

# Análise de Falhas: uma Abordagem Exploratória

## Failure Analysis: an Exploratory Approach

Leonardo Sturion<sup>a\*</sup>; Marcia Cristina dos Reis<sup>a</sup>; Diogo Alfieri Palma<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Instituto Federal do Paraná, PR, Brasil

<sup>b</sup>Pontifícia Universidade Católica, Curso em Engenharia de Produção, PR, Brasil

\*E-mail: sturion09@yahoo.com.br

### Resumo

A presente pesquisa investigou a importância do gerenciamento de falhas em organizações, associando esse processo às diversas grandes áreas correlatas ao âmbito industrial, sejam essas voltadas à prestação de serviços ou à produção de bens materiais, como, por exemplo: qualidade, logística e transporte, manutenção, segurança, planejamento, programação e controle da produção, entre outras. A metodologia sugerida tende à maior integração e confiabilidade nas etapas de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento do produto, resultando em maior facilidade na gestão do projeto, interação entre os envolvidos na cadeia de suprimentos e redução do tempo de resposta frente à tomada de decisão em função de determinada falha;

**Palavras-chave:** Metodologia. FMEA. Risco. Qualidade.

### Abstract

*The present study examines the importance of failure management in organizations, associating this process to the several big correlated areas in the industrial scope, focused towards service providing or production of material goods such as: quality control, logistics and transportation, maintenance, safety, planning, scheduling and production control, among others. The method suggested leads to higher integration and reliability on the product's pre-development, development and post-development phases, providing better product's management, interaction among the subjects in the supply chain, and reduction of the decision response about a specific failure.*

**Keywords:** Methodology. FMEA. Risc. Quality.

### 1 Introdução

Na atualidade, a importância do gerenciamento de falhas em organizações é crescente e notória, podemos associar esse processo às diversas grandes áreas correlatas ao âmbito industrial, sejam essas voltadas à prestação de serviços ou à produção de bens materiais, como, por exemplo: qualidade, logística e transporte, manutenção, segurança; planejamento, programação e controle da produção, entre outras. Como reflexo da evolução tecnológica, o foco da produção de bens e serviços transcende a etapa de *mastering*, o que significa que processos são cada vez mais conhecidos e dominados, sendo a busca por excelência uma constante, principalmente em se tratando de projetos - cuja finalidade é a satisfação do cliente frente às particularidades de seu negócio, sendo esse intrínseco a objetivos, metas e restrições mercadológicas - ou ainda pura e simplesmente em prol da competitividade.

O projeto é um conceito importante para o gerenciamento de falhas. Por envolver um *script* detalhado e exclusivo, ele traz à tona particularidades inerentes à análise de falhas; ainda que o projeto tenha sido finalizado, tais informações contribuem para a análise que será abordada na sequência, daí a necessidade de se “projetizar” ou, ao menos, planejar de forma estruturada o negócio da organização. Dessa

forma, temos, em analogia à melhoria contínua, uma forte tendência ao planejamento, análise e controle associado a planos de ação.

Dentre as metodologias de melhoria contínua, encontra-se o *Define, Measure, Analyze, Improve and Control – DMAIC*, abordado nesse artigo junto ao *Failure Mode and Effects Analysis – FMEA*, com o objetivo de apresentar um modelo de gerenciamento de falhas nos pilares produtivos, falhas essas que, quando desprezadas, culminam em desperdícios, inconformidades, retrabalho, riscos à saúde e à segurança, entre outros.

### 2 Material e Métodos

A metodologia utilizada neste trabalho é de caráter descritivo e experimental. Realizou-se inicialmente um levantamento bibliográfico que ofereceu uma base teórica sobre risco nas empresas e sobre os potenciais de ocorrência de falhas nos processos de produção industrial. A parte experimental baseou-se em levantamentos semanais em processos de laminação e produção de artefatos de aço para coberturas de uma grande metalúrgica da cidade de Londrina. Foram desenvolvidos formulários próprios para a fase de coleta de dados. As análises foram realizadas com base em

modelagem probabilística e de simulações.

## 2.1 Análise de falhas FMEA

O FMEA é, segundo Kardec e Nascif (2009), uma abordagem que ajuda a identificar e priorizar falhas potenciais, tendo sua aplicação mais comum em: processo, projeto e sistema. Esse processo inclui, não apenas e tão somente ações corretivas, mas, também, preventivas e preditivas: “[...] o FMEA é proativo, implicando na eliminação de problemas potenciais antes que eles sejam realmente criados em um protótipo, durante o processo ou em campo” (PALADY, 2007, p.6).

Uma vez estabelecida a importância e aplicabilidade do FMEA, Santanna e Pinto Junior (2010, p.18) citam alguns benefícios advindos dessa em uma organização:

- a) Forma sistemática de catalogar informações sobre as falhas dos produtos ou processos;
- b) Melhor conhecimento dos problemas nos produtos ou processos;
- c) Ações de melhoria no projeto do produto ou processo, baseadas em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- d) Diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- e) Benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

A qualidade enquanto satisfação dos clientes alavanca a demanda pelo produto no final da cadeia, por parte do seu consumidor efetivo. A comunicação entre os colaboradores frente à cadeia de suprimentos resulta na redução de falhas e a lucratividade se propaga a todos os colaboradores (fornecedores, distribuidores, varejistas e fabricantes), com menores índices de insatisfação, rejeição e retrabalho, resultando em maior credibilidade do produto no mercado. Na consultoria empresarial, por exemplo, temos como pano de fundo o gerenciamento de falhas, ainda que não seja essa quem executa as ações frutíferas da tomada de decisão de forma direta, ela desempenha o papel analítico por meio da inteligência organizacional, identificando o problema, avaliando modos, causas e efeitos, estabelecendo planos de ação e acompanhando os resultados frente às mudanças sugeridas.

No que se refere ao desenvolvimento de produtos, a análise de falhas contribui, não apenas para a conformidade desses em aspectos qualitativos e funcionais, mas, também, para o aumento da produtividade e melhor utilização de recursos (funcionários, máquinas, tempo, investimentos, etc.). Além disso, o gerenciamento de falhas exercita o raciocínio preventivo, o que resulta na busca – através de uma equipe multidisciplinar – de falhas potenciais, que se apresentam nas diversas etapas de desenvolvimento de produtos, inclusive na utilização de determinado produto pelo consumidor, apresentando planos de resposta às falhas, de modo a mitigar, transferir ou reter riscos.

Observa-se a necessidade de estabelecer planos de ação

frente ao gerenciamento de riscos, através da aplicação do conceito de *triggering* onde o FMEA “aciona” planos de ação em etapas específicas do ciclo de melhoria contínua; o esquema a seguir associa as etapas do Desenvolvimento de Produtos ao DMAIC.

## 2.2 DMAIC

O método DMAIC é muito utilizado nos processos produtivos das grandes industriais sua principal função é encontrar soluções sub-ótimas de gerenciamento de todo os sistemas, ele é a base para a aplicação dos *Seis Sigma*.

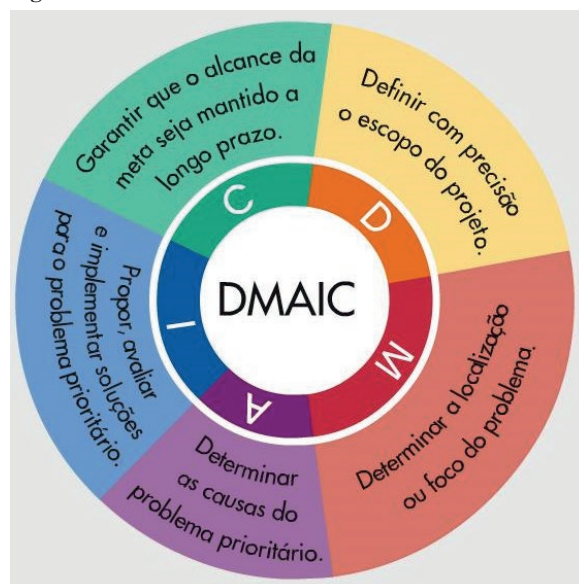
Um dos elementos da infraestrutura do *Seis Sigma* é a constituição de equipes para executar projetos que contribuem fortemente para o alcance das metas estratégicas da empresa. O desenvolvimento desses projetos é realizado com base do método DMAIC.

Este método visa ao aperfeiçoamento do processo por meio da seleção correta dos processos que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas para obter os resultados.

Diversas ferramentas são utilizadas de maneira integrada às fases do DMAIC, constituindo um método sistemático, disciplinado, baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas para se atingir os resultados almejados pela organização, focando em detalhes, possibilitando uma análise do processo, um embasamento para a tomada de decisão.

Rivera e Marovich (2001) afirmam que a metodologia DMAIC representa as fases fundamentais no desenvolvimento de projeto *Seis Sigma*. Essas fases estão demonstradas na Figura 1 na sua forma geral e frases que resumem cada etapa.

Figura 1: DMAIC



Fonte: Domenech (2006).

Segundo Juran (2009), o método de controle PDCA é composto por quatro etapas, que produzem os resultados esperados de um processo. Esse mecanismo prega que

todos os processos devem ser continuamente estudados e planejados, ter suas mudanças implementadas e controladas e, depois desses passos, deve-se realizar uma avaliação dos resultados obtidos.

Campos (1992) propôs passos para resolução de problemas, sendo que cada passo é uma etapa do PDCA:

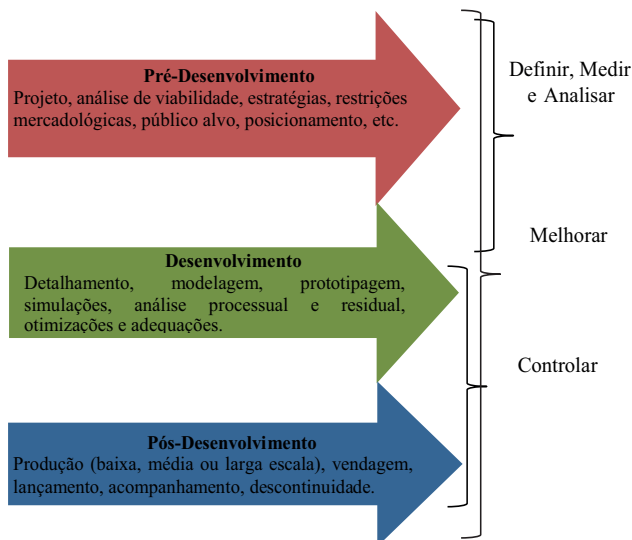
### I Planejamento (P)

#### 1. Identificação do problema

Objetivo: Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.

- Escolher o problema;
- Fazer o histórico do problema;
- Mostrar perdas atuais e ganhos viáveis;
- Fazer a análise de Pareto; e
- Nomear responsáveis.

**Figura 2:** Etapas do Desenvolvimento de Produtos x DMAIC



Fonte: Dados da pesquisa (2013).

Podemos estabelecer um paralelo entre as etapas de desenvolvimento de produtos e as falhas potenciais:

- Pré-desenvolvimento: falhas de alta detectabilidade, associadas ao conceito do produto, planejamento estratégico e projeto; riscos legais e não técnicos devem ser o foco do gerenciamento de riscos;
- Desenvolvimento falhas associadas a riscos técnicos são apontadas e detectadas: produto, componentes ou processos; nessa etapa os esforços na identificação de falhas potenciais devem ser grandiosos;
- Pós-desenvolvimento: em geral falhas de baixa detectabilidade, dos mais diversos níveis de severidade, a cadeia logística pode estar em contato com o produto, havendo agregação de custo em logística e transporte, o que aumenta a gravidade da falha, resultando em *recalls* e retrabalho, expondo, por vezes, a marca ao público alvo de forma negativa.

É possível ainda associarmos as etapas de melhoria contínua ao gerenciamento de riscos da seguinte forma:

**Figura 3:** Níveis de risco no DMAIC

Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Pré-Desenvolvimento			Desenvolvimento	Pós-Desenvolvimento

Fonte: Dados da pesquisa (2013).

Os riscos em desenvolvimento de produto e seu programa de melhoria contínua aumentam ao longo das etapas de desenvolvimento, não apenas e tão somente pelo fato do produto estar cada vez mais próximo do consumidor e ter envolvido demais membros da cadeia de suprimentos, mas, também, pelo fato de que as mudanças em projetos se tornam mais custosas e delicadas quando se aproxima do *deadline*, haja vista que tais mudanças podem representar atrasos e insatisfação.

O FMEA contribui para enaltecer as falhas potenciais mais relevantes, que devem ser avaliadas através do Número de Prioridade de Risco (NPR), calculado pelo produto da Frequência pela Gravidade pela Detectabilidade.

A frequência ou ocorrência de falha está associada a uma eventualidade, ou seja, algo que pode ou não ocorrer e, obviamente, submetido à probabilidade. Podemos definir eventos de forma simplificada em quatro categorias, conforme segue:

- Eventos Comuns: frequência alta;
- Eventos Incomuns: frequência baixa;
- Eventos Raros: frequência baixíssima;
- Eventos Nebulosos: complexos ou caóticos, de ocorrência desconhecida, demandam análise específica, com uso, por exemplo, da Teoria do Caos.

### 3 Resultados e Discussão

As faixas de probabilidade podem ser adaptadas em função da complexidade do produto, sendo ainda possível estabelecer padrões de qualidade *Seis Sigma*, conforme segue:

**Tabela 1:** Relacionamento: *Seis Sigma* e Eventos

Sigma	Mínimo de Sucesso %	Máximo de Defeitos %	Evento
6	99.9997	0.0003	Raro
5	99.98	0.02	Raro
4	99.4	0.6	Incomum
3	93.3	0.7	Incomum
2	69.1	30.9	Comum
1	30.9	69.1	Comum

Fonte: Adaptado de Allen (2006).

Logo, pode-se associar os tipos de evento às classificações sugeridas pelo FMEA, conforme a tabela abaixo.

**Tabela 2:** Classificação de Eventos no FMEA

Evento	Índice de Ocorrência
Comum	4 - 10
Incomum	2 - 4
Raro	1

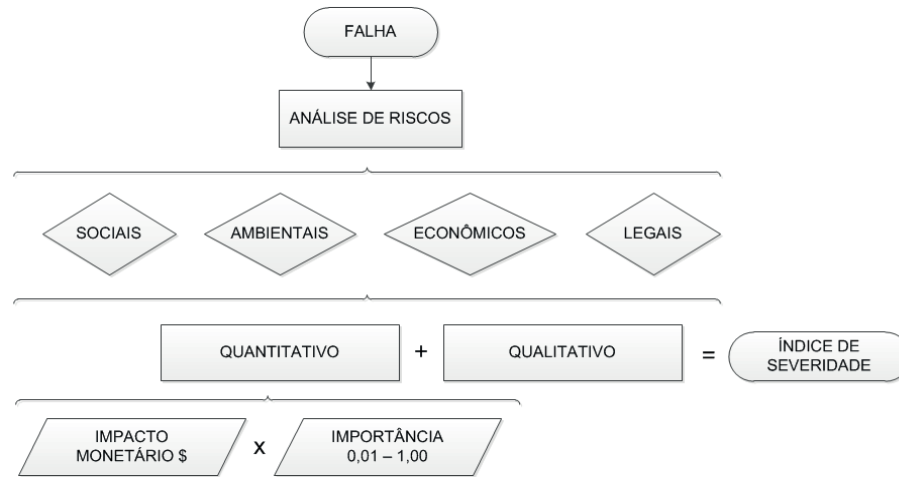
Fonte: da pesquisa (2013).

Eventos nebulosos em projetos de baixo ou médio grau de complexidade tendem a ser desprezados, uma vez

que podem levar o FMEA a uma classificação errônea, buscando soluções para uma tipologia de falha associada a um evento de condições complexas. Nesse caso, uma avaliação específica deve ser elaborada por profissionais competentes a fim de investigar os modos, causas e efeitos da falha, apontando métodos apropriados para a mensuração, detecção e tratamento.

Para avaliar a severidade das falhas potenciais de forma coesa, pode utilizar-se a metodologia analítica do modelo na Figura 4.

**Figura 4:** Análise e Estratificação de Severidade



Fonte: Dados da pesquisa (2013).

Como parte integrante do ambiente de riscos, a estratificação de severidade de falhas sob os aspectos sociais, ambientais, econômicos e legais tem por objetivo propiciar um índice realista à ferramenta FMEA, evitando, assim, uma visão míope de severidades e, consequentemente, prioridades

de risco. É possível atribuir “pesos” de importância para cada categoria e ambiente de falha, de acordo com a visão, missão e valores da organização. A tabela a seguir indica os parâmetros de risco mais comuns associados ao FMEA, a classificação de risco e peso.

**Tabela 3:** Classificação de Riscos

Componente	Classificação	Peso
Frequência F	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
Detectabilidade D	Extremamente grave	9 a 10
	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
Índice de Risco NPR	Muito pequena	9
	Improvável	10
	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1.000

Fonte: Kardec e Nascif (2009).

Uma vez estabelecidos os NPRs, deve-se avaliar quais as falhas prioritárias a serem controladas pelo DMAIC nos diferentes estágios do Desenvolvimento de Produtos. Propõe-se então um “Projeto de Produto” contendo:

- Estratificação das etapas de Desenvolvimento do Produto;
- Programa de Melhoria Contínua (PMC) utilizando DMAIC;
- Reuniões com as equipes envolvidas na presente etapa de Desenvolvimento do Produto, focando na construção do FMEA e alimentando o PMC; e
- Elaboração de planos de resposta aos riscos.

Os planos de ação devem ser classificados em diferentes tipos de tratamento, Silva, Varvakis e Lorenzetti (2010) colocam técnicas utilizadas para lidar com riscos:

- Evitar riscos;
- Reduzir riscos: riscos podem ser reduzidos com medidas de prevenção, tais como o gerenciamento de riscos, programas de prevenção de perdas e ações de segurança;

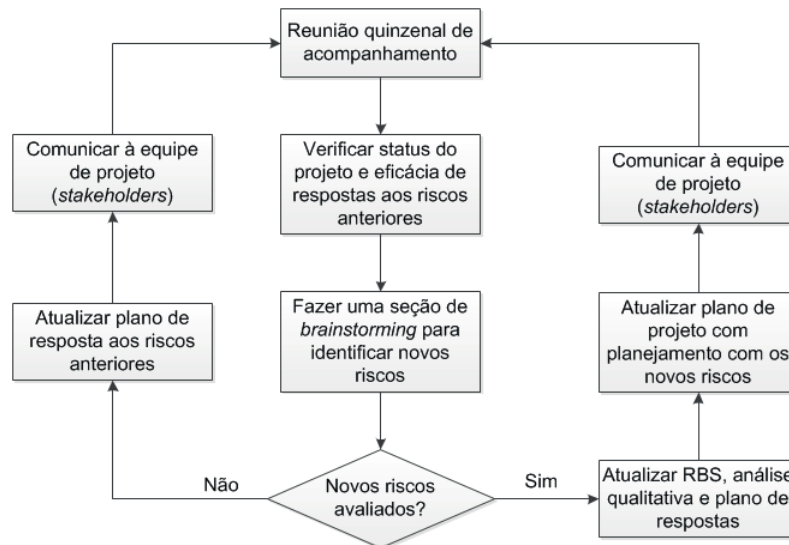
- Reter riscos: acontece quando o risco percebido não é reduzido ou transferido e/ou quando não é percebido;
- Transferir riscos: é quando alguém assume a possibilidade de perda de algum outro;
- Compartilhar riscos: é um caso especial de transferir riscos de um indivíduo para um grupo.

Com o intuito de manter o projeto atualizado, Mendes, Valle e Fabra (2011, p.110) propõem uma política de monitoramento, avaliação e controle, verificando se as premissas do projeto continuam válidas; se o risco permanece ou não no seu estágio avaliado, observando suas tendências; se os procedimentos de gerenciamento de riscos estão sendo seguidos; e as reservas de contingência devem ser alteradas, dados os riscos do projeto.

### 3.1 Monitoramento e acompanhamento do risco

Um dos pontos mais importantes quando se estabelece o potencial de ocorrência de um risco está na implantação de sistema eficaz de monitoramento de todo o processo de forma sistemática.

**Figura 5:** Fluxo de Acompanhamento dos Riscos



**Fonte:** Mendes, Valle e Fabra (2011).

Durante as reuniões que envolvem a etapa de *brainstorming* utiliza-se o FMEA, já estratificado, associado ao DMAIC, focando na atual etapa de Desenvolvimento de Produtos.

### Conclusão

A metodologia sugerida tende à maior integração e confiabilidade nas etapas de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento do produto, resultando em uma maior facilidade na gestão do projeto, interação entre os envolvidos na cadeia de suprimentos e redução do tempo de resposta frente à tomada de decisão em função de determinada falha. Além disso, ela busca estabelecer um histórico de ações e medidas cabíveis às falhas,

propiciando o *know-how* e a *expertise* acerca dos processos de Desenvolvimento de Produtos como um todo.

No que tange a aplicação do FMEA, é importante a classificação correta dos parâmetros frequência, gravidade e detectabilidade, uma vez que a metodologia auxilia na investigação de frequências por meio da categorização de eventos e sua aferição contrastada aos padrões de qualidade *Seis Sigma*. Já a análise e estratificação de severidade emprega uma abordagem 360° em relação aos aspectos de risco, contribuindo, também, para uma classificação mais adequada.

Sugere-se ainda o aumento da produtividade, uma vez que o tempo de resposta à falha é reduzido mediante a um plano de ação previamente estabelecido para mitigação e transferência



de falhas, além daquelas totalmente eliminadas pelo programa de melhoria contínua alçado no FMEA, resultando na otimização de recursos e redução de atrasos inesperados.

A aplicação de ferramentas da qualidade (histogramas, controle estatístico de processo, diagramas de causa e efeito, Pareto, etc.) e análises estatísticas tais como disponibilidade, probabilidade e confiabilidade, norteiam o gerenciamento e a tomada de decisão, em especial no que se refere à produtos de elevado grau de complexidade e sofisticação, ou ainda que demandam alta flexibilidade em customização, favorecendo a organização em termos de competitividade e qualidade.

## Referências

ALLEN, T.T. Introduction to engineering statistics and six sigma: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems. Columbus, Ohio: The Ohio State University, 2006.

CAMPOS, V.F. *Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.

DOMENECH, R. *Vivemos com uma faca na garganta*. 2006. Disponível em: <http://copa.esporte.uol.com.br/copa/2006/ultnot/franca/2006/07/06/ult1777u49262.jhtm>

JURAN, J.M. *A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro. Qualitymark: Petrobras, 2009.

LARSON, R.; FARBER, B. *Estatística aplicada*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

MENDES, J.R.B.; VALLE, A.B.; FABRA, M. *Gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro: FGV, 2011.

OAKLAND, J. *Gerenciamento da qualidade total TQM*. São Paulo: Nobel, 2007.

PALADY, P. *FMEA: análise dos modos de falha e efeitos*. São Paulo: IMAM, 2007.

RIVEIRA, A.; MAROVICH, J. *Use of six sigma to optimize cords sales administration and order and revenue management process*. In: PROCEEDING OF THE 2001 WINTER SIMUNULATION CONFERENCE. Phoenix, Arizona, 2001.

SANT'ANNA, A.P.; PINTO JUNIOR, R.P.S. *Composição probabilística no cálculo das prioridades na FMEA*. Rio de Janeiro: UFF, 2010.

SILVA, F.; VARVAKIS, G.; LORENZETTI, D. *Competitividade em segurança empresarial: gestão de processos, da qualidade dos serviços e da inovação*. São Paulo: Atlas, 2010.