quadro 2.** Classificações de severidade.

	<b>Severidade do impacto ambiental</b>	<b>Classificação</b>
Alta	Produtos muito danosos ao meio ambiente, que apresentam as características: corrosividade, reatividade, explosividade, toxicidade, inflamabilidade e patogenicidade	3
Moderada	Produtos danosos ao meio ambiente, que possuem longo tempo de decomposição, por exemplo: metais, vidros e plásticos. Também é considerada a utilização de recursos naturais	2
Baixa	Produtos pouco danosos ao meio ambiente, que possuem curto tempo de decomposição, como papelão e tecidos	1

**Quadro 3.** Classificações de ocorrência de impactos ambientais reais.

	<b>Ocorrência do impacto ambiental</b>	<b>Classificação</b>
Alta	O impacto ambiental ocorre diariamente	3
Moderada	O impacto ambiental ocorre mensalmente	2
Baixa	O impacto ambiental ocorre semestralmente ou anualmente	1

**Quadro 4.** Classificações de detecção.

	<b>Detecção do impacto ambiental</b>	<b>Classificação</b>
Baixa	Para detectar o impacto ambiental é necessária a utilização de tecnologias sofisticadas	3
Média	O impacto ambiental é percebido com a utilização de medidores simples. Exemplos: hidrômetro e medidor de energia elétrica	2
Alta	O impacto ambiental pode ser percebido visualmente	1

**Quadro 5.** Classificações de abrangência de impactos ambientais.

<b>Abrangência do impacto ambiental</b>	<b>Classificação</b>
O impacto ambiental ocorre fora dos limites da organização	3
O impacto ambiental ocorre dentro dos limites da organização	2
O impacto ambiental ocorre no local onde está sendo realizada a operação	1

As saídas analisadas foram: consumo de energia e água, consumo e armazenamento de lenha, embalagens de matérias-primas, insumos, embalagens com resíduos orgânicos, sujeira do chão de fábrica, água proveniente de pisos e equipamentos, salmoura, soro, fumaça e cinzas provenientes da caldeira.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso. Este método pode ser escolhido quando se deseja saber como e por que um fenômeno ocorre. De acordo com Yin (2001), a definição de estudo de caso é: “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

O primeiro estudo de caso caracterizou-se por uma empresa de pequeno porte. Localizada na zona rural da cidade de Lavras desde 1997, possui 16 funcionários. Seus produtos são quatro tipos de queijo, com um processamento diário em torno de 3500 litros de leite. Enquanto, uma empresa de médio porte caracterizou o segundo estudo de caso, a qual, também situada na cidade de Lavras, tendo como produtos: diversos tipos de queijo, iogurtes, requeijão e creme de leite. Operando desde 1999, a empresa possui cerca de 100 funcionários e processa cerca de 32.000 litros de leite por dia.

Os formulários do FMEA para os estudos de caso encontram-se nos Quadros 6 e 7.

**Quadro 6.** Formulário FMEA: Primeiro estudo de caso.

Descrição das saídas - função	Tipo	Efeito do impacto ambiental	Causa do Impacto Ambiental	Controles atuais	S	O	D	A	R	Controles ambientais – ações recomendadas
Consumo de energia	R	Utilização dos recursos naturais	A energia elétrica é utilizada na operação dos equipamentos	-	2	3	2	3	36	Melhoria contínua na minimização do consumo e na compra de novos equipamentos, preferir os que consomem menos energia elétrica
Consumo de água	R	Utilização dos recursos naturais	A água é utilizada no processo	-	2	3	2	2	24	Contabilização do consumo Melhoria contínua dos processos para minimizar o consumo de água  Análise semestral para sua utilização na caldeira
Consumo e armazenamento da lenha	R	Utilização dos recursos naturais	A lenha é utilizada para alimentar a caldeira	A lenha utilizada é legalizada	2	3	1	3	18	Construção de um local para armazenamento de lenha (pelo menos uma cobertura)  Busca de informações mais precisas sobre a lenha de café (também utilizada) em virtude do seu menor preço
Embalagens de matérias-primas, insumos, embalagens de papel e plástico	R	Contaminação do solo	Provenientes do processo  As embalagens são encaminhadas a empresa de coleta de lixo	As embalagens são separadas de acordo com seus respectivos materiais	2	3	1	3	18	As embalagens já separadas devem ser encaminhadas para reciclagem
Embalagens com resíduos orgânicos	R	Contaminação do solo	Provenientes do processo falho  As embalagens são encaminhadas a empresa de coleta de lixo	-	2	3	1	3	18	Minimização da geração dessas embalagens  Devem ser lavadas e então destinadas à reciclagem
Sujeira do chão de fábrica	R	Contaminação do solo e/ou da água	Proveniente do processo  Parte da sujeira é encaminhada para	-	2	3	1	3	18	Destinada à reciclagem e reaproveitamento do lixo orgânico para adubo

			e empresa de coleta de lixo e outra descartada em um curso d'água junto com a água residual do processamento							
Água proveniente da higienização de pisos e equipamentos	R	Contaminação da água	Proveniente de operações necessárias do processo  Descartada em um curso d'água próximo a empresa	-	2	3	2	3	36	Destinada à estação de tratamento de efluentes, a qual deve ser construída
Salmoura	R	Contaminação do solo e/ou da água	-	-	2	2	2	3	24	-
Soro	R	Contaminação do solo e/ou da água	O soro é um resíduo do processamento	Destinado à alimentação suína	2	3	1	3	18	Adequação do tanque de armazenamento (fechamento e capacidade)
Fumaça da caldeira	P	Contaminação do ar	Proveniente da queima da lenha na caldeira	-	2	3	2	2	24	Instalação de um filtro
Cinzas	R	Contaminação da água	Proveniente da queima da lenha na caldeira	-	2	3	2	2	24	Aplicação em solos de cultivo

**Quadro 7.** Formulário FMEA: Segundo estudo de caso.

Descrição das saídas - função	Tipo	Efeito do impacto ambiental	Causa do Impacto Ambiental	Controles atuais	S	O	D	A	R	Controles ambientais – ações recomendadas
Consumo de energia	R	Utilização dos recursos naturais	A energia elétrica é utilizada na operação dos equipamentos	Controle através de gráficos e tabelas	2	3	2	3	36	Melhoria contínua na minimização do consumo e na compra de novos equipamentos, preferir os que consomem menos energia elétrica
Consumo de água	R	Utilização dos recursos naturais	A água é utilizada no processo	Controle através de gráficos e tabela  Consciência da relação	2	3	2	2	24	Melhoria contínua dos processos para minimizar o consumo de água  Análise semestral para sua utilização na caldeira



				consumo de água/litro de leite processado						
Consumo e armazenamento da lenha	R	Utilização dos recursos naturais	A lenha é utilizada para alimentar a caldeira	A lenha utilizada é legalizada	2	3	1	3	18	Construção de um local para armazenamento de lenha (pelo menos uma cobertura)
Embalagens de matérias-primas, insumos, embalagens de papel e plástico	R	Contaminação do solo	Provenientes do processo	As embalagens são separadas de acordo com seus respectivos materiais enviadas para reciclagem	2	3	1	3	18	-
Embalagens com resíduos orgânicos	R	Contaminação do solo	Provenientes do processo falho	-	2	3	1	3	18	Minimização da geração dessas embalagens  Devem ser lavadas e então destinadas à reciclagem
Sujeira do chão de fábrica	R	Contaminação do solo e/ou da água	Proveniente do processo	Destinada à reciclagem e reaproveitamento do lixo orgânico para adubo	2	3	1	3	18	Minimização da geração desta
Água proveniente da higienização de pisos e equipamentos	R	Contaminação da água	Proveniente de operações necessárias do processo	Destinada a estação de tratamento de efluentes	2	3	2	3	36	Otimização da quantidade de água utilizada para este fim (custo menor em seu tratamento)
Salmoura	R	Contaminação do solo e/ou da água	-	-	2	2	2	3	24	-
Soro	R	Contaminação do solo e/ou da água	O soro é um resíduo do processamento	Vendido a outras empresas	2	3	1	3	18	-
Fumaça da caldeira	P	Contaminação do ar	Proveniente da queima da lenha na caldeira	-	2	3	2	2	24	Instalação de um filtro
Cinzas	R	Contaminação da água	Proveniente da queima da lenha na caldeira	-	2	3	2	2	24	Aplicação em solos de cultivo

Nos Quadros 6 e 7, os controles realizados pelos estudos de caso podem ser observados. O primeiro formulário (Quadro 6) demonstra os controles quase

inexistentes. De todas as saídas levantadas, os únicos controles, ainda que parciais encontrados foram a utilização de lenha legalizada, a separação das embalagens

recicláveis e o destino do soro à alimentação suína. Controles estes, ainda distantes do ideal tanto na questão ambiental quanto na econômica.

A lenha legalizada, por exemplo, deve ter sua utilização controlada e otimizada de forma sustentável. As embalagens separadas devem ser encaminhadas a reciclagem, além de apenas separadas. O soro deve ser armazenado adequadamente e convertido em valor, diante do resíduo de alto valor agregado que representa. Não obstante a estes fatores, a inexistência de uma estação de tratamento de efluentes é um fator bastante preocupante.

Entretanto, no segundo caso, observaram-se controles na maioria das saídas, embora recomendações ainda tenham sido sugeridas, como fatores relacionados à caldeira na qual é empregada lenha, fonte de fumaça e cinzas provenientes da queima deste combustível.

As visitas realizadas e a posterior elaboração do formulário possibilitaram a identificação de duas visões distintas por parte dos estudos de caso. Apesar de ambas terem consciência da importância da implantação de um Sistema de Gestão Ambiental ou mesmo da importância de se tomar medidas que diminuam os impactos causados, os objetivos traçados eram diferentes.

O primeiro caso tinha como meta de curto prazo se adequar à legislação e aos poucos implantar um Sistema de Gestão Ambiental. Enquanto o segundo já está buscando esta implantação e controle, a fim de ter um diferencial a curto e longo prazo, principalmente.

Um dos motivos dessa diferença pode ser a capacidade instalada de produção de cada empresa. O segundo caso abordado tem uma capacidade de produção quase dez vezes superior ao da primeira empresa, propiciando a esta empresa maior mercado e situação financeira mais estabilizada. Embora produza em maior escala, levando a maior geração de resíduos em potencial, faz com que ocorra maior preocupação com os impactos ambientais causados, acarretando maior pressão tanto do mercado quanto dos órgãos fiscalizadores.

Segundo Mendes (2009), estudos realizados no setor de laticínios identificaram que as maiores carências tecnológicas estão contidas no segmento de empresas de pequeno e médio porte. Além disso, neste segmento, encontram-se as unidades produtivas com menor capacidade de busca de soluções tecnológicas necessárias às suas atividades. Outro fator de grande importância, o qual ocorre neste segmento, por suas próprias características, é uma grande agressão ao meio ambiente, ocasionada principalmente

pelos efluentes líquidos gerados (MINAS AMBIENTE, 1998).

Na tentativa de busca por soluções, as empresas de pequeno e médio porte vêm realizando parcerias com instituições de pesquisa e desenvolvimento como intuito de suprir suas deficiências tecnológicas (MENDES, 2009). Parceria essa, comprovada pelo primeiro estudo de caso, o qual a buscou.

A aplicação do método FMEA para avaliação do risco ambiental destes processos teve diferentes aplicações diante dos quadros encontrados nas empresas. Em virtude da onerosidade que a certificação ambiental representa, este método tem o objetivo de propiciar um diagnóstico preliminar dos riscos ambientais causados pelos seus processos. Isto pôde ser evidenciado no primeiro caso. O método pôde ser um diagnóstico dos riscos gerados, da importância e da necessidade de se tomar medidas com a finalidade de minimizar estes riscos, os quais muitas vezes não eram ainda notados.

Porém, no que se diz respeito ao segundo caso, a matriz pode ser a confirmação do caminho certo que estão tomando quanto à preocupação em relação aos impactos ambientais e a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método FMEA pode ser utilizado como ferramenta de diagnóstico dos riscos gerados pelos laticínios e também como ferramenta de comparação entre os mesmos, demonstrando as diferenças em relação à preocupação ambiental e a importância de um Sistema de Gestão Ambiental de acordo com as metas traçadas pelas empresas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AGQ - ASSOCIAÇÃO GAÚCHA PARA A QUALIDADE. **Curso FMEA: Análise de modo e Efeitos de Falha em Potencial**. 3. ed. Novo Hamburgo: 2006, 48 p.
- FERREIRA, J. C.; FRANCISCO, A. C. **Gestão Ambiental fator competitivo dentro do mundo dos negócios**. Ponta Grossa, 2007.
- GARRAFA, M. **Aplicação de FMEA na otimização dos fatores de produção da canola**. Santa Maria: UFSM, 2005. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Maria, 2005.
- GARRAFA, M; ROSA, L. C. Priorização de ações em cultivo de canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) na Escola-Fazenda da SETREM – subprocesso semeadura. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. **Anais [CD-Rom]**, 2004.
- HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 174 p.
- MENDES, L. Gestão ambiental, custo ou benefício para a micro e pequena empresa?: Um estudo de caso no setor de laticínios. **VI SEMEAD**. Disponível em:

- <www.ead.fea.usp.br/.../019Adm--%20Gestao%20Ambiental,%20Custo%20ou%20Benef%20EDcio.doc>  
Acesso em: dez 2009.
- MINAS AMBIENTE. **Ensino e Desenvolvimento para o Controle Ambiental nas Indústrias: Relatório Soro.** Belo Horizonte, 1998.
- PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevenindo e prevenindo problemas antes que ocorram.** 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.
- PAPARELLA, S. Failure mode and effects analysis: a useful tool for risk identification and injury prevention. **Journal of Emergency Nursing**, v. 33, n. 4, p. 367-371, 2007.
- REID, R. D. FMEA – Something old, something new. **Quality Progress**, v. 38, n. 5, p. 90-93, 2005.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Conhecendo a MPE.** Disponível em: <http://www.sebraesp.com.br>. Acesso em: jan 2010.
- STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution.** 2. ed. Milwaukee, Winsconsin: ASQ Quality Press, 2003. 496p.
- WELBORN, C. Using FMEA to assess outsourcing risk. **Quality Progress**, v. 40, n. 8, p. 17-21, 2007.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Tradução: Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Brookman, 2001. 212 p.
- ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do Método FMEA para avaliação do risco ambiental. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 295-309, 2007.