

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Rogério Cerávolo Calia

**A DIFUSÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: O IMPACTO DO SEIS SIGMA
NO DESEMPENHO AMBIENTAL SOB O RECORTE ANALÍTICO DE REDES**

Orientador: Fábio Müller Guerrini

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

São Carlos

2007

EPÍGRAFE

Rios sem Discurso

“Quando um rio corta, corta-se de vez
o discurso-rio de água que ele fazia;
cortado, a água se quebra em pedaços,
em poços de água, em água parálitica.
Em situação de poço, a água equivale
a uma palavra em situação dicionária:
isolada, estanque no poço dela mesma,
e porque assim estanque, estancada;
e mais: porque assim estancada, muda,
e muda porque com nenhuma comunica,
porque cortou-se a sintaxe desse rio,
o fio de água por que ele discorria.

*

O curso de um rio, seu discurso-rio,
chega raramente a se reatar de vez;
um rio precisa de muito fio de água
para refazer o fio antigo que o fez.
Salvo a grandiloquência de uma cheia
lhe impondo interina outra linguagem,
um rio precisa de muita água em fios
para que todos os poços se enfrasem:
se reatando, de um para outro poço,
em frases curtas, então frase e frase,
até a sentença-rio do discurso único
em que se tem voz a seca ele combate.”

João Cabral de Melo Neto

RESUMO

CALIA, R. C. (2007). *A Difusão da Produção Mais Limpa: O Impacto do Seis Sigma no Desempenho Ambiental sob o Recorte Analítico de Redes*. Texto de Tese (Doutorado). – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

A industrialização gerou riqueza, mas também gerou a poluição ambiental pondo em risco as condições de vida no planeta. A Produção Mais Limpa é uma metodologia de gestão para a prevenção da poluição nas manufaturas. A fim de difundir essa metodologia, foram criadas redes inter-organizacionais em diversas regiões do mundo para promover e implementar a Produção Mais Limpa. No entanto, a difusão da Produção Mais Limpa se confronta com barreiras organizacionais persistentes na América Latina como a resistência à mudança, falta de liderança, falta de formação de competências práticas, falta de suporte interno, falta de priorização e falta do efeito multiplicador. Isso sugere que, atualmente, tais redes especializadas nos aspectos técnicos da gestão ambiental não devem estar suficientemente capacitadas na gestão das variáveis organizacionais para a difusão da Produção Mais Limpa. Como um primeiro passo rumo à compreensão destas variáveis, essa tese analisa as redes internas, dentro de uma grande corporação multinacional norte americana. A implementação de uma estrutura matricial para a gestão de projetos pela metodologia Seis Sigma estimulou os fluxos de conhecimento dos relacionamentos pessoais nas redes internas para mobilizar e multiplicar os conhecimentos tácitos aptos a prevenir a poluição. Deste modo, o desempenho do programa de Produção Mais Limpa corporativo mais do que dobrou mundialmente e viabilizou-se que a subsidiária brasileira participasse do programa com seus primeiros projetos. As técnicas estatísticas comprovaram que a capacidade organizacional para a gestão de projetos tem poder explicativo para o desempenho do programa de Produção Mais Limpa. Por fim, a modelagem qualitativa descreve a integração entre a estrutura matricial oficial e as redes internas de relacionamentos pessoais e propõe um modelo organizacional, no qual o âmbito global da infra-estrutura e o âmbito local das redes auto-projetadas para a execução dos projetos são interligados por um terceiro âmbito representado pelos fluxos dinâmicos de conhecimento das redes internas.

Palavras-Chave: Produção Mais Limpa; Sustentabilidade Ambiental; Seis Sigma; Redes Internas.

ABSTRACT

CALIA, R. C. (2007). *The Cleaner Production Diffusion: The Six Sigma impact on environmental performance in the networks analytical approach*. Doctorate Thesis. – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

The industrialization created wealth but also generated environmental pollution causing risk for the planet life conditions. Cleaner Production is a management methodology for pollution prevention in manufactures. Inter-organizational networks to diffuse this methodology were created in many regions of the world, in order to promote and implement Cleaner Production. However, the diffusion of Cleaner Production is confronted with recurrent organizational barriers in Latin America as the resistance to change, insufficient leadership, insufficient development of practical skills, insufficient internal support, insufficient prioritization and insufficient multiplication effect. This suggests that currently those networks specialized in the technical issues of environmental management may not be sufficiently skilled to manage the organizational variables for the Cleaner Production diffusion. As a first step towards the understanding of those variables, in this thesis, the internal networks inside a big North American multinational corporation are analyzed. The implementation of a matrix structure for project management with the Six Sigma methodology stimulated the knowledge flows of the personal relationships in the internal networks to mobilize and diffuse the tacit knowledge needed to prevent pollution. Thus, the performance of the corporate Cleaner Production program more than doubled worldwide and also made it feasible to the Brazilian subsidiary to participate in this program with its first projects. The statistical techniques proved that the organizational capacity for project management has explaining power to the performance of the Cleaner Production program. Finally, the qualitative modeling describes the integration between the matrix structure and the internal networks of personal relationships and it is proposed an organizational model, in which the global infra-structure dimension and the local self-designed networks dimension to the projects execution are interconnected by a third organizational dimension represented by the dynamic knowledge flow of the internal networks.

Keywords: Cleaner Production; Environmental Sustainability; Six Sigma; Internal Networks.

SUMÁRIO

EPÍGRAFE.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
SUMÁRIO.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Tema e Escopo do Estudo.....	3
1.3. Objetivos da Pesquisa.....	3
1.4. Questão-Chave.....	4
1.5. Hipóteses.....	4
1.6. Justificativa.....	5
1.7. Método de Pesquisa.....	6
1.8. Estrutura do Trabalho.....	7
2 PRODUÇÃO MAIS LIMPA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	9
2.1. Introdução.....	9
2.2. A Importância dos Problemas Ambientais.....	9
2.2.1. Mudanças Climáticas.....	10
2.2.2. Impactos à Saúde Humana.....	11
2.3. A Sustentabilidade Ambiental.....	12
2.4. A Sustentabilidade Corporativa.....	13
2.5. O Conceito de Poluição.....	14
2.6. Evolução das Questões Ambientais.....	14
2.7. Hierarquia de Gerenciamento Ambiental.....	16
2.8. A Produção Mais Limpa e Abordagens Afins.....	16
2.8.1. Opções de Produção Mais Limpa.....	20
2.9. Redes de Produção Mais Limpa.....	20
2.10. Barreiras à Difusão e às Implementações de Produção Mais Limpa.....	22
2.11. Papel das Universidades para a Difusão da Produção Mais Limpa.....	24
2.12. Conclusão.....	25
3 ESTRUTURA MATRICIAL E REDES INTERNAS.....	27
3.1. Introdução.....	27
3.2. Estruturas Organizacionais - Das Estruturas Tradicionais à Estrutura Matricial.....	27
3.3. Redes Internas e Organização em Rede.....	30

3.4. Diferenças e Sinergias Conceituais: “Estrutura Matricial” versus “Redes Internas”	34
3.5. Definição Conceitual de “Redes Internas”	38
3.6. Objetivos e Componentes de Redes	38
3.6.1. Inovação como Objetivo de Redes	39
3.6.2. Atores de Redes.....	39
3.6.3. As Bases de Conhecimento dos Atores.....	42
3.6.4. Estrutura dos Relacionamentos entre os Atores.....	43
3.7. Isomorfismo.....	45
3.8. Gestão da Mudança.....	47
3.9. Considerações Finais.....	49
4 A METODOLOGIA E A ESTRUTURA MATRICIAL SEIS SIGMA.....	51
4.1. Introdução.....	51
4.2. A Evolução da Gestão da Qualidade nas Empresas.....	52
4.3. Criação do Seis Sigma na Motorola.....	54
4.4. O Desenvolvimento do Seis Sigma na <i>General Electric</i>	55
4.5. A Estrutura Organizacional Matricial para Projetos Seis Sigma.....	57
4.6. Gestão de Projetos Seis Sigma: As Fases DMAIC.....	58
4.7. Ferramentas da Metodologia Seis Sigma.....	59
4.8. Do TQM Ambiental ao Seis Sigma Ambiental.....	61
4.9. Considerações Finais.....	62
5 MÉTODO DE PESQUISA.....	64
5.1. Introdução.....	64
5.2. Protocolo do Estudo de Caso.....	66
5.3. Modelagem pela Linguagem <i>Enterprise Knowledge Development</i> – EKD.....	71
6 ESTUDOS DE CASO.....	73
6.1. Introdução.....	73
6.2. Estudo de Caso 1: O Programa de Produção Mais Limpa na Matriz da Multinacional Inovadora nos EUA.....	75
6.3. Estudo de Caso 2: O Programa de Produção Mais Limpa na Subsidiária da Multinacional Inovadora no Brasil.....	81
6.4. Isomorfismo e a Metodologia Seis Sigma.....	85
6.5. Estrutura Organizacional Seis Sigma e a Mudança Organizacional.....	86

6.6. Redes Internas e o Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora.....	89
7 ANÁLISE QUANTITATIVA.....	93
7.1. Introdução.....	93
7.2. Hipóteses.....	94
7.3. Dados Globais das Operações em sua Totalidade.....	95
7.4. Dados da Subsidiária Brasileira.....	113
7.5. Considerações Finais.....	121
8 ORGANIZAÇÃO PARA A DIFUSÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	123
8.1. Introdução.....	123
8.2. Modelo de Objetivos.....	123
8.3. Modelo de Regras de Negócio.....	127
8.4. Modelo de Processos de Negócio.....	128
8.5. Modelo de Atores e Recursos.....	130
8.6. Síntese do Modelo EKD do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora.....	133
8.7. Modelo Organizacional para a Difusão da Produção Mais Limpa.....	134
9 CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES DA TESE.....	137
REFERÊNCIAS.....	146

1.

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A Revolução Industrial representou “a mais radical transformação da vida humana já registrada em documentos escritos” (HOBSBAWM, 1979). Isso ocorreu devido a significativas inovações nas operações produtivas:

“Com a introdução da máquina no processo produtivo, as sociedades humanas mudaram o rumo da história, pois tornaram-se capazes da multiplicação rápida, constante e até o presente ilimitada, de homens, serviços e mercadorias.”
(HOBSBAWM, 1979)

Apesar dos inquestionáveis benefícios dessas mudanças, surgem evidências preocupantes de efeitos colaterais indesejáveis da industrialização.

Segundo o relatório da ONU sobre a situação do meio ambiente, 2004 apresentou eventos climáticos extremos com claras indicações da crescente pressão do ser humano sobre as condições naturais do planeta. Ocorreram aumentos sem precedentes nos níveis de dióxido de carbono e concomitantemente há evidências mais fortes de descongelamento das calotas glaciais. Estudos quanto à biodiversidade também demonstram taxas alarmantes de extinção de espécies e pesquisas sobre o consumo humano indicam números contundentes sobre quão severo o consumismo pressiona a capacidade do planeta em satisfazer as necessidades humanas (UNEP-UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2005). Esta situação não melhorou no ano seguinte, pois a Munich Re Foundation ligada a uma conceituada empresa seguradora, estima que o ano de 2005 teve as mais severas perdas financeiras resultantes de desastres naturais relacionados às condições climáticas quantificadas em US\$ 210 bilhões (MUNICH RE, 2006). Sem sinais de reversão nesta tendência, o relatório das Nações Unidas sobre a situação global do meio ambiente conclui que 2006 foi um dos anos mais quentes sob registro e com um número excepcionalmente elevado

de eventos climáticos extremos (UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2007).

Transcorreram bilhões de anos para que as condições necessárias ao surgimento e manutenção da célula viva se estabelecessem. Porém, o advento da industrialização causou bruscas alterações num lapso de tempo de apenas três séculos, nos quais foram alteradas tanto as taxas de metais pesados na superfície terrestre, como a composição dos gases atmosféricos e foram acumuladas grandes quantidades de substâncias que não se degradam em velocidade compatível com os ciclos biológicos. Desse modo, a falta da compreensão das condições necessárias para a manutenção da vida resultou num estado crítico de poluição, o qual apresenta imperativos para que a atividade industrial melhore a sustentabilidade ambiental de suas operações (ROBERT, 2002).

A insuficiente compreensão das necessidades básicas dos ciclos biológicos resultou em impactos negativos da Revolução Industrial não só à saúde do meio ambiente natural, mas também à saúde do ser humano. A Organização Mundial de Saúde e a UNEP (2006) estimam que cerca de 25% das mortes e doenças mundialmente se relacionam a perigos ambientais, totalizando mais de seis milhões de mortes ao ano.

As pesquisas sobre mudanças climáticas e sobre poluição sensibilizaram representantes da sociedade civil e dirigentes de nações a promover a conscientização ambiental. Com base em experiências positivas, foram criados modelos e metodologias para reduzir a poluição e aumentar a sustentabilidade ambiental das operações das empresas. São exemplos dessas metodologias e modelos: a Produção Mais Limpa, a Prevenção da Poluição e a Eco-Eficiência (BARBIERI, 2004). Tais metodologias foram difundidas com o apoio da ONU, da agência ambiental do governo dos E.U.A. (EPA) e de organizações não-governamentais internacionais. Esses programas de sustentabilidade ambiental nas empresas contam com evidências documentadas de resultados ambientais e econômicos positivos (UNIDO, 2006, WBCSD, 2006 e REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 2004).

Apesar da demonstrada eficácia dessas metodologias, existem várias barreiras organizacionais e institucionais que dificultam sua difusão mais ampla (WORLD BANK, 1998, CETESB e PNUMA, 2004 e MELLO e NASCIMENTO, 2005). Entre elas, citam-se problemas como a resistência à mudança, a falta de liderança, a falta de

envolvimento dos empregados e o desconhecimento de que é possível implementar o programa sem necessitar de elevados investimentos em equipamentos.

Frente aos imperativos pela diminuição da poluição e às dificuldades de se difundir práticas ambientalmente sustentáveis de produção, surgem inúmeras dúvidas a respeito dos condicionantes da difusão da Produção Mais Limpa. Essas dúvidas representam um estímulo intelectual para que as teorias organizacionais contribuam para aumentar a compreensão sobre os fenômenos organizacionais que determinam o desempenho de programas de Produção Mais Limpa.

Uma possível estratégia para as teorias organizacionais proverem respostas a tais dúvidas consiste em procurar conceitos em áreas de conhecimento com grande experiência acumulada em pesquisas empíricas e na elaboração de construtos teóricos voltados a se compreender os determinantes da estrutura organizacional que capacitam a empresa a conduzir processos de mudança.

Por isso, busca-se oferecer uma proposta analítica que ajude os responsáveis por programas corporativos de Produção Mais Limpa a diagnosticar as estruturas e dinâmicas de suas estruturas e redes organizacionais para aumentar a difusão da Produção Mais Limpa.

1.2 Tema e Escopo do Estudo

Optou-se pelo tema “redes internas” aplicado à difusão da Produção Mais Limpa. Apesar da tese revisar dados secundários sobre o desempenho de redes externas de Produção Mais Limpa (entre organizações), não fará parte do escopo da parte empírica desta tese analisar as redes inter-organizacionais, mas fazem parte do escopo apenas as redes intra-organizacionais.

Já o objeto de pesquisa serão os projetos de Produção Mais Limpa. Os estudos de caso representam o programa de Produção Mais Limpa de uma empresa multinacional, tanto na matriz nos EUA, como na subsidiária no Brasil. Nesta tese, a empresa analisada será denominada “Multinacional Inovadora”.

1.3 Objetivos da Pesquisa

Objetivo Primário - Analisar a contribuição da estrutura matricial para projetos e das redes internas para a difusão da Produção Mais Limpa.

Objetivo secundário - Propor um modelo para se compreenderem os condicionantes organizacionais do desempenho de redes internas dentro de corporações

para difundir a Produção Mais Limpa, a fim de se melhorar a sustentabilidade ambiental das operações nas empresas.

1.4 Questão-Chave

De que modo a estrutura matricial para projetos e as redes internas contribuem para difusão da Produção Mais Limpa no ambiente corporativo?

1.5 Hipóteses

A pesquisa quantitativa visa validar duas hipóteses.

Hipótese 1 - A estrutura matricial para projetos Seis Sigma melhora o desempenho da empresa na difusão da Produção Mais Limpa.

Essa hipótese será analisada ao se relacionar o desempenho do programa de Produção Mais Limpa (medido pela quantidade de toneladas de poluição prevenida) com a capacidade organizacional para a gestão de projetos (inferida pelo número de projetos de Produção Mais Limpa reconhecidos pelo programa submetidos mensalmente.) Além disso, as toneladas de poluição prevenida foram confrontadas com a fase anterior, durante e posterior à implementação do Seis Sigma.

Hipótese 2 – Gerentes de Projeto contribuem mais para a difusão da Produção Mais Limpa do que funcionários funcionais.

Esta segunda hipótese será estudada ao se confrontarem as toneladas de poluição prevenida mensalmente por projetos da subsidiária brasileira com o papel do líder do projeto, diferenciando-se os projetos liderados por Faixa Preta (gerentes de projeto) dos projetos liderados por Faixa Verde (funcionário da estrutura funcional capacitado nas metodologias do Seis Sigma). Como na Multinacional Inovadora, os cargos de Faixa Preta são preenchidos apenas por profissionais com perfil de liderança, trabalho em equipe e intensa interação com a direção estratégica da empresa, pressupõe-se que projetos liderados por Faixa Preta contem com maior presença das habilidades gerenciais humanas e conceituais segundo Katz (1955), do que os projetos liderados por Faixa Verde.

1.6 Justificativa

Devido à gravidade dos problemas ambientais, muitas organizações internacionais, nacionais e regionais atuantes em diversos países, inclusive no Brasil, assumiram a responsabilidade de difundir a Produção Mais Limpa.

Para isso, essas organizações definiram programas de Produção Mais Limpa e redes de cooperação entre instituições e empresas para catalisar as implementações de Produção Mais Limpa.

Muitas dessas redes para a difusão da Produção Mais Limpa completaram mais de dez anos de atuação. No entanto, a literatura acadêmica e os próprios atores sociais envolvidos mencionam preocupantes barreiras à difusão da Produção Mais Limpa, como:

- a falta de motivação das empresas para implementar a Produção Mais Limpa;
- a falta de liderança dos atores locais responsáveis por programas de Produção Mais Limpa;
- a falta de habilidade dos membros de equipe de implementação de Produção Mais Limpa para superar as complexas barreiras organizacionais e políticas durante a implementação;
- a falta de suporte interno a membros de equipe;
- a falta de um padrão ou um sistema formal para definir princípios e processos de implementação e
- o fato da Produção Mais Limpa ser vista como uma ferramenta isolada de gestão empresarial, dificultando sua integração no sistema operacional das empresas.

A recorrência e persistência de tais barreiras indicam que, atualmente, as redes responsáveis pela difusão da Produção Mais Limpa não estão suficientemente munidas com os conceitos e os conhecimentos a respeito dos determinantes do desempenho de redes organizacionais, ou seja, pode-se levantar a suspeita de que falta conhecimento sobre os componentes e processos de redes organizacionais de elevado desempenho.

Um ator social cujo papel é justamente o de suprir a carência de conhecimento é a universidade. Por isso o Banco Mundial (1998) e a ONU (2006) solicitam a contribuição intelectual de pesquisadores universitários em prol da difusão Produção Mais Limpa.

A pesquisa proposta é original por analisar a difusão de práticas de sustentabilidade ambiental sob o enfoque das teorias de redes organizacionais internas. Uma segunda fonte de originalidade advém da abordagem empírica de validar estatisticamente o desempenho de uma estrutura organizacional, por meio de dados oriundos dos projetos de Produção Mais Limpa de uma empresa multinacional inovadora com reconhecido desempenho ambiental. Por fim, a tese é original por adotar uma perspectiva sistêmica que relaciona os atores da rede com os objetivos do programa de Produção Mais Limpa, suas regras de negócio, seus processos de negócio e seus atores e recursos, de acordo com a metodologia de modelagem *Enterprise Knowledge Development*, ou EKD (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

1.7 Método de Pesquisa

A pesquisa estabelece uma relação quantitativa entre a difusão da Produção Mais Limpa (variável dependente medida pela quantidade de poluição prevenida) e a capacidade organizacional para a gestão de projetos, a qual será analisada, por meio do número de projetos de Produção Mais Limpa e dos períodos antes, durante e depois da implementação de estruturas matriciais para a gestão de projetos com a metodologia Seis Sigma (variável independente). Além disso, analisa-se conceitualmente os motivos que levam uma estrutura matricial a estimular os fluxos de conhecimento das redes internas para viabilizar o aumento do desempenho de um programa de Produção Mais Limpa, por meio de reflexões sobre as competências essenciais, as habilidades gerenciais, as fases da gestão da mudança organizacional, as estruturas de relacionamento e a gestão do conhecimento.

A pesquisa empírica será realizada em três fases:

- a) na primeira, serão realizados dois estudos de caso (YIN, 2005) sobre a matriz e a subsidiária brasileira de uma multinacional inovadora que estabeleceu uma estrutura organizacional de elevado desempenho na difusão da Produção Mais Limpa;
- b) na segunda, será realizada uma validação estatística para comprovar o grau de importância da implementação de uma estrutura matricial para a gestão de projetos para o desempenho do programa de Produção Mais Limpa, por meio de técnicas de análise quantitativa (DRAPER e SMITH, 1998; SPRENT e SMEETON, 2001; MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN, 1998);

- c) por fim, as descobertas dos estudos de casos e das análises estatísticas serão sintetizadas num modelo de organizacional para a difusão da Produção Mais Limpa para explicar como as redes internas geram e captam os conhecimentos utilizados pela estrutura matricial para aumentar o desempenho de um programa de Produção Mais Limpa. Esta modelagem será realizada por meio da metodologia de modelagem EKD (*Enterprise Knowledge Development*) (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2002).

1.8 Estrutura do Trabalho

O trabalho possui a seguinte estrutura:

No capítulo 2, será realizada uma revisão sobre a Produção Mais Limpa e o seu contexto em relação à sustentabilidade ambiental, à evolução das práticas ambientais nas empresas, ao conceito de poluição, às redes de difusão de Produção Mais Limpa, às barreiras para a difusão da Produção Mais Limpa e ao papel da Universidade para a redução da poluição nas operações produtivas.

No capítulo 3, apresenta-se uma revisão dos conceitos das teorias de estruturas organizacionais matriciais e de redes organizacionais. Entre os componentes de redes organizacionais, também são analisados os atores que geram inovações, fundamentados nas bases de conhecimento obtidas por meio das estruturas de relacionamentos. Por sua vez, os atores são definidos, de acordo com os seus papéis, competências e habilidades gerenciais relacionados com o processo de gestão da mudança organizacional e com as pressões isomórficas.

No capítulo 4 apresenta-se uma estrutura matricial que estimula a formação de redes internas. Trata-se da estrutura organizacional matricial, proposta pela *Motorola* e pela *General Electric*, a fim de se gerenciarem os projetos que visam melhorar a qualidade dos processos de negócio da empresa: a estrutura organizacional matricial adotada pela metodologia Seis Sigma. Para isso, será apresentado como o Seis Sigma surgiu no contexto da evolução da gestão da qualidade. Também será detalhada a estrutura organizacional Seis Sigma, a sua abordagem para modelar processos de negócio e para estruturar as fases da gestão de projetos, nas quais se utilizam as ferramentas Seis Sigma como a carta de projeto, o mapa de processo, a análise quantitativa, o delineamento de experimentos e o plano de controle. Finalmente, será realizada uma reflexão teórica sobre as possibilidades de a “Gestão da Qualidade Total

Ambiental” ser substituída por um “Seis Sigma Ambiental” como metodologia de gestão para as estruturas organizacionais que visam difundir a Produção Mais Limpa.

No capítulo 5, são apresentados os métodos de pesquisa adotados: estudo de caso, análise quantitativa e modelagem pela metodologia *Enterprise Knowledge Development* – EKD (Desenvolvimento do Conhecimento Empresarial).

No capítulo 6, apresentam-se os estudos de caso da difusão da Produção Mais Limpa, por meio de estruturas matriciais para projetos e por meio de redes internas. O primeiro estudo de caso relata a experiência da matriz da Multinacional Inovadora nos EUA, enquanto o segundo caso apresenta a experiência da subsidiária brasileira dessa mesma empresa. A reflexão sobre os estudos de caso é aprofundada ao analisá-los na perspectiva dos conceitos de pressões isomórficas, mudança organizacional, competências, habilidades gerenciais, estruturas de relacionamento e gestão do conhecimento.

No capítulo 7, é realizada a pesquisa quantitativa com análises estatísticas para se mensurar o grau de contribuição com que a implementação da estrutura matricial para projetos Seis Sigma aumentou o desempenho do programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora.

Em seguida, no capítulo 8 apresenta-se uma síntese das conclusões dos estudos de caso e das análises quantitativas, por meio da metodologia *Enterprise Knowledge Development* (EKD) para a construção de um modelo organizacional que realiza os fluxos de conhecimento para viabilizar que a estrutura matricial melhore a difusão da Produção Mais Limpa.

Por fim, no capítulo 9, sintetizam-se as conclusões da tese e discutem-se possíveis implicações dessas conclusões tanto para a teoria de redes organizacionais internas, como para as práticas das organizações que queiram aumentar a difusão da Produção Mais Limpa.

2.

PRODUÇÃO MAIS LIMPA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

2.1 Introdução

Uma vez que o objeto de estudo da tese é a difusão da Produção Mais Limpa, será necessário apresentar o contexto dessa metodologia de gestão, para se compreender por qual motivo a Produção Mais Limpa foi criada, no que ela consiste e como atualmente é difundida.

Por isso, neste capítulo apresenta-se uma breve revisão da literatura sobre a relevância dos assuntos ambientais para as condições do planeta e para a saúde humana, revisam-se os conceitos de sustentabilidade ambiental e corporativa, avalia-se a evolução das práticas ambientais nas empresas, descreve-se o que é poluição, define-se o conceito de Produção Mais Limpa e metodologias afins, utilizam-se dados secundários para se descrever como atuam algumas redes de difusão de Produção Mais Limpa em países desenvolvidos, no Brasil e no Estado de São Paulo, levantam-se barreiras à difusão da Produção Mais Limpa e destacam-se reflexões a respeito do papel da Universidade para tornar as operações produtivas ambientalmente sustentáveis.

2.2 A Importância dos Problemas Ambientais

Para se analisar a importância dos problemas ambientais, é necessário se adotar um amplo horizonte de tempo a fim de se averiguar a evolução da vida biológica e dos condicionantes para a sua manutenção.

Os benefícios da Revolução Industrial podem ser constatados ao se adotar um horizonte de análise medido em séculos para se evidenciar mudanças positivas na história humana em variáveis como a geração de riqueza e o desenvolvimento de estruturas sociais. No entanto, essa evolução trouxe riscos a um elemento básico à sociedade humana, mas ontologicamente diferente dela: a vida biológica (ROBERT, 2002).

Já que a vida se concretiza na célula biológica, é necessário adotar-se um horizonte de análise que abarque a dimensão temporal relevante para as mudanças não

no progresso da sociedade humana, mas para os condicionantes da existência da célula biológica, ou seja, é necessário se analisarem os condicionantes da vida que surgiram ao longo de milhares de milhões de anos (ROBERT, 2002).

A célula viva surgiu há cerca de três bilhões de anos num ambiente inóspito no planeta. As condições atmosféricas, climáticas, oceânicas e continentais eram bastante distintas das que observamos hoje e nem um pouco receptivas na perspectiva de um ser vivo atual. De fato, a célula viva passou por um longo processo evolutivo, ao longo do qual ela mudou significativamente o seu ambiente, aumentando a concentração de oxigênio na atmosfera e modificando a estrutura do solo, enquanto os metais pesados se deslocaram para reservas subterrâneas. Ao longo de bilhões de anos, o processo evolutivo criou um ambiente adequado para as células biológicas que atualmente requerem condições especiais como, por exemplo, faixas adequadas de temperatura, baixas concentrações de metais pesados, baixas concentrações de compostos de lenta degradação na natureza e baixas concentrações de gases estranhos ao habitat original (ROBERT, 2002).

Esse longo processo na evolução biológica sofreu a intervenção abrupta da Revolução Industrial que, num ínfimo espaço de tempo de três séculos (que equivale a 0,00001% do tempo de duração da história evolutiva da célula biológica), retirou grandes quantidades de metais pesados das reservas subterrâneas para a superfície da terra, mudou as concentrações de gases na atmosfera e gerou uma vultosa quantidade de compostos de degradação muito lenta nos aterros e mares, incompatível com os ciclos biológicos. Tais mudanças tão repentinas nas condições necessárias à célula viva ameaçam a continuidade saudável da vida no planeta (ROBERT, 2002).

As ameaças à qualidade de vida no planeta podem ser evidenciadas com dados sobre as mudanças climáticas e sobre os impactos de problemas ambientais à saúde humana.

2.2.1 Mudanças Climáticas

A temperatura média da superfície da Terra aumentou cerca de 0,6°C durante o último século; ficam mais claras as evidências de que, nos últimos cinquenta anos, tais mudanças se relacionam com a atividade humana (EUROPEAN COMMUNITY, 2006).

De fato, as atividades humanas alteraram a composição química da atmosfera, por meio do aumento da concentração de gases do efeito-estufa como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso (US-EPA, 2006).

Projeções do “Painel Inter-governamental sobre a Mudança de Clima” (IPCC) (2001) estimam que, durante o século corrente, a temperatura ainda se elevará mais, de 1,4 a 5,8°C.

As mudanças climáticas representam uma das maiores ameaças ambientais, sociais e econômicas no planeta, pois o aumento de temperatura pode deflagrar elevações do nível do mar de 9 a 88 cm até o final do século e causar o aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos (EUROPEAN COMMUNITY, 2006).

2.2.2 Impactos à Saúde Humana

Os problemas ambientais também são analisados na perspectiva de suas relações com doenças e mortes nas populações humanas.

A Organização Mundial de Saúde e a UNEP (2006) estimam que cerca de uma a cada quatro mortes se relacione com problemas ambientais, representando mundialmente mais de seis milhões de óbitos ao ano, devido a contaminações nos recursos hídricos, poluição atmosférica, vetores de doenças em aterros precários, envenenamento não-intencional, contaminação por metais pesados e mudanças climáticas.

No Brasil, vários estudos levantaram preocupações sobre o efeito da poluição atmosférica na saúde pública. Pesquisadores da Faculdade de Medicina da USP descobriram que os gases tóxicos e invisíveis prejudicam a fertilidade humana (PIRES-NETO, et al, 2006) e que a poluição atmosférica aumenta o número de mortes entre as crianças (LIN, et al, 2003). Além disso, foi constatado que aumentos de curto prazo nos poluentes atmosféricos se correlacionam com o incremento na morbidade e mortalidade nos grandes centros urbanos (FREITAS, et al, 2004).

Além das condições do ar, outro tema preocupante é a contaminação por metais pesados. No Vale do Ribeira, 60% das famílias estudadas apresentaram concentrações de chumbo no sangue acima das recomendadas pela Organização Mundial de Saúde (FIGUEIREDO, CAPITANI e GITAHY, 2004).

2.3 A Sustentabilidade Ambiental

Em 1987, uma comissão da ONU cunhou a definição clássica de desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que “satisfaz as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade de futuras gerações em satisfazer as suas necessidades” (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

A fim de orientar os atores sociais a utilizarem o conceito de sustentabilidade ambiental em situações de decisão sobre investimentos e planos de ação de empresas e nações, um grupo multidisciplinar composto por dezenas de cientistas como físicos, químicos, biólogos e médicos, na Suécia, elaborou um documento de consenso sobre as condições necessárias à sustentabilidade ambiental. Trata-se dos “Quatro Princípios de Sustentabilidade” (ROBERT, 2002). Neles afirma-se que:

“Em uma sociedade sustentável, a natureza não é sujeita ao sistemático aumento:

1. de concentrações de substâncias extraídas da crosta terrestre;
2. de concentrações de substâncias produzidas pela sociedade;
3. da degradação por meios físicos;
4. e, nesta sociedade, as necessidades humanas são atendidas mundialmente”.

Em 1988, foi instituída uma organização não-governamental em vários países para apoiar empresários e executivos a alinharem suas ações racionalmente, de acordo os “Quatro Princípios de Sustentabilidade”. Esses princípios foram utilizados no planejamento estratégico de organizações como McDonald’s, IKEA, Home Depot, Bank of América, Nike, Starbucks e a Universidade do Texas, entre outras, para que realizassem uma auto-avaliação quanto à sua contribuição positiva e negativa à sustentabilidade ambiental, a fim de se estabelecerem metas de melhoria (THE NATURAL STEP, 2006).

Nos EUA, o conceito de sustentabilidade ambiental inspirou o movimento do “Capitalismo Natural” na tentativa de se integrar a vida econômica e social aos fluxos dos ciclos biológicos. Para isso, definiu-se um modelo econômico alinhado ao capital natural, ou seja, alinhado à continuidade dos recursos naturais e, sobretudo, aos serviços que os ecossistemas prestam à sociedade e que ainda não são contabilizados, tais como a qualidade do ar proporcionada pela fotossíntese, a filtragem da água realizada pelas

plantas, a nitrogação do solo realizada por bactérias, entre muitos outros serviços (LOVINS, LOVINS e HAWKEN, 1999).

O movimento do Capitalismo Natural recomenda quatro estratégias para o desenvolvimento sustentável (LOVINS, LOVINS e HAWKEN, 1999):

1. aumentar a produtividade dos recursos naturais utilizados;
2. redesenhar os processos produtivos, de acordo com os modelos biológicos, nos quais os processos são sistemas fechados. As saídas dos processos produtivos deveriam ou ser biodegradáveis para se integrarem ao ecossistema natural, ou serem reutilizadas como matéria-prima de processos produtivos;
3. substituir modelos de negócio que vendem bens, por modelos de negócio que vendem serviços e
4. reinvestir recursos financeiros no capital natural, uma vez que, caso isso não seja realizado, a economia corre sérios riscos de que os recursos naturais escassos se tornem gargalos ao desenvolvimento econômico no futuro.

2.4 A Sustentabilidade Corporativa

É crescente o número de investidores que se preocupa com os riscos de que os passivos ambientais das empresas deteriorem a sua rentabilidade e o seu valor patrimonial (BARBIERI, 2004).

Para a Bolsa de Valores em Nova York, a sustentabilidade corporativa é uma abordagem de negócio que cria valor de longo prazo ao acionista ao aproveitar oportunidades e riscos gerenciais derivados de desenvolvimentos econômicos, ambientais e sociais (DOW JONES SUSTAINABILITY, 2006).

O Índice Dow Jones de Sustentabilidade avalia a sustentabilidade corporativa de empresas de um mesmo setor econômico, de acordo com critérios agrupados em três áreas de avaliação: a) a sustentabilidade econômica; b) a sustentabilidade social e c) a sustentabilidade ambiental.

Dentro da área de avaliação da sustentabilidade ambiental, o índice é composto por três critérios (DOW JONES SUSTAINABILITY, 2006):

- a) o critério “Política e Gestão Ambiental” é responsável por 4,8 % do índice total de sustentabilidade corporativa;
- b) o “Desempenho Ambiental” responde por 6 % do índice de sustentabilidade corporativa e

- c) o “Relatório Ambiental” representa 2,4 % do índice de sustentabilidade corporativa.

De acordo com essa ponderação dos critérios, fica evidente a importância das práticas de Produção Mais Limpa, por proporcionarem ações concretas à melhoria do “Desempenho Ambiental” da empresa, que é o critério de maior peso individual na composição do índice total de sustentabilidade da Bolsa de Valores de Nova Iorque.

2.5 O Conceito de Poluição

Para a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (2006), um poluente é uma substância, cuja concentração no ambiente o torna prejudicial à saúde, causando inconvenientes ao bem-estar público e danos aos materiais, à fauna e à flora. Nesse sentido, uma área contaminada é uma área com poluição causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes podem concentrar-se nos diferentes compartimentos do ambiente, como no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos e nas águas subterrâneas. A partir desses locais, os poluentes podem ser transportados propagando-se pelo ar, solo e águas, alterando suas características naturais de qualidade, determinando impactos negativos e gerando riscos.

2.6 Evolução das Questões Ambientais

As questões ambientais não foram tratadas da mesma forma ao longo das últimas cinco décadas.

Nas décadas de mil novecentos e cinquenta e sessenta, predominava a disposição de resíduos, quando as empresas despejavam seus resíduos na água e no ar livremente. Já nas de setenta e oitenta, aumentou a consciência sobre os danos ambientais, de modo que a ênfase das empresas passou para o tratamento dos poluentes gerados no processo produtivo para cumprir com as normas ambientais e com os termos dos licenciamentos ambientais (SENAI-RS/ UNIDO/ UNEP, 2003).

Por fim, na década de noventa, a ênfase passou para a prevenção da poluição, quando as empresas passaram a buscar um desempenho ambiental mais abrangente do que as normas exigem, ao evitar a poluição na sua fonte geradora no processo produtivo. Para isso, são utilizadas metodologias para se avaliar o impacto ambiental ao

longo de todo o ciclo de vida de um produto e são adotadas tecnologias mais limpas para o meio ambiente (SENAI-RS/ UNIDO/ UNEP, 2003).

Para Barbieri (2004), existem três abordagens que as empresas podem adotar para lidar com as decorrências ambientais de suas operações: o Controle da Poluição, a Prevenção da Poluição e a Gestão Ambiental Estratégica.

A abordagem de Controle da Poluição tem como objetivo principal o cumprimento da legislação e responde às exigências da sociedade, mantendo, portanto, uma postura defensiva e ações reativas, por meio da aplicação de normas de segurança e da utilização de tecnologias corretivas para remediar ou controlar a poluição nas etapas finais do processo produtivo (abordagem conhecida como “fim-do-tubo” ou *end-of-pipe*). Por isso, na percepção dos empresários, a abordagem de controle de poluição representa custos adicionais (BARBIERI, 2004).

Em contraposição, a abordagem da Prevenção da Poluição não se contenta em gerar poluentes para depois descontaminar o solo, a água ou o ar atingidos, nem se contenta em utilizar equipamentos que transformam a poluição gerada no final do processo produtivo em poluentes menos lesivos do que os poluentes originais. Em vez disso, a Prevenção da Poluição assume uma postura mais proativa, pois visa modificar os produtos e os processos produtivos para eliminar ou diminuir a poluição na sua fonte geradora, para utilizar materiais e energia de modo mais eficiente. Por isso, a abordagem da Prevenção da Poluição frequentemente resulta em aumento da produtividade da empresa, por produzir mais produtos com menos insumos. Para isso, a Prevenção da Poluição substitui insumos, modifica equipamentos, reutiliza ou recicla materiais, estabelece planos de manutenção preventiva, realiza a recuperação energética e implementa tecnologias limpas (BARBIERI, 2004).

Finalmente, na abordagem estratégica da gestão ambiental, a empresa busca oportunidades de mercado e procura eliminar riscos e ameaças que as questões ambientais podem representar à vantagem competitiva dos negócios da empresa no futuro. Além disso, a empresa pode atender nichos e segmentos de mercado que dão preferência a produtos e serviços que minimizam o impacto negativo ao meio ambiente (BARBIERI, 2004).

2.7 Hierarquia de Gerenciamento Ambiental

As práticas de gerenciamento ambiental podem ser categorizadas de acordo com a sua vantagem para o meio ambiente.

As medidas de controle de poluição são acionadas quando a emissão de poluição já ocorreu devendo, portanto, haver um tratamento para minimizar os efeitos danosos desses poluentes. Porém, caso o tratamento de poluentes falhe ou não seja possível, então será necessária a disposição final desses poluentes. Por fim, caso a disposição de resíduos também falhe, então serão necessárias medidas corretivas para se recuperarem as áreas contaminadas (CETESB, 2006).

Já as medidas de maior vantagem para o meio ambiente são as que minimizam a utilização de recursos, por meio da reciclagem ou do reuso de materiais fora de seu processo produtivo, ou, na melhor das hipóteses, por meio da redução da poluição na sua fonte geradora, por meio de medidas preventivas, tais como a eliminação ou redução do uso de materiais, melhorias operacionais, maior produtividade no uso de água, energia e materiais, reuso e reciclagem dentro do processo produtivo, a implantação de tecnologias mais limpas e a melhoria no projeto do produto (CETESB, 2006).

2.8 A Produção Mais Limpa e Abordagens Afins

Para implementar princípios de sustentabilidade ambiental, as empresas não se limitam a escolher abordagens, mas também optam por modelos de gestão que direcionam as decisões e as atividades administrativas e operacionais (BARBIERI, 2004).

A seguir serão apresentadas as definições de “Produção Mais Limpa” e das metodologias e modelos semelhantes.

O termo “Produção Mais Limpa” foi definido pelo programa ambiental das Nações Unidas, UNEP – *United Nations Environment Programme*, ao lançar em 1989 o Programa de Produção Mais Limpa (CETESB, 2006).

A definição de Produção Mais Limpa é a seguinte:

“Produção Mais Limpa’ é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva aos processos, produtos e serviços a fim de aumentar a eficiência total e de reduzir riscos aos seres humanos e ao ambiente. A Produção Mais Limpa pode ser aplicada aos

processos utilizados em qualquer setor econômico, nos próprios produtos e nos vários serviços oferecidos à sociedade”.

UNEP, 2006 (tradução livre do autor).

Em relação às operações produtivas, o UNEP conceitua:

“Para os processos produtivos, a Produção Mais Limpa resulta de uma das seguintes ações ou da combinação delas: conservação de matérias-primas, água e energia; eliminação de matérias-primas tóxicas e perigosas e redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e perdas na fonte durante o processo produtivo”.

UNEP, 2006 (tradução livre do autor).

A Produção Mais Limpa (*Cleaner Production*) descreve uma abordagem preventiva de gerenciamento ambiental expressa por uma clara mudança de atitude de governos e de setores industriais para proteger o meio ambiente natural proativamente. Além disso, a Produção Mais Limpa visa produzir bens e serviços com o mínimo impacto ambiental dentro das limitações econômicas e tecnológicas do presente (UNEP, 2006).

Um aspecto fundamental do conceito de Produção Mais Limpa é o de que ela representa uma estratégia “ganha-a-ganha”, ou seja, é favorável tanto para o desempenho ambiental, quanto para o desempenho econômico da empresa. As perdas no processo produtivo são consideradas como evidência de um desempenho econômico negativo, enquanto os esforços para a redução do consumo de matéria-prima e de energia, assim como para a redução ou prevenção da geração de perdas resultam no aumento da produtividade, o que beneficia a empresa financeiramente (UNEP, 2006).

Apesar de definir o conceito de “Produção Mais Limpa” de forma clara e de se engajar pela difusão desse conceito por meio dos seus programas de Produção Mais Limpa, o UNEP não se perde em discussões abstratas e disputas de caráter ideológico em confronto com metodologias semelhantes defendidas por outras entidades. Pelo contrário, o UNEP (2006) considera que o termo “Produção Mais Limpa” tem significado amplo e que abrange outros termos consagrados em certos países e instituições. Tais termos são: “Eco-eficiência” e “Prevenção de Poluição”.

a) Eco-eficiência

O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) é uma coalizão de 180 empresas internacionais que buscam compartilhar o comprometimento com o desenvolvimento sustentável, por meio de três fundamentos: o crescimento econômico, o equilíbrio ecológico e o progresso social. Em 1991, o WBCSD criou a Eco-eficiência como uma estratégia de gestão para conciliar o desempenho financeiro e ambiental para gerar mais valor com menos impacto ecológico. Esse conceito de Eco-eficiência visa ao uso mais eficiente de materiais e energia para se reduzirem custos econômicos e impactos ambientais.

A Eco-eficiência concretiza-se em atividade para se reduzir o consumo de materiais e de energia, diminuir a emissão de substâncias tóxicas, aumentar a reciclagem de materiais, utilizar recursos renováveis, prolongar a durabilidade dos produtos e agregar valor aos bens e serviços (CEBDS, 2006).

Para a UNEP (2006), os conceitos de Produção Mais Limpa e de Eco-eficiência “são quase sinônimos”. A diferença está em relação ao ponto de partida. Enquanto o conceito de eco-eficiência parte de assuntos de eficiência econômica que tenham benefícios ambientais positivos, o conceito de Produção Mais Limpa começa com assuntos de eficiência ambiental que tenham benefícios econômicos positivos.

No Brasil, o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) é representado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) agrupando grandes grupos empresariais atuantes no Brasil que faturam anualmente o equivalente a 40% do PIB nacional.

A partir de 1999, o CEBDS juntou-se a órgãos e parceiros da ONU para constituir a Rede Brasileira de Produção Mais Limpa. Nesse contexto, o CEBDS define que a relação entre Eco-eficiência e Produção Mais Limpa é uma relação sinérgica e complementar, uma vez que entende a Eco-eficiência como um conceito e a Produção Mais Limpa como uma metodologia (CEBDS, 2006):

“Um dos focos da Rede Brasileira de Produção Mais Limpa é promover o desenvolvimento sustentável nas micro- e pequenas empresas no país, difundindo o conceito de eco-eficiência e a metodologia de Produção Mais Limpa (PmaisL), como instrumentos para aumentar a competitividade, a inovação e a responsabilidade ambiental no setor produtivo brasileiro.”

(CEBDS, 2006).

b) Prevenção de Poluição

A “Prevenção à Poluição” (conhecida pela sigla P2) ou “Redução na Fonte” é um modelo muito utilizado nos EUA graças aos esforços da Agência Ambiental Americana (EPA) que o divulgou por meio de um Decreto-Lei promulgado pelo Governo Federal Americano, em 1990 (UNEP, 2006).

A Prevenção à Poluição é a redução de poluição na fonte por meio de ações que (US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006):

- reduzem a quantidade de qualquer substância perigosa, poluente ou contaminante que entra em quaisquer efluentes ou que seja emitido ao meio ambiente (incluindo emissões por vazamentos) antes de ser reciclado, tratado ou descartado;
- reduzem danos à saúde pública e ao ambiente devido à emissão de tais substâncias, poluentes ou contaminantes.

A Prevenção à Poluição inclui ações como modificações em equipamentos e tecnologia, modificações em processos ou procedimentos, reformulação ou re-projeto de produtos, substituição de matérias-primas e melhorias na limpeza da manufatura, manutenção, treinamento e controle de estoques, assim como técnicas de conservação de recursos e práticas de gestão para prevenir dano a ecossistemas sensíveis (US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

Para a UNEP (2006), os termos “Prevenção à Poluição” e “Produção Mais Limpa” são freqüentemente utilizados de modo intercambiável. A diferença entre esses dois conceitos é mais uma diferença geográfica, pois na América do Norte utiliza-se mais o termo “Prevenção à Poluição”, enquanto o termo “Produção Mais Limpa” é mais adotado nas outras regiões do mundo. De fato, o *Pollution Prevention Act* de 1990, definiu a Prevenção à Poluição como a política ambiental nacional nos Estados Unidos da América.

Tanto a “Prevenção à Poluição” quanto a “Produção Mais Limpa” concentram-se em estratégias para a redução contínua de poluição e de impacto ambiental dentro do processo produtivo, em vez de reduzir a poluição gerada no final do processo (*end-of-pipe*) (UNEP, 2006).

2.8.1 Opções de Produção Mais Limpa

Segundo o Centro Nacional de Tecnologias Limpas, a Produção Mais Limpa pode ser implementada por diversas ações alternativas, agrupadas em duas categorias: A minimização de materiais e o reuso de materiais.

A minimização de materiais pode ser realizada pela reciclagem interna ou pela redução na fonte, por meio de medidas como ações de melhoria no produto ou ações de melhoria no processo produtivo, tanto em termos da instituição de bons procedimentos de gestão, como em termos de substituição de matérias-primas ou de modificações nas tecnologias adotadas (SENAI-RS/ UNIDO/ INEP, 2003).

Já o reuso de materiais é feito pela reciclagem externa ou pela utilização de ciclos biogênicos (em ações como a instalação de estações de tratamento, a compostagem, entre outras) (SENAI-RS/ UNIDO/ INEP, 2003).

2.9 Redes de Produção Mais Limpa

Existem várias organizações que criaram redes inter-organizacionais nacionais e internacionais para a difusão da Produção Mais Limpa ou para a sua versão equivalente em países anglo-saxônicos, a Prevenção de Poluição.

Nos Estados Unidos da América, a agência ambiental criou o “*Pollution Prevention Resource Exchange*” em 1997 para estabelecer uma rede para troca de informação em todo o território dos EUA. Entre os serviços oferecidos, existe um balcão *on-line* de atendimento a perguntas (POLLUTION PREVENTION RESOURCE EXCHANGE, 2006).

No Canadá, foi criado em 1992 o Centro de Prevenção de Poluição, o qual oferece material didático, fórum *on-line*, grupos de trabalho, treinamentos e certificação de praticantes de Produção Mais Limpa (CANADIAN CENTRE FOR POLLUTION PREVENTION, 2006).

Na Grã-Bretanha, foi criado em 1994 o *Envirowise* que, em dez anos, conseguiu uma economia de US\$ 1,7 bilhão nas empresas britânicas. Essa agência oferece balcão *on-line* de atendimento a perguntas, visitas de especialistas às empresas, guias práticos, estudos de caso e cerca de 200 eventos ao ano. A *Envirowise* estima uma oportunidade econômica futura de mais US\$ 5,3 bilhões (ENVIROWISE, 2006).

Na Áustria, foi criado em 1991 o ECOPROFIT (“*ECOLOGical PROJect For Integrated Environmental Technology*”) desenvolvido pelo Departamento de Meio Ambiente da Cidade de Graz, como uma rede de cooperação bem estruturada composta

pela parceria entre os setores público e privado em prol do desenvolvimento sustentável. Essa rede obteve em Graz uma redução na fonte de 108 mil MWh de energia, 7 milhões de m³ de água, 6,5 milhões de m³ de efluentes, 4,1 mil toneladas de resíduos perigosos e 10 mil toneladas de resíduos não perigosos. O modelo ECOPROFIT foi patenteado e é replicado em diversas cidades da Europa, Ásia, África e Américas (CLEANER PRODUCTION CENTER AUSTRIA, 2006).

Para os países em desenvolvimento, a UNIDO e a UNEP criaram uma extensa rede em 1994 que integra 24 Centros Nacionais de Produção Mais Limpa sob a assistência de institutos de países desenvolvidos (UNEP, 2006).

No Brasil, o Centro Nacional de Produção Mais Limpa, que se integra à rede internacional da UNIDO/UNEP, é o Centro Nacional de Tecnologias Limpas do SENAI do Rio Grande do Sul, existente desde 1995 (SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003).

Com base na experiência do SENAI-RS, do modelo ECOPROFIT e do modelo da ONU / UNEP foi criada a “Rede Brasileira de Produção Mais Limpa” em 1999 pelo “Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável” em parceria com o SEBRAE e com universidades que criaram núcleos de Produção Mais Limpa em dezenove Estados do Brasil (REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 2006).

Essa rede completou uma década de atuação no Brasil e implementou a Produção Mais Limpa em mais de 300 empresas, proporcionando melhorias no desempenho ambiental e ganhos econômicos. Apesar disso, segundo integrantes do programa, a Produção Mais Limpa obteve uma difusão menor do que a esperada, o que indica a necessidade de se desenvolver uma metodologia alternativa para o programa (MELLO e NASCIMENTO, 2005).

No Estado de São Paulo, existem duas redes de Produção Mais Limpa: a liderada pelo SENAI-SP e a liderada pela CETESB.

O Centro de Produção Mais Limpa do SENAI-SP foi apoiado pela Plataforma de Produção Mais Limpa da Suíça e realiza avaliações para a implementação de Produção Mais Limpa e treinamentos. A Plataforma de Produção Mais Limpa da Suíça provê suporte a treze países em desenvolvimento para acessar tecnologias e metodologias suíças (CPPS, 2006).

Já a CETESB mantém um setor de Produção Mais Limpa desde 1996, para publicar documentos técnicos e casos de sucesso, realizar treinamentos e participar em Câmaras Ambientais (CETESB, 2006).

2.10 Barreiras à Difusão e às Implementações de Produção Mais Limpa

Para o Banco Mundial (1998), as principais barreiras à difusão da Produção Mais Limpa nas pequenas e médias empresas são:

- a) a baixa prioridade da Produção Mais Limpa para a gerência sobrecarregada;
- b) o fato de as oportunidades de Produção Mais Limpa concorrerem com outros projetos de maior retorno;
- c) a falta de pessoal competente e motivado e
- d) a falta de recursos financeiros.

A ONU / UNEP (2002) fez uma extensa avaliação do desempenho de sua rede na difusão da Produção Mais Limpa. Dessa avaliação, concluiu-se que os seguintes obstáculos devem ser vencidos para ser viável uma disseminação mais ampla da Produção Mais Limpa:

- a) determinantes regionais - falta pesquisa sobre o ambiente social das diferentes áreas regionais e a sua influência nos determinantes (“*drivers*”) locais da difusão de Produção Mais Limpa;
- b) comunicação - o foco dos portais de Produção Mais Limpa na internet é a informação e não o conhecimento, nem o apoio a especialistas locais nas implementações práticas;
- c) capacitação - tipicamente, o desenvolvimento de Produção Mais Limpa num país parte do foco na criação de atenção para o foco na criação de capacidade em instituições para a implementação em empresas. Falta a formação de competências em Produção Mais Limpa, sobretudo na região da América Latina;
- d) resistência à mudança - Falta um padrão ou um sistema formal para definir princípios e processos de implementação;
- e) multiplicação - os projetos de demonstração de Produção Mais Limpa não tiveram o efeito multiplicador esperado. Falta demonstrar a Produção Mais Limpa como uma metodologia de gestão e de parcerias inovadoras;
- f) ensino - falta de inclusão da Produção Mais Limpa nos cursos de graduação;

- g) parcerias - falta a participação de empresas privadas nas redes de Produção Mais Limpa;
- h) governança - programas de assistência financeira não enfocam a formação de capacidades locais e a absorção de tecnologia. Falta senso de propriedade (“*ownership*”) do programa pelos agentes locais.

O programa de implementação de metodologias de Produção Mais Limpa na Nova Zelândia foi analisado por Lesley Stone em 2006. A implementação levou dois anos e envolveu 23 organizações entre distribuidores de energia, autoridades locais, consultores e pesquisadores.

Apesar do projeto ter gerado resultados em reduções de poluição e economias financeiras, (STONE, 2006) constatou-se que as organizações encontram muita dificuldade em conduzir o processo de mudança organizacional necessário para se tornarem ambientalmente mais sustentáveis no longo prazo, de modo que tiveram um fraco desempenho na melhoria contínua. Isso se evidencia por meio das seguintes barreiras para que o desempenho fosse de maior continuidade:

- a) falta de compromisso;
- b) falta de liderança da alta gerência;
- c) falta de suporte interno a membros de equipe;
- d) comunicação interna insuficiente;
- e) falta de envolvimento dos outros funcionários, que não são integrantes da equipe de projeto;
- f) incompatibilidade do projeto com a cultura organizacional, suas necessidades e projetos atuais;
- g) falta de habilidade dos membros de equipe de implementação de Produção Mais Limpa para superar as complexas barreiras organizacionais e políticas à implementação;
- h) suposição ingênua de que as definições de políticas, auditorias e sistemas gerenciais são suficientes para que a organização torne-se mais limpa voluntariamente.

Além disso, Lesley Stone avalia que as redes de difusão de Produção Mais Limpa adotam os seguintes pressupostos errôneos:

- uma análise de custo-benefício garante o apoio gerencial;

- casos de sucesso de outros setores ajudam a obter apoio da alta gestão.

A autora conclui ser necessário incluir no projeto dos programas de Produção Mais Limpa mecanismos para garantir a melhoria contínua, ou seja, incluir mecanismos que levem em consideração que o fator que gera a mudança organizacional são as pessoas, e não políticas ou objetivos. Portanto é necessário equipar os agentes de mudança com conhecimento, habilidades, autoridade e suporte (STONE, 2006).

Na América Latina, a CETESB e o PNUMA (2004) constataram que as principais barreiras à Produção Mais Limpa são:

- a) dependência de recursos internacionais – Mesmo com o patrocínio das Nações Unidas, os centros de Produção Mais Limpa encontram dificuldades para crescer e para superar a dependência financeira do exterior;
- b) percepção de valor - Dificuldade de fazer com que as empresas percebam os benefícios gerados pelas ações de Produção Mais Limpa;
- c) integração gerencial – A Produção Mais Limpa é vista como uma ferramenta isolada de gestão empresarial, o que dificulta sua integração no sistema operacional das empresas;
- d) comprovação de eficácia - Existência de poucos projetos-piloto para demonstrar o valor de Produção Mais Limpa no contexto da realidade local das regiões nas atividades com impacto ambiental significativo.

2.11 Papel das Universidades para a Difusão da Produção Mais Limpa

As universidades podem desempenhar um papel significativo na superação dos obstáculos à difusão da Produção Mais Limpa, por meio de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão. A UNEP/ONU (2006) considera que a universidade pode contribuir com a Produção Mais Limpa ao:

- a) apoiar a sustentabilidade ambiental, por meio da promoção da obtenção de novas atitudes, novos conhecimentos e habilidades em todas as profissões;
- b) identificar e disseminar informação atualizada sobre práticas e tecnologias de Produção Mais Limpa;
- c) realizar pesquisa aplicada;
- d) promover o diálogo entre a indústria, o governo e a academia sobre a Produção Mais Limpa.

Já o Banco Mundial considera que as universidades devem desenvolver pesquisas sobre problemas locais referentes à Produção Mais Limpa e sobre as competências técnicas e gerenciais capazes de levar a efeito as iniciativas locais de Produção Mais Limpa (WORLD BANK, 1998).

2.12 Conclusão

Para os fins da pesquisa desta tese, a revisão da literatura sobre os temas relacionados à Produção Mais Limpa permite sintetizar as seguintes conclusões:

- as condições de vida no planeta e a saúde humana requerem a diminuição da poluição no meio ambiente;
- os esforços para a melhoria do desempenho ambiental da empresa podem torná-la mais atrativa à comunidade de investidores por diminuírem os riscos de passivos ambientais e de perda de valor econômico;
- a Produção Mais Limpa é uma abordagem com comprovada eficácia para se solucionarem problemas ambientais e reduzir custos nas empresas;
- não existe diferença significativa entre os termos “Produção Mais Limpa” e “Prevenção de Poluição”, pois a diferença de uso é apenas uma diferença geográfica: a América do Norte utiliza o termo “Prevenção de Poluição” e o restante do mundo, “Produção Mais Limpa”;
- a universidade tem uma responsabilidade-chave em identificar problemas e soluções referentes aos esforços locais para a difusão da Produção Mais Limpa, além de capacitar os profissionais a implementá-la;
- as organizações internacionais, nacionais e regionais estão tentando estruturar redes de difusão da Produção Mais Limpa;
- apesar de grande parte dessas redes de Produção Mais Limpa contarem com mais de uma década de existência, ainda ocorrem numerosas e preocupantes barreiras que impedem uma satisfatória difusão da Produção Mais Limpa, para que mais empresas utilizem a Produção Mais Limpa mais intensamente e eficazmente em programas que permaneçam ativos no longo prazo.

Ante a urgência de diminuição da poluição para a saúde humana e para a saúde do planeta por um lado, e ante a atual insatisfatória difusão da Produção Mais Limpa nas organizações de países em desenvolvimento, por outro, pode-se suspeitar que as

atuais redes de Produção Mais Limpa talvez não estejam utilizando os mais modernos e eficazes componentes e processos de redes organizacionais.

Para investigar essa importante questão, é necessária uma melhor fundamentação teórica e uma maior atualização sobre práticas gerenciais de comprovada eficácia. Esta pesquisa busca os construtos da moderna teoria de redes organizacionais no capítulo 3 a fim de se analisar as estruturas organizacionais com elevado desempenho na difusão da Produção Mais Limpa no capítulo 6, para propor um modelo de redes internas de difusão da Produção Mais Limpa no capítulo 8.

3.

ESTRUTURA MATRICIAL E REDES INTERNAS

3.1 Introdução

A Produção Mais Limpa é uma metodologia de gestão difundida por meio de implementações nas empresas, nas organizações. Portanto, os condicionantes para a difusão da Produção Mais Limpa devem ser procurados em construtos que determinam o funcionamento da organização.

Para isso, será realizada uma pesquisa empírica com base nos dados de projetos de Produção Mais Limpa realizados por uma grande empresa multinacional. A pesquisa será desmembrada em uma análise quantitativa sobre os efeitos de uma estrutura matricial para projetos no desempenho do programa de Produção Mais Limpa e em uma análise qualitativa sobre as redes organizacionais internas que captam os conhecimentos tácitos necessários para a estrutura matricial realizar a prevenção de poluição.

Com isso, a revisão da literatura, a seguir, busca a compreensão do significado das variáveis e construtos analisados na parte empírica da pesquisa. Primeiro, são apresentados os conceitos de redes internas e organização em rede em relação ao conceito de estrutura organizacional matricial. Em seguida, são conceituados os componentes das redes organizacionais como os atores, as estruturas de relacionamentos, as bases de conhecimento e os processos de isomorfismo e de gestão da mudança organizacional.

3.2 Estruturas Organizacionais - Das Estruturas Tradicionais à Estrutura Matricial

O ato de administrar é definido por quatro processos: planejamento, organização, execução e controle. No entanto, é o processo de organização que define os atores que conduzem os demais processos de gestão, ou seja, os processos de planejar, executar e controlar. Por sua vez, o processo de organizar significa dispor os recursos numa estrutura que facilite a realização dos objetivos da empresa (MAXIMIANO, 2004).

O conceito de estrutura organizacional passou por várias transições. Num primeiro momento, a estrutura organizacional foi concebida com base nas indústrias em ambientes relativamente estáveis. Em seguida, com a passagem da economia industrial para uma economia baseada mais em serviços, o ambiente de negócios exigia mudanças mais freqüentes das empresas, estimulando-as a buscar estruturas organizacionais mais inovadoras (ECCLES e NOLAN, 1993).

Os gerentes de empresas com presença mundial, com freqüência solucionaram problemas estratégicos, por meio de mudanças nas estruturas organizacionais. Isso ocorre, pois mudanças na estrutura organizacional são vistas como ferramentas eficazes para se redefinirem responsabilidades e relacionamentos, viabilizando à alta gerência causar impactos imediatos e transmitir sinais enfáticos de mudança a todos os níveis administrativos (BARTLETT e GHOSHAL, 1991).

Nesse processo de aprendizagem, as empresas perceberam que não bastam mudanças na estrutura formal da empresa, ou seja, na definição estática de seus papéis, responsabilidades e relacionamentos, uma vez que tais estruturas formais se confrontam com ambientes de negócios bastante dinâmicos. Desse modo, as empresas perceberam ser necessário não apenas mudar a estrutura formal, mas também criar competências e capacidades organizacionais múltiplas. Para isso, foi necessário se repensarem os processos e sistemas decisórios da empresa, os canais de comunicação e as relações interpessoais (BARTLETT e GHOSHAL, 1991).

A estrutura organizacional define-se pelo resultado do processo de distribuição de autoridade, de especificação de atividades e de delineamento de sistemas de comunicação para atingir os objetivos da empresa. Tradicionalmente, as empresas adotavam estruturas organizacionais especializadas, como a Estrutura Funcional, Geográfica, Por Processo, Por Cliente e Por Produto. Com o aumento da turbulência e competitividade no ambiente de negócios, as empresas começaram a adotar estruturas organizacionais inovativas, como a Departamentalização por Centro de Lucros, a Departamentalização por Projetos, a Estrutura Matricial, a Estrutura Celular e a Estrutura para Novos Empreendimentos (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003).

Clark e Wheelwright (1992) realizaram uma pesquisa seminal que mostra a importância da estrutura organizacional para a inovação na empresa. As empresas inovadoras adotam estruturas organizacionais que diferenciam os profissionais responsáveis por projetos de inovação dos profissionais responsáveis pela rotina da empresa. Nestas estruturas, os funcionários da empresa respondem para dois gerentes: para o gerente funcional que cuida da rotina e para o gerente do projeto, responsável pela equipe multifuncional que está desenvolvendo um novo produto. O desempenho destas equipes depende da clara liderança do gerente de projeto, de sua elevada capacidade para a resolução de problemas e de sua habilidade de integrar diversas áreas funcionais de modo flexível para uma efetiva e rápida geração de produtos inovadores.

Deste modo, a estrutura matricial surgiu, porque a estrutura funcional se mostrou ineficaz para integrar atividades e estimular a interação entre diferentes áreas funcionais: “A Matriz é uma forma de estruturar recursos provenientes de várias fontes com objetivo de desenvolver atividades comuns: projetos ou produto” (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003).

“Estrutura matricial” é definida do seguinte modo:

“quando duas ou mais formas de estrutura são utilizadas simultaneamente sobre os mesmos membros de uma organização, a estrutura resultante chama-se matricial” (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003).

Assim, um aspecto característico da estrutura matricial é a dupla subordinação, sendo que um determinado especialista responde tanto ao gerente funcional, quanto ao gerente de projeto (**Figura 1**).

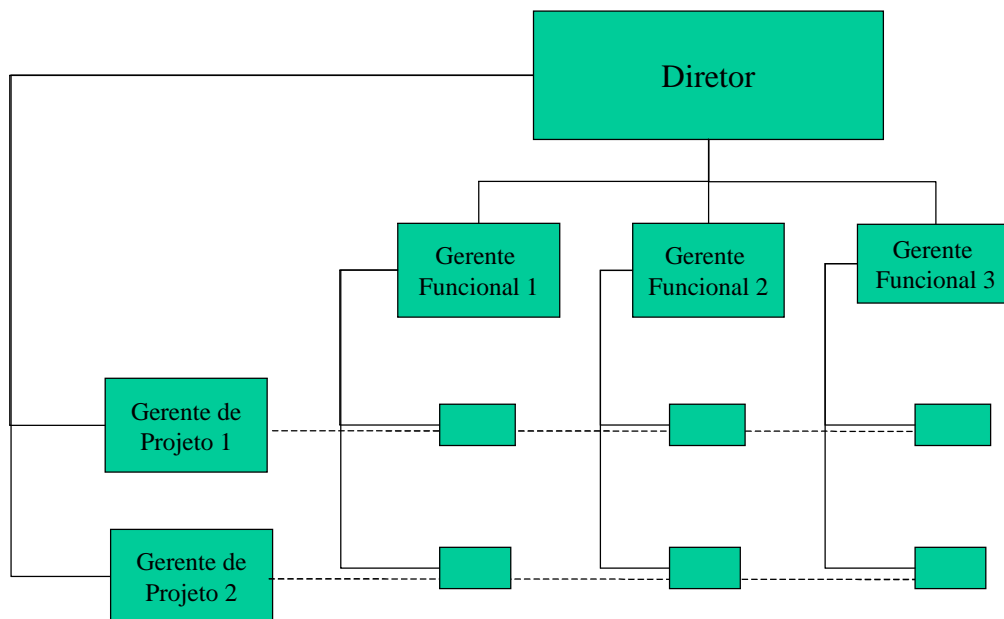


Figura 1. A Estrutura Organizacional Matricial para Projetos. (Fonte: O autor)

Na estrutura matricial, o gerente de projeto tem a atribuição de manter a integração entre os diversos especialistas de diferentes áreas funcionais. Além disso, a forma matricial viabiliza a comunicação direta entre os diversos especialistas que respondem a diferentes gerenciais funcionais, sem que tal comunicação passe primeiro pela respectiva chefia funcional.

De acordo com a proporção de autoridade atribuída para a área funcional versus para a gerência de projeto são definidos os diferentes tipos de matriz. Além do critério da autoridade, a tipologia de matrizes leva em consideração mais dois critérios: padrão de comunicação e diferenciação de cargos (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003).

3.3 Redes Internas e Organização em Rede

a) Redes Internas

O conceito de “estrutura organizacional matricial” apresenta similaridades e diferenças com o conceito de “redes internas” e o conceito de “organização em rede”.

Tanto a estrutura matricial quanto a rede interna são vistas como uma solução organizacional para integrar pessoas de diferentes áreas funcionais. No entanto, os autores que realizam pesquisas sob o recorte teórico de “redes internas” utilizam um enfoque distinto do adotado pelos autores que pesquisam as estruturas matriciais. Enquanto o construto de estrutura matricial é utilizado para descrever a integração formal de atividades e cargos, a comunicação formal e a autoridade formal por um lado, por outro lado, o construto de rede interna é mais utilizado para se descrever as características dos relacionamentos interpessoais que permitem eficientes fluxos de informação e de conhecimento independentemente das formalidades prescritas.

Freeman (1991), pesquisador pioneiro no campo da inovação na Universidade de Sussex, descreve projetos de pesquisas empíricas confrontando inovações bem sucedidas com inovações fracassadas. Segundo estas pesquisas, um dos fatores com poder de diferenciar inovações bem sucedidas das inovações fracassadas é justamente a existência de redes internas dentro das empresas definidas como atividades integradoras que conectam relacionamentos entre as áreas de desenvolvimento, produção e marketing. Em contraposição, fracassos na inovação, com frequência se associam com a falta de comunicação interna dentro da organização e falta de integração entre estas três áreas funcionais.

Redes internas também proporcionam um meio eficaz para a alta gestão obter amplamente difusas informações internas da empresa. Além disso, para uma amostra de 73 empresas de alta tecnologia nos EUA, foi possível validar estatisticamente uma relação positiva entre o tamanho da rede interna dos executivos e o crescimento das vendas da empresa, sendo que “tamanho da rede” foi medido como o número de contatos dentro da rede. Por outro lado, o espectro das redes internas dos executivos se relacionou com os retornos financeiros das ações das empresas analisadas, sendo que “espectro de redes” se refere à variedade de contatos de um executivo, a qual é medida pelo número de grupos diferentes ou de diferentes categorias de atores dentro da respectiva rede (COLLINS e CLARK, 2003).

Baseado num estudo em 24 unidades de negócio de uma empresa petroquímica e 36 unidades de negócio de uma empresa alimentícia nos EUA, um pesquisador da Universidade Estadual da Pensilvânia constatou que uma unidade organizacional gera

mais inovações e apresenta melhor desempenho se estiver situada numa posição central nas redes internas da organização, de modo a obter rapidamente conhecimento novo gerado pelas demais unidades organizacionais da empresa (TSAI, 2001).

Além disso, uma pesquisa dentro de uma grande empresa multinacional atuante no mercado de alimentos e bebidas e composta por 36 unidades de negócio, comprovou que a formação de ligações intra-organizacionais é afetada pela interação entre capital social e alinhamento estratégico. De fato, as unidades organizacionais que são mais ágeis na formação de novas ligações para viabilizar troca de recursos são as unidades organizacionais que mais compartilham estratégias e também são as unidades organizacionais mais ricas em capital social (ou seja, os recursos de relacionamento no contexto social que facilitam que os atores sociais individuais selecionem os atores parceiros para estabelecer trocas). De forma mais específica, a troca de recursos intangíveis como, por exemplo, a troca de conhecimentos tácitos, ocorreu em redes com elevada confiança entre os integrantes. Por outro lado, a troca de recursos tangíveis é mais dependente de alinhamento estratégico entre as unidades e menos dependente do grau de confiança, já que é mais fácil elaborar acordos formais e explícitos para a troca de recursos tangíveis do que para a troca de recursos intangíveis (TSAI, 2000).

Na empresa alemã Siemens foram criadas redes internas para aumentar o fluxo de conhecimento para a resolução de problemas. As redes internas na Siemens, também denominadas de “comunidades de práticas” (*“Communities of Practices”*), conectam especialistas de diferentes unidades organizacionais interessados por um mesmo tema de relevância para o negócio da empresa. Estes agrupamentos de profissionais geram e transmitem conhecimento para o desenvolvimento de novos produtos, para o desenvolvimento de novos mercados ou para a criação de metodologias de trabalho. Na Siemens existem redes internas que reúnem desde centenas de pessoas de várias partes do mundo até grupos de dez empregados dentro de uma mesma manufatura. Para a dinâmica de funcionamento das redes internas da Siemens, existe um moderador que lidera a infra-estrutura de comunicação eletrônica e presencial e define uma agenda tematicamente coesa. Além disso, existem eventos como reuniões ou congressos para intermediar perguntas específicas com suas respectivas respostas. As redes internas da Siemens contam com valores compartilhados para criar comportamentos adequados e,

continuamente, alinham os seus objetivos com os redirecionamentos estratégicos da corporação (FROST e SHOEN, 2004).

Nos EUA foi criada uma metodologia de mapeamento de redes informais dentro das corporações para descrever as relações que os funcionários estabelecem entre si, independentemente das fronteiras funcionais e hierárquicas definidas pelo organograma da empresa, pois as redes informais têm poder e influência tanto para dificultar iniciativas oficiais, quanto para cumprir metas com rapidez. Para Krackhardt e Hanson (1993) existem três tipos de redes informais. A rede de aconselhamento identifica os indivíduos que os funcionários procuram para receber conselho a fim de cumprir tarefas rapidamente. A rede de confiança identifica os indivíduos procurados para compartilhar informações politicamente sensíveis. Por fim, a rede de comunicação identifica com quem os funcionários conversam frequentemente sobre temas de trabalho.

O mapeamento de redes internas é construído com base em questionários aos funcionários para identificar com quem conversam diariamente, quem procuram para obter conselho semanalmente e em quem confiariam para conversar sobre preocupações sigilosas. Para a definição das redes de comunicação, por exemplo, apenas as respostas recíprocas são consideradas para comprovar a existência de uma ligação. Tais técnicas de mapeamento foram utilizadas para obter apoio da rede informal em situações de inovação organizacional, como, por exemplo, para aumentar a eficácia de equipes durante o planejamento estratégico participativo (KRACKHARDT e HANSON, 1993).

As redes internas também podem impor obstáculos à inovação organizacional. Em uma multinacional americana na Itália, no setor de computadores, a estrutura da rede intra-empresa afetou a habilidade dos gerentes para promover relacionamentos cooperativos em equipes de projetos trans-funcionais para a criação de uma nova divisão corporativa. Enquanto as redes internas coesas priorizavam a própria segurança organizacional, dificultando o desempenho na nova tarefa de mudança, as redes com ligações dispersas viabilizavam maior flexibilidade organizacional. De fato, quanto mais forte era a ligação de um gerente com um grupo de funcionários, menor era a sua capacidade de adaptar a sua rede interna de comunicação às mudanças organizacionais almejadas por causa dos mecanismos de reciprocidade e inércia dentro dos grupos coesos, dificultando que os gerentes alterassem a composição de suas redes para favorecer o cumprimento da nova tarefa (GARGIULO e BENASSI, 2000).

b) A Organização em Rede

Para Eccles e Nolan (1993), a competição da empresa na economia global requer que a estrutura organizacional crie equilíbrio entre uma infra-estrutura global (recursos e práticas de gestão compartilhados) e adaptações ao ambiente específico de cada localidade de atuação da empresa quanto às preferências dos consumidores locais, às características da força de trabalho e quanto aos regulamentos governamentais.

Deste modo, Eccles e Nolan (1993) definem que a organização em rede é uma estrutura composta por dois níveis:

- a) o primeiro nível é de responsabilidade da alta gerência que deve disponibilizar globalmente à empresa a infra-estrutura, os ativos, os recursos, as práticas administrativas, as métricas de desempenho e uma visão de negócio clara;
- b) no segundo nível, denominado como o nível de redes “auto-projetadas” (*self-designed*), os indivíduos assumem espontaneamente a iniciativa de utilizar a infra-estrutura global para se estabelecerem os relacionamentos necessários a fim de atingir seus objetivos de negócio.

Desse modo, a arquitetura organizacional em rede consiste de grupos de profissionais internos (e, freqüentemente, integrados a profissionais externos à empresa) que utilizam os recursos e comunicações para atingir um propósito específico (ECCLES e NOLAN, 1993).

3.4 Diferenças e Sinergias Conceituais: “Estrutura Matricial” versus “Redes Internas”

Para compreender o referencial teórico de redes organizacionais internas adotado, é necessário delinear claramente em que medida o conceito de redes internas se diferencia do conceito de estrutura organizacional matricial.

Como já foi revisto acima, uma estrutura organizacional formal é composta por três subsistemas: o subsistema de autoridade, o subsistema de comunicação e o subsistema de atividades (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003).

A característica principal da estrutura matricial é a dupla subordinação, na qual um funcionário responde ao gerente funcional e também ao gerente de projeto. Com isso, a estrutura matricial viabiliza a integração entre os diversos especialistas de diferentes áreas funcionais, que podem comunicar diretamente entre si sem a intermediação dos respectivos chefes funcionais (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003).

Diferentes modelos de estrutura matricial perfazem uma tipologia de matrizes de acordo com (VASCONCELLOS e HEMSLEY, 2003):

- a) a distribuição de autoridade, a qual é medida pela percentagem de decisões que o gerente de projeto pode tomar;
- b) o padrão de comunicação dado pelo percentual de vezes que a comunicação entre o gerente de projeto e a equipe do projeto é direta (sem a intermediação do chefe funcional);
- c) e a diferenciação de cargos que trata da percentagem de gerentes de projeto que não ocupam simultaneamente cargos funcionais.

Por outro lado, o conceito de redes organizacionais internas parece não contar com o mesmo grau de maturidade e consenso que o tradicional termo “estrutura organizacional matricial” já detém. Por isso, foi apresentada nesta revisão da literatura uma breve seleção de alguns dos muitos recortes temáticos utilizados para se pesquisar o fenômeno de redes internas.

Informação, inovação e desempenho – As redes internas proporcionam um meio para a alta gestão obter informação interna difusa na empresa (COLLINS e CLARK, 2003). De modo semelhante, constatou-se que as unidades organizacionais mais inovadoras de uma corporação e de maior desempenho se localizam mais próximas do centro das redes internas da organização para obter rapidamente conhecimento inovador produzido nas outras unidades organizacionais (TSAI, 2001).

Em contraposição, a estrutura organizacional matricial define os canais de comunicação entre os especialistas de forma regida pela formalidade. Já a rede interna, modela tais canais formais de comunicação, por meio dos relacionamentos pessoais entre os diversos grupos dentro da empresa independentemente da estrutura formal para

se obter as informações mais rapidamente e para se obter os diversos conhecimentos que permitem maior realização de inovações para gerar bom desempenho.

Troca de recursos intangíveis – As redes internas auxiliam no intercâmbio e geração de conhecimento inovador na empresa (FROST e SHOEN, 2004). E as unidades organizacionais mais ágeis na formação de novas ligações para viabilizar troca de recursos são as unidades mais ricas em relacionamento de confiança que facilitam a troca de conhecimentos tácitos (TSAI, 2000).

Por outro lado, o conceito de estrutura matricial formal enfoca no papel da autoridade ao invés de analisar o efeito de relacionamentos de confiança dentro da organização como um veículo eficaz para a troca de conhecimento.

Flexibilidade – A organização em rede (composta de uma infra-estrutura global e de redes locais auto-projetadas) é uma solução organizacional para se conciliar tanto a eficiência de uma operação de abrangência global, como a flexibilidade de uma operação de âmbito local (ECCLES e NOLAN, 1993).

Portanto, o conceito de redes organizacionais internas é diferente do conceito de estrutura matricial, por causa da diferença de enfoque. Enquanto que o conceito de estrutura matricial enfoca na definição de autoridade, nos cargos e atividades prescritas, e nos canais de comunicação oficiais, o conceito de redes internas aborda aspectos mais sutis da vida organizacional, como os relacionamentos pessoais de confiança entre indivíduos, a fim de se integrar atividades de áreas organizacionais distintas, agilizar o acesso à informação e facilitar as trocas de recursos intangíveis. Deste modo, a idéia de redes internas não desconsidera os subsistemas formais de autoridade, atividade e comunicação, porém descreve os mecanismos que geram atividades não prescritas de integração e vias de comunicação não pré-estabelecidas pelas vias oficiais para facilitar o fluxo de *know-how*.

Da mesma forma que é importante diferenciar os conceitos de redes internas e estruturas matriciais, também é relevante se destacar a sinergia entre os dois conceitos como bem definem Buchel e Raub (2002), que realizaram entrevistas em profundidade com executivos das 16 empresas que participam do Fórum de Conhecimento de Genebra, na Europa, que consiste de um grupo de grandes empresas multinacionais que

se reúnem várias vezes ao ano para discutir as mais recentes tendências em gestão do conhecimento e para trocar experiências e boas práticas.

Ao definir uma tipologia de redes internas de conhecimento, conforme a **Figura 2**, em função do beneficiado pela rede (o funcionário ou a empresa) e o tipo de gestão (auto-gerida ou conduzida com o apoio da gerência), os autores identificaram que as redes internas formadas para se identificar oportunidades de negócio e as redes internas formadas para estimular a transferência de melhores práticas são modalidades de redes internas que efetivamente contribuem para as empresas criarem valor (BUHEL e RAUB, 2002).

Intensidade do apoio gerencial	apoiada	Rede de aprendizagem profissional	Rede de compartilhamento de melhores práticas
	auto-gerenciada	Rede de Hobby	Rede de oportunidade de negócio
		individual	organizacional
		Âmbito do benefício	

Figura 2. Quatro tipos de Redes de Conhecimento. Fonte: BUCHEL e RAUB, 2002.

Além disso, Buchel e Raub (2002) oferecem uma interessante perspectiva conceitual para se compreender de que modo as redes internas e as estruturas organizacionais oficiais podem interagir sinergicamente:

“Uma vez que as redes são, ao menos parcialmente, baseadas em auto-seleção, apoio mútuo e trocas multi-direcionadas, elas são mais difíceis de serem conduzidas, do que as estruturas organizacionais mais tradicionais. Por outro lado, isso não significa que as redes não possam se beneficiar do direcionamento estabelecido pela gerência. Os gerentes podem sensibilizar os membros da rede para assuntos estrategicamente importantes, facilitar o encontro dos membros e potencializar os resultados obtidos pelas redes de conhecimento” (BUHEL e RAUB, 2002).

De fato, a parte empírica irá ilustrar esta possibilidade na qual gerentes de projeto Seis Sigma em uma estrutura matricial estimulam a integração de competências e de conhecimento tácito pelas redes organizacionais internas de modo a se obter inovadoras soluções para a prevenção da poluição.

3.5 Definição Conceitual de “Redes Internas”

O conceito de “redes internas” será definido do seguinte modo, conforme as conclusões da breve revisão bibliográfica acima:

“Redes internas” dentro da empresa são o conjunto de relacionamentos pessoais de comunicação, aconselhamento ou de confiança na organização, configurando canais para a rápida obtenção de informações dispersas nas diversas áreas da organização, configurando canais para a troca de conhecimento tácito e configurando canais para a integração de competências multifuncionais, a fim de viabilizar a geração de conhecimento novo para inovações que realizam a prevenção da poluição, seja espontaneamente por meio da auto-gestão ou, de modo dirigido por meio da liderança e desafios da gerência (KRACKHARDT e HANSON, 1993; COLLINS e CLARK, 2003; TSAI, 2000; BUCHEL e RAUB, 2002).

3.6 Objetivos e Componentes de Redes

Uma vez definido o conceito de redes organizacionais e redes internas, os tópicos seguintes revisam aspectos específicos mais funcionais das redes internas, como os seus atores, as suas bases de conhecimento e as suas estruturas de relacionamento, os quais interagem para viabilizar inovações.

A seguir, os atores de redes organizacionais são categorizados, por meio de seus papéis organizacionais, suas competências e suas habilidades gerenciais, enquanto são apresentadas as abordagens para se desenvolverem as bases de conhecimento e para se definirem as diferentes estruturas de relacionamento.

3.6.1 Inovação como Objetivo de Redes

Na pesquisa empírica, descreve-se como as redes internas geram as inovações nos processos produtivos para viabilizar a diminuição da poluição. Portanto, será necessário compreender o que é inovação e, mais especificamente, o que é a inovação ambiental.

Segundo o Manual de Oslo (2004), um documento da OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) que propõe diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação, a Inovação Tecnológica de Produto e Processo consiste da implementação de uma nova tecnologia ou significativa melhoria tecnológica no mercado (inovação em produtos) ou no processo produtivo (inovação em processos). Sendo que a Inovação Tecnológica de Produto e Processo envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais (OCDE, 1997).

Já a inovação tecnológica ambiental pode ser conceituada como os processos, técnicas, sistemas e produtos novos ou modificados que ajudam a reduzir o dano ambiental. E este objetivo de reduzir dano ambiental pode ser obtido através de duas categorias de inovação: a inovação técnica e a inovação organizacional decorrente de mudanças na estrutura organizacional ou na introdução de novas rotinas e práticas empresariais (KEMP e ARUNDEL, 1998).

De fato, ao ser retomada a definição de “Produção Mais Limpa” pelo UNEP (2006) (“Produção Mais Limpa’ é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva aos processos, produtos e serviços a fim de aumentar a eficiência total e de reduzir riscos aos seres humanos e ao ambiente”) fica evidente que a Produção Mais Limpa pode ser considerada como uma inovação ambiental, de acordo com a definição acima de Kemp e Arundel (1998).

3.6.2 Atores de Redes

a) Papéis

Gatekeepers – Allen (1971) analisou os papéis intra-organizacionais de membros de equipes de projetos corporativos. O autor define “guardiões-porteiros” (*Gatekeeper*) como profissionais de alto desempenho e que se comunicam com mais frequência com toda a organização, inclusive com pessoas de fora de sua área de especialidade. Esses profissionais fazem parte de equipes de projeto e exercem o papel

de trazer informação do mundo externo para a sua organização e de levar informação da equipe de projeto para as outras áreas da empresa.

Corretor - Hargadon (1997) apresentou o conceito de “corretor de tecnologia” com base numa pesquisa etnográfica realizada na IDEO, uma empresa americana líder em projetos de produtos. A ampla base de conhecimento dos engenheiros da IDEO resulta justamente de seu acesso a soluções de projetos em vários mercados. Um dos motivos que explica por que a IDEO consegue exercer o papel de corretor de tecnologia é o fato de seus engenheiros não se especializarem em apenas um setor econômico, mas de serem alocados em projetos em diferentes setores econômicos. Desse modo, a IDEO consegue adquirir conhecimento sobre soluções de projeto inovadoras num determinado setor econômico, para armazenar esse conhecimento e reativá-lo num projeto futuro num outro setor econômico, sob a forma de uma nova combinação de soluções.

b) Competências Essenciais e Competências Profissionais

As estruturas organizacionais em rede pressupõem a existência de diferentes atores que unem suas respectivas competências complementares, a fim de aumentarem a sua competitividade e melhorarem a entrega de valor ao cliente (WILKINSON e YOUNG, 2002; LIPNACK e STAMPS, 1994).

Por meio de alianças com os atores atualmente em cooperação, também abre-se acesso a informações sobre as competências de outros atores para parcerias potenciais no futuro (GULATI e GARGIOLO, 1999).

Na perspectiva de uma empresa, para que uma competência possa ser considerada como “competência essencial”, é necessário que atenda a três requisitos (PRAHALAD e HAMEL, 1990):

- a) ofereça reais benefícios ao cliente;
- b) seja difícil de imitar e
- c) viabilize o acesso a diferentes mercados.

Leonard-Barton (1992) analisou as competências centrais e as rigidezes centrais de empresas em diferentes setores industriais como o setor de aeronaves, caixas automáticos, microprocessadores, bicicletas e alimentos. Demonstrou que o conteúdo da competência central se incorpora aos conhecimentos e habilidades dos empregados, assim como aos sistemas técnicos da organização. Os valores organizacionais determinam as capacidades e competências que favorecem a inovação, mas também

determinam as competências e capacidades tradicionais que inibem a inovação. O resultado dessa pesquisa demonstra que os valores e normas determinam o tipo de conhecimento incorporado, assim como definem o processo de criação e controle de conhecimento. Portanto, para não ser vítima de sua rigidez central advinda de seus valores organizacionais, a empresa pode adotar modelos organizacionais mais dinâmicos, assim como interações mais intensas com empresas parceiras que não apresentam o mesmo tipo de limitação.

Na perspectiva de um profissional dentro da empresa, as competências representam a inteligência prática e situacional, de acordo com os conhecimentos adquiridos que são transformados com intensidade proporcional à complexidade das situações, nas quais tais competências são utilizadas (ZARIFIAN, 1999).

Já a competência do ator não é um estado e não se limita a um conhecimento específico, mas resulta da confluência entre os atributos do ator (como a sua biografia e a sua socialização), a sua formação educacional e a sua experiência profissional (LE BOTERF, 1995).

No entanto, os atores podem possuir os conhecimentos, as habilidades e as atitudes certas e, mesmo assim, não beneficiar a organização. Por esse motivo, o ator competente é o ator que efetivamente “entrega”, ou seja, é o ator que sabe agir de modo responsável, que beneficia a organização e é reconhecido por isso (DUTRA, 2001).

Numa perspectiva sociológica, a competência é conceituada como um saber agir responsável e reconhecido que se evidencia pela mobilização, integração e transferência de conhecimentos, recursos e habilidades que agregam valor econômico para a empresa e valor social ao indivíduo (FLEURY, 2002).

c) Habilidades Gerenciais

As competências profissionais atuam em diferentes tipos de decisão na organização, de acordo com o nível organizacional da decisão, ou seja, decisões que visam resolver tarefas técnicas, ou decisões que visam organizar o trabalho de outros profissionais, ou, ainda, decisões que visam definir o direcionamento estratégico da organização no seu ambiente de negócios.

De forma simples e direta, Robert Katz (1955) identificou esses três âmbitos de decisão, numa pesquisa seminal para a ciência das organizações, que constatou três diferentes categorias de habilidades gerenciais numa empresa.

- Habilidade Técnica – é a habilidade necessária para cumprir uma atividade específica. Para isso o profissional mobiliza conhecimentos, métodos e equipamentos para cumprir tarefas dentro de seu campo de especialidade;
- Habilidade Humana – trata-se da habilidade de compreender as pessoas com suas necessidades, interesses e atitudes, a fim de trabalhar em equipe e de liderar equipes;
- Habilidade Conceitual – para compreender e agir, de acordo com a complexidade de toda a organização em relação ao contexto da empresa, é necessária a habilidade conceitual, a fim de se poder conceber estratégias.

À medida que o profissional sobe na hierarquia da empresa, diminui a necessidade de mobilizar habilidades técnicas e aumenta a necessidade por habilidades humanas e conceituais (KATZ, 1955).

3.6.3 As Bases de Conhecimento dos Atores

A inovação é realizada com base no conhecimento organizacional. Baseados numa ampla amostra de empresas japonesas, Nonaka e Takeuchi procuram compreender as estruturas e processos para o desenvolvimento do conhecimento organizacional que gera inovações (NONAKA e TAKEUCHI, 1997).

Um primeiro passo para se compreender o conhecimento organizacional é a diferenciação de dois tipos de conhecimento de natureza e funcionamento bastante distintos na empresa (NONAKA e TAKEUCHI, 1997):

- o conhecimento explícito, formalizado em livros, fórmulas, treinamentos e manuais;
- o conhecimento tácito, o qual representa o conhecimento prático de quem sabe fazer, mas não sabe explicar como faz.

Na empresa, o conhecimento é gerado por meio de quatro processos (NONAKA e TAKEUCHI, 1997):

- internalização de conhecimento – processo que consiste em transformar o conhecimento explícito em conhecimento tácito, por meio, por exemplo, de

treinamentos, estudos, exercícios e implementações do conhecimento adquirido;

- combinação de conhecimento – por este processo, conhecimentos explícitos distintos são relacionados e integrados;
- socialização de conhecimento – processo de transmissão do conhecimento tácito, por meio do relacionamento pessoal e direto entre mestre e aprendiz;
- externalização de conhecimento – para se multiplicarem melhores práticas individuais, é necessário transformar o conhecimento tácito em conhecimento explícito. Para isso o conhecimento é articulado e expresso, com frequência, por meio da utilização de figuras de linguagem como metáforas e analogias que ajudam no processo criativo de se elaborarem conceitos novos com base na experiência dos indivíduos.

3.6.4 Estrutura dos Relacionamentos entre os Atores

Se a inovação é função do conhecimento organizacional, o conhecimento organizacional é condicionado pelas estruturas de relacionamento entre os atores organizacionais.

Granovetter (1983) diferencia as ligações fortes de ligações fracas nas redes sociais. Enquanto que as ligações fortes são, por exemplo, as ligações estabelecidas nos relacionamentos entre amigos, as ligações fracas são as ligações características de relacionamentos entre meros conhecidos. Para o autor, as ligações fracas estabelecem tênues ligações externas entre diferentes grupos sociais coesos internamente. Deste modo, indivíduos com várias ligações fracas são capazes de ter acesso às informações dos demais grupos sociais diferentes do seu próprio grupo (com o qual estabelece relações fortes). Na mesma lógica, indivíduos com poucas ligações fracas ficam privados das informações geradas nos grupos nos quais não têm ligações fortes.

Com base em análise de patentes no setor químico, um pesquisador diferenciou os relacionamentos abertos dos relacionamentos fechados. Os relacionamentos fechados são caracterizados por vínculo de longo prazo entre os atores e mostram-se eficientes para estabelecer um ambiente colaborativo que supera o oportunismo de que as partes envolvidas utilizem o conhecimento elaborado conjuntamente, de modo desfavorável ao outro parceiro. Já as redes abertas são estruturas de relacionamento nas quais um ator focal estabelece simultaneamente contatos com diversos parceiros que, no entanto, não

se relacionam entre si. Esta pesquisa demonstra que as estruturas abertas facilitam a rápida aquisição de informação. Os relacionamentos fechados, por sua vez, são mais adequados à inovação, por favorecerem a relação de confiança entre os atores, para proporcionar um mais intenso intercâmbio de conhecimento (**Figura 3**) (AHUJA, 2000).

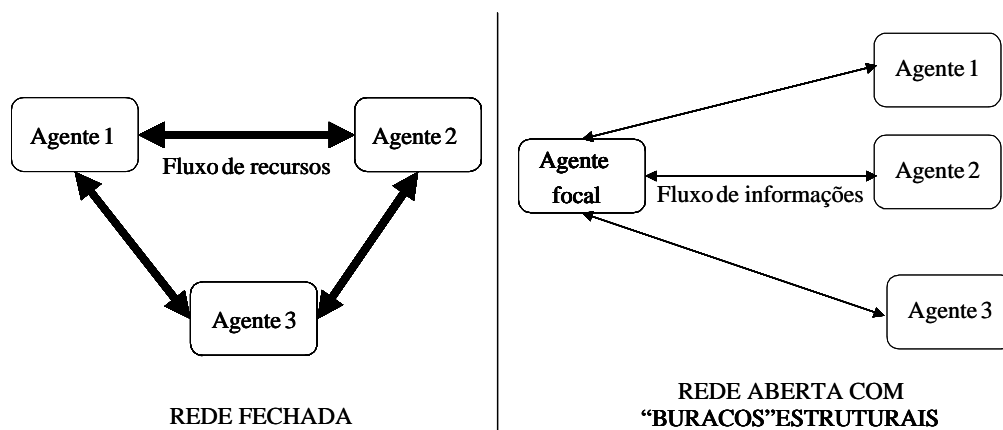


Figura 3 – Rede Fechada e Rede Aberta. Figura do autor, segundo Ahuja (2000).

Uma outra abordagem de análise avalia se o relacionamento é direto ou indireto (AHUJA, 2000). Enquanto o relacionamento direto entre dois atores não é intermediado por nenhuma outra organização, o relacionamento indireto é realizado por intermédio de um terceiro ator (**Figura 4**).

O relacionamento direto facilita a troca de conhecimentos e de recursos, enquanto os relacionamentos indiretos se limitam à troca de informações (AHUJA, 2000).

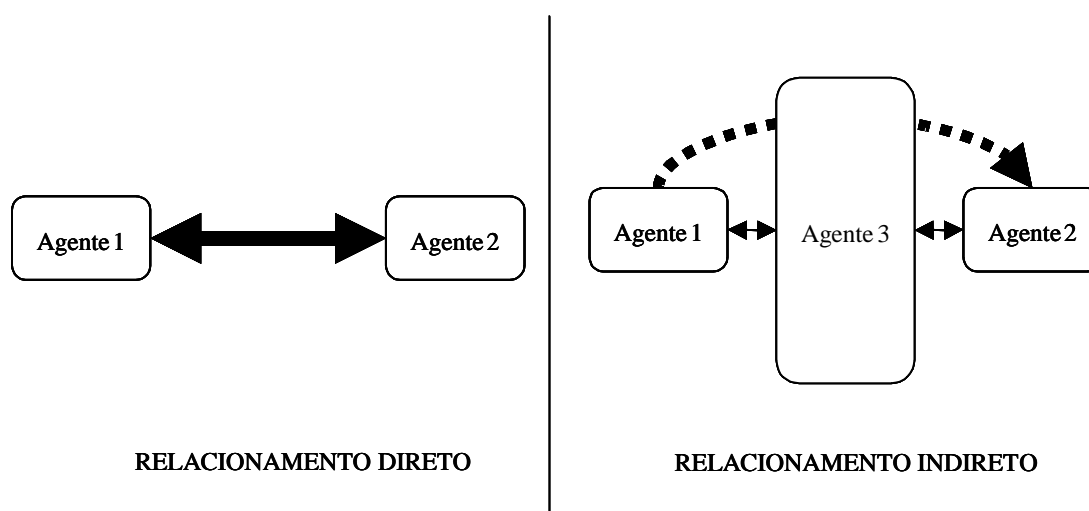


Figura 4 – Relacionamentos Direto e Indireto. Figura do autor, segundo Ahuja (2000).

3.7 Isomorfismo

Os processos de difusão de novas metodologias de gestão como a Produção Mais Limpa não ocorrem num ambiente corporativo estático. De fato, a empresa comumente se confronta com pressões para adotar modelos de gestão devido a pressões de autoridades, pressões de referências externas tidas como “melhores práticas” e pressões das prescrições dos grupos de profissionais.

Deste modo, para não serem eventos passageiros e interrompidos brevemente, os programas de Produção Mais Limpa devem estruturar as suas redes organizacionais com base na compreensão de como podem se alinhar às pressões isomórficas e às fases que constituem o processo de mudança organizacional.

Do ponto de vista da teoria institucional, DiMaggio e Powell (2005) investigam o processo pelo qual as estruturas, processos e comportamentos das diferentes organizações vão se tornando similares entre si.

Nos estágios iniciais do desenvolvimento de um dado campo organizacional, as organizações costumam apresentar uma grande variedade de modelos e estruturas. Porém, conforme tal campo organizacional se torna mais estabelecido, ocorre uma tendência em direção à homogeneização. Sendo que por “campo organizacional” entende-se o conjunto de organizações que perfazem uma área reconhecida da vida institucional como, por exemplo, fornecedores de recursos essenciais, agências governamentais e outras organizações que fornecem produtos ou serviços similares (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

Curiosamente, o processo de imitação ocorre, com frequência, mesmo sem que haja evidências que comprovem que este mimetismo melhora o desempenho da organização. De fato, os primeiros a adotar uma determinada inovação organizacional visam à melhoria de desempenho. No entanto, na medida que a inovação se espalha, ocorre o fenômeno das organizações seguintes adotarem a inovação dominante mais por causa da legitimação que ela proporciona à organização, do que por melhorar o desempenho (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

Existem três mecanismos geradores de mudanças isomórficas institucionais (DIMAGGIO e POWELL, 2005):

- a) O isomorfismo coercitivo que advém da autoridade do ambiente político e da busca por legitimidade;
- b) O isomorfismo mimético que é gerado das respostas padronizadas frente às incertezas;

- c) E o isomorfismo normativo que resulta dos treinamentos e demais socializações prescritivas da profissionalização.

O isomorfismo coercitivo é resultante das pressões formais ou informais vindas de organizações que exercem algum tipo de autoridade ou domínio sobre as demais. No que se refere às grandes multinacionais, os autores especificam:

“À medida que os conglomerados de corporações aumentam em tamanho e escopo, não há necessariamente uma imposição de critérios de performance padronizados para as subsidiárias, mas é comum que as subsidiárias se sujeitem a mecanismos de referência padronizados. As subsidiárias são obrigadas a adotar práticas contábeis, avaliações de performance e planos orçamentários compatíveis com as políticas da organização matriz” (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

Já os processos miméticos são resultantes não da autoridade, mas do comportamento frente à incerteza. Seja por causa da limitada compreensão sobre as novas tecnologias, seja por causa de metas ambíguas, as organizações buscam superar o incerto ao adotar modelos de ação praticados por outras organizações. A vantagem desta abordagem é a possibilidade de se obter soluções viáveis rapidamente a baixos custos.

Em geral, as organizações adotam como modelo as organizações que elas acreditam ter maior legitimidade ou ser mais bem-sucedidas.

Um claro exemplo do isomorfismo mimético ocorreu na década de oitenta, quando as organizações norte-americanas implementaram modelos de gestão japoneses, como os círculos da qualidade, para aumentar a produtividade e melhorar a motivação e participação dos funcionários.

No entanto, quando as metas de uma organização são ambíguas, maior será a tendência de se moldar às organizações tidas como modelo de sucesso:

“Assim, os participantes acham mais fácil imitar outras organizações do que tomar decisões com base em análises sistemáticas de metas já que estas análises poderiam se provar trabalhosas ou desagradadoras” (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

Por fim, o terceiro modo de homogeneização é realizado pelas pressões normativas, sobretudo na profissionalização. De fato, os membros de uma atividade

profissionais procuram definir os métodos de trabalho para a sua profissão, de modo a estabelecer uma base cognitiva comum que legitime a profissão.

Em geral, o mimetismo normativo ocorre por dois meios: por meio dos cursos de profissionalização da educação formal e por meio das redes de relacionamento dentro da mesma profissão, seja fora da organização em associações profissionais, ou mesmo dentro da organização criando um mecanismo de difusão rápida de novos modelos (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

3.8 Gestão da Mudança

Nas décadas de 1970 e 1980, ocorreram mudanças tão amplas e intensas nas organizações, que Lawler (1989) associa-as a transformações duráveis no caráter organizacional que afetam significativamente o desempenho da organização. Tais mudanças no caráter organizacional são evidenciadas em características constitutivas, como, por exemplo, em mudanças (FISCHER, 2002):

- na natureza dos produtos e serviços;
- nos processos produtivos, nos procedimentos administrativos e nas práticas gerenciais utilizadas;
- no modo de estruturar e distribuir atribuições e responsabilidades;
- nos critérios utilizados para integrar, coordenar e diferenciar os padrões de relacionamentos internos e
- nos canais de relacionamento que a empresa estabelece com o seu ambiente externo de negócios.

Com base em estudos empíricos em mais de cem empresas ao longo de uma década, Kotter (2000), um pesquisador de Harvard, identificou as principais fases necessárias para um processo de mudança eficaz na empresa:

1. a primeira fase consiste em criar, na organização, o “senso de urgência” para motivar a mudança. Para isso analisa-se a real posição competitiva da empresa e as tendências tecnológicas para confrontá-las com o desempenho atual da organização;
2. na segunda fase, as empresas que souberam conduzir o processo de mudança criaram um grupo coeso de líderes que se comprometem com a melhoria do desempenho organizacional e a direcionam;

3. a terceira fase visa definir uma visão clara, uma imagem de futuro facilmente comunicável para os empregados e acionistas da empresa, para transmitir a todos qual será a trajetória futura. Esta fase é importante por proporcionar coesão aos vários projetos e ações pontuais necessárias para efetivar a mudança. É o texto da visão que, quando bem elaborado, cria a compreensão e o interesse pela mudança;
4. na quarta fase, as empresas que souberam gerenciar a mudança também comunicaram eficientemente a sua visão. Essa comunicação deve ser tanto abrangente, quanto coerente. Abrangente por utilizar diversos veículos de comunicação complementares; coerente por se expressar no comportamento dos líderes da empresa;
5. na quinta fase, a empresa identifica e remove os obstáculos organizacionais que impedem a realização da visão. Apenas ao demonstrar ser capaz de remover os principais obstáculos à visão de mudança, a alta gerência adquire a credibilidade necessária para realmente obter o comprometimento da organização;
6. a sexta fase também torna a mudança tangível, ao planejar e obter sistematicamente alguns resultados de curto prazo na direção da mudança, para mostrar claramente que, apesar de a mudança almejada requerer um longo e trabalhoso percurso, existem melhorias perceptíveis comprovando que vale a pena o esforço. Tais resultados podem aparecer em indicadores como produtividade, participação de mercado, lucratividade ou na eficácia no lançamento de novos produtos;
7. na sétima fase, a empresa em processo de mudança organizacional procura metas maiores do que as de curto prazo para manter o bom desempenho, sem abandonar o comprometimento com os novos sistemas organizacionais, devido a uma falsa sensação precoce de já se ter obtido a vitória;
8. a oitava fase, por fim, realiza a “ancoragem” das mudanças obtidas dentro da cultura organizacional, ou seja, no estilo de trabalho dominante na empresa. Isso é realizado, ao se evidenciar como os resultados obtidos se devem à mudança realizada e ao ficar evidente, por meio dos critérios de promoção de carreira, que a liderança da empresa adota integralmente a nova forma de trabalho resultante do processo de mudança.

3.9 Considerações Finais

A partir da revisão dos conceitos sobre as estruturas organizacionais, foi possível concluir que, enquanto a definição de organização matricial para projetos limita-se a explicar as relações formais, o conceito de redes internas adotado nesta tese se refere ao conjunto de relacionamentos pessoais (auto-geridos ou dirigidos pela gerência) que captam informações, conhecimento tácito e competências multifuncionais para gerar conhecimento novo para inovações ambientais.

Além disso, a revisão da literatura ofereceu subsídios para se aprofundar a reflexão sobre as barreiras à difusão da Produção Mais Limpa.

Em primeiro lugar, os construtos de “organização em redes auto-projetadas” podem ser utilizados para se avaliar em que medida os projetos de Produção Mais Limpa efetivamente contam com programas que oferecem uma infra-estrutura comum adequada com recursos, metodologias, visão de negócio clara e mecanismos de comunicação.

Em segundo lugar, o conceito de inovação implica a introdução de novas idéias que melhoram o desempenho da empresa, enquanto que o conceito de inovação ambiental implica a redução de um dano ambiental. Nesse sentido, pode-se constatar que os projetos de Produção Mais Limpa geram novas idéias para diminuir a poluição e reduzir os custos de produção. Portanto, é cabível considerar os projetos de Produção Mais Limpa como inovações tanto do ponto de vista empresarial como do ponto de vista ambiental. Se a Produção Mais Limpa é um tipo de inovação, então a literatura sobre como as redes internas determinam o desempenho da empresa na inovação é uma literatura que deve poder oferecer conceitos para se avaliar os fatores que limitam a difusão da Produção Mais Limpa.

Por sua vez, os conceitos de atores de redes organizacionais permitem que o pesquisador identifique se as atuais redes de Produção Mais Limpa contam com papéis especialmente importantes na geração de inovações ambientais, tais quais o “Corretor de Conhecimento” e “*Gatekeeper*”.

Já os construtos de “competências essenciais” e de “habilidades gerenciais” se prestam para se identificar se o desempenho dos programas de Produção Mais Limpa não está limitado pela insuficiente mobilização das competências e habilidades gerenciais necessárias para uma efetiva incorporação da Produção Mais Limpa nas empresas.

Quanto aos processos de transmissão de conhecimento, é importante identificar se o foco da rede de Produção Mais Limpa é o passivo compartilhamento de conhecimentos explícitos, ou se a rede é apta a gerar resultados por meio do desenvolvimento e difusão do conhecimento tácito, ou seja, o conhecimento que viabiliza a implementação de efetivas práticas de Produção Mais Limpa.

Outro aspecto de análise é a dimensão relacional que deve investigar se os programas de Produção Mais Limpa sabem estimular a criação de relacionamentos entre os atores organizacionais, a fim de se estabelecer uma orientação conjunta e facilitar a integração de competências.

Por fim, os conceitos de isomorfismo e de mudança organizacional permitem identificar de que modo o programa de Produção Mais Limpa se alinha aos processos de mudança organizacional nas empresas.

4.

A METODOLOGIA E A ESTRUTURA MATRICIAL SEIS SIGMA

4.1 Introdução

Pande, Neuman e Cavanagh (2001) descreveram no livro “Estratégia Seis Sigma” sobre como esta metodologia de gestão de projetos pode ser implementada, para realizar mudanças significativas na empresa. O nome da metodologia origina-se da letra do alfabeto grego utilizada em Estatística para simbolizar o desvio-padrão, ou seja, uma medida para quantificar a variação e inconsistência de um determinado processo.

A qualidade 3 Sigma significa para a gestão da qualidade que 93,3% dos produtos têm a qualidade esperada, enquanto a qualidade 6 Sigma significa que 99,9997% dos produtos têm a qualidade esperada. Portanto, um produto com a qualidade Seis Sigma apresenta não mais que 3,4 defeitos por milhão de oportunidades de defeitos. Sendo que “oportunidades de defeito” são os tipos ou categorias de defeito que um certo produto pode apresentar (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2001).

As redes internas que geraram conhecimento tácito para os projetos de Produção Mais Limpa analisados na parte empírica desta tese foram significativamente condicionadas pela estrutura organizacional matricial para projetos de melhoria nos processos de negócio, por sua vez criada por uma iniciativa corporativa para a adoção da metodologia Seis Sigma. Por isso neste capítulo visa-se esclarecer a natureza da metodologia Seis Sigma, ao contextualizá-la na evolução da gestão da qualidade nas empresas e ao descrever a origem dessa metodologia na Motorola, onde gerou US\$ 15 bilhões de economias em 11 anos (KWAK e ANBARI, 2004).

Depois de descrever como a General Electric utilizou o Seis Sigma para a gestão da mudança, neste capítulo apresentam-se os papéis da estrutura organizacional Seis Sigma, a sua abordagem para gerenciar e estruturar projetos, assim como as ferramentas estatísticas e organizacionais que utiliza.

Por fim, neste capítulo tecem-se algumas reflexões sobre as possibilidades da Produção Mais Limpa aproveitar a evolução da gestão da qualidade, ao passar da Gestão da Qualidade Total-Ambiental para um eventual “Seis Sigma-Ambiental”.

4.2 A Evolução da Gestão da Qualidade nas Empresas

A gestão da qualidade passou por uma evolução ao longo das últimas décadas nas empresas (**Quadro 1**) (GARVIN, 2002).

Na primeira fase da gestão da qualidade, ela se limitava, sobretudo, à inspeção para melhorar a conformidade dos produtos, por meio de instrumentos de medição. Na segunda fase, a gestão da qualidade procurou minimizar a necessidade de inspeção ao se utilizarem técnicas estatísticas para controlar a qualidade (GARVIN, 2002).

Em seguida, a terceira fase da gestão da qualidade procurou influenciar o desempenho de toda a cadeia de suprimentos e, principalmente, os projetos que criam os produtos, a fim de se eliminarem defeitos na fonte. Para isso, um amplo conjunto de departamentos era coordenado por meio de programas que visavam garantir a qualidade (GARVIN, 2002).

Por fim, a quarta fase evolutiva da gestão da qualidade conta com intensa liderança dos principais decisores da empresa que buscam adotar, cada vez mais, a perspectiva dos clientes. Para isso, a gestão da qualidade alinha-se mais claramente ao planejamento estratégico da empresa para se definirem objetivos de qualidade e para capacitar e prestar assessoria especializada aos funcionários em programas que visam contribuir para o desempenho competitivo da empresa por meio da melhoria da qualidade (GARVIN, 2002).

Etapa do Movimento da Qualidade				
Identificação de Características	Inspeção	Controle Estatístico da Qualidade	Garantia da Qualidade	Gerenciamento Estratégico da Qualidade
Preocupação básica	Verificação	Controle	Coordenação	Impacto estratégico
Visão da qualidade	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido, mas enfrentado proativamente	Uma oportunidade de concorrência
Ênfase	Uniformidade do produto	Uniformidade do produto com menos inspeção	Toda a cadeia de suprimento, sobretudo no projeto	As necessidades de mercado e do consumidor
Métodos	Instrumento de medição	Técnicas estatísticas	Programas e sistemas	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização
Papel dos profissionais da qualidade	Inspeção, classificação, contagem e avaliação	Solução de problemas e aplicação de métodos estatísticos	Mensuração da qualidade, planejamento da qualidade e projeto de programas	Estabelecimento de objetivos, educação e treinamento, trabalho consultivo e delineamento de programas
Quem é o responsável pela qualidade	O departamento de inspeção	Os departamentos de produção e engenharia	Todos os departamentos	Todos na empresa, com a alta gerência exercendo forte liderança
Orientação e abordagem	Inspeciona a qualidade	Controla a qualidade	Constrói a qualidade	Gerencia a qualidade

Quadro 1 – As quatro principais eras da qualidade. Fonte: (GARVIN, 2002).

De acordo com as fases da gestão da qualidade de Garvin, é possível se buscarem relatos da Motorola que mostram como a metodologia Seis Sigma surgiu com os atributos de Controle de Qualidade (Segunda Fase) e passou a ter atributos de um programa para construir e garantir a qualidade (Terceira Fase). Além disso, os relatos da *General Electric* e as memórias de seu ex-primeiro executivo deixam claro como a metodologia Seis Sigma na GE passou a ter atributos de “Gerenciamento Estratégico da Qualidade” (Quarta Fase), por meio da liderança da alta gerência e da definição de objetivos ambiciosos para melhorar a posição competitiva e a geração de valor econômico pela empresa.

4.3 Criação do Seis Sigma na Motorola

Na década de 1980, a Motorola estava com dificuldades de competir com produtos estrangeiros, quando um vice-presidente de vendas admitiu: “a nossa qualidade fede”. Isso motivou a alta gestão a definir a meta de melhorar a qualidade em dez vezes nos cinco anos seguintes (MOTOROLA, 2006).

No início, a metodologia Seis Sigma foi criada pela Motorola para obter benefícios operacionais, reduzir defeitos e produzir mais rápido, mas, atualmente, o Seis Sigma também é utilizado para aumentar a participação de mercado, melhorar a retenção de clientes, desenvolver novos produtos e serviços, acelerar a inovação e gerenciar respostas a mudanças nas requisições dos clientes. Para tanto a empresa mudou o foco no uso da metodologia e reinventou o Seis Sigma para deixar apenas de utilizá-lo na eliminação de defeitos e aplicá-lo como uma metodologia para executar estratégias e criar valor econômico. “Enquanto o Seis Sigma antigo era apenas uma métrica, o novo Seis Sigma é um sistema de gestão para gerenciar negócios diariamente” (MOTOROLA, 2006).

Desse modo, o escopo da utilização do Seis Sigma ampliou-se. A metodologia começou a ser utilizada por engenheiros da qualidade, mas, atualmente, é também utilizada por vice-presidentes, engenheiros de *software* e por funcionários de áreas como recursos humanos, serviços ao cliente e contabilidade (MOTOROLA, 2006).

O Seis Sigma percorreu os seguintes marcos na Motorola (MOTOROLA, 2006):

- 1986 – o Seis Sigma é criado pela Motorola. O engenheiro de qualidade, Bill Smith, cunhou a denominação da métrica de qualidade de produtos como “Seis Sigma”.
- 1988 – a gestão da qualidade na Motorola recebe o Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige.
- 1991 – a Motorola certifica os primeiros Faixa Preta como especialistas altamente treinados na metodologia Seis Sigma.
- 1992 – o Seis Sigma é adotado em outras empresas-líderes em seus setores, desde empresas de manufatura, até as de serviços financeiros, transporte e alta tecnologia.
- 1999 – a Universidade Motorola oferece treinamento e consultoria em Seis Sigma.

- 2002 – o Seis Sigma desenvolve-se de uma métrica para uma metodologia de gestão a fim de se obterem resultados em negócios. A Universidade Motorola começa a certificar Faixa Preta e Faixa Verde de outras empresas.
- 2004 – o Seis Sigma ajuda a Motorola a atingir um crescimento no faturamento de 42% e no lucro por ação de 257% sobre o primeiro semestre do ano anterior.

4.4 O Desenvolvimento do Seis Sigma na *General Electric*

A General Electric adotou o Seis Sigma como parte de sua cultura organizacional, devido ao fato de o turbulento ambiente competitivo ser pouco tolerante a erros, exigindo constante busca por novas formas de exceder as expectativas dos clientes (G.E., 2006).

Para a G.E., as fases de gestão de projetos Seis Sigma representam um processo para a melhoria contínua, de modo sistemático, científico e baseado em fatos. A G.E. define o Seis Sigma como um processo altamente disciplinado para focar o desenvolvimento e entrega de produtos e serviços próximos da perfeição, por meio da eliminação dos defeitos, tolerando apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades de defeito em cada produto ou serviço. A empresa mede defeitos por meio da variação não de variáveis técnicas do produto, mas de como o cliente percebe o desempenho dos seus produtos ou serviços (G.E., 2006).

Os benefícios do Seis Sigma na General Electric superaram as expectativas, pois a metodologia favoreceu que bons projetos fossem replicados, multiplicando-se as melhores práticas por toda a empresa. A *General Electric* declara que o Seis Sigma se tornou o modo de trabalhar e que a metodologia “mudou o DNA da G.E.”. Para isso a empresa treinou todos os seus funcionários na estratégia e ferramentas estatísticas da metodologia Seis Sigma, por meio de treinamentos de vários níveis, desde apresentações introdutórias para se criar atenção em relação ao Seis Sigma, até treinamentos a funcionários dedicados em tempo integral à implementação da metodologia, para capacitá-los no uso de ferramentas estatísticas avançadas, ferramentas de controle da qualidade, processos de aceleração da mudança e ferramentas de gerenciamento de tecnologia (G.E., 2006).

Jack Welch (2001), em suas memórias como CEO (*Chief Executive Officer*) da G.E., afirma que não simpatizava muito com o movimento da qualidade devido à grande ênfase em *slogans* com, relativamente, pouco resultado.

A G.E. adotou a metodologia Seis Sigma numa época em que as pesquisas de opinião dos funcionários da empresa apontavam grande preocupação com a qualidade dos produtos. Por isso, Jack Welch convidou o CEO da AlliedSignal para relatar a experiência de sua empresa com o Seis Sigma. O segundo passo foi alocar executivos de elevado nível para estimarem o benefício potencial da implementação do Seis Sigma, os quais concluíram ser entre US\$ 7 e 10 bilhões, ou seja, de 10 a 15% do faturamento anual da empresa. Devido a tal dimensão da oportunidade, o executivo não lançou o Seis Sigma apenas como um programa de qualidade, mas como uma iniciativa corporativa liderada por um executivo de elevado desempenho aliado a um novo funcionário, ex-gerente da Motorola especializado em ensinar o Seis Sigma (WELCH, 2001).

Para Welch (2001):

“O grande engano é supor que o Seis Sigma trate de controle de qualidade e de fórmulas estatísticas. Em parte é isso, mas não fica só nisso. Em última instância, impulsiona a melhoria da liderança ao fornecer instrumentos para que se raciocine sobre assuntos difíceis.”

Em 1996, Welch instituiu o Seis Sigma na G.E. e convocou todos os membros da alta gerência a apoiarem ativamente a iniciativa, com o objetivo de obter, em apenas cinco anos, o mesmo desempenho que a Motorola obteve após dez anos.

Para isso, o CEO definiu que (WELCH, 2001):

- apenas os melhores funcionários deveriam ser escolhidos como Faixa Preta, um cargo de dois anos com dedicação exclusiva;
- todos os projetos deveriam relacionar-se com os objetivos do negócio;
- os ganhos financeiros dos projetos seriam validados por um analista financeiro;
- centenas de empregados das áreas funcionais seriam treinados como Faixa Verde;
- o sistema de recompensa mudou: A remuneração variável passou a depender 60% dos resultados financeiros e 40% dos resultados do Seis Sigma e o sistema de opções de ações concentrava-se nos Faixa Preta (para garantir que os CEOs das unidades de negócio realmente

selecionassem apenas os melhores funcionários para o cargo de Faixa Preta);

- nenhum funcionário seria indicado ao cargo gerencial sem ter ao menos o treinamento de Faixa Verde. Além disso, as qualificações em Seis Sigma são parte formal de qualquer proposta de promoção;
- US\$ 200 milhões seriam investidos, no primeiro ano, para treinar 30 mil funcionários;
- para melhorar o relacionamento com os clientes, os Faixa Preta também deveriam realizar projetos nas operações dos clientes industriais para melhorar o desempenho do cliente. Com isso, em 2000, a unidade de motores de aviação realizou 1.500 projetos em 50 empresas de aviação para que esses clientes ganhassem mais de US\$ 230 milhões em margem operacional de lucro.

Em 1999, a metodologia Seis Sigma trouxe retornos financeiros de US\$ 1,5 bilhão. Welch considera que o Seis Sigma contribuiu para a G.E. aumentar a margem operacional de lucro de 14,8% em 1996, para 18,9% em 2000. Além disso, o Seis Sigma ajudou a formar as novas lideranças da empresa. Em 2000, 15 % dos executivos da empresa foram treinados como Faixa Preta (WELCH, 2001).

O ex-primeiro homem da G.E. conclui que o Seis Sigma é um meio para mudar a cultura da empresa e para se desenvolverem as pessoas de alto potencial (WELCH, 2001).

4.5 A Estrutura Organizacional Matricial para Projetos Seis Sigma

O Seis Sigma é uma metodologia abrangente que prescreve (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2001):

- a) uma estrutura organizacional matricial para a condução de projetos;
- b) uma abordagem para se modelarem os processos de negócio para a definição de projetos de melhoria;
- c) fases de estruturação de projetos e;
- d) uma seqüência estruturada de um conjunto de ferramentas analíticas e organizacionais.

A metodologia Seis Sigma define um redesenho na estrutura organizacional da empresa. Em alusão às artes marciais, os papéis exercidos na estrutura organizacional matricial Seis Sigma indicam o grau de presteza na condução da metodologia (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2001):

- Faixa Preta - o papel-chave é o do gerente do projeto que é um funcionário capacitado em todas as ferramentas da metodologia Seis Sigma e que comprovou ter um desempenho de carreira diferenciado. Não se trata de um funcionário de apoio (*staff*) permanente, pois este cargo é limitado por um período de poucos anos. Com isso, evita-se a burocracia tecnocrática e estabelece-se um alinhamento coeso do papel do gerente de projeto com os interesses dos diretores de negócio, pois, dependendo do desempenho do gerente de projeto ao longo do seu mandato, ele será promovido para gerente funcional de uma área da empresa.
- Patrocinador - os gerentes funcionais exercem o papel de patrocinadores, ou seja, são responsáveis por remover quaisquer barreiras que a equipe venha a ter na empresa durante a realização do projeto.
- *Coach* de Seis Sigma – é o treinador e o especialista técnico que fornece assistência às equipes de projeto em assuntos como, por exemplo, estatística, gestão da mudança e estratégia de projetos. Além disso, esse é o papel de quem ensina a metodologia e ferramentas Seis Sigma aos respectivos usuários na empresa.
- Faixa Verde – os funcionários das áreas funcionais recebem um treinamento menos intenso do que os Faixa Preta, porém com conteúdo suficiente para poderem liderar projetos Seis Sigma.
- Proprietário de Processo - após o término do projeto é necessário que alguém se responsabilize para que o novo desempenho seja mantido. O Proprietário de Processo é o papel do funcionário designado para garantir pelo cumprimento dos novos procedimentos de trabalho definidos pelo projeto Seis Sigma.

4.6 Gestão de Projetos Seis Sigma: As Fases DMAIC

Para definir um projeto Seis Sigma, primeiramente se define um processo de negócio. Ao longo do projeto, as análises buscam identificar as variáveis independentes que mais contribuem para explicar uma mudança na variável dependente que expressa o

desempenho do processo de negócio. A variável dependente é denominada Y e as variáveis independentes, de X. Tem-se, então que $Y=f(X)$ (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2001).

Os projetos Seis Sigma passam por cinco fases: Definição, Mensuração, Análise, Melhoria e Controle. Essas fases são mais conhecidas pela sigla DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*) (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2001):

1. Definição - Um projeto inicia-se com uma declaração do problema a ser solucionado.
2. Mensuração – nesta fase, as métricas das variáveis dependentes do projeto são medidas numa série temporal, da qual se identifica o valor da média e se quantifica a variabilidade atual do processo.
3. Análise – a fase de análise identifica as possíveis variáveis independentes (X's), prioriza-as e quantifica seu poder explicativo sobre o comportamento da variável dependente (Y).
4. Melhoria – uma vez comprovadas as variáveis independentes (X's) relevantes na fase de Análise, a fase de melhoria testa ou simula mudanças nas variáveis independentes selecionadas. Com isso cria-se um protótipo da solução.
5. Controle – finalmente, a fase de controle cria novos procedimentos de trabalho e novas atribuições de papéis e responsabilidades, para se garantir que as melhorias atingidas pelo projeto sejam mantidas continuamente.

4.7 Ferramentas da Metodologia Seis Sigma

A cada fase dos projetos Seis Sigma, são utilizadas as seguintes ferramentas (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2001):

- Fase de Definição – nesta fase, a ferramenta utilizada é a Carta de Projeto na qual as partes envolvidas definem os papéis de cada membro da equipe, as métricas do projeto, escopo e prazo.
- Fase de Mensuração – são utilizadas ferramentas estatísticas para se medir a variável dependente e para se quantificar o quanto do comportamento da

variável dependente se deve à variação do processo e quanto se deve ao erro no sistema de medição (aparelhos de medição e pessoas que fazem a medição).

- Fase de Análise – nesta fase, descreve-se o processo de negócio modificado, por meio do Diagrama de Processo (fases do processo, variáveis de entrada e variáveis de saída). Do Diagrama de Processo obtêm-se todas as variáveis independentes. Em seguida, as variáveis independentes são priorizadas e as variáveis independentes selecionadas são analisadas em detalhe com outra ferramenta para análise como, por exemplo, o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) que estuda: a) os modos de falha; b) os seus respectivos efeitos para as variáveis dependentes do projeto e; c) as causas de cada modo de falha. Em seguida, faz-se uma segunda priorização das variáveis independentes sob os critérios de severidade (o quanto o modo de falha é prejudicial para o projeto), frequência (do efeito do modo de falha) e detectabilidade (a possibilidade de se detectar o problema antes que ele prejudique a variável dependente do projeto). O Diagrama de Processo e o FMEA são ferramentas utilizadas por equipes multifuncionais ainda de modo subjetivo e não quantificado. As variáveis independentes priorizadas pelo FMEA passam também por uma análise multivariada, na qual se usam ferramentas estatísticas como análise de regressão e ANOVA. Com isso quantifica-se a associação entre as variáveis independentes e as variáveis dependentes do projeto. Feito isso, conclui-se o diagnóstico do projeto e a equipe sabe quais variáveis independentes devem passar por mudanças de melhoria.
- Fase de Melhoria – A equipe utiliza-se de técnicas estatísticas como Simulação ou Planejamento de Experimentos para se definirem os pontos ótimos de cada variável independente selecionada, para se otimizar o desempenho da variável dependente para se atingirem os objetivos definidos na Carta de Projeto.
- Fase de Controle – Por fim, a fase de controle é concluída com ferramentas estatísticas de monitoramento das variáveis dependentes e das variáveis independentes melhoradas. Também fazem parte desta fase documentos para os novos procedimentos que garantem o controle das variáveis independentes, conforme especificado na fase de Melhoria.

4.8 Do TQM Ambiental ao Seis Sigma Ambiental

Para Anbari (2002), o Seis Sigma é uma metodologia mais abrangente do que as iniciativas anteriores da qualidade como, por exemplo, a Gestão da Qualidade Total (TQM). O diferencial do Seis Sigma em relação ao TQM é um foco maior na percepção do cliente, a utilização de ferramentas adicionais e mais avançadas para a análise de dados, uma intensa ênfase em metodologias e ferramentas de gestão de projetos, além de medir e reportar os resultados financeiros (KWAK e ANBARI, 2004).

Uma vez que, há mais de dez anos, muitas empresas utilizaram o TQM para melhorar o desempenho ambiental de suas operações (BARBIERI, 2004), seria interessante avaliar se a metodologia Seis Sigma também apresenta algum potencial para reduzir poluição nas empresas e facilitar a difusão da Produção Mais Limpa.

Em 1990, 21 grandes empresas multinacionais fundaram uma O.N.G. (organização não governamental) sediada em Washington, denominada *Global Environmental Management Initiative* (GEMI). Observando que muitas das suas empresas associadas utilizavam a gestão da Qualidade Total (TQM) para a melhoria de suas operações, a GEMI criou a Administração da Qualidade Ambiental Total (*Total Quality Environmental Management*, ou TQEM) para estimular a melhoria contínua na gestão ambiental, de modo que a empresa reconheça e elimine problemas ambientais antes que ocorram (GEMI, 1993).

Em vez de almejar “zero defeito”, a TQEM busca “zero poluição” (BARBIERI, 2004). Para atingir esse objetivo, o TQEM utiliza as ferramentas clássicas da gestão da qualidade, como o diagrama de causa e efeito, o gráfico de Pareto, os diagramas de fluxos de processos e o ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) (GEMI, 1993).

Nota-se a ênfase do GEMI apenas nas ferramentas do TQM e nota-se como esse discurso contrasta com o modo como Jack Welch apresenta o Seis Sigma ao enfatizar o alinhamento com a percepção do cliente, os ganhos financeiros vultosos e o desenho de carreira dos futuros líderes da empresa. Essa distinção no modo de apresentar as duas metodologias de gestão pode ser mais claramente observada ao se utilizarem os conceitos de habilidades gerenciais (KATZ, 1955) e mudança organizacional (KOTTER, 2000) a fim de se buscarem evidências sobre o desempenho do Seis Sigma na redução da poluição e na difusão da Produção Mais Limpa.

Para avaliar o potencial de uma metodologia Seis Sigma com foco ambiental contribuir com a difusão da Produção Mais Limpa, será necessário coletar evidências

sobre como as ferramentas do Seis Sigma (FMEA, Análise Estatística, Delineamento de Experimentos, entre outras) contribuem para a redução da poluição (no âmbito das habilidades técnicas); como a liderança dos Faixa Preta em uma estrutura organizacional matricial favorece que a equipe de projeto obtenha metas ambiciosas de redução de poluição (no âmbito das habilidades humanas) e como a ênfase do Seis Sigma na execução de estratégias da alta gestão (no âmbito das habilidades conceituais) favorece uma abordagem sistemática para a busca de oportunidades de redução de custos e diminuição de poluição.

Considerações Finais

A metodologia de gestão Seis Sigma estabelece uma estrutura organizacional matricial para a gestão de projetos, a qual exerceu um papel importante na empresa analisada na parte empírica da pesquisa.

Para compreender-se o papel da estrutura organizacional e da metodologia de gestão de projetos Seis Sigma, neste capítulo foi apresentado como o Seis Sigma se desenvolveu, de acordo com as fases da evolução da gestão da qualidade. De fato, no início de seu desenvolvimento, a metodologia Seis Sigma era uma simples métrica para o controle estatístico da qualidade para, numa segunda fase, passar a configurar um programa mais abrangente de gestão da qualidade. Por fim, na General Electric, a metodologia Seis Sigma evoluiu mais um passo para se tornar o modo da empresa executar suas estratégias por meio da gestão de projetos, além de também ser o modo de capacitar os indivíduos com potencial para assumirem posições na liderança da empresa.

Ao longo deste processo evolutivo, a metodologia Seis Sigma definiu uma clara estrutura organizacional matricial para projetos composta, dentre outros, do papel do gerente de projeto denominado “Faixa-Preta” e do papel do líder de projeto inserido na estrutura organizacional funcional denominado “Faixa-Verde”. Além disso, a metodologia Seis Sigma integrou um conjunto e uma seqüência bem estruturados de fases de projeto e ferramentas analíticas e gerenciais para se identificar e validar as causas das ineficiências organizacionais e as suas respectivas soluções.

A estrutura organizacional e a metodologia de gestão para projetos Seis Sigma comprovaram contribuir para a obtenção de resultados financeiros expressivos nas empresas. Para alguns autores, as contribuições da metodologia Seis Sigma superam, até mesmo, as contribuições do movimento da Qualidade Total. Como as ferramentas de

gestão da Qualidade Total foram muito utilizadas para fins ambientais em programas de Produção Mais Limpa, por decorrência, abre-se a perspectiva teórica de validar se também a metodologia Seis Sigma pode ser utilizada para melhorar o desempenho ambiental de programas de Produção Mais Limpa.

Para isso, no capítulo 6 apresentam-se evidências qualitativas sobre como as habilidades gerenciais e a gestão da mudança utilizadas pelo Seis Sigma contribuem para a difusão da Produção Mais Limpa, enquanto no capítulo 7, realizam-se algumas validações quantitativas sobre essa suposta contribuição.

5.

MÉTODO DE PESQUISA

5.1 Introdução

Conforme a estrutura analítica da **Figura 5**, para cumprir com o objetivo da pesquisa, será necessário validar quantitativamente se realmente a implementação de uma estrutura matricial para a gestão de projetos que estimula os fluxos de conhecimento das redes internas contribui para se elevar o desempenho ambiental de um programa de Produção Mais Limpa. Caso essa contribuição seja comprovada e tida como relevante, então, será necessário explicar os motivos dessa contribuição, por meio de uma pesquisa qualitativa sobre os componentes e os processos das redes internas com elevado desempenho na difusão da Produção Mais Limpa.

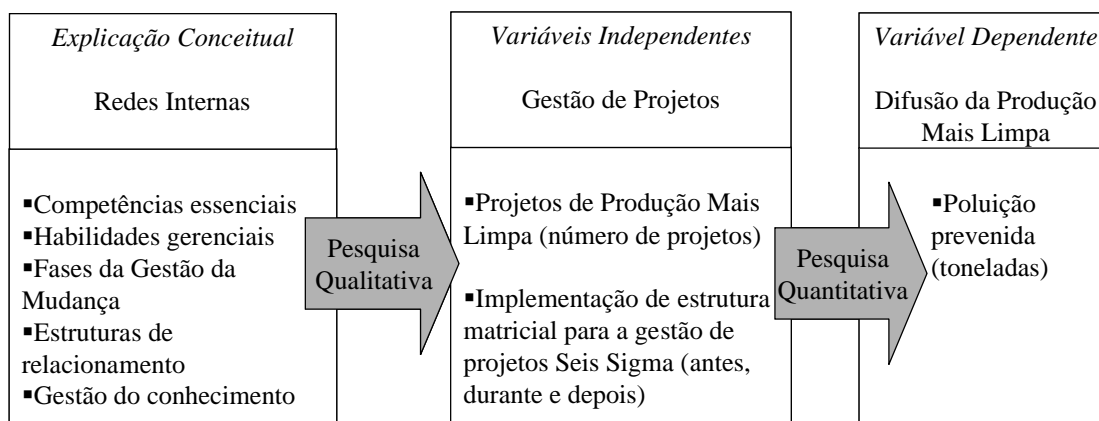


Figura 5 – Estrutura analítica da pesquisa (Figura do autor).

Na pesquisa estabeleceu-se uma relação quantitativa entre a difusão da Produção Mais Limpa (variável dependente medida por meio do desempenho do programa de Produção Mais Limpa em toneladas de poluição prevenida) e a capacidade organizacional para a gestão de projetos (medida pelas variáveis independentes representadas pelo número de projetos de Produção Mais Limpa e pelos períodos antes,

durante e depois da implementação da estrutura matricial para a gestão de projetos Seis Sigma).

Os dados analisados foram obtidos do banco de dados do programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora, no qual registram-se todos os projetos do Programa de Produção Mais Limpa concluídos com sucesso e reconhecidos corporativamente, o mês em que cada projeto foi submetido, a quantidade de toneladas prevenidas, o país onde o projeto foi realizado e se o projeto foi realizado pela estrutura organizacional e metodologia Seis Sigma.

Além disso, analisa-se qualitativamente os motivos que levaram a estrutura organizacional matricial a elevar o desempenho de um programa de Produção Mais Limpa. Esta análise visa compreender como as redes internas geram os fluxos de conhecimento que viabilizam que a estrutura matricial para projetos diminua a poluição. Além disso, serão investigados os seguintes componentes e processos da estrutura matricial e das redes internas: as competências essenciais, as habilidades gerenciais, as pressões isomórficas, as fases da gestão da mudança organizacional, as estruturas de relacionamento e a gestão do conhecimento.

Para se dar uma contribuição à continuidade da construção das teorias de redes organizacionais internas aplicadas aos programas de Produção Mais Limpa, a pesquisa empírica será realizada em três fases (**Figura 6**):

- a) na primeira fase, serão realizados dois estudos de casos (YIN, 2005). O primeiro retrata como a matriz de uma Multinacional Inovadora estabeleceu uma estrutura organizacional num programa de elevado desempenho, o qual conseguiu difundir a Produção Mais Limpa por mais de trinta anos. Já o segundo caso descreve as dificuldades do programa de Produção Mais Limpa na subsidiária brasileira dessa mesma Multinacional Inovadora, assim como as mudanças ocorridas em suas estruturas organizacionais, as quais viabilizaram um grande aumento no número de projetos de Produção Mais Limpa;
- b) na segunda fase, a contribuição ambiental das estruturas organizacionais para a gestão de projetos será validada quantitativamente, por meio de técnicas de análise estatística (DRAPER e SMITH, 1998) numa amostra representativa de projetos de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora, tanto para a matriz da empresa, como para a sua subsidiária brasileira;

- c) por fim, com base nos estudos de caso e nas validações quantitativas será elaborado um modelo com a utilização da metodologia EKD (*Enterprise Knowledge Development*) (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2002) para se explicarem os componentes e processos de organizações em rede de elevado desempenho na difusão da Produção Mais Limpa.

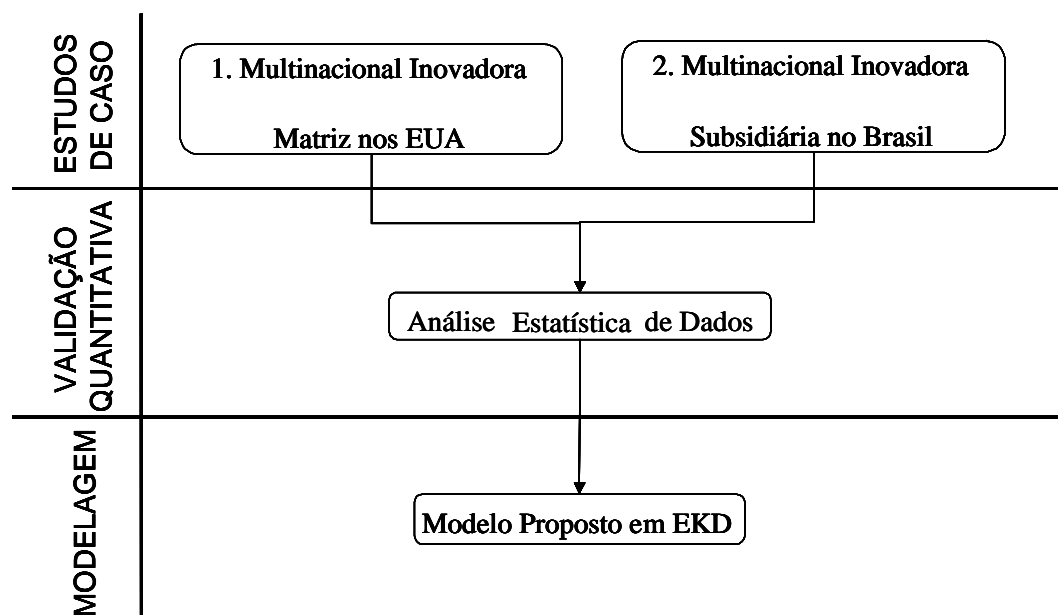


Figura 6 – Seqüência da pesquisa (Fonte: O autor).

5.2 Protocolo do Estudo de Caso

A metodologia de estudo de caso presta-se a pesquisas que procuram respostas a perguntas do tipo “como” e “por quê”, quando a ênfase se encontra em fenômenos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2005). O fenômeno estudado na tese é a difusão da Produção Mais Limpa. Como essa metodologia de gestão só faz sentido ser analisada no seu contexto representado pela manufatura usuária, a metodologia de estudo de caso proporcionará que se investiguem as circunstâncias organizacionais que favorecem a difusão da Produção Mais Limpa, como, por exemplo, as competências e habilidades gerenciais dos atores que participam de projetos de Produção Mais Limpa, as estruturas de relacionamento entre os atores e a evolução das bases de conhecimento dos atores.

Segundo Yin (2005), os protocolos de pesquisa definem procedimentos padronizados para o estudo de caso poder ser replicado por outros pesquisadores, para se obterem os mesmos resultados, para um mesmo estudo de caso. Ou seja, os protocolos viabilizam a reprodutibilidade da pesquisa.

O protocolo de estudo de caso deve definir a questão da pesquisa, as fontes de informação e as questões para serem respondidas pela pesquisa. Note-se que as questões levantadas no protocolo de estudo de caso não são direcionadas às pessoas entrevistadas pelo pesquisador, mas são questões direcionadas ao próprio pesquisador, para guiá-lo de modo que se obtenha o conjunto de evidências necessárias e suficientes para se responder às questões do protocolo (YIN, 2005).

O Protocolo de Pesquisa de Estudo de Caso apresentado no **Quadro 2** define que será realizada uma pesquisa explanatória voltada à difusão da Produção Mais Limpa (unidade de análise) a fim de se compreender como e por quê as estruturas organizacionais contribuem para a difusão da Produção Mais Limpa.

Mais especificamente, o estudo de caso busca respostas iniciais para a questão: “De que modo a estrutura organizacional contribui para a difusão da Produção Mais Limpa no ambiente corporativo?”

O primeiro estudo de caso trata da criação e desenvolvimento do Programa de Produção Mais Limpa na matriz da Multinacional Inovadora, onde foi iniciado, em 1975, como um dos programas de Produção Mais Limpa pioneiros e de maior duração.

O segundo estudo de caso enfoca as dificuldades de implementar o programa de Produção Mais Limpa na subsidiária da Multinacional Inovadora no Brasil e como as reformulações nas estruturas organizacionais da empresa proporcionaram uma considerável melhoria no desempenho da difusão da Produção Mais Limpa nas operações brasileiras da empresa a partir de 2001.

Componentes do Projeto de Pesquisa	
Tipo de pesquisa	Explanatória
Questão do Estudo	De que modo a estrutura organizacional contribui para a difusão da Produção Mais Limpa no ambiente corporativo?
Unidade de Análise	Difusão da Produção Mais Limpa
Número de Casos	Estudo de Casos Múltiplos com dois casos
Local e limites de tempo	Na matriz da Multinacional Inovadora de 1975 a 2005 e na sua subsidiária brasileira de 2001 a 2005
Validade dos Construtos	Utilização de fontes múltiplas de evidências (relatórios de projetos, banco de dados do Programa de Produção Mais Limpa e entrevistas com líderes de projeto e com o responsável pelo programa de Produção Mais Limpa no Brasil).
Validade Interna (Qualidade da Relação Causal)	Adequação ao modelo de ECCLES e NOLAN (1993)
Validade Externa (Domínio de Generalização das Descobertas do Estudo de Caso)	Apenas para empresas de porte e maturidade organizacional semelhantes aos da Multinacional Inovadora
Confiabilidade (Demonstra que os procedimentos podem ser repetidos).	Utilizou-se de protocolo de Estudo de Caso

Quadro 2: Componentes do Protocolo de Pesquisa ((Fonte: O autor, segundo YIN, 2005)

A qualidade das relações estabelecidas entre as variáveis analisadas é sustentada pela conformidade ao modelo de ECCLES e NOLAN (1993) para organizações em rede.

Para se obterem construtos válidos com base no do estudo de caso, foram utilizadas diversas fontes de dados:

- a) relatórios de projetos;
- b) banco de dados do Programa de Produção Mais Limpa;
- c) entrevistas semi-estruturadas com líderes de projeto e
- d) entrevista não-estruturada, com o responsável pelo programa de Produção Mais Limpa no Brasil.

Por fim, a validade externa limita-se apenas a empresas de porte e maturidade organizacional semelhantes aos da Multinacional Inovadora.

Quanto às questões específicas para os estudos de caso, as perguntas orientam a busca por evidências a respeito das variáveis independentes da pesquisa desta tese: as competências essenciais e as habilidades gerenciais dos atores, as fases da gestão de mudança, as estruturas de relacionamento e a gestão de conhecimento.

Para a matriz da Multinacional Inovadora (**Quadro 3**), o primeiro estudo de caso busca compreender o surgimento do Programa de Produção Mais Limpa, em termos das competências e fases de gestão da mudança necessárias a fim de lançar o programa e a fim de estruturar a infra-estrutura para o seu funcionamento.

Além disso, no caso analisam-se as competências presentes nas equipes de projetos de Produção Mais Limpa.

Em seguida, no caso buscam-se evidências sobre o impacto da estrutura organizacional Seis Sigma nas habilidades gerenciais presentes nas equipes de projeto do Programa de Produção Mais Limpa.

Questões do Estudo de Caso 1 Matriz da Multinacional Inovadora	
Competências Essenciais dos Atores	Quais são as competências utilizadas para se instituir e prover infra-estrutura ao Programa de Produção Mais Limpa? Quais competências viabilizam os projetos que participam do Programa de Produção Mais Limpa?
Habilidades Gerenciais dos Atores	De que modo a instituição de uma estrutura organizacional para projetos Seis Sigma modificou a composição das habilidades gerenciais presentes nos projetos que participam do Programa de Produção Mais Limpa?
Fases de Gestão da Mudança	Quais foram as fases de mudança organizacional utilizadas para se instituir o Programa de Produção Mais Limpa?

Quadro 3: Questões do Estudo de Caso do desenvolvimento do Programa de Produção Mais Limpa na matriz da Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

No segundo estudo de caso, procurou-se analisar com maior profundidade os motivos que impediram a subsidiária brasileira de reconhecer projetos no Programa de Produção Mais Limpa até 2001 e de que modo as estruturas organizacionais propostas pela Motorola e pela General Electric para a condução de projetos Seis Sigma viabilizaram uma expressiva difusão da Produção Mais Limpa nas operações brasileiras da Multinacional Inovadora (**Quadro 4**).

Questões do Estudo de Caso 2 Subsidiária Brasileira da Multinacional Inovadora	
Competências Essenciais dos Atores	Quais competências viabilizam os projetos que participam do Programa de Produção Mais Limpa no Brasil?
Habilidades Gerenciais dos Atores	De que modo a estrutura organizacional para projetos Seis Sigma condiciona a composição das habilidades gerenciais presentes nos projetos que participam do Programa de Produção Mais Limpa?
Fases de Gestão da Mudança	De que modo os mecanismos de gestão de mudança do Seis Sigma servem de veículo para a difusão da Produção Mais Limpa?
Estruturas de Relacionamento	Quais são as estruturas de relacionamento entre os atores dos projetos de Produção Mais Limpa?
Gestão do Conhecimento	Como é realizada a transmissão de conhecimento nos projetos que participam do Programa de Produção Mais Limpa?

Quadro 4: Questões do Estudo de Caso do Programa de Produção Mais Limpa na subsidiária brasileira da Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

As entrevistas com os líderes de projetos reconhecidos pelo Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora consistiram das seguintes perguntas:

1. Quais foram os resultados ambientais do seu projeto de Produção Mais Limpa?
2. Como você tomou conhecimento do programa de Produção Mais Limpa?
3. Como foi o processo do programa de Produção Mais Limpa no seu projeto?
4. O que o motivou a se inscrever no programa Produção Mais Limpa?
5. Qual foi a principal idéia que gerou os resultados ambientais do projeto?
6. O projeto gerou alguma inovação? Se sim, qual? Como a equipe chegou a essa inovação?
7. Qual foi o grau de comprometimento dos integrantes da equipe durante o projeto para a obtenção dos resultados ambientais? Quais são as evidências?
8. Qual foi o papel da estrutura organizacional do Seis Sigma para os resultados do projeto (Faixa-Preta, Faixa-Verde, Treinadores)?
9. Qual foi o papel das ferramentas de gestão de projetos Seis Sigma (DMAIC) para os resultados ambientais do projeto?
10. Qual seria a dificuldade para se obterem os resultados ambientais deste projeto sem a metodologia e a estrutura Seis Sigma?

5.3 Modelagem pela Linguagem *Enterprise Knowledge Development* – EKD

Modelagem significa descrever um conjunto de fenômenos abstratos ou concretos de modo estruturado. A metodologia EKD (*Enterprise Knowledge Development*) presta-se a documentar e analisar os fatores que compõem a organização. Trata-se de uma metodologia que visa dar apoio tanto aos esforços de mudança organizacional, como à elaboração de sistemas de informação que fundamentem o desenvolvimento da organização (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

O EKD é uma metodologia orientada pelos objetivos da organização e é composta por seis modelos (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001):

1. Modelo de Objetivos;
2. Modelo de Regras de Negócio;
3. Modelo de Processos de Negócio;
4. Modelo de Atores e Recursos;
5. Modelo de Conceitos e
6. Modelo de Requisitos e Componentes Técnicos.

Para os fins desta tese, serão utilizados e explicados apenas os primeiros quatro modelos.

Segundo o manual “*EKD User Guide*”, o Modelo de Objetivos descreve tanto os objetivos de um empreendimento, como os assuntos relacionados à obtenção desses objetivos, seja ao apoiar os objetivos, ou ao impedi-los. O Modelo de Objetivos apresenta as razões e motivos que definem os componentes nos demais sub-modelos (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

O Modelo de Regras de Negócio serve para definir as regras explicitamente e em alinhamento com os objetivos. Em muitas situações, as regras de negócio podem ser entendidas como um meio de operacionalizar os objetivos; em outras, as regras atuam como fatores que limitam os objetivos (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

Já o Modelo de Processos de Negócio retrata como os objetivos são atingidos, por meio dos processos do empreendimento e o modo pelo qual os processos transformam entradas em saídas, seja na forma de informações, seja na forma de materiais (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

O Modelo de Atores e Recursos descreve a interação entre os diferentes papéis, departamentos, organizações e recursos necessários para se executarem os processos e

para se atingirem os objetivos, levando-se em conta as diferentes responsabilidades assumidas pelos atores (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

6.

ESTUDOS DE CASO**6.1 Introdução**

O Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora já completou trinta anos de existência e resultou na prevenção de 770 milhões de quilos de poluentes e na economia de US\$ 1 bilhão.

Foi escolhida esta empresa para os estudos de caso por se tratar da organização gestora de um programa com grande experiência acumulada ao longo de três décadas de bons resultados ambientais e econômicos. Além disso, a análise do programa de Produção Mais Limpa da empresa permite comparar o desenvolvimento do programa na sede da empresa nos EUA com o desenvolvimento na subsidiária brasileira e permite avaliar a interação entre o programa de Produção Mais Limpa e uma estrutura organizacional matricial para a gestão de projetos e suas redes internas, a partir de 2001.

O primeiro estudo de caso começa com uma breve retrospectiva das origens do programa de Produção Mais Limpa nos EUA em 1975 e com uma descrição do desenvolvimento recente do programa. Em seguida, o segundo estudo de caso enfoca o andamento do programa de Produção Mais Limpa no Brasil.

Na realidade, a Multinacional Inovadora denomina o programa analisado como um programa de “Prevenção de Poluição” e não de “Produção Mais Limpa”. No entanto, como foi revisado no Capítulo 2, o próprio Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP), que é o órgão divulgador da Produção Mais Limpa, considera que a Produção Mais Limpa e a Prevenção de Poluição são equivalentes, pois ambos os termos representam o intuito de se diminuir a poluição na fonte geradora e de se diminuïrem os custos operacionais. A única diferença relevante não é conceitual, mas geográfica, uma vez que o termo “Prevenção de Poluição” é mais utilizado na América do Norte, local onde se encontra a matriz da empresa estudada.

Com isso, esta tese denominará o programa de Prevenção de Poluição analisado nos estudos de caso como o “Programa de Produção Mais Limpa” da Multinacional Inovadora.

A empresa analisada tem mais de cem anos de existência, desde a sua fundação nos EUA e atua no Brasil há mais de sessenta anos. A empresa emprega 67 mil funcionários, opera 132 fábricas em 60 países e tem vendas em 200 países. Essa empresa conta com uma extensa linha de produtos e é reconhecida pela sua inovação.

Em 2006, o Índice *Dow Jones* de Sustentabilidade reconheceu a empresa pelo quinto ano consecutivo como empresa-líder do seu respectivo setor econômico. Esse reconhecimento foi favorecido pela melhoria de seu desempenho ambiental obtido entre 2000 e 2004, nos aspectos apresentados a seguir (valores ponderados em relação às vendas):

- a) 26% de melhoria na eficiência no uso de energia;
- b) 25% de redução de perdas de materiais;
- c) 58% de redução de emissão de solventes orgânicos no ar e
- d) 895 projetos de Produção Mais Limpa completos.

Para atingir suas metas de sustentabilidade ambiental, a empresa utiliza as seguintes estruturas e sistemas organizacionais:

- a) uma organização interna denominada Sistema de Gestão Ambiental, de Saúde e de Segurança;
- b) gestão de Ciclo de Vida de produtos para continuamente melhorar o impacto dos produtos e processos no meio ambiente;
- c) certificação ambiental ISO 14001 em 101 instalações em 26 países. O restante das instalações da empresa tem ou está desenvolvendo sistemas de gestão ambiental.

Tanto o reconhecimento de *Dow Jones*, como essa estrutura e esses sistemas organizacionais são fruto de um desenvolvimento iniciado há trinta anos com a instituição de um programa voluntário de Produção Mais Limpa.

A idéia básica do programa é a de que se pode obter ganhos ambientais e economias de custo ao se reformularem produtos e processos de produção para se reutilizarem as perdas na forma de matéria-prima ou, então, ao se reduzir ou eliminar a poluição na fonte, antes que seja necessária a limpeza da poluição.

De acordo com a vice-presidente das Operações de Meio Ambiente, Saúde e Segurança da empresa, o programa foi um marco como programa ambiental para a

empresa, “pois – pela primeira vez – melhorias ambientais estavam diretamente ligadas à melhoria do negócio”. Segundo ela, os efeitos do programa “têm sido profundos e duradouros. Além do significativo impacto ambiental, o programa tornou a empresa mais competitiva ao melhorar a eficiência de suas operações”.

6.2 Estudo de Caso 1: O Programa de Produção Mais Limpa na Matriz da Multinacional Inovadora nos EUA

Na década de 1960, as normas ambientais enfatizavam o controle de poluição para que as empresas utilizassem equipamentos adicionados ao sistema produtivo a fim de remover a poluição antes que ela contaminasse o meio ambiente natural. Na maioria dos casos de controle de poluição, os poluentes não desaparecem, mas apenas são transformados em outro tipo de poluentes (LING, 1997).

Na década de 1970, a Multinacional Inovadora procurou analisar os processos produtivos para eliminar a poluição na fonte. Isso ocorreu com o Programa de Produção Mais Limpa, iniciado em 1975, quando o funcionário que concebeu o programa propôs o argumento inovador de que a redução de poluição e a redução de custos podem ser iniciativas sinérgicas, ao se reformularem produtos e processos para reutilizar materiais de perda na forma de matérias-primas e ao se reduzir ou eliminar a poluição na fonte.

O programa de Produção Mais Limpa foi introduzido com uma ampla ação de comunicação interna. Apresentou-se um vídeo com o presidente corporativo se dirigindo ao público composto pelas áreas técnicas e de manufatura. Em paralelo, o fundador do programa divulgou-o no Conselho dos Executivos e nas reuniões técnicas e de manufatura. Além disso, um tópico referente ao programa de Produção Mais Limpa foi adicionado à pauta das revisões gerenciais.

Também se considerou importante obter atenção governamental e pública para o programa de Produção Mais Limpa, para se conquistar a aceitação dos órgãos reguladores e legislativos à nova abordagem da Multinacional Inovadora. No entanto o fundador do programa decidiu só ir a público após um ano do programa para contar com um número suficiente de resultados para validar o conceito. Já em 1976, tais resultados iniciais foram representados por 19 projetos de Produção Mais Limpa concluídos voluntariamente por equipes de laboratórios e de manufaturas que economizaram US\$ 11 milhões e eliminaram 76.000 toneladas de poluentes.

A estratégia do fundador do programa obteve êxito quanto à aceitação pública, a qual foi obtida logo de início e com significativa abrangência. Em 1976, a ONU

convidou a Multinacional Inovadora para apresentar os resultados do seu programa de Produção Mais Limpa num seminário tratando do que foi chamado “tecnologia e produção sem resíduos”. A empresa sustentava, já na época, que, além de ganhos ambientais, um programa de Produção Mais Limpa trazia também ganhos econômicos.

No ano seguinte, em 1977, a Multinacional Inovadora juntou-se à Agência de Proteção Ambiental americana (*Environmental Protection Agency*) para realizar quatro conferências de Prevenção de Poluição. Depois de alguns anos, a ONU e a OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) adotaram plataformas de Produção Mais Limpa. Além disso, o Reino Unido, a Alemanha, a França e outros países inseriram a Produção Mais Limpa em suas políticas ambientais nacionais. Devido a tal repercussão do programa da Multinacional Inovadora atualmente, o seu fundador é reconhecido mundialmente como o “pai da Prevenção de Poluição” (SORENSEN, 1999).

O fundador do Programa de Produção Mais Limpa nasceu na China, fez doutorado em Engenharia Sanitária nos EUA e fundou uma associação de Engenharia Sanitária na China antes de ingressar na iniciativa privada, de volta aos EUA. Durante a sua carreira na matriz da Multinacional Inovadora, o fundador do programa de Produção Mais Limpa deu assessoria a organizações acadêmicas, industriais, governamentais e legislativas em várias regiões do mundo, incluindo a ONU, OECD e a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA. Também foi conselheiro ambiental para os presidentes Richard Nixon, Jimmy Carter e George H. W. Bush. Em 1984, o fundador do programa de Produção Mais Limpa se aposentou da Multinacional Inovadora como vice-presidente de Engenharia Ambiental e Controle de Poluição.

Além da redução de poluição e da economia financeira, o programa de Produção Mais Limpa também gerou inovações. Muitas das tecnologias de redução de poluição resultantes de projetos de Produção Mais Limpa foram patenteadas pela Multinacional Inovadora, como, por exemplo, processos sem solventes para reduzir emissões aéreas.

Desde 2001, para melhorar seu desempenho econômico e a sua contribuição aos acionistas da empresa, a Multinacional Inovadora adotou mundialmente uma estrutura matricial por projetos para utilizar a metodologia Seis Sigma de gestão de projetos.

Com o propósito de melhorar o desempenho de seus processos de negócio, um dos grandes focos dos projetos Seis Sigma é justamente a redução de custos por meio da

redução de perdas de materiais ou por meio de economia de energia, o que apresenta sinergia com os propósitos do programa de Produção Mais Limpa.

Em consequência da adoção dessa estrutura matricial por projetos, a Multinacional Inovadora aumentou significativamente o número de projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa. A metodologia Seis Sigma trouxe maior foco para as mudanças nos processos de negócio, tanto por utilizar ferramentas estatísticas para definir diagnósticos e validar a eficácia das propostas de melhoria, como por definir clara liderança e papéis aos integrantes de equipes de projetos.

De fato, no início do programa de Produção Mais Limpa, imaginava-se que iriam diminuir as idéias de Produção Mais Limpa após alguns anos, mas o contrário ocorreu. De 2001 a 2004, foram submetidos 896 projetos, o que representa mais do dobro da meta quinquenal.

O fator motivacional para a participação no programa de Produção Mais Limpa iniciou com base em prêmios e reconhecimento. Atualmente, também é um motivador a realização de metas por meio da metodologia de gestão de projetos Seis Sigma e, a partir de 2005, um outro motivador são as Metas Ambientais para as divisões operacionais.

O programa de Produção Mais Limpa é conduzido por um Comitê de Coordenação composto por representantes das áreas de engenharia, manufatura e laboratório, além do grupo de Meio Ambiente, Saúde e Segurança para reconhecer os projetos por meio do Prêmio de Produção Mais Limpa.

Atualmente, o programa de Produção Mais Limpa reconhece projetos que utilizam os seguintes métodos de prevenção de poluição:

- reformulação de produto;
- modificação no processo de produção;
- redesenho de equipamento e
- reciclagem ou reutilização de perdas de materiais.

Para receberem reconhecimento formal, os projetos devem atender aos seguintes critérios:

- eliminar ou reduzir um poluente;
- reduzir o uso de energia ou utilizar materiais de forma mais eficiente;

- economizar dinheiro, por evitar a necessidade de custos com equipamentos de controle de poluição, por reduzir despesas de materiais ou por aumentar as vendas.

Além dos critérios básicos para reconhecimento de projetos de Produção Mais Limpa, o programa, em sua versão ampliada desde 2002, também estabeleceu reconhecimentos adicionais, segundo os seguintes critérios especiais:

- excelência - utilizar um projeto de produto original que envolve significativa conquista técnica;
- passo verde - ter completado uma revisão na Gestão de Ciclo de Vida de Produto e demonstrar redução de poluição na manufatura em relação a um produto similar ou demonstrar redução de poluição no cliente;
- reduzir ou eliminar emissões tóxicas na manufatura ou no cliente;
- incorporar material reciclado ou embalagem reciclada ou reduzir a quantidade de embalagens;
- demonstrar melhorias na distribuição de mercadorias.

Conforme retrata a **Figura 7**, o número de projetos anualmente aprovados pelo programa corporativo de Produção Mais Limpa (P+L) passou por diversas fases durante os trinta anos de existência do programa, nos quais um total de 2717 projetos foram aceitos.

De 1975 a 1980, o programa foi introduzido e manteve o mesmo patamar de número de projetos aprovados. De 1981 a 1985, o número de projetos cresceu consistentemente ano a ano, durante o período, no qual o fundador do programa passou por sucessivas promoções de carreira até atingir o cargo de vice-presidente. De 1986 a 1995, já sem a presença do fundador do programa que se aposentou da empresa após 34 anos de carreira, o programa manteve um desempenho relativamente estável. De 1996 a 2001, o programa de Produção Mais Limpa passou por uma fase de crise com visível diminuição no número de projetos aprovados. Finalmente, após a implementação do Seis Sigma, o programa apresentou um crescimento sem precedentes no número anual de projetos aprovados de Produção Mais Limpa.

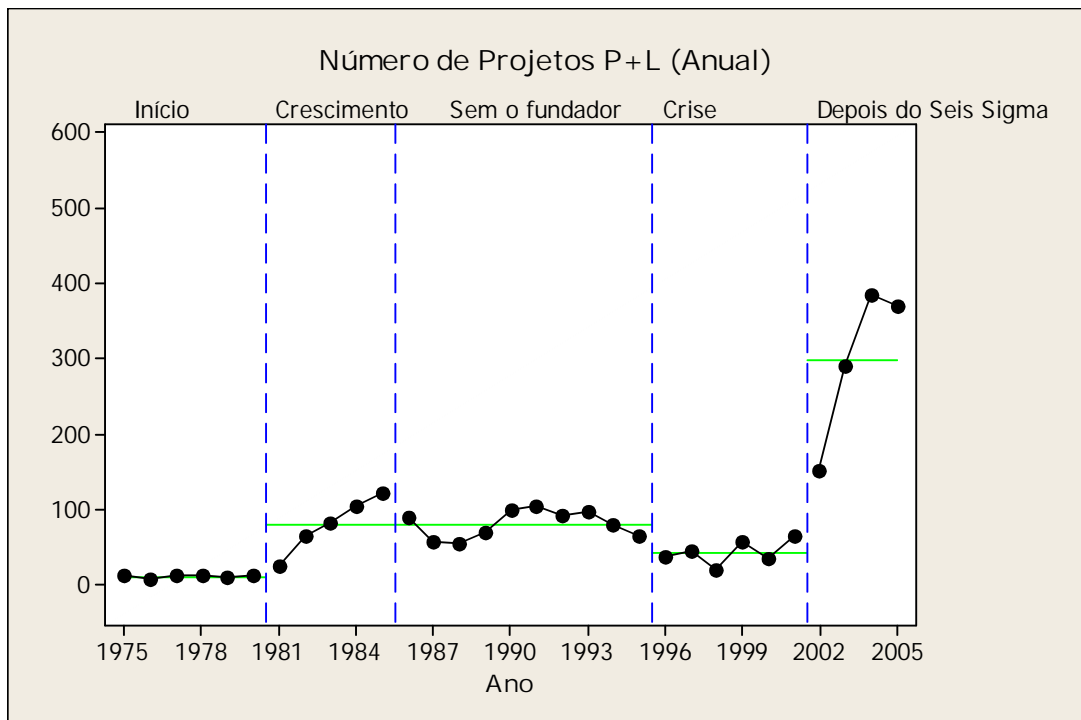


Figura 7: Número de projetos durante os trinta anos do programa de Produção Mais Limpa
(Fonte: O autor).

Na **Figura 8** mostra-se o número de projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa com e sem a utilização da estrutura matricial e da metodologia Seis Sigma de 2001 a 2005, evidenciando o crescimento significativo e constante de projetos de Produção Mais Limpa com o Seis Sigma de 2002 a 2005.

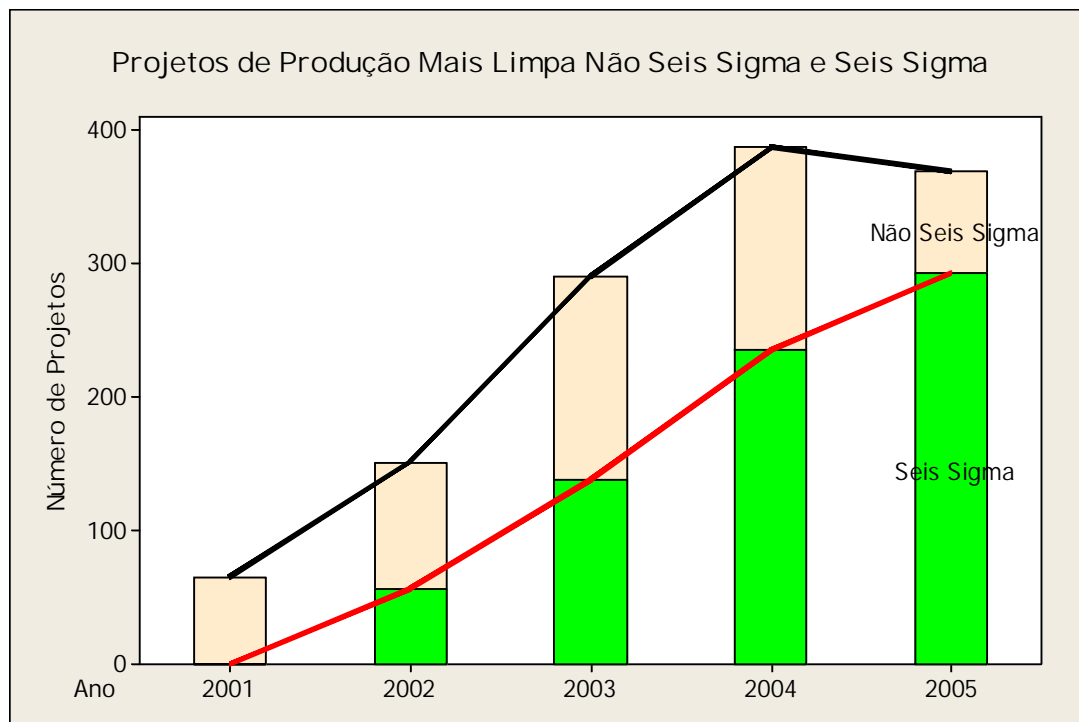


Figura 8: Número de projetos de Produção Mais Limpa com e sem o Seis Sigma de 2001 a 2005 (Fonte: O autor).

Por fim, na **Figura 9** apresenta-se, de 2002 a 2005, o crescimento constante do percentual de projetos de Produção Mais Limpa com o Seis Sigma em relação ao número total de projetos aprovados pelo programa de Produção Mais Limpa.

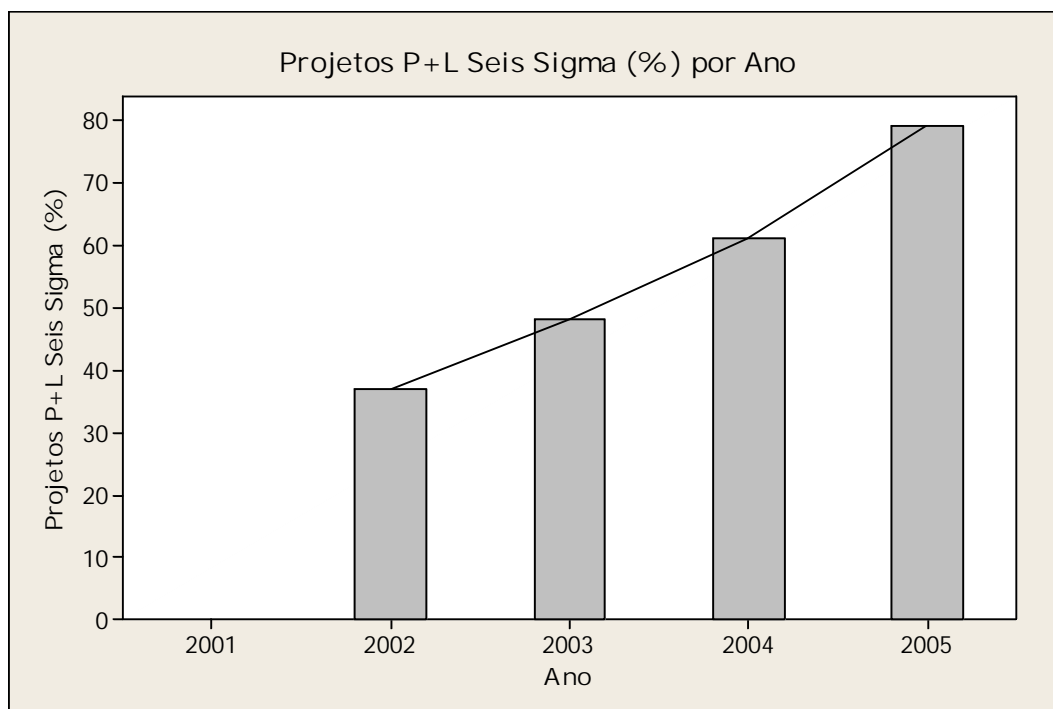


Figura 9: Percentual de projetos de Produção Mais Limpa com o Seis Sigma de 2001 a 2005 (Fonte: O autor).

6.3 Estudo de Caso 2: O Programa de Produção Mais Limpa na Subsidiária da Multinacional Inovadora no Brasil

No Brasil, foram concluídos e reconhecidos 42 projetos de Produção Mais Limpa de 2001 a 2004, que resultaram na redução de 2.018 toneladas de poluentes (contabilizadas apenas ao longo do primeiro ano dos respectivos projetos) das quais 1.714 toneladas representadas por perdas sólidas e 304 toneladas, por emissões aéreas.

Segundo o responsável pelo programa de Produção Mais Limpa da empresa no Brasil, a metodologia Seis Sigma para a gestão de projetos mostrou ser uma ferramenta propícia para se realizar o programa de Produção Mais Limpa, pois muitos dos projetos Seis Sigma previnem a poluição e proporcionam economias financeiras, o que torna possível que eles sejam cadastrados como candidatos para reconhecimento no programa de Produção Mais Limpa. De fato, dos 42 projetos realizados, 37 utilizaram-se da metodologia Seis Sigma e apenas 5 não a utilizaram.

Os projetos realizados no Brasil enfocaram, por exemplo, a redução de perdas sólidas para o reaproveitamento no sistema produtivo, o aumento da produtividade das fontes energéticas e a eliminação do uso de solvente, por meio de sua substituição por adesivos com base de água (**Figura 10**).

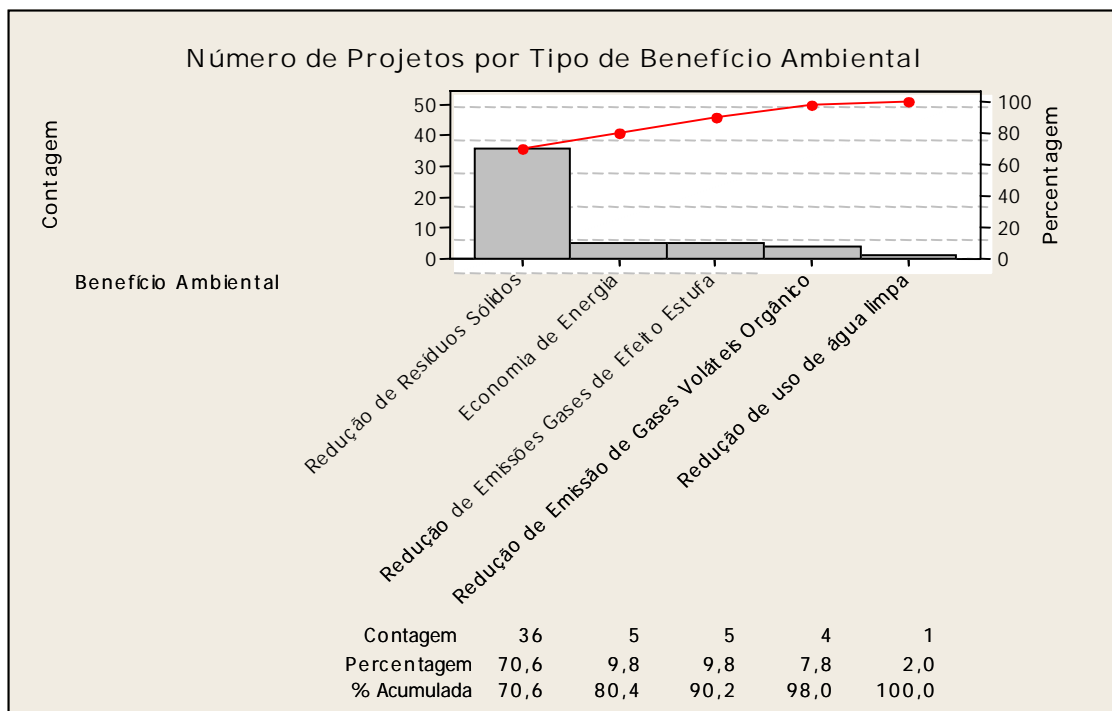


Figura 10: Número de projetos por Tipo de Benefício Ambiental (Fonte: O autor).

Um projeto interessante de reutilização de matéria-prima permitiu reciclar tanto as perdas das suas próprias operações, como reciclar os produtos finais usados e descartados pelos clientes industriais da empresa. Outro projeto aproveitou as perdas, as quais foram misturadas à matéria-prima virgem para retornar ao processo produtivo.

Uma modalidade diferente de projeto é a redução do consumo de energia. Um exemplo nessa categoria é dado por um projeto que realizou mudanças no processo de manufatura e na estrutura organizacional para obter uma redução de 26% na emissão de poluentes e redução de 25% no consumo de energia.

Para reduzir a emissão de produtos tóxicos, um projeto de Produção Mais Limpa mudou o método de tratamento de matéria-prima que utilizava solvente. A equipe passou a utilizar um processo à base de água para a produção de três diferentes tipos de produtos da Multinacional Inovadora, o que eliminou em 70% a utilização de energia e redução anual de 61 toneladas de emissão de poluição no ar.

Do ponto de vista financeiro, pode-se avaliar a relação custo-benefício dos projetos de Produção Mais Limpa por meio dos dados apresentados na **Figura 11**. Do total dos ganhos financeiros obtidos de 2001 a 2004, apenas 2% desse valor foram utilizados como investimentos para os projetos. Por sua vez, os ganhos financeiros originaram-se da redução de custos, das melhores eficiências operacionais, das economias de energia, da diminuição de materiais enviados a aterros e do aumento de vendas, por aproveitarem perdas em novos produtos.

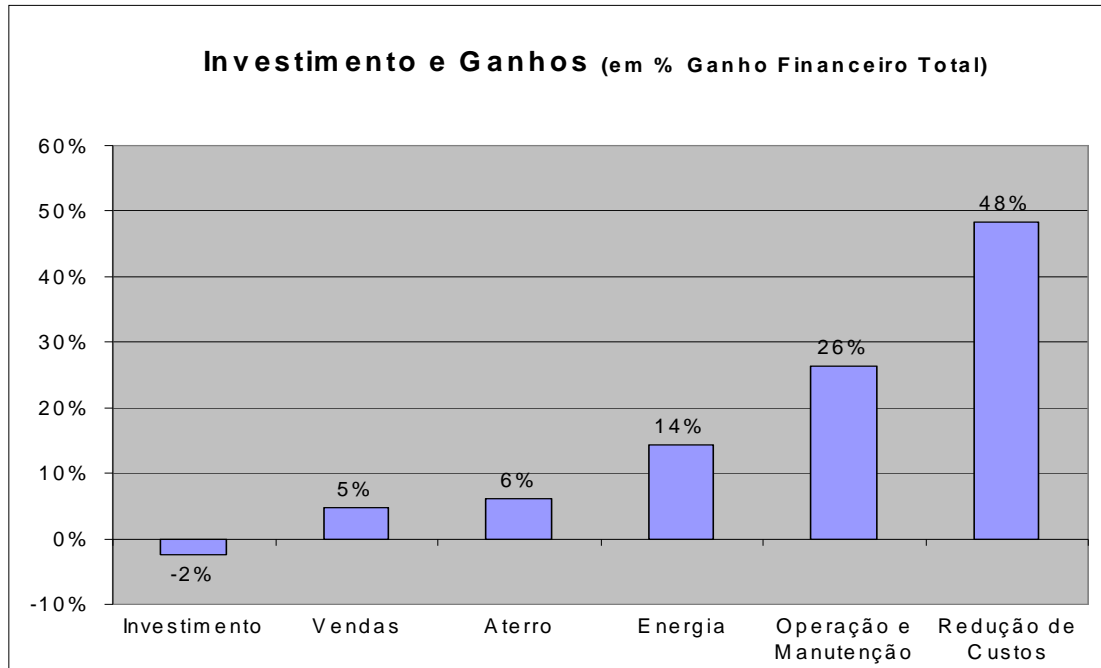


Figura 11: Investimentos e Ganhos dos Projetos de Produção Mais Limpa de 2001 a 2004 (Fonte: O autor).

Uma análise qualitativa sobre a gestão de projetos de Produção Mais Limpa fundamentou-se em entrevistas realizadas com dez líderes de projetos da subsidiária brasileira reconhecidos corporativamente pelo programa de Produção Mais Limpa (de um total de 26 líderes). As entrevistas enfocaram assuntos sobre a motivação para participar do Programa de Produção Mais Limpa, sobre as ferramentas Seis Sigma mais utilizadas e sobre os principais benefícios da metodologia Seis Sigma para a gestão de projetos de Produção Mais Limpa.

De acordo com as entrevistas, até 2004 buscava-se motivar as equipes de projeto por meio de comunicados internos que promoviam o programa de Produção Mais Limpa. A partir de 2005, os gerentes de manufatura receberam metas que definiam o número de projetos de Produção Mais Limpa para a avaliação anual.

Nos projetos de Produção Mais Limpa analisados, as ferramentas Seis Sigma mais utilizadas foram:

- a) o FMEA (*Failure Mode and Analysis Effect*) - para identificar o risco das mudanças conduzidas pelo projeto e para identificar a causa do desperdício;
- b) Análises Quantitativas - para validar estatisticamente a causa do desperdício e

- c) o Delineamento de Experimentos (*Design of Experiments*) - para conduzir experimentos com representatividade estatística e para atingir os níveis otimizados do processo, minimizando desperdícios.

De acordo com os líderes de projetos de Produção Mais Limpa entrevistados, os principais benefícios da metodologia Seis Sigma foram a melhor prospecção de projetos de Produção Mais Limpa, a melhoria na otimização dos processos, a obtenção de dados mais confiáveis e maior rapidez para a conclusão do projeto.

O Seis Sigma ajudou os líderes de projeto a identificarem oportunidades para novos projetos, pois, sem as metas anuais ambiciosas do Seis Sigma, as equipes não teriam a percepção de urgência necessária para se motivar a procurar exaustivamente novas possibilidades de redução de desperdício.

Uma vez que as oportunidades de projetos foram definidas, a metodologia Seis Sigma ajudou as equipes de projeto a compreenderem em maior profundidade os condicionantes do processo de manufatura, para, por exemplo, identificarem os parâmetros otimizados que viabilizam aumentar sensivelmente o percentual de materiais reciclados na produção de um dado produto.

Além disso, as equipes de projetos Seis Sigma trabalham com dois objetivos: uma meta oficial do projeto e uma meta estendida representada pelo melhor desempenho possível para o processo em questão. Essa meta estendida tem o mérito de desafiar as equipes em busca da otimização dos parâmetros do processo.

O programa de Produção Mais Limpa exige medição dos dados e dos resultados ambientais. Com isso, um dos motivos do aumento dos projetos brasileiros premiados pelo Programa de Produção Mais Limpa foi justamente a disciplina da metodologia Seis Sigma de se medirem os resultados e, além disso, de se quantificar quão confiáveis e acurados tais dados são, seja por meio de auditorias, seja por meio de medições da repetibilidade e reprodutibilidade dos sistemas de medição adotados para coletar os dados.

Por fim, os líderes de projetos de Produção Mais Limpa afirmaram que sem o Seis Sigma seus projetos teriam sido mais demorados, uma vez que seriam abordados pelo método da “tentativa e erro”. Inversamente, o líder de um projeto de Produção Mais Limpa que não utilizou a metodologia Seis Sigma relatou acreditar que o seu projeto não teria durado o tempo excessivo de mais de um ano, mas teria sido bem mais rápido se a equipe tivesse utilizado as ferramentas da metodologia Seis Sigma.

Isomorfismo e a Metodologia Seis Sigma

O conceito de isomorfismo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) da teoria institucional (isomorfismo coercitivo, mimético e normativo), se presta para uma explicação qualitativa do por que ocorreu a difusão da Produção Mais Limpa, por meio da implementação da estrutura organizacional matricial do Seis Sigma.

Conforme será comprovado na parte quantitativa da tese, a implementação do Seis Sigma aumentou a capacidade organizacional para a gestão de projetos, de modo que ocorreu um aumento no número de projetos de Produção Mais Limpa e um aumento na quantidade de poluição prevenida pelo Programa de Produção Mais Limpa da empresa analisada.

De fato, a capacitação organizacional para a gestão de projetos pode ser explicada pelo fenômeno do isomorfismo, o qual descreve a difusão das estruturas, processos e comportamentos que sistematizam a resolução de problemas geradores de poluição, por meio das fases padronizadas dos projetos Seis Sigma (as fases DMAIC – *define, measure, analyse, improve e control*), assim como pelas ferramentas de análise e de gestão padronizadas (mapa de processo, FMEA, ferramentas estatísticas, simulações, entre outros).

Em uma corporação como a empresa analisada que opera diversas manufaturas diferentes para suprir diversos mercados distintos, são muitas as possíveis fontes de poluição. Ao longo da implementação do Seis Sigma, no entanto, se padronizou a abordagem para a resolução dos problemas geradores de poluição.

O isomorfismo coercitivo resulta das pressões formais ou informais vindas de organizações que exercem autoridade ou domínio, sendo que no caso das grandes multinacionais, é muito comum este tipo de mimetismo, quando as subsidiárias adotam os mecanismos de referência padronizados da matriz (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

No caso da corporação analisada, o isomorfismo coercitivo não foi suficiente para a implementação do Programa de Produção Mais Limpa pela subsidiária brasileira. De fato, na década de setenta, a matriz da empresa analisada criou o programa de Programa de Produção Mais Limpa como um programa voluntário. Deste modo, o caráter voluntário do programa não gerou a pressão coercitiva necessária para que a subsidiária brasileira superasse as significativas barreiras técnicas para efetivamente adotar o Programa de Produção Mais Limpa e concluir projetos de prevenção de poluição com sucesso.

Por outro lado, a partir de 2001, a matriz da empresa definiu que a implementação do Seis Sigma era obrigatória, de modo a criar a pressão coercitiva pela sua autoridade de matriz suficientemente intensa para a subsidiária brasileira criar as estruturas e processos internos de gestão de projetos Seis Sigma, os quais, por sua vez, também criaram as condições para a efetivação do Programa de Produção Mais Limpa na subsidiária brasileira.

Já o conceito de isomorfismo mimético auxilia a compreender a razão pela qual os padrões de gestão de projetos para a resolução de problemas pelo Seis Sigma se difundiram no Programa de Produção Mais Limpa. As causas de geração de poluição são tão diversas que geram uma situação de incerteza. Deste modo, a forma sistemática do Seis Sigma gerenciar projetos para a resolução de problemas foi comprovada por outras empresas usuárias do Seis Sigma (Motorola e GE) e pela matriz, o que serviu para que o isomorfismo mimético representasse uma segunda fonte de pressão para que as diferentes manufaturas brasileiras adotassem a gestão de projetos Seis Sigma para a redução de custo e redução de poluição.

Por fim, o isomorfismo normativo é criado por meio dos treinamentos internos para a formação de gerentes de projetos Seis Sigma (Faixa-Preta), estabelecendo uma base cognitiva comum. Além disso, na empresa analisada observaram-se diversos mecanismos para se consolidar as redes de relacionamento entre os gerentes de projeto para a replicação de melhores práticas e para a definição de procedimentos de gestão de projeto.

Portanto, os conceitos de isomorfismo coercitivo, mimético e normativo auxiliam a compreensão de como a metodologia Seis Sigma se difundiu pelas manufaturas brasileiras da empresa analisadas para ser utilizada na gestão de projetos de Produção Mais Limpa.

6.5 Estrutura Organizacional Seis Sigma e a Mudança Organizacional

Com base nos estudos de caso, também é possível avaliar como a estrutura organizacional Seis Sigma contribui para gerar a mudança organizacional (KOTTER, 2000) necessária para a implementação de projetos de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora (**Tabela 5**).

A primeira fase da mudança organizacional é a criação do senso de urgência. De fato, a literatura relata que esse é um ponto fraco dos programas de Produção Mais Limpa, pois a abordagem de querer motivar as empresas a implementar a Produção Mais Limpa, por meio do argumento do custo-benefício, mostrou ser uma abordagem insuficiente para se obter o necessário apoio gerencial. De modo semelhante, o voluntarismo como fator motivador bem sucedido no programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora nos EUA não gerou, no Brasil, o senso de urgência que motivasse a mudança, no sentido de se adotar a Produção Mais Limpa. Porém, com a introdução do Seis Sigma, as equipes motivaram-se a prospectar novos projetos de Produção Mais Limpa para cumprir as metas ambiciosas da iniciativa Seis Sigma.

A segunda fase da gestão da mudança consiste na formação de um grupo coeso de líderes comprometidos com a mudança. Essa fase também é problemática nos programas de Produção Mais Limpa, nos quais, geralmente, os atores locais não assumem suficientemente a propriedade (*ownership*) do programa. De modo semelhante, o Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora não definia claramente a liderança pela implementação de projetos. A partir de 2001, no entanto as estratégias definidas pela alta gestão passam formalmente a ser implementadas pelos gerentes de projeto, o que favorece, inclusive, a implementação dos projetos de Produção Mais Limpa.

A definição de uma visão clara de um estado futuro resultante da mudança (terceira fase) também costuma ser deficiente nos programas de Produção Mais Limpa nas empresas, uma vez que os gerentes costumam dar pouca prioridade a eles. No segundo estudo de caso, a gestão de projetos de Produção Mais Limpa é favorecida pela visão que cada diretor de projetos define para o período de sua gestão, de modo a motivar seus gerentes de projeto.

Na quarta fase, a visão de mudança é claramente comunicada, pois até mesmo o presidente, os diretores e a alta-gerência da empresa assumem o papel de líderes de projetos Seis Sigma como Faixa Verde.

Para superar as barreiras políticas à implementação de projetos de Produção Mais Limpa, o Seis Sigma conta com diretores e gerentes de projetos. Já as barreiras organizacionais representadas pela dificuldade de se coletarem dados em manufaturas com elevada variedade de produtos foram superadas por metodologias sistemáticas de coleta de dados e de validação da confiabilidade dos dados.

Na sexta fase de gestão da mudança, o Seis Sigma favoreceu a obtenção de resultados de curto prazo, por definir projetos de curta duração e de escopo bem focado. Além disso, os líderes de projeto recebem constante suporte dos gerentes de projeto e os resultados financeiros do projeto são validados por um especialista da área de finanças.

A sétima fase requer que se definam metas maiores para se garantir a continuidade das melhorias de desempenho. Neste quesito, os programas de Produção Mais Limpa costumam falhar por não contarem com um padrão sistemático de implementação de projetos. Na Multinacional Inovadora, porém, a implementação contínua de projetos é favorecida pelo padrão de gestão de projetos de acordo com as fases DMAIC e com as ferramentas Seis Sigma, sistematicamente articuladas. Além disso, a melhoria contínua do Programa de Produção Mais Limpa é viabilizada pela definição de novas metas ambientais quinquenalmente e pela definição de novas metas de redução de custo para o Seis Sigma a cada ano.

Por fim, o Seis Sigma mantém a cultura de gestão de projetos na empresa ao definir que os gerentes de projeto com bom desempenho são promovidos a cargos promissores, para favorecer que o Seis Sigma seja percebido como a forma de trabalhar dominante na empresa.

Em suma, a estrutura matricial implementada na Multinacional Inovadora por meio do Seis Sigma, favoreceu a sua efetiva mudança organizacional e instituiu uma eficaz cultura de gestão de projetos. Como a Produção Mais Limpa se concretiza por meio de projetos, a gestão de mudança pelo Seis Sigma indiretamente favoreceu uma gestão da mudança para a Produção Mais Limpa, na medida em que os projetos Seis Sigma foram utilizados como um veículo para a aprovação e reconhecimento de projetos de Produção Mais Limpa.

Obviamente, isso não garante uma completa mudança organizacional para que a empresa seja considerada como integralmente ambientalmente sustentável. No entanto o Seis Sigma aumentou a competência da subsidiária brasileira para concluir projetos de Produção Mais Limpa, para melhorar o seu desempenho ambiental.

Fases da Mudança Organizacional	Barreiras à Difusão da Produção Mais Limpa	Programa de Produção Mais Limpa da Subsidiária Brasileira da Multinacional Inovadora antes de 2001	Estrutura Matricial do Seis Sigma na Multinacional Inovadora
Senso de urgência	Acreditar que análise de custo-benefício garante apoio gerencial	Caráter voluntário e reconhecimento não demonstraram ser motivadores suficiente	Metas ambiciosas motivam a prospecção de novos projetos e desafiam as equipes
Líderes comprometidos	Falta senso de propriedade do programa pelos agentes locais.	X	Os gerentes de projeto implementam estratégias de alta gestão
Definir visão	Baixa prioridade da Produção Mais Limpa para a gerência sobrecarregada	X	Diretores de projeto definem visão de sua gestão
Comunicar visão.	Insuficiente comunicação interna	X	CEO, Diretores e Gerentes também lideram projetos como Faixas Verdes
Remover obstáculos	Falta de habilidade para superar barreiras organizacionais e políticas	Dificuldade de coletar dados devido à elevada variedade de produtos	Departamento de projetos retira obstáculos políticos. Metodologia de validação de dados.
Resultados de curto prazo	Falta de suporte interno a membros da equipe	X	Projetos de 3 a 6 meses. Líderes de projeto assessorados por especialistas. Especialista financeiro valida ganhos
Metas maiores / manter bom desempenho	Falta padrão formal para definir princípios e processos de implementação	Metas ambientais quinquenais	Estrutura DMAIC e ferramentas Seis Sigma articuladas sistematicamente. Novas metas a cada ano
“Ancoragem” no estilo de trabalho	A Produção Mais Limpa é vista como ferramenta isolada, dificultando sua integração no sistema operacional das empresas	Reconhecimento de Projetos que demonstram Produção Mais Limpa	Seis Sigma é usado como o modo de trabalho. Faixas Pretas de bom desempenho promovidos a cargos promissores

Tabela 5: Mudança Organizacional, Barreiras à Produção Mais Limpa e o Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

6.6 Redes Internas e o Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora

Ao se utilizar conjuntamente o conceito de isomorfismo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) e o conceito de organização em rede (ECCLES e NOLAN, 1993), é possível vislumbrar uma explicação para o paradoxo “padronização para a inovação”, pois a sistematização e a padronização de uma metodologia de gestão de projetos por meio de uma estrutura organizacional matricial puderam favorecer a inovação para a

prevenção de poluição, por meio de redes internas que agregam competências e conhecimentos tácitos.

Para DiMaggio e Powell (2005), a tendência de isomorfismo por mimetismo é tanto maior, quanto mais as metas de uma organização forem ambíguas:

“Assim, os participantes acham mais fácil imitar outras organizações do que tomar decisões com base em análises sistemáticas de metas, já que estas análises poderiam se provar trabalhosas ou desagregadoras” (DIMAGGIO e POWELL, 2005).

No entanto, a metodologia Seis Sigma é justamente caracterizada pela definição de metas bastantes claras baseadas em análises sistemáticas e trabalhosas. Este fato, à luz dos conceitos de DiMaggio e Powell é uma indicação para se entender que, na empresa analisada, o mimetismo ocorreu apenas no âmbito formal da estrutura organizacional matricial e no âmbito metodológico. Ou seja, as manufaturas brasileiras adotaram os cargos e a metodologia padronizada para a gestão de projetos e resolução de problemas.

Portanto, trata-se de uma imitação do processo de resolução das fontes da poluição e não do objeto da resolução propriamente dita. Deste modo, na empresa analisada, observou-se que a metodologia padrão do Seis Sigma foi adotada para se chegar a soluções freqüentemente ímpares condicionadas por uma detalhada análise da natureza do problema específico de cada fonte geradora de poluição.

Este fenômeno paradoxal pode ser esclarecido ao se utilizar o conceito de organização em rede de Eccles e Nolan (1993).

No âmbito da infra-estrutura de gestão global e homogenia (ECCLES e NOLAN, 1993) para todas as manufaturas que fazem parte da empresa multinacional analisada, o Seis Sigma é uma metodologia corporativa sob pressões isomórficas. Esta metodologia é difundida pelos mecanismos de isomorfismo coercitivo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) por ser uma diretriz obrigatória da matriz, pelos mecanismos de isomorfismo mimético (DIMAGGIO e POWELL, 2005) por ser uma forma padronizada de lidar com o desafio e com a incerteza de cada projeto e pelos mecanismos de isomorfismo normativo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) por meio dos treinamentos altamente especializados e intensivos para a formação de uma classe de gerentes de projeto (os Faixa-Preta).

Por outro lado, no âmbito específico das redes auto-projetadas (ECCLES e NOLAN, 1993) para cada projeto, surgem oportunidades não para o isomorfismo ou para a imitação, mas sim para a inovação. Isso é possível, porque a metodologia Seis Sigma realiza uma sistemática análise de dados para embasar a definição de inequívocas metas de projetos, além de colocar os gerentes de projeto frente a desafios e perspectivas de carreira que os estimulam a formar redes internas para integrar as diferentes competências e conhecimentos tácitos para efetivamente e criativamente solucionar as causas de custos elevados e as causas de poluição.

Utilizando-se das teorias organizacionais, a fase qualitativa da pesquisa resulta nas conclusões abaixo, em relação às questões enunciadas no Protocolo de Estudos de Caso para a Multinacional Inovadora.

Competências Essenciais dos Atores - Em primeiro lugar, foram observadas as competências utilizadas para se instituir e prover infra-estrutura ao Programa de Produção Mais Limpa. De fato, na matriz da Multinacional Inovadora, o fundador do Programa de Produção Mais Limpa demonstrou ter competência não só para comprovar à alta gestão que a prevenção de poluição é mais econômica do que o controle de poluição, como também para motivar os funcionários a realizar projetos de Produção Mais Limpa.

Em segundo lugar, os resultados de redução de poluentes foram mais intensos ao se conciliar a competência de se estruturar um programa de Produção Mais Limpa com a competência de se desenvolverem projetos com eficácia. Curiosamente, essas duas competências surgiram por iniciativas corporativas diferentes, mas demonstraram gerar, em conjunto, efeitos sinérgicos positivos.

Habilidades Gerenciais dos Atores - Tanto na matriz quanto na subsidiária da Multinacional Inovadora, devido à estrutura matricial Seis Sigma, aumentaram as habilidades gerenciais humanas presentes nos projetos de Produção Mais Limpa por causa da liderança dos Faixa Preta (Gerentes de Projeto) e aumentaram as habilidades gerenciais conceituais, devido ao alinhamento explícito entre os projetos e as estratégias de negócio.

Estruturas de Relacionamento - Observaram-se relacionamentos abertos na relação de liderança entre o gerente de projeto e o líder de projeto, pois, com frequência, o gerente de projeto liderava muitos projetos em departamentos diferentes dos quais trabalhava antes do cargo atual. Também foram observados, entretanto, relacionamentos fechados decorrentes do longo tempo de trabalho em conjunto como veículo para a transmissão de conhecimento tácito dos membros de equipe para o líder do projeto.

A prospecção de oportunidade para novos projetos de Produção Mais Limpa e a busca de pessoas para se integrarem à equipe do projeto são atividades do líder de projeto que, na empresa analisada, dependem principalmente dos relacionamentos pessoais gerados em prévias experiências profissionais ou sociais. Deste modo, observou-se que a alocação de profissionais especializados é condicionada por relacionamentos informais das redes internas.

Gestão do Conhecimento - Observaram-se os seguintes mecanismos para a transmissão de conhecimento: a internalização, por meio dos treinamentos formais e das apostilas em Seis Sigma; a socialização, pelas assessorias dos gerentes de projetos e treinadores de Seis Sigma, pelo conhecimento prático que os membros de equipe transmitem ao líder de projeto para efetuar as fases diagnósticas e de delineamento da solução do projeto e pela replicação de melhores práticas oriundas de outros projetos; a combinação, pela integração de ferramentas Seis Sigma com ferramentas de gestão ambiental e a externalização, ao definir os novos procedimentos com base em experimentos.

7.

7.1 Introdução

Para a Multinacional Inovadora, o estudo de caso qualitativamente sugeriu que a implementação das estruturas organizacionais matriciais para projetos Seis Sigma contribuiu para aumentar a eficiência e a eficácia do programa corporativo de Produção Mais Limpa. A seguir, tal contribuição será validada quantitativamente, por meio de análises estatísticas, compreendendo métodos não-paramétricos (SPRENT, SMEETON, 2001), análise de regressão (DRAPER e SMITH, 1998) e ferramentas básicas de análise de séries temporais (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN, 1998).

Neste capítulo, quantifica-se a relação entre o número mensal de projetos de Produção Mais Limpa e a quantidade mensal de toneladas de poluição prevenida, a fim de validar se a implementação da estrutura matricial que desenvolve a capacidade organizacional para a condução de projetos tem ou não impacto no desempenho ambiental de um programa de Produção Mais Limpa.

Coletaram-se os dados aqui analisados no banco de dados do programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora. Nesse banco de dados registram-se todos os projetos do Programa de Produção Mais Limpa concluídos com sucesso e reconhecidos corporativamente. Para cada projeto, foram coletados dados sobre o mês em que o projeto foi submetido, a quantidade de toneladas prevenidas (contabilizadas apenas ao longo do primeiro ano após a implementação de cada projeto), o país onde o projeto foi realizado e, além disso, se o projeto foi ou não realizado pela estrutura organizacional e metodologia Seis Sigma.

Na Seção 7.3 são analisados os dados de 1456 projetos realizados durante 113 meses, de 1996 a 2005, em todas as operações da empresa espalhadas globalmente por diversos países. Já na Seção 7.4 se enfoca a análise apenas nas operações da filial brasileira, que realizou 45 projetos de Produção Mais Limpa de 2002 a 2005. Todos os

procedimentos estatísticos foram realizados no sistema R¹, exceto as Figuras 12, 19, 20 e 23, que foram realizadas no sistema MINITABTM ². O nível de significância adotado é de 5%.

7.2 Hipóteses

A pesquisa quantitativa visa validar duas hipóteses.

Hipótese 1 - A estrutura matricial para projetos Seis Sigma melhora o desempenho da empresa na difusão da Produção Mais Limpa.

Essa hipótese será analisada ao se relacionar o desempenho do programa de Produção Mais Limpa (medido pela quantidade de toneladas de poluição prevenida) com a capacidade organizacional para a gestão de projetos (inferida pelo número de projetos de Produção Mais Limpa reconhecidos pelo programa submetidos mensalmente.) Além disso, as toneladas de poluição prevenida foram confrontadas entre as fases anterior, durante e posterior à implementação do Seis Sigma.

Hipótese 2 – Gerentes de Projeto (Faixa Preta) contribuem mais para a difusão da Produção Mais Limpa do que funcionários funcionais (Faixa Verde).

Esta segunda hipótese será estudada ao se confrontarem as toneladas de poluição prevenida mensalmente por projetos da subsidiária brasileira com o papel do líder do projeto, diferenciando-se os projetos liderados por Faixa Preta (gerentes de projeto) dos projetos liderados por Faixa Verde (funcionário da estrutura funcional capacitado nas metodologias do Seis Sigma). Como na Multinacional Inovadora, os cargos de Faixa Preta são preenchidos apenas por profissionais com perfil de liderança, trabalho em equipe e intensa interação com a direção estratégica da empresa, pressupõe-se que projetos liderados por Faixa Preta contem com maior presença das habilidades gerenciais humanas e conceituais segundo Katz (1955), do que os projetos liderados por Faixa Verde.

¹ R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

² MINITABTM (2006). <http://www.minitabbrasil.com.br/>.

7.3 Dados Globais das Operações em sua Totalidade

Os dados disponíveis compreendem 120 observações mensais (de janeiro de 1996 a dezembro de 2005) do número de projetos submetidos e da prevenção de poluição (em toneladas). Além dessas observações, cada projeto submetido está associado à época de implementação do Seis Sigma na empresa, podendo ser antes (1996 a 2000), durante (2001) e depois (2002 a 2005) da implementação dessa metodologia. Foram observados sete meses sem projetos submetidos, portanto o número de observações na amostra é 113.

Os gráficos da **Figura 12** e **12a** mostram as séries históricas de prevenção de poluição. Em boa parte do período em estudo (antes da e durante a implantação da metodologia Seis Sigma) há coincidência entre as séries. As lacunas na **Figura 12** representam os meses sem projetos submetidos. As linhas mais suaves descrevem estimativas da tendência das séries.

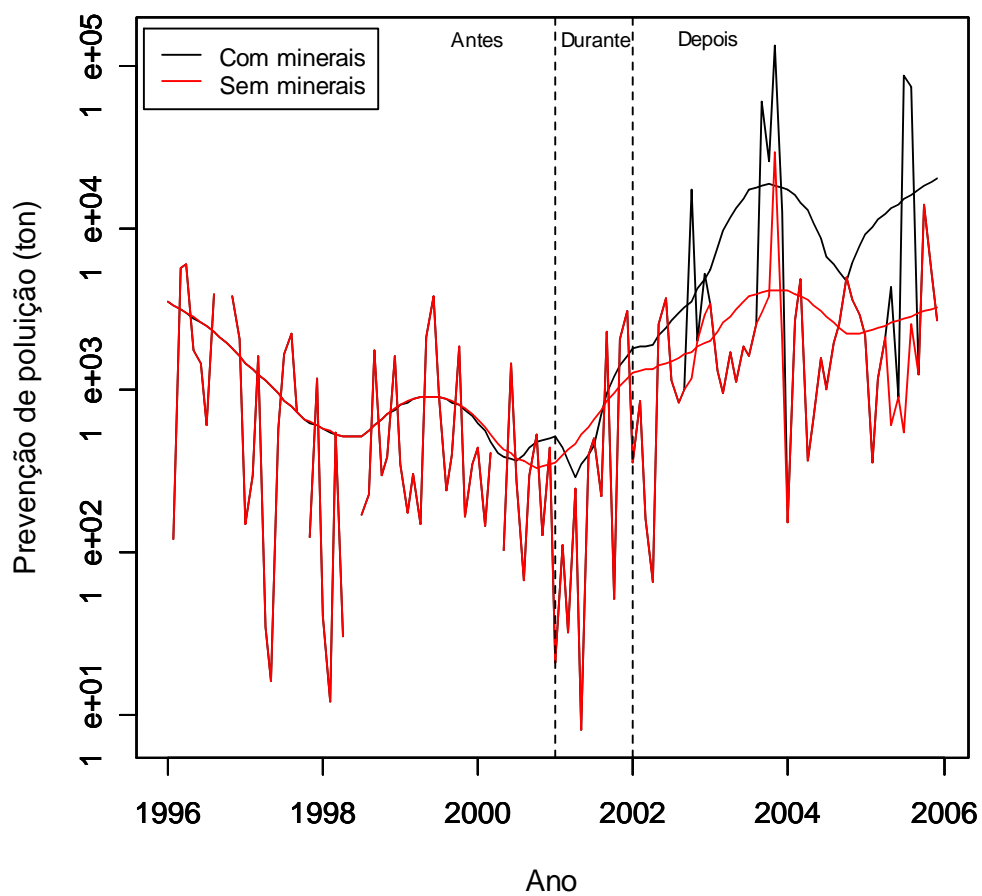


Figura 12. Séries históricas de prevenção mensal de poluição (em toneladas, escala logarítmica) (Fonte: O autor).

A fim de complementação, na **Figura 12a** as séries de prevenção de poluição são representadas em escala natural.

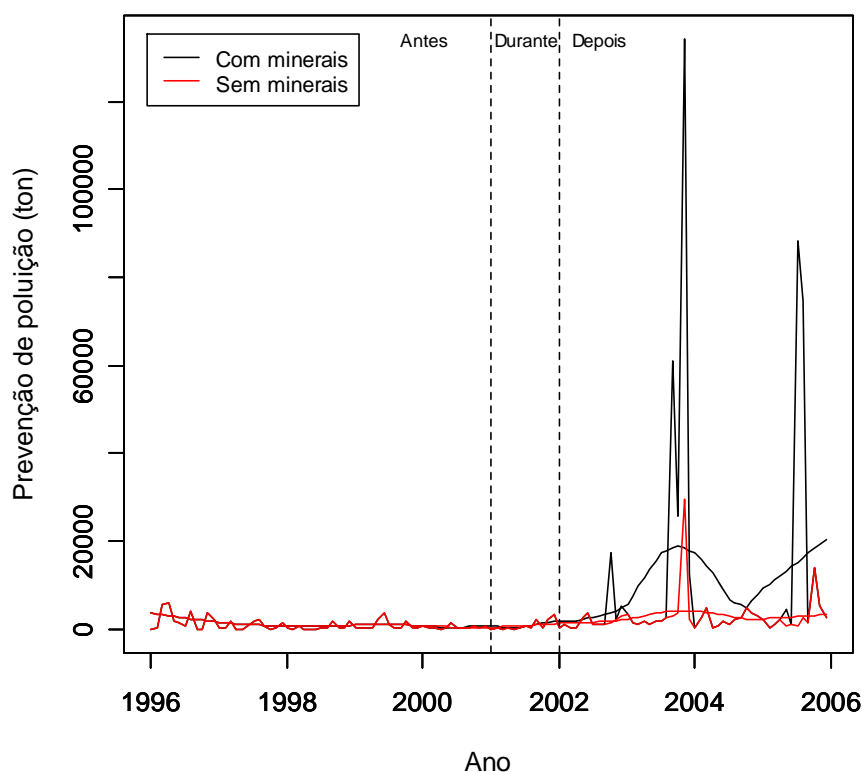


Figura 12a. Séries históricas de prevenção mensal de poluição (em toneladas) (Fonte: O autor).

Observa-se que a linha de tendência na fase antes da implementação do Seis Sigma mostra que, no Programa de Produção Mais Limpa da empresa analisada, os resultados ambientais finais vinham piorando ano a ano. Já na fase durante a implementação do Seis Sigma, muitos dos projetos de redução de custo também resultaram em benefícios ambientais pela redução de poluição, o que explica uma clara reversão na tendência de queda do desempenho do Programa de Produção Mais Limpa que, em média foi aumentando a quantidade de redução de poluição a cada mês durante o ano de implementação da estrutura matricial para projetos.

No entanto, ao que indica a linha de tendência na fase depois da implementação do Seis Sigma, a reversão e melhoria do desempenho do Programa de Produção Mais Limpa não foi um evento momentâneo e transitório, mas este desempenho se manteve em melhoria ainda nos dois anos seguintes para se estabilizar no último ano analisado.

O gráfico da **Figura 12** também mostra que muitos dos meses analisados apresentam um desempenho em toneladas de poluição prevenida bastante distante da linha de tendência, tanto para mais quanto para menos. Isso ocorre por causa da grande

variedade de produtos da empresa analisada, onde algumas fábricas processam materiais leves, enquanto outras fábricas processam materiais pesados gerando uma grande variabilidade na métrica para toneladas de poluição prevenida.

Outro motivo para esta variação decorre de uma certa sazonalidade observada no cadastramento de projetos de Produção Mais Limpa (**Figura 13**). Como muitas manufaturas têm metas anuais de número de projetos de Produção Mais Limpa aprovados, se difundiu um comportamento de se realizar um esforço adicional para o cumprimento desta meta ao final do ano, de modo que dezembro costuma ser o mês de pico em número de projetos cadastrados. Por outro lado, por causa deste mesmo motivo, em geral janeiro costuma ser um mês com número baixo de projetos de Produção Mais Limpa cadastrados, uma vez que a maior parte das oportunidades deste período já foram antecipadas para cadastramento no mês de dezembro. De fato, a média do número de projetos submetidos em dezembro é 3,5 vezes maior do que a média do número de projetos submetidos em janeiro.

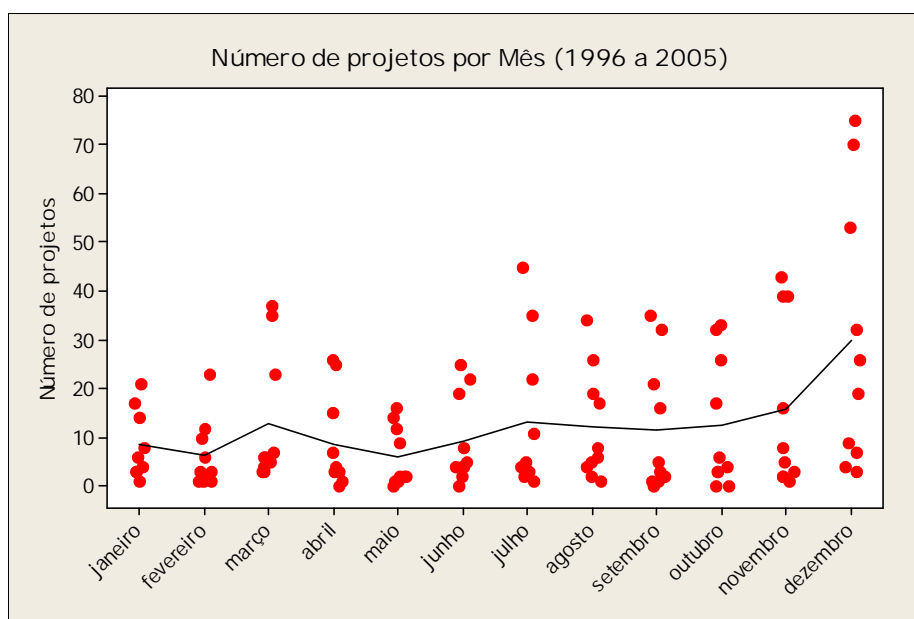


Figura 13. Número mensal de projetos de Produção Mais Limpa reconhecidos (de 1996 a 2005) (Fonte: O autor).

Para complementar a análise da sazonalidade, a **Figura 13a** representa a componente de sazonalidade da série (obtida após remoção da componente de tendência). Cada linha corresponde a um ano. A repetição de um certo padrão nas linhas em diversos anos é um indício de presença de sazonalidade.

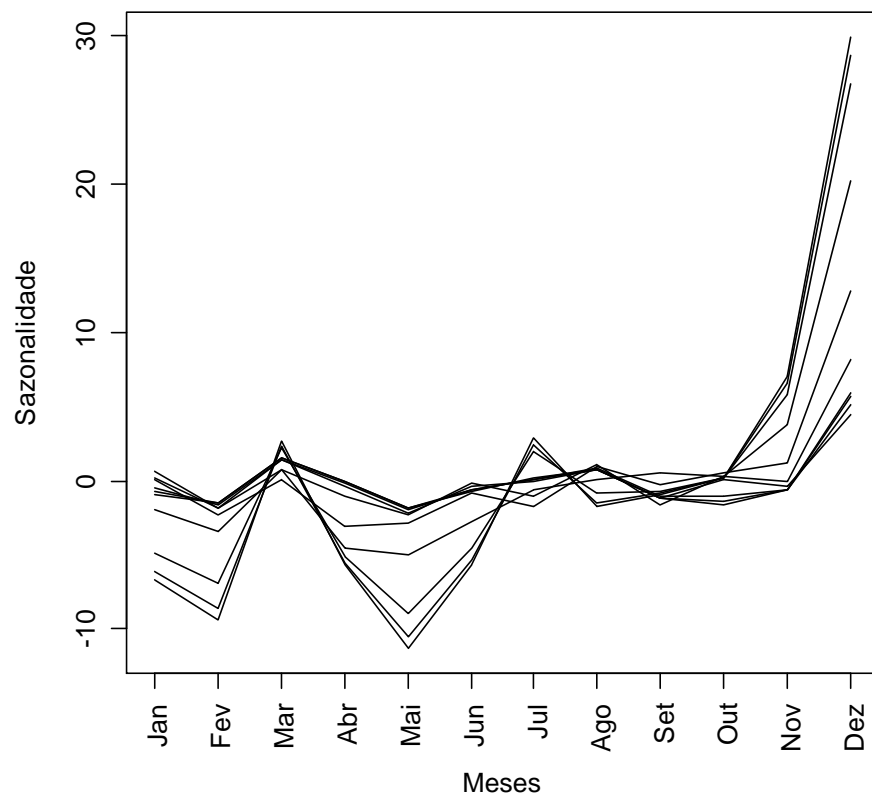


Figura 13a . Gráfico de sazonalidade do número de projetos de Produção Mais Limpa reconhecidos (de 1996 a 2005) (Fonte: O autor).

Por fim, o gráfico da Figura 12 mostra claramente na fase “depois” uma diferença entre as curvas de tendência com e sem as manufaturas que processam minerais. Obviamente, produtos minerais são muito pesados e reduções de perdas em produtos minerais geram um impacto desproporcional na métrica para toneladas de poluição prevenida. Por um lado, este fato mostra que a estrutura organizacional para projetos Seis Sigma viabilizou que as fábricas que processam minerais passassem a contribuir com o programa de Produção Mais Limpa, uma vez que antes da implementação do Seis Sigma, a contribuição destas fábricas para o programa era inexpressiva. Por outro lado, para evitar qualquer tendenciosidade dos resultados, optou-se por uma postura conservadora, de modo que os dados das fábricas que processam minerais foram retirados das análises que identificam em quantas vezes as estruturas matriciais para projetos melhoraram o desempenho do programa de Produção Mais Limpa. Deste modo, evita-se que os resultados da estruturas matriciais para projetos sejam superestimados.

Nas **Figuras 14 e 14a**, percebe-se que na fase anterior à implantação da metodologia Seis Sigma não há uma tendência marcante na série do número de projetos de Produção Mais Limpa submetidos. Com a implementação do Seis Sigma, esse número cresce nitidamente, porém reduz-se a intensidade do crescimento a partir de 2004. Os coeficientes de correlação de Spearman entre as séries de números de projetos submetidos e as séries de prevenção de poluição das **Figuras 12 e 14** valem, respectivamente, 0,627 ($p < 0,00005$) e 0,587 ($p < 0,00005$); portanto os dados apontam uma correlação significativa entre essas variáveis.

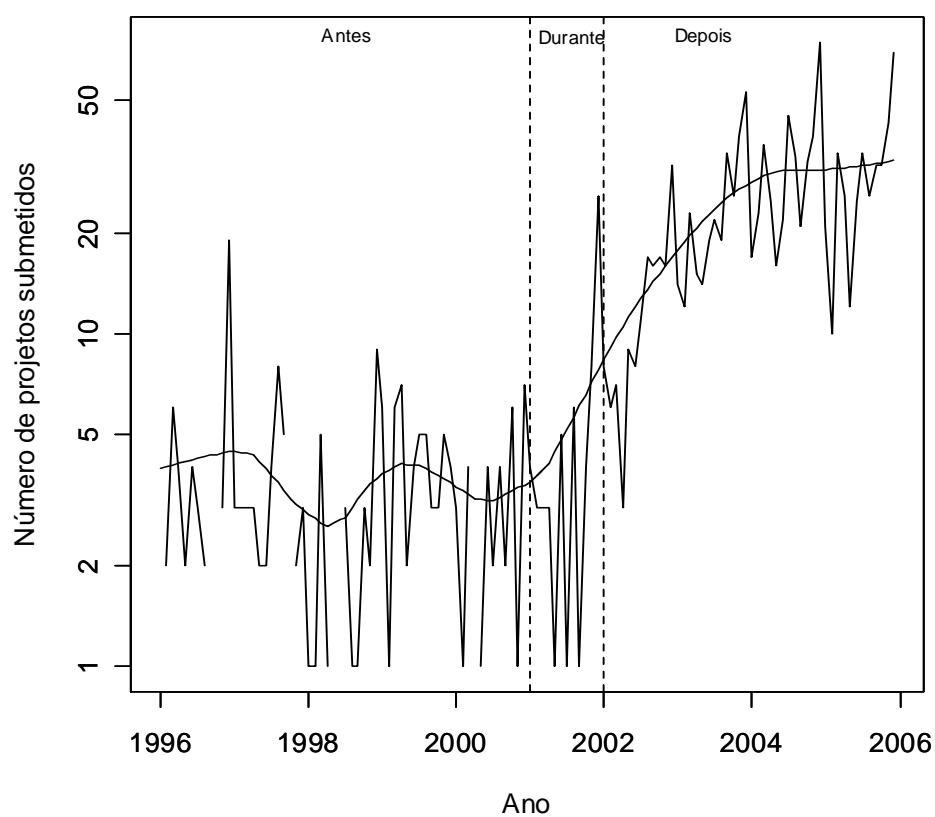


Figura 14. Série histórica do número mensal de projetos submetidos (escala logarítmica) (Fonte: O autor).

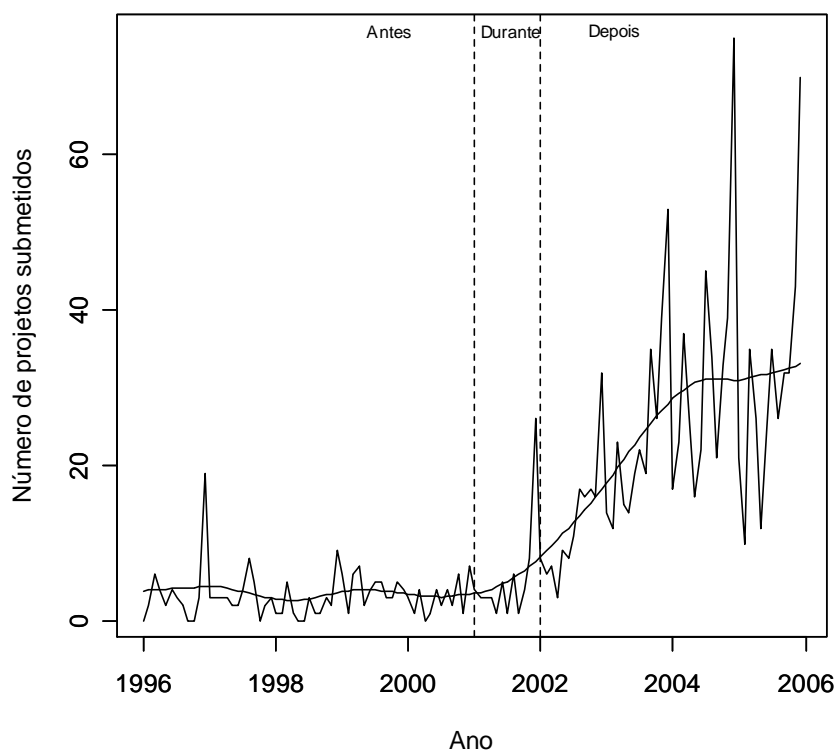


Figura 14a. Série histórica do número mensal de projetos submetidos (Fonte: O autor).

Representações gráficas do número de projetos submetidos podem ser vistas na **Figura 15** e estatísticas descritivas dessa variável estão na **Tabela 6**. Os gráficos e as medidas de posição (mediana e média) indicam aumento no número de projetos com a implementação da metodologia Seis Sigma em relação a períodos anteriores a sua adoção. Com efeito, segundo o teste de Kruskal-Wallis, as diferenças são significativas ($\chi^2 = 72,6$; 2 g.l., $p < 0,0005$). A variabilidade (expressa pelo desvio-padrão) também aumenta, mas em termos relativos (coeficiente de variação) o comportamento não é o mesmo.

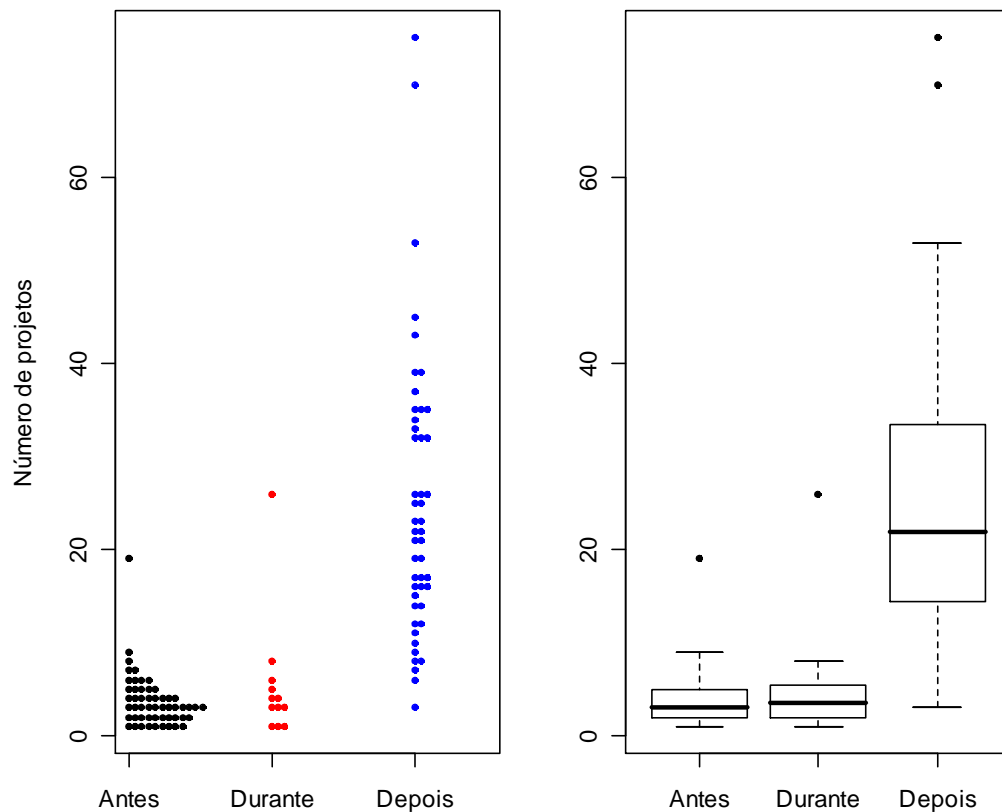


Figura 15. Gráficos de pontos e de caixa do número de projetos submetidos de acordo com a fase em relação à implantação da metodologia Seis Sigma (Fonte: O autor).

Os gráficos das figuras 14, 14a e 15 evidenciam claramente quão significativo foi o processo de mudança organizacional da empresa analisada, no sentido de se instituir uma cultura organizacional para a gestão de projetos que efetivamente a capacitam a conduzir com sucesso um grande número de projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa.

A grande variabilidade no número de projetos após o Seis Sigma se deve ao aumento acentuadamente crescente de projetos durante os primeiros anos a partir de 2001, conforme foi representado pela curva de tendência nas **Figuras 14 e 14a**.

Tabela 6. Estatísticas descritivas do número de projetos submetidos (Tabela do autor).

Estatística	Fase		
	Antes (n = 53)	Durante (n = 12)	Depois (n = 48)
Mínimo	1	1	3
1º quartil	2	2,5	14,8
Mediana	3	3,5	22
Média	3,7	5,4	24,9
3º quartil	5	5,3	33,3
Máximo	19	26	75
Desvio-padrão	2,9	6,8	15,2
Coefficiente de variação	0,78	1,26	0,61

Ao se incluir as fábricas que processam os minerais, as estatísticas descritivas comprovam que a implementação das estruturas matriciais para projetos Seis Sigma aumentou em média 6,7 vezes o número de projetos de Produção Mais Limpa aprovados por mês, enquanto que a mediana do número de projetos de Produção Mais Limpa aprovados por mês aumentou 7,3 vezes.

Conforme a **Figura 16** e a **Tabela 7** (mediana e média), a quantidade de toneladas de poluição prevenida passa por uma redução durante a implantação da metodologia Seis Sigma em relação à fase anterior, aumentando fortemente após a implantação. As diferenças entre a prevenção de poluição nas três fases são significativas de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2 = 28,7$ com 2 g.l., $p < 0,0005$). O desvio-padrão acompanha as oscilações da média e da mediana. Em termos relativos (coeficiente de variação), a variabilidade é crescente.

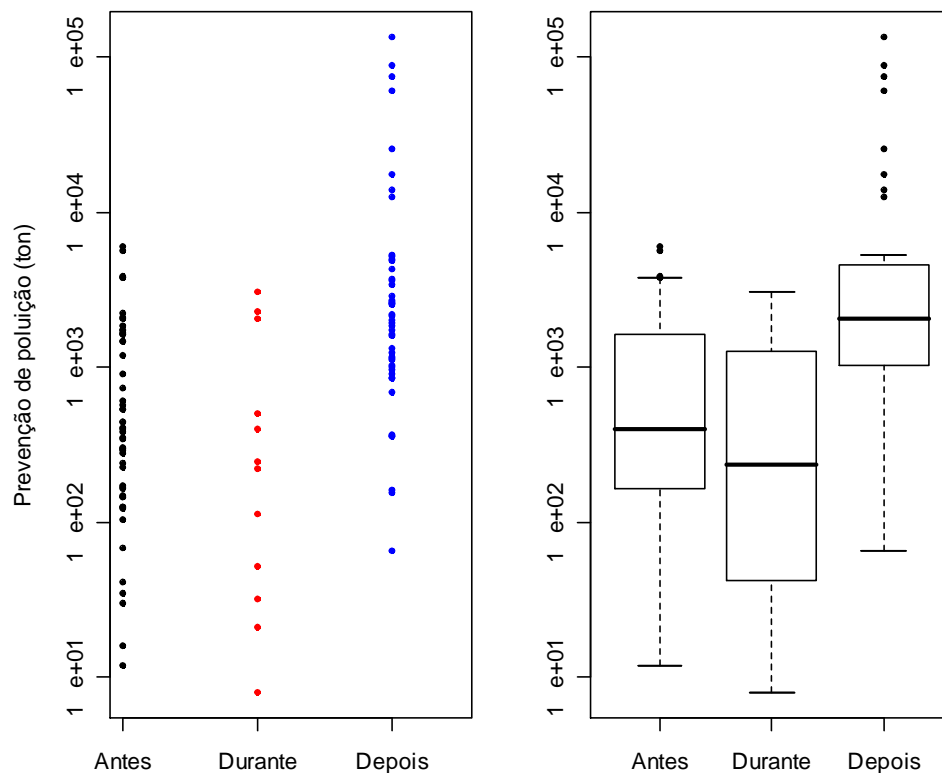


Figura 16. Gráficos de pontos e de caixa da prevenção de poluição de acordo com a fase em relação à implantação da metodologia Seis Sigma (em toneladas, escala logarítmica) (Fonte: O autor).

O fato aparentemente surpreendente do desempenho do programa de Poluição Mais Limpa ter diminuído no ano de implementação do Seis Sigma em relação aos anos anteriores pode ser explicado pela curva de tendência da quantidade de poluição prevenida mensalmente apresentada na figura 12. A figura 12 mostra claramente que os meses com pior desempenho do programa de Poluição Mais Limpa ocorreram pouco antes da implementação do Seis Sigma. Além disso, o ano de implementação do Seis Sigma foi o ano de reverter a intensa tendência de queda de desempenho nos anos anteriores, sem, no entanto, recuperar totalmente o desempenho inicial realizado em 1996 (cinco anos antes da implementação), pois esta recuperação integral foi realizada apenas nos anos seguintes à implementação do Seis Sigma.

Tabela 7. Estatísticas descritivas da prevenção de poluição (em toneladas, exceto coeficiente de variação)
(Fonte: O autor).

Estatística	Fase		
	Antes (n = 53)	Durante (n = 12)	Depois (n = 48)
Mínimo	12	8	65
1º quartil	166	47	1024
Mediana	402	235,5	2066
Média	1021,3	752,2	10570,6
3º quartil	1623	885,5	4444,3
Máximo	6016	3093	134103
Desvio-padrão	1369,9	1076,9	25767,4
Coeficiente de variação	1,34	1,43	2,44

As **Figuras 17 e 16**, assim como as **Tabelas 8 e 7** diferem apenas na fase após a implantação da metodologia Seis Sigma devido à exclusão das fábricas que processam minerais (veja também a **Figura 12**). Note-se que, exceto o valor mínimo, todas as demais estatísticas se reduzem, ao excluirmos as fábricas que processam minerais da contagem de toneladas de poluição prevenida. O comportamento das medidas de posição e dispersão é análogo ao que constatamos na **Figura 16** e na **Tabela 7**. As diferenças entre as três fases quanto à prevenção de poluição sem as fábricas que processam minerais são significativas de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2 = 23,3$ com 2 g.l., $p < 0,0005$).

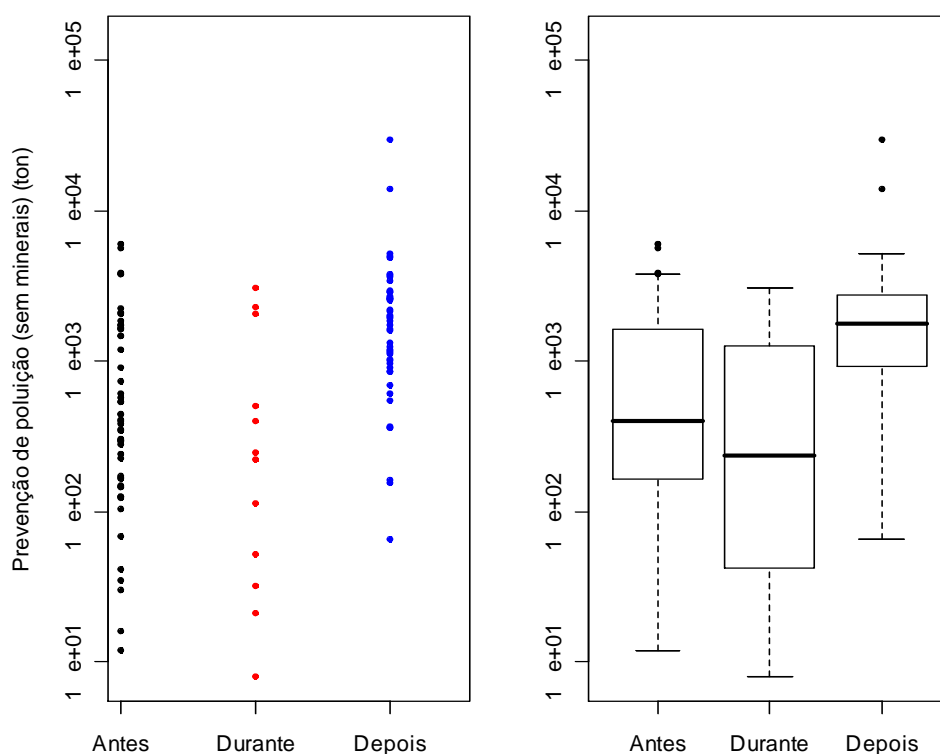


Figura 17. Gráficos de pontos e de caixa da prevenção de poluição (excluindo as fábricas que processam minerais) de acordo com a fase em relação à implantação da metodologia Seis Sigma (em toneladas, escala logarítmica) (Fonte: O autor).

Tabela 8. Estatísticas descritivas da prevenção de poluição excluindo minerais (em toneladas, exceto coeficiente de variação) (Fonte: O autor).

Estatística	Fase		
	Antes (n = 53)	Durante (n = 12)	Depois (n = 48)
Mínimo	12	8	65
1º quartil	166	47	946,5
Mediana	402	235,5	1796,5
Média	1021,3	752,1	2726,1
3º quartil	1623	885,5	2739,8
Máximo	6016	3093	29597
Desvio-padrão	1369,9	1076,9	4519,8
Coeficiente de variação	1,34	1,43	1,66

Ao se desconsiderar as fábricas que processam os minerais, as estatísticas descritivas indicam que a implementação das estruturas matriciais para projetos Seis Sigma aumentou em média 2,7 vezes a quantidade de toneladas de poluição prevenida

por mês, enquanto que a mediana da quantidade de toneladas de poluição prevenida por mês aumentou 4,5 vezes.

De fato, durante os cinco anos de 1996 a 2000, antes da implementação da estrutura matricial para projetos Seis Sigma, o programa de Produção Mais Limpa teve um desempenho agregado de 54 mil toneladas de poluição reduzidas. Já nos cinco anos seguintes, de 2001 a 2005, ou seja, nas fases durante e depois da implementação das estruturas organizacionais Seis Sigma, o desempenho total deste mesmo programa de Produção Mais Limpa foi de prevenir 140 mil toneladas de poluição. Portanto, o período com a implementação do Seis Sigma reduziu 86 mil toneladas de poluição a mais do que o período sem o Seis Sigma, ou seja, mais do que dobrou o desempenho.

Por fim, nas análises seguintes procura-se estabelecer uma relação entre a quantidade de poluição prevenida de um lado e o número de projetos submetidos, além da fase de implantação da metodologia Seis Sigma, de outro, considerados simultaneamente. Foram identificados modelos lineares após a inspeção gráfica das variáveis de interesse. Os gráficos de dispersão das **Figuras 18, 18a e 19** (acrescidos de linhas suavizadoras) sugerem que um modelo linear pode ser adequado. Uma síntese dos ajustes desses modelos está nas **Tabelas 9, 9a e 10**.

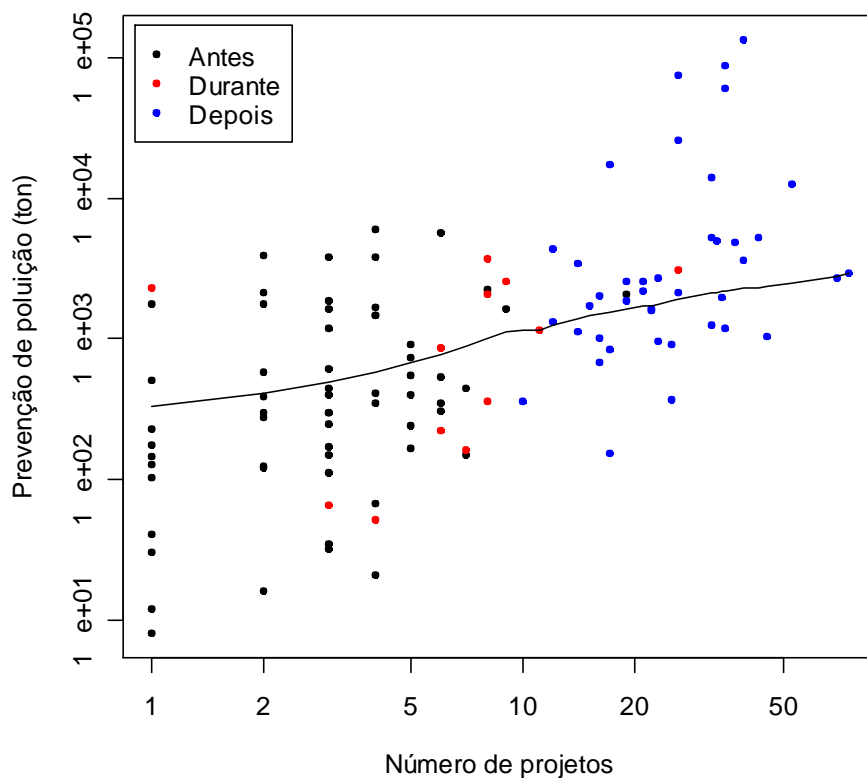


Figura 18. Prevenção de poluição (em toneladas, escala logarítmica) versus número de projetos submetidos (escala logarítmica) de acordo com a fase de implantação da metodologia Seis Sigma (Fonte: O autor).

Analisando-se a prevenção de poluição (em escala logarítmica), o modelo proposto (**Tabela 9**) é globalmente significativo ($F = 27,3$ com 3 e 109 g.l., $p < 0,0005$, R^2 ajustado = 0,413). Apenas o número de projetos é significativo (o sinal positivo pode ser antecipado observando a **Figura 18**); nota-se que o efeito da diferença entre as fases “durante” e “antes” é significativo, porém limítrofe ($p = 0,048$). Portanto, em presença do número de projetos submetidos, a fase em relação à implementação do Seis Sigma na qual esses projetos foram submetidos perde importância.

Nota-se que meses que tiveram um mesmo número de projetos cadastrados apresentam um grande espectro de resultados em termos da quantidade de toneladas prevenidas. Por exemplo, os meses que cadastraram apenas um projeto tiveram desempenho que ocupam mais da metade da extensão do eixo vertical do gráfico. Conforme foi explicado acima, isso se deve à grande variedade de produtos da empresa analisada e à grande diferença de peso dos materiais entre estes produtos. Apesar disso, a linha suavizadora do gráfico é claramente crescente (e o coeficiente 1,051 para Log_{10}

do número de projetos na Tabela 9, que é significativo) evidenciando a consistente melhoria de desempenho do programa de Produção Mais Limpa de acordo com o grau de capacidade de gestão de projetos pela organização.

Tabela 9. Ajuste de um modelo linear para Log_{10} (prevenção de poluição) (Fonte: O autor).

Coeficiente	Estimativa	Erro-padrão	t	P
Intercepto	2,135	0,123	17,316	< 0,0005
Log_{10} (número de projetos)	1,051	0,192	5,463	< 0,0005
Durante – Antes	-0,390	0,195	2,000	0,048
Depois – Antes	-0,134	0,203	0,661	0,510

Em seguida, na Tabela 9a são apresentados os resultados do ajuste de um modelo que inclui apenas o número de projetos (R^2 ajustado = 0,403). Em relação ao modelo da tabela 9, há pouca variação nas estimativas dos coeficientes. Uma comparação direta entre os dois modelos indica que não há diferença significativa entre eles ($F = 2,02$ com 2 e 109 g.l., $p = 0,1372$), de modo que optou-se pelo modelo mais simples (Tabela 9a).

Tabela 9a. Ajuste de um modelo linear para Log_{10} (prevenção de poluição) (Fonte: O autor).

Coeficiente	Estimativa	Erro-padrão	t	P
Intercepto	2,085	0,111	18,740	< 0,0005
Log_{10} (número de projetos)	0,994	0,114	5,463	< 0,0005

De acordo com a Tabela 9a, a seguinte expressão é obtida:

Log_{10} (Quantidade de Poluição Prevenida) = 2,085 + 0,994 Log_{10} (Número de Projetos),
que pode ser reescrita como:

$$\text{Quantidade de Poluição Prevenida} = 10^{2,085} (\text{Número de Projetos})^{0,994}.$$

O gráfico da Figura 18a traz o modelo mais simples da Tabela 9a ajustado aos dados.

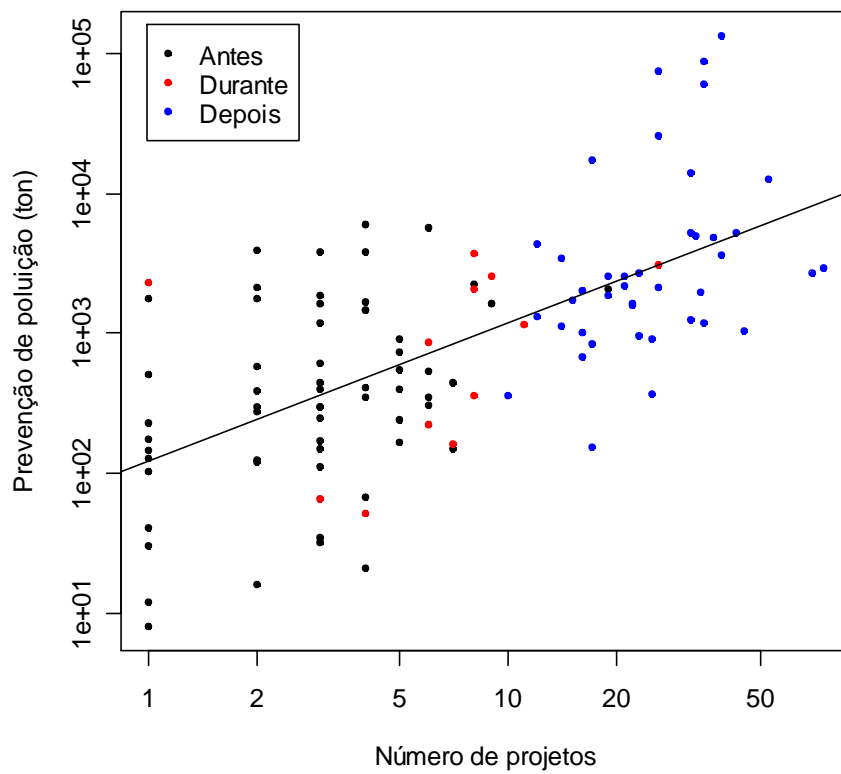


Figura 18a. Prevenção de poluição (em toneladas, escala logarítmica) versus número de projetos submetidos (escala logarítmica) de acordo com a fase de implantação da metodologia Seis Sigma e modelo ajustado (Fonte: O autor).

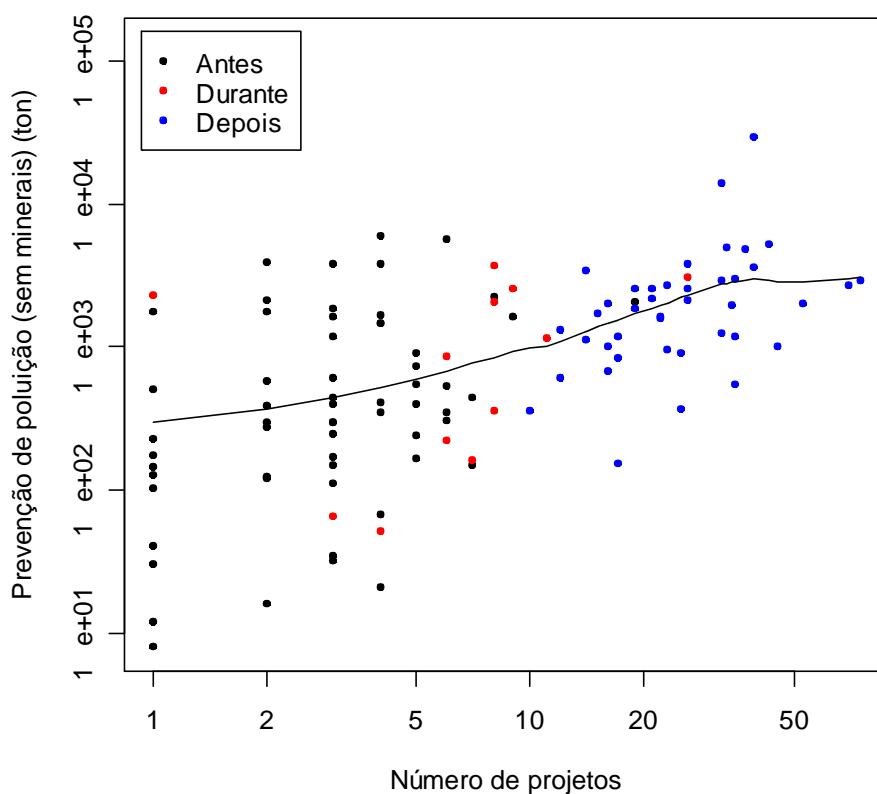


Figura 19. Prevenção de poluição excluindo as fábricas que processam minerais (em toneladas, escala logarítmica) versus número de projetos submetidos (escala logarítmica) de acordo com a fase de implantação da metodologia Seis Sigma (Fonte: O autor).

Considerando-se a prevenção de poluição com exclusão das fábricas que processam minerais (em escala logarítmica), o modelo proposto (**Tabela 10**) é globalmente significativo ($F = 23,4$ com 3 e 109 g.l., $p < 0,0005$, R^2 ajustado = 0,375). O número de projetos é significativo (o sinal positivo pode ser antecipado observando-se a **Figura 19**), bem como o efeito da diferença entre as fases “durante” e “antes” é significativo ($p = 0,028$).

Tabela 10. Ajuste de um modelo linear para Log_{10} (prevenção de poluição sem minerais) (Fonte: O autor).

Coefficiente	Estimativa	Erro-padrão	t	P
Intercepto	2,196	0,108	20,329	< 0,0005
Log_{10} (número de projetos)	0,922	0,169	5,471	< 0,0005
Durante – Antes	-0,381	0,171	2,235	0,028
Depois – Antes	-0,223	0,178	1,261	0,210

Com isso, excluindo-se as fábricas que processam minerais, obtém-se as fórmulas para a relação entre o desempenho do programa de Produção Mais Limpa e o número de projetos submetidos mensalmente ao programa de acordo com a respectiva fase de implementação da metodologia Seis Sigma:

A partir da Tabela 10, as expressões seriam:

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10}(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) &= 2,196 + 0,922 \text{Log}_{10}(\text{Número de Projetos}), && \text{Fase} \\ & && \text{antes,} \\ \text{Log}_{10}(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) &= 2,196 + 0,922 \text{Log}_{10}(\text{Número de Projetos}) - && \text{Fase} \\ & 0,381, && \text{durante,} \\ \text{Log}_{10}(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) &= 2,196 + 0,922 \text{Log}_{10}(\text{Número de Projetos}) - && \text{Fase} \\ & 0,223, && \text{depois.} \end{aligned}$$

Sem dúvida, várias outras variáveis devem afetar a quantidade de poluição prevenida pelo programa de Produção Mais Limpa da empresa analisada, como por exemplo:

- o peso dos tipos de materiais dos produtos que fazem parte do escopo de cada projeto,
- a disponibilidade ou não de investimento em novos equipamentos,
- mudanças na legislação ambiental dos respectivos países, entre outras possíveis variáveis.

No entanto, este estudo já foi o suficiente para comprovar que a variação no número de projetos de Produção Mais Limpa explica 37,5% da variação no desempenho do programa de Produção Mais Limpa (medido em quantidade de poluição prevenida). Fica a cargo de futuros estudos identificar e comprovar as demais variáveis explicativas para o desempenho deste programa de Produção Mais Limpa.

As suposições inerentes aos modelos aqui apresentados (**Tabelas 9, 9a e 10**) foram verificadas, indicando um ajuste satisfatório.

7.4 Dados da Subsidiária Brasileira

Nesta seção, serão analisados os dados mensais de 45 projetos de Produção Mais Limpa que utilizaram a metodologia e a estrutura organizacional Seis Sigma e foram desenvolvidos na subsidiária brasileira da Multinacional Inovadora de 2002 a 2005. Em cada projeto, tem-se um líder, podendo ser 20 mostra o número de profissionais como Faixa Preta e como Faixa-Verde ano a ano que lideraram projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa, sendo que alguns profissionais conduziram mais de um projeto ao longo dos quatro anos analisados.

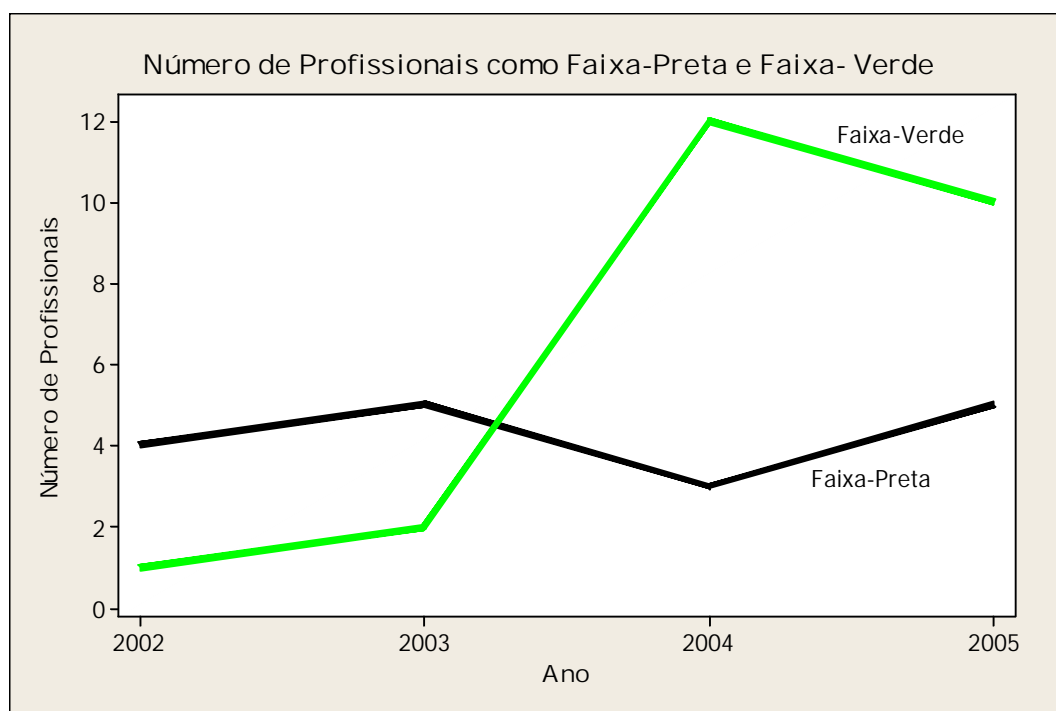


Figura 20. Número de funcionários que lideraram projetos de Produção Mais Limpa anualmente por papel na estrutura organizacional matricial Seis Sigma na subsidiária brasileira (Fonte: O autor).

Na **Tabela 11** apresenta-se a distribuição temporal do número de projetos e o papel do líder. Nos dois últimos anos, o número de projetos é bem maior em relação aos dois primeiros.

Tabela 11. Número de projetos na subsidiária brasileira, de acordo com o papel do líder, de 2002 a 2005

(Fonte: O autor).

Ano	Papel do líder		Total
	Faixa Preta	Faixa Verde	
2002	4	1	5
2003	5	2	7
2004	3	15	18
2005	5	10	15
Total	17	28	45

Nota-se que o número de projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa e liderados pelos gerentes de projetos (Faixa Preta) se manteve relativamente estável de ano para ano, enquanto que o número de projetos liderados por empregados das áreas funcionais (Faixa Verde) aumentou fortemente no terceiro e quarto anos em relação aos dois primeiros anos após a implementação do Seis Sigma. Este fato mostra como os gerentes de projeto foram bem sucedidos na tarefa de instituir uma cultura organizacional para a gestão de projetos Seis Sigma ao capacitarem os empregados dos departamentos funcionais a terem a autonomia de liderar projetos efetivos na redução de custos e na redução de poluição.

Para reforçar esta argumentação, na **Figura 21** mostra-se a quantidade anual total de toneladas de poluição prevenida, comparando-se os diferentes papéis de líderes de projetos: os Faixas Pretas e os Faixas Verdes. De 2002 a 2005, a quantidade anual de poluição prevenida aumentou para projetos liderados por Faixas Verdes. Mas, curiosamente, a quantidade de poluição prevenida em projetos liderados por Faixas Pretas apresenta uma tendência de diminuição durante o mesmo período.

Portanto, os Faixa Preta conseguiram capacitar os Faixa Verde não só a gerar um crescente número de projetos, mas também a obterem resultados agregados crescentes na quantidade de poluição prevenida, ao capacitarem um número crescente de Faixa-Verde como indicado na **Figura 20**.

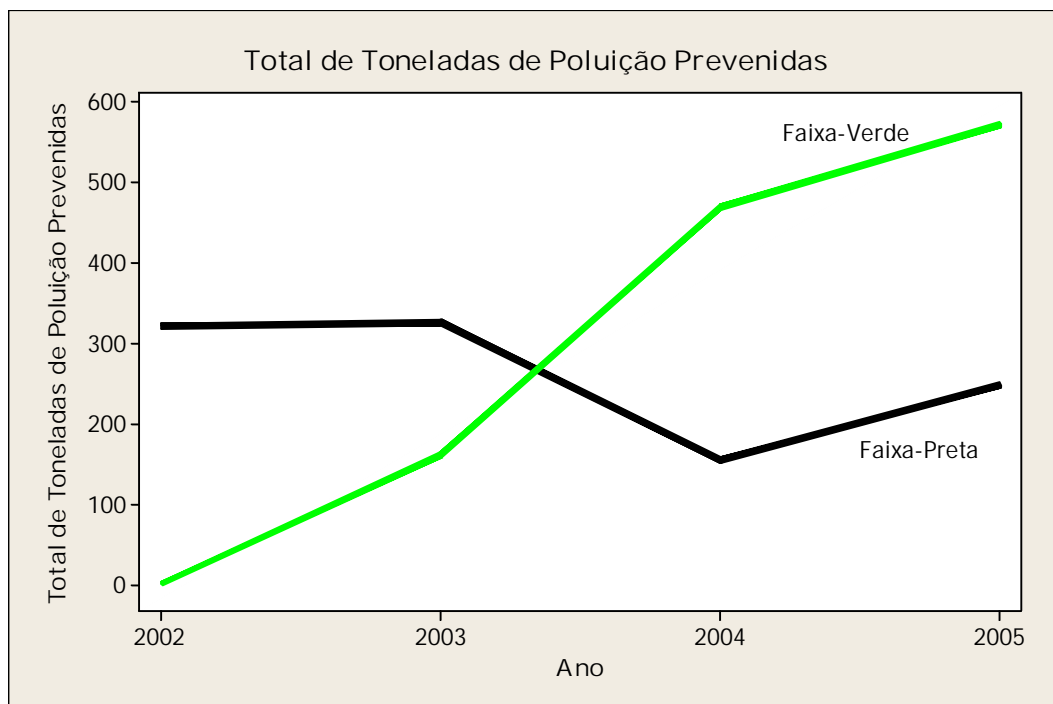


Figura 21: Total de toneladas de poluição prevenida pelo papel do líder de projeto na subsidiária brasileira (Fonte: O autor).

Na **Tabela 12** encontra-se uma síntese do desempenho ambiental dado pela quantidade de poluição prevenida. Em termos relativos (coeficiente de variação), a variabilidade nos dados da filial brasileira é menor em relação aos dados globais (**Tabelas 7 e 8**).

Tabela 12. Estatísticas descritivas da prevenção de poluição na subsidiária brasileira (em toneladas, exceto coeficiente de variação) (Fonte: O autor).

Mínimo	1
1º quartil	9
Mediana	39
Média	51,7
3º quartil	84
Máximo	158
Desvio padrão	46,3
Coeficiente de variação	0,89

As **Figuras 22 e 23** e a **Tabela 13** permitem avaliar o papel do líder sobre os resultados na prevenção de poluição. Embora as estatísticas mínimo, 1º quartil, mediana, média e 3º quartil (**Tabela 13**) sejam maiores nos projetos com liderança de Faixa Preta, a diferença na prevenção de poluição entre os dois papéis de líder revela-se limítrofe de acordo com o teste de Mann-Whitney ($W = 320$, $p = 0,0563$).

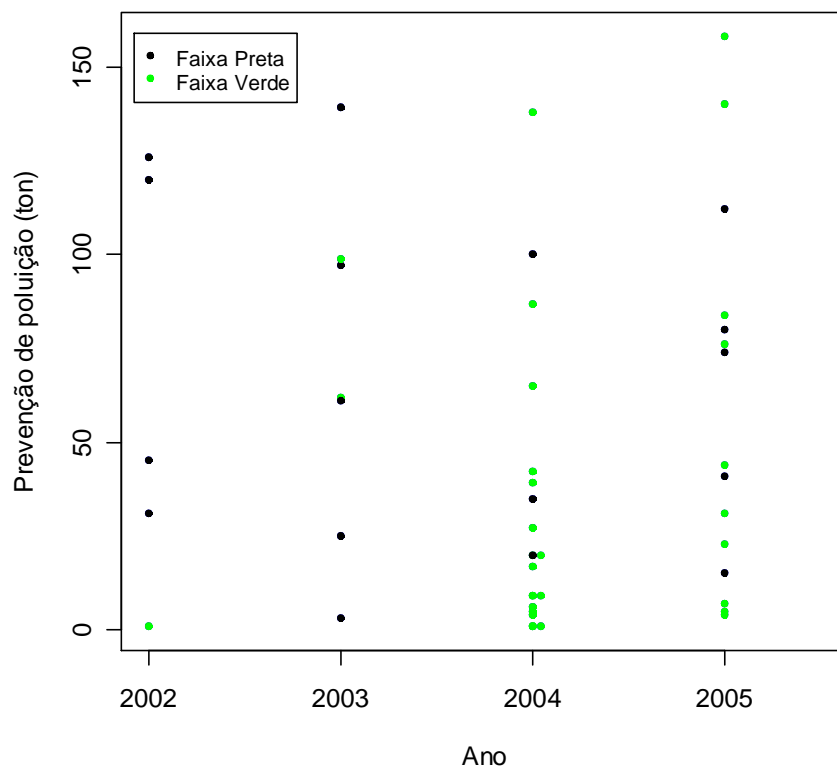


Figura 22. Prevenção de poluição (em toneladas) segundo o papel do líder do projeto, 2002 a 2005.

(Fonte: O autor).

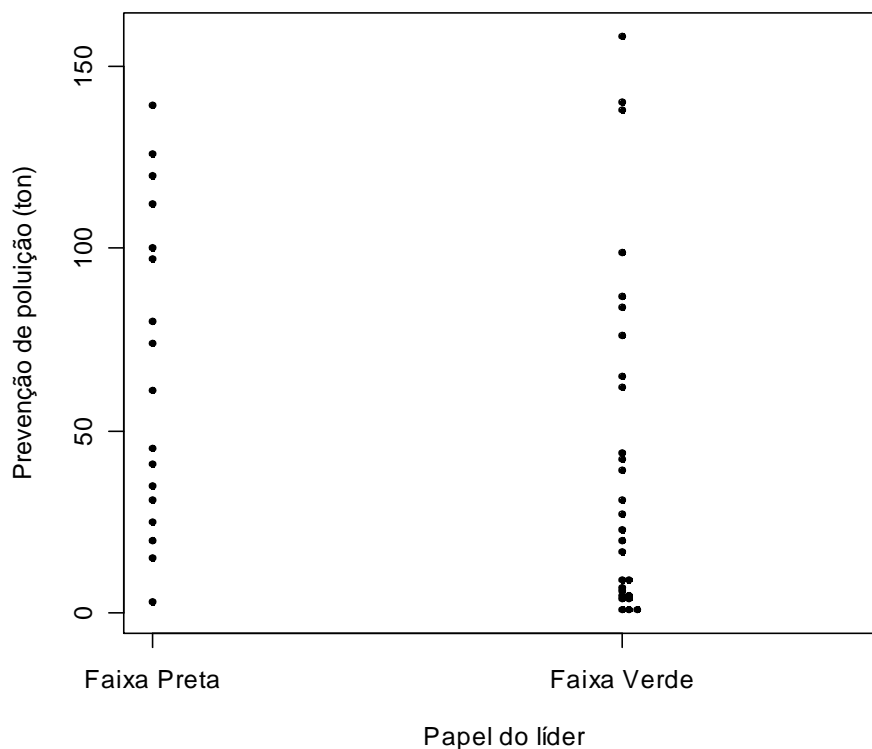


Figura 23. Prevenção de poluição (em toneladas) segundo o papel do líder do projeto. (Fonte: O autor).

Tabela 13. Estatísticas descritivas da prevenção de poluição na filial brasileira (em toneladas, exceto coeficiente de variação) (Fonte: O autor).

Estatística	Papel do líder	
	Faixa Preta (n = 17)	Faixa Verde (n = 28)
Mínimo	3	1
1 ^o quartil	31	5,8
Mediana	61	25
Média	66,1	43
3 ^o quartil	100	67,8
Máximo	139	158
Desvio padrão	43,3	46,6
Coeficiente de variação	0,65	1,08

Deste modo, em média os Faixa Preta reduziram uma quantidade mensal de poluição 54% e uma mediana 144% maior do que os Faixa Verde reduziram ao longo dos quatro anos observados como um todo. Este fato é reforçado pela análise da média da quantidade de poluição prevenida por projeto anualmente, conforme a **Figura 24**. A

figura indica que, apesar dos Faixa Preta terem capacitado os Faixa Verde a obterem uma maior quantidade total de poluição prevenida anualmente, os Faixa Preta ainda mantiveram a liderança em projetos específicos de elevado desempenho na redução de poluição em três dos quatro anos analisados.

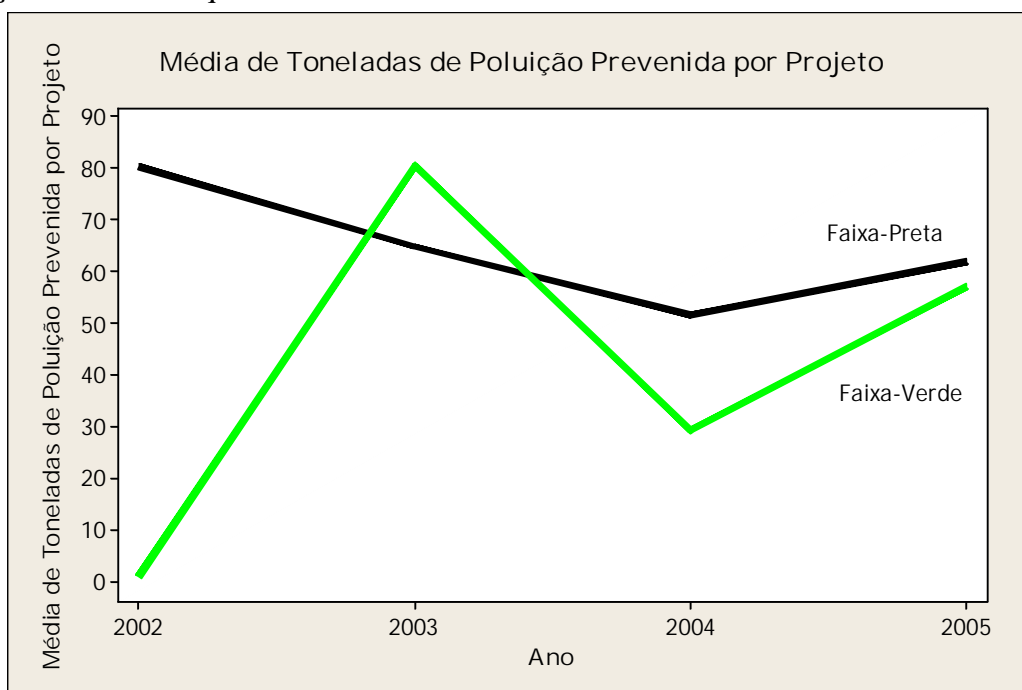


Figura 24: Média de toneladas de poluição prevenida pelo papel do líder de projeto na subsidiária brasileira (Fonte: O autor).

Por último, os valores de prevenção de poluição agregados mensalmente são analisados. Na **Figura 25** indica-se o crescimento da prevenção de poluição com o aumento do número mensal de projetos Seis Sigma. Na **Tabela 14** são apresentados os resultados do ajuste de um modelo linear aos dados da **Figura 25**. A estimativa do efeito do número de projetos (= 45,44) é significativa ($p = 0,0009$, R^2 ajustado = 0,475). Na **Tabela 15**, o modelo ajustado leva em conta o papel do líder do projeto ($F = 9,80$ com 2 e 15 g.l., $p = 0,0019$, R^2 ajustado = 0,509). Os projetos com líder Faixa Preta têm um efeito maior sobre a prevenção de poluição.

Portanto, para a subsidiária brasileira a variável “número de projetos de Produção Mais Limpa” reconhecidos por mês tem um poder explicativo de 47,5% para o desempenho do programa de Produção Mais Limpa (em quantidade de poluição prevenida). Deste modo, para a subsidiária brasileira esta variável independente tem um poder explicativo dez pontos percentuais superior do que o poder explicativo desta mesma variável para o modelo linear com base nos dados totais da empresa globalmente. Esta diferença deve se explicar, ao menos parcialmente, pelo fato de que,

apesar da variedade de produtos da subsidiária brasileira já ser muito grande, obviamente a variedade de produtos de todas as manufaturas globalmente é muito maior.

Já no modelo ajustado levando em conta o papel do líder do projeto, este poder explicativo com base nos dados da subsidiária brasileira aumenta em 3,4 pontos percentuais, ou seja, de 47,5% para 50,9%.

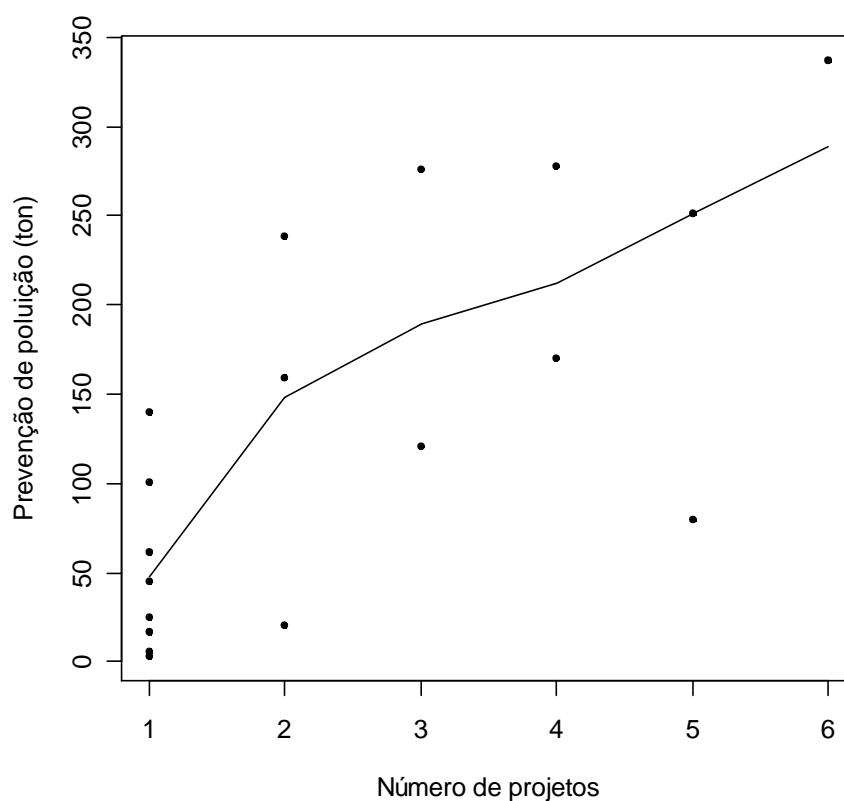


Figura 25. Prevenção mensal de poluição (em toneladas) versus número mensal de projetos (Fonte: O autor).

Tabela 14. Ajuste de um modelo linear para prevenção mensal de poluição (considerando o número de projetos) (Fonte: O autor).

Coefficiente	Estimativa	Erro-padrão	t	P
Intercepto	18,26	33,05	0,522	0,5883
Número de projetos	45,44	11,23	4,048	0,0009

Assim, nas operações brasileiras da empresa analisada o desempenho mensal do programa de Produção Mais Limpa é dado pela fórmula:

$$(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) = 18,26 + 45,44 (\text{Número de Projetos})$$

A fórmula acima indica que para uma variação de uma unidade no número de projetos reconhecidos pelo Programa de Produção Mais Limpa mensalmente, a quantidade de poluição prevenida varia em média 45,44 toneladas.

Tabela 15. Ajuste de um modelo linear para prevenção mensal de poluição (considerando o número de projetos e o papel do líder) (Fonte: O autor).

Coeficiente	Estimativa	Erro-padrão	t	P
Intercepto	-4.812	35,72	0,135	0,8946
Número de projetos com líder Faixa Preta	77,74	24,81	3,134	0,0068
Número de projetos com líder Faixa Verde	41,82	11,15	3,752	0,0019

Com isso, o modelo que inclui o papel do líder do projeto apresenta a seguinte fórmula:

$$(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) = -4,812 + 77,44 (\text{Número de projetos com líder Faixa Preta}) + 41,82 (\text{Número de projetos com líder Faixa Verde})$$

Conforme indicado pela fórmula do modelo que inclui o papel do líder do projeto, para uma variação de uma unidade no número de projetos liderados por Faixa Preta e reconhecidos pelo Programa de Produção Mais Limpa mensalmente, a quantidade de poluição prevenida varia em média 77,44 toneladas (mantendo fixo o número de projetos com líder Faixa Verde).

Por outro lado, para uma variação de uma unidade no número de projetos liderados por Faixa Verde e reconhecidos pelo Programa de Produção Mais Limpa

mensalmente, a quantidade de poluição prevenida varia em média 41,82 toneladas (mantendo fixo o número de projetos com líder Faixa Preta).

7.5 Considerações Finais

As análises estatísticas dos dados confirmam a primeira hipótese.

De fato, os modelos lineares apresentados nas **Figuras 19 e 25** demonstram que a implementação da estrutura organizacional matricial para projetos Seis Sigma efetivamente contribuiu para melhorar o desempenho na difusão da Produção Mais Limpa pela empresa analisada. Essa conclusão é válida, tanto para os projetos realizados pelo conjunto de todas as fábricas que participaram do programa de Produção Mais Limpa mundialmente, como para os projetos realizados apenas pelas fábricas da subsidiária brasileira.

Em suma, após o Seis Sigma, as toneladas de prevenção de poluição mensalmente no programa de Produção Mais Limpa (desconsiderando-se as fábricas que processam minerais) aumentaram em média 2,7 vezes e o número de projetos aumentou em média 6,7 vezes.

A segunda hipótese da pesquisa também foi confirmada.

O desempenho ambiental dos projetos de Produção Mais Limpa foi maior em projetos liderados por Faixas Pretas, do que em projetos liderados por Faixas Verdes.

Isso se confirma pelos resultados do modelo linear para os projetos realizados na subsidiária brasileira que leva em conta o papel do líder do projeto, no qual a variação em uma unidade do número de projetos liderados por Faixa Preta, explica uma variação na quantidade de poluição prevenida 85% maior (ou seja, uma variação de 35,62 toneladas a mais) do que a variação de uma unidade no número de projetos liderados por Faixa Verde (mantendo fixo o número de projetos com líder Faixa Verde).

Além disso, de 2002 a 2005, a média de toneladas prevenidas é 1,5 vez maior e a mediana é 2,4 vezes maior nos projetos liderados por Faixa Preta do que nos projetos liderados por Faixa Verde.

Mais uma confirmação advém da constatação que, durante os dois anos iniciais da implementação do Seis Sigma, o total de toneladas de poluição prevenida pelos Faixa Preta foi quatro vezes maior do que o total prevenido pelos Faixa Verde. Já nos dois anos seguintes, a situação inverteu-se e os Faixa Verde preveniram poluição duas vezes mais do que os Faixa Preta de 2004 a 2005. Isso evidencia que, após dois anos que os Faixa Preta lideraram a mudança na cultura organizacional para a gestão de projetos, suas habilidades gerenciais humanas (KATZ, 1955) demonstraram também ter contribuído para capacitar os Faixa Verde a conduzirem autonomamente projetos de Produção Mais Limpa de elevado desempenho.

Portanto, as habilidades gerenciais humanas e as habilidades gerenciais conceituais (KATZ, 1955) dos Faixa Preta deram uma maior contribuição para elevar o desempenho do programa de Produção Mais Limpa da empresa analisada, do que as habilidades gerenciais técnicas (KATZ, 1955) dos Faixa Verde.

8.

ORGANIZAÇÃO PARA A DIFUSÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

8.1 Introdução

As análises quantitativas comprovaram que a metodologia e estrutura matricial do Seis Sigma contribuíram para aumentar o número de projetos de Produção Mais Limpa. Além disso, comprovou-se que, quanto maior o número de projetos de Produção Mais Limpa, tanto maior será o desempenho ambiental, em termos de quantidade de toneladas de poluição prevenida. Portanto, as análises quantitativas prestaram-se para se dimensionar precisamente o grau de importância da implementação da estrutura matricial do Seis Sigma para o desempenho ambiental do Programa de Produção Mais Limpa da empresa estudada. A modelagem qualitativa, a seguir, busca explicar os motivos do que foi comprovado ao descrever como a estrutura matricial para projetos se articulou com redes internas para gerar os conhecimentos tácitos necessários à prevenção de poluição.

Para isso, serão utilizados os construtos das teorias de redes internas e organização em rede aplicados aos estudos de caso do Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora. A explicação teórica será apresentada no formato de uma modelagem elaborada de acordo com a metodologia EKD (*Enterprise Knowledge Development*) subdividida nos seguintes modelos: o Modelo de Objetivos, o Modelo de Regras de Negócio, o Modelo de Processos de Negócio e o Modelo de Atores e Recursos (BUBENKO, PERSSON e STIRNA, 2001).

Por fim, a modelagem será concluída com uma síntese dos diversos modelos em EKD ajustada ao conceito de redes organizacionais proposto por Eccles e Nolan (1993).

8.2 Modelo de Objetivos

O Modelo de Objetivos apresenta a interdependência entre os objetivos do Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora, contextualizados em relação às oportunidades que os apóiam e os pontos fracos que os impedem.

O objetivo principal do programa é o de melhorar a eco-eficiência da empresa, o que implica a obtenção simultânea de ganhos econômicos e da melhoria da sustentabilidade ambiental da empresa. Por sua vez, o objetivo de sustentabilidade ambiental pode ser atingido de três modos alternativos: pela redução de poluentes, pela utilização mais eficiente de energia ou pela redução de gases causadores do efeito estufa.

Antes de 2001 (**Figura 26**), o objetivo de melhorar a eco-eficiência foi favorecido por quatro oportunidades:

- a) a cultura inovadora da empresa favoreceu que as equipes de manufatura e de laboratório acatassem o desafio de buscar melhorias nos processos e nos produtos a fim de torná-los mais adequados ao meio ambiente natural;
- b) o fato de o fundador do programa ser um funcionário com doutorado em Engenharia Sanitária e de ter sido o fundador de uma associação de Engenharia Sanitária na China qualificou-o com a reputação necessária para que a alta administração da Multinacional Inovadora aceitasse a idéia de instituir um programa de Produção Mais Limpa numa época em que tanto as empresas como os governos ainda enfatizavam o controle da poluição;
- c) nos E.U.A., onde o programa foi iniciado, o grande mercado justificava plantas fabris dedicadas a poucos produtos. Isso diminui a complexidade de manufatura, o que viabiliza a fácil coleta de dados para se demonstrar a redução de poluição quantitativamente;
- d) por fim, o Programa de Produção Mais Limpa em caráter voluntário, no qual as equipes de manufatura e de laboratório espontaneamente decidiam aderir ao programa, só gerou resultados porque os funcionários se satisfaziam com o reconhecimento público da alta gerência durante os eventos de celebração para os projetos reconhecidos pelo programa.

Antes de 2001 (**Figura 26**), porém, a subsidiária brasileira confrontava-se com os seguintes pontos fracos:

- a) a integração entre as diferentes áreas funcionais não era suficientemente forte a fim de se realizarem projetos para oportunidades de redução de poluição que estavam numa área de responsabilidade que envolvia mais de um departamento funcional da empresa;

- b) a menor dimensão da demanda do mercado brasileiro obriga as fábricas a produzirem uma maior variedade de produtos para justificar os investimentos em equipamentos. Com isso, aumenta-se a complexidade da manufatura e dificulta-se o trabalho de coleta de dados de resíduos, uso de energia ou emissão de gases. Foi isso que dificultou que, antes de 2001, a subsidiária brasileira concluísse projetos de Produção Mais Limpa reconhecidos corporativamente;
- c) além disso, mundialmente se observou um ponto fraco adicional, pois apenas as áreas de manufatura e laboratório motivavam-se a participar do programa de Produção Mais Limpa.

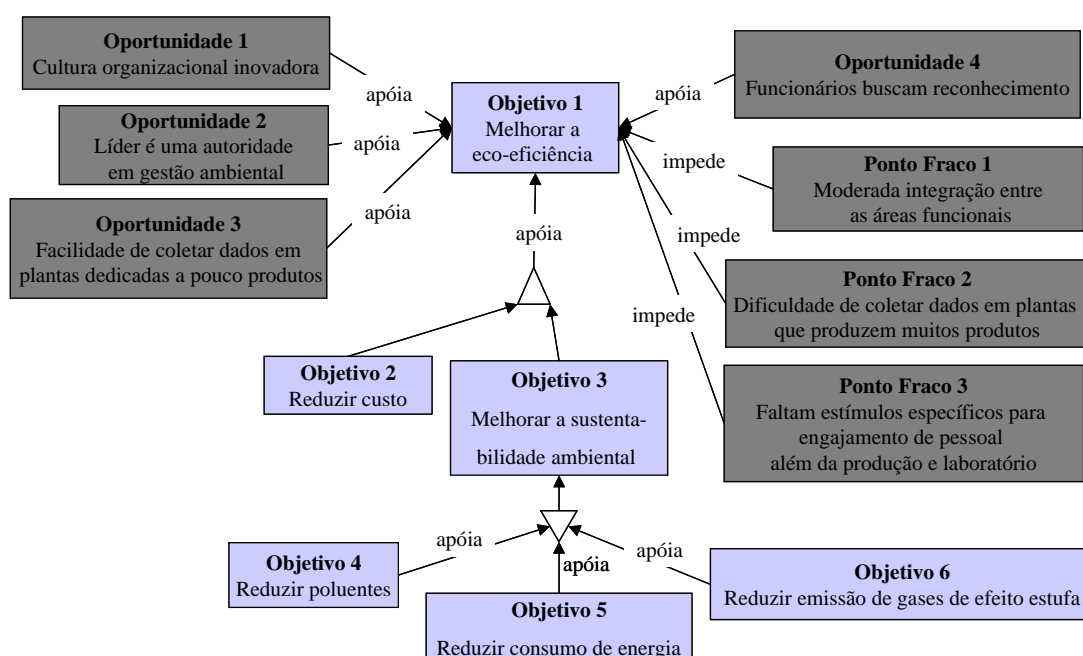


Figura 26: Modelo EKD de Objetivos do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora de 1975 a 2001 (Fonte: O autor).

Depois de 2001, os objetivos do Programa de Produção Mais Limpa foram favorecidos pelo efeito sinérgico da iniciativa corporativa para se instituir uma cultura organizacional para projetos, por meio de uma estrutura organizacional matricial e de uma metodologia de gestão de projetos com sistemática coleta e validação de dados (**Figura 27**).

Com isso, os gerentes de projeto tiveram maior autonomia para obter redução de poluição em oportunidades intocadas por se encontrarem na interface entre diferentes áreas funcionais, não sendo parte da responsabilidade explícita de nenhuma instância de gestão na empresa. Além disso, a metodologia de gestão de projetos utilizada define

uma abordagem sistemática para a coleta e validação da confiabilidade dos dados, o que cumpre a exigência do programa corporativo de Produção Mais Limpa de se demonstrar quantitativamente os resultados da redução de poluição.

Outra mudança no contexto do programa de Produção Mais Limpa está em que, além das adesões voluntárias, foram definidas metas de reduções de poluição para cada manufatura, para se criar um fator motivacional adicional para que as equipes realizem projetos de Produção Mais Limpa.

Por fim, o programa de Produção Mais Limpa criou categorias adicionais para reconhecimento especial de projetos de Produção Mais Limpa realizados por outras áreas funcionais, além da manufatura e do laboratório, como o departamento de logística e o de embalagens. Para estimular a inovação e favorecer uma abordagem mais ampla de sustentabilidade ambiental, também foram criadas categorias de reconhecimento, respectivamente, para significativas inovações tecnológicas, para a redução da toxicidade dos produtos e para a utilização da metodologia de “Gestão do Ciclo de Vida”, a qual avalia o impacto ambiental de um produto desde as suas matérias-primas até o seu descarte.

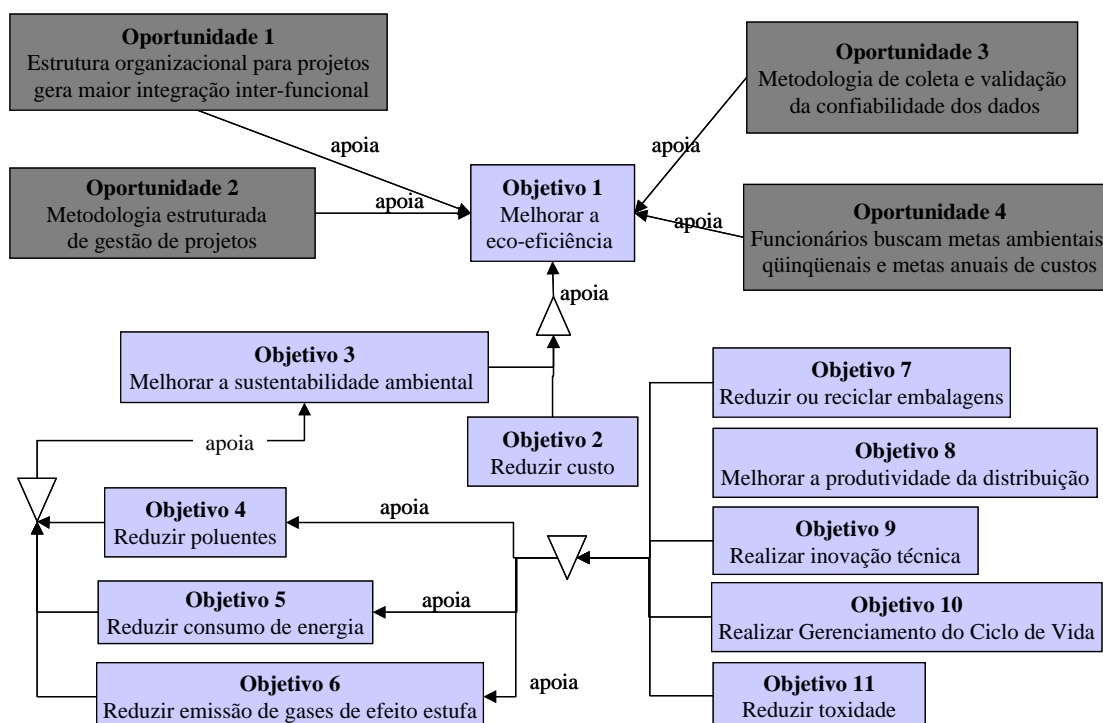


Figura 27: Modelo EKD de Objetivos do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora depois de 2002 (Fonte: O autor).

8.3 Modelo de Regras de Negócio

O objetivo de eco-eficiência do Programa de Produção Mais Limpa é favorecido por um conjunto de regras de negócio (**Figura 28**).

O objetivo de melhorar a eco-eficiência é diretamente apoiado por duas regras: a primeira define que os funcionários da empresa, sobretudo da área de manufatura, são avaliados de acordo com o cumprimento de metas anuais de redução de custo e de metas quinquenais de redução de poluição. A segunda regra estipula que o reconhecimento oficial pelo programa corporativo de Produção Mais Limpa ocorre para o projeto que atingir os limites mínimos de ganho financeiro e de redução de poluição.

Foram observadas regras indiretas ao programa, que, no entanto, aumentaram a capacidade organizacional para, de fato, se desenvolverem projetos de Produção Mais Limpa. Trata-se das regras utilizadas para se instituir a estrutura matricial para a metodologia Seis Sigma de gestão de projetos:

- a) definição de que a melhoria do desempenho nos processos de negócio deve ser realizada por meio de uma estrutura organizacional matricial por projetos;
- b) a introdução e difusão da metodologia Seis Sigma para a gestão de projetos não deve, porém, ser realizada apenas por consultores externos, mas deve ser liderada por gerentes de projetos e por treinadores internos na empresa formados para tal;
- c) além disso, a utilização da metodologia de gestão de projetos é cobrada, por meio da avaliação de cada funcionário quanto ao seu desempenho em liderar projetos utilizando-se do Seis Sigma;
- d) a difusão de projetos de Produção Mais Limpa é favorecida pela replicação de projetos já realizados na empresa de uma área para outra. Para isso, o diretor de projetos cria mecanismos para reconhecer o esforço dos líderes de projetos para replicar projetos.

Por fim, a confiabilidade do objetivo de se melhorar a sustentabilidade ambiental da empresa é apoiada pela regra que define que os projetos de Produção Mais Limpa reconhecidos pelo programa devem comprovar a redução de poluição com dados quantitativos. A isto se alinha a regra de projetos Seis Sigma que define a obrigatoriedade de só se utilizarem dados com confiabilidade validada.

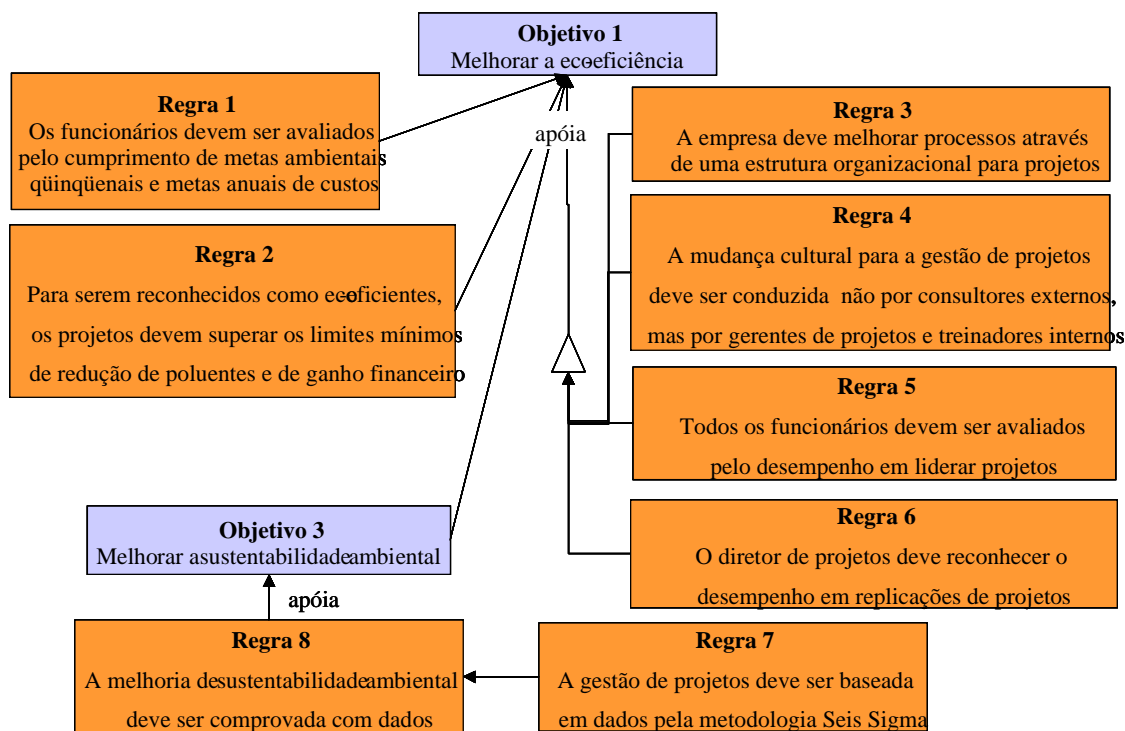


Figura 28: Modelo EKD de Regras de Negócio do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

Modelo de Processos de Negócio

Os objetivos de eco-eficiência da Multinacional Inovadora são realizados por meio do processo de negócio para a condução do Programa de Produção Mais Limpa (**Figura 29**), que obtém redução de poluentes e redução de custos ao transformar as idéias de novos projetos de prevenção de poluição por meio das atividades de formação de equipes de projeto voluntárias e auto-selecionadas, medição da quantidade de poluição para o escopo do respectivo projeto antes das melhorias propostas pela equipe de projeto, implementação das abordagens que se aplicam a cada projeto específico para reduzir a poluição (dentre opções como, por exemplo, mudança de matéria-prima, redução de perdas, melhoria em manutenção, mudança no processo de fabricação, utilização de nova tecnologia, reciclagem de materiais, melhor controle de emissões e efluentes, entre outras), quantificação da redução de poluição obtida pelo projeto, submissão do projeto para ser avaliado pelo comitê corporativo responsável pelo Programa de Produção Mais Limpa, cadastramento dos projetos aprovados no banco de dados corporativo do Programa de Produção Mais Limpa e reconhecimento às equipes de projeto bem sucedidas pelos presidentes das respectivas subsidiárias em evento comemorativo.

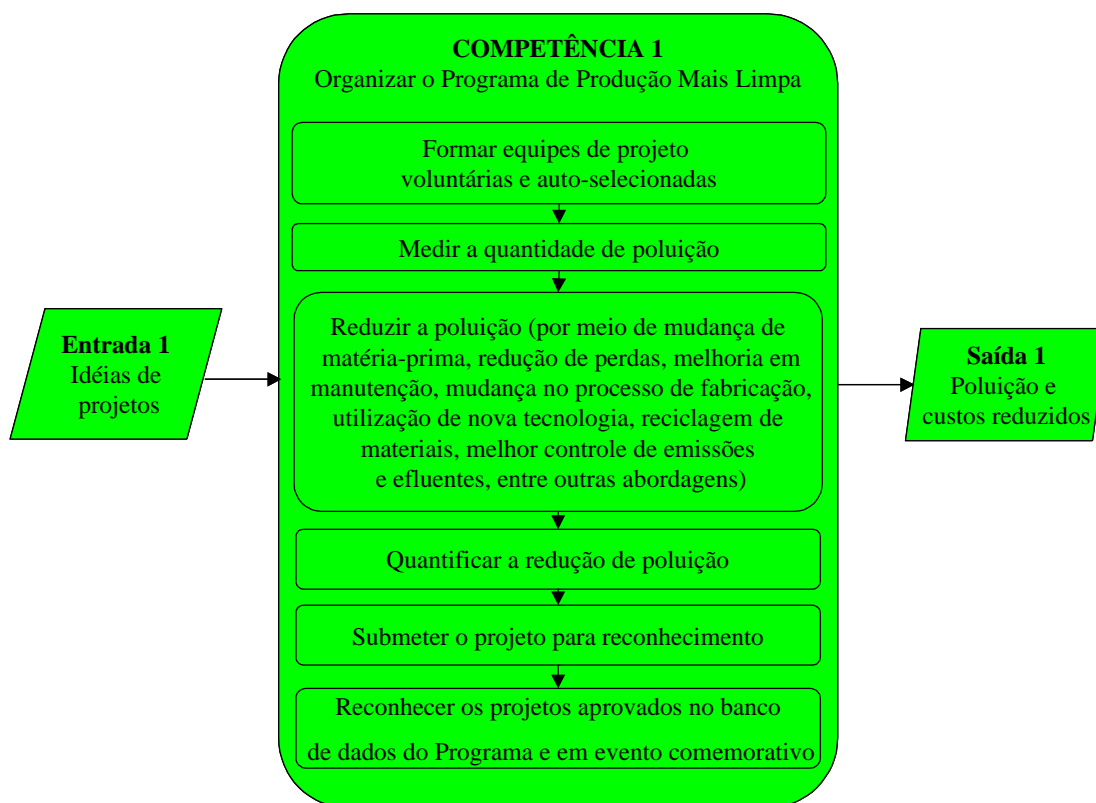


Figura 29: Modelo EKD de Processos de Negócio do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora sem o Seis Sigma (Fonte: O autor).

A partir de 2001, o programa de Produção Mais Limpa obteve maior difusão, graças à maior capacitação dos funcionários para a gestão de projetos. Portanto um processo de negócio focado na gestão de projetos catalisou o processo de negócio primário de gestão do Programa de Produção Mais Limpa propriamente dito.

Com isso um processo para se instituir uma cultura organizacional para projetos disponibilizou uma estrutura organizacional e uma metodologia de gestão de projetos, por meio das atividades de criação uma estrutura organizacional matricial para projetos com a alocação de indivíduos aos papéis de diretor de projetos, gerentes de projeto e treinadores, treinamento dos funcionários da empresa para utilizarem a metodologia Seis Sigma, definição e alocação de metas para a redução de custo, alocação de líderes e equipes aos respectivos projetos, avaliação do desempenho dos funcionários durante a participação em projetos e promoções atrativas aos gerentes de projetos bem sucedidos (**Figura 30**).

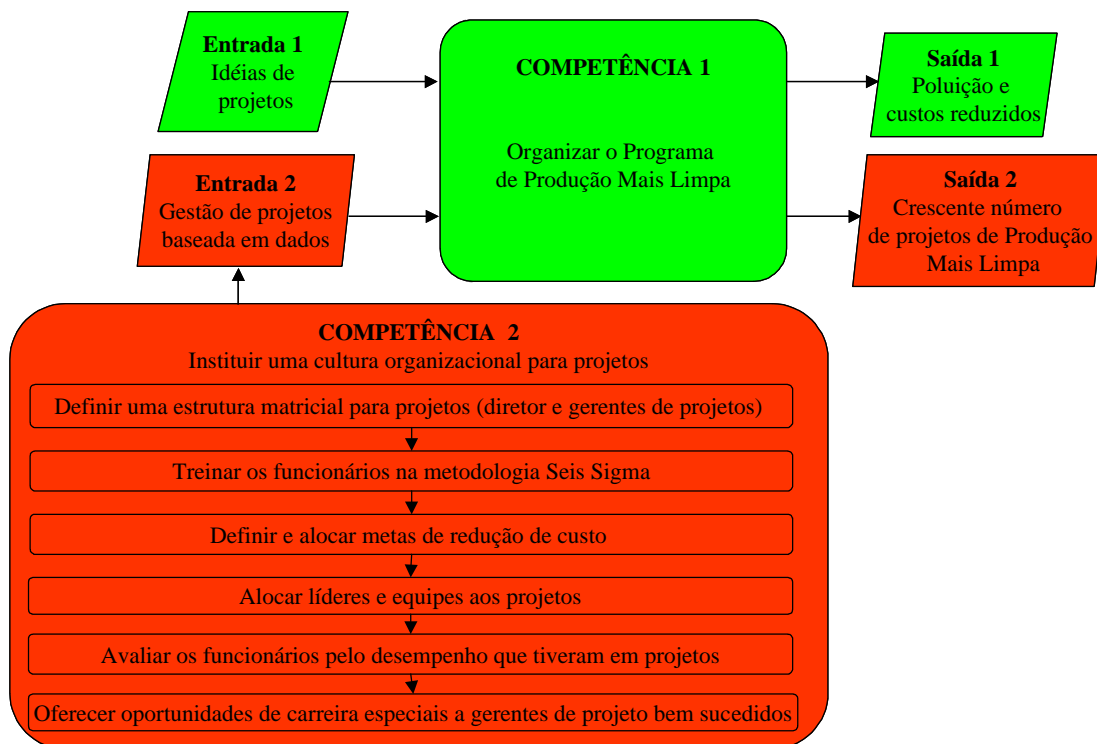


Figura 30: Modelo EKD de Processos de Negócio do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora com o Seis Sigma (Fonte: O autor).

8.5 Modelo de Atores e Recursos

Os processos de negócio que geram os resultados ambientais e econômicos do programa de Produção Mais Limpa são conduzidos pelos atores da estrutura matricial para projetos que utilizam os recursos, conforme o Modelo de Atores e Recursos (**Figura 31**), no qual os atores são categorizados em:

- a) papéis para pessoas físicas;
- b) unidades organizacionais para os grupos de pessoas ou departamentos internos à empresa;
- c) organizações externas.

Na década de 1970, o papel determinante foi exercido pelo criador do programa de Produção Mais Limpa, o qual obteve o seu conhecimento em gestão ambiental no Doutorado em Engenharia Sanitária, numa universidade próxima à sede da Multinacional Inovadora.

O criador do programa de Produção Mais Limpa instituiu uma nova unidade organizacional na Multinacional Inovadora para integrar representantes dos departamentos mais envolvidos com questões ambientais. Trata-se do comitê

corporativo responsável pelo programa de Produção Mais Limpa que define os critérios de reconhecimento e avalia os projetos que se candidatam ao programa.

Os projetos reconhecidos pelo comitê corporativo são inscritos num evento de reconhecimento, organizado pelo Departamento de Meio Ambiente de cada subsidiária, no qual o presidente da subsidiária entrega troféus de reconhecimento aos integrantes dos projetos reconhecidos no Programa de Produção Mais Limpa.

No entanto, a maioria dos projetos de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora é dirigida por um líder de projetos de acordo com a metodologia Seis Sigma. Esse líder de projetos foi capacitado pelo treinador interno de Seis Sigma e é assessorado e liderado por um gerente de projeto. Por sua vez, o líder de projetos lidera os membros de equipe, que são funcionários especialistas nas atividades operacionais e no conhecimento tácito sobre o processo produtivo. O líder de projetos utiliza o conhecimento tácito dos membros de equipe, de acordo com a estrutura de análise da metodologia Seis Sigma, tanto para diagnosticar as causas da poluição e desperdícios, quanto para definir soluções e novos procedimentos comprovados e estáveis.

Eventualmente, os líderes de projeto tomam a iniciativa de iniciar um projeto de Produção Mais Limpa com base nos conhecimentos adquiridos num curso de extensão em Gestão Ambiental na universidade próxima à subsidiária brasileira. Essa estrutura de relacionamento inter-organizacional foi determinante para um dos projetos que conseguiu reduzir resíduos tóxicos.

O gerente de projeto motiva-se a liderar e a assessorar vários líderes de projeto, pois a sua carreira depende de como o diretor de projetos avalia o seu desempenho durante os poucos anos de duração desse cargo de gerente de projeto.

Os primeiros gerentes de projetos, diretores de projetos e treinadores internos de Seis Sigma receberam os conhecimentos formais sobre a metodologia Seis Sigma, por meio de uma consultoria externa de Seis Sigma. Uma vez acumulada experiência interna no uso da metodologia e formados bons treinadores internos na corporação, os próprios especialistas internos se responsabilizaram em continuar a difusão e manutenção do conhecimento da metodologia Seis Sigma na empresa.

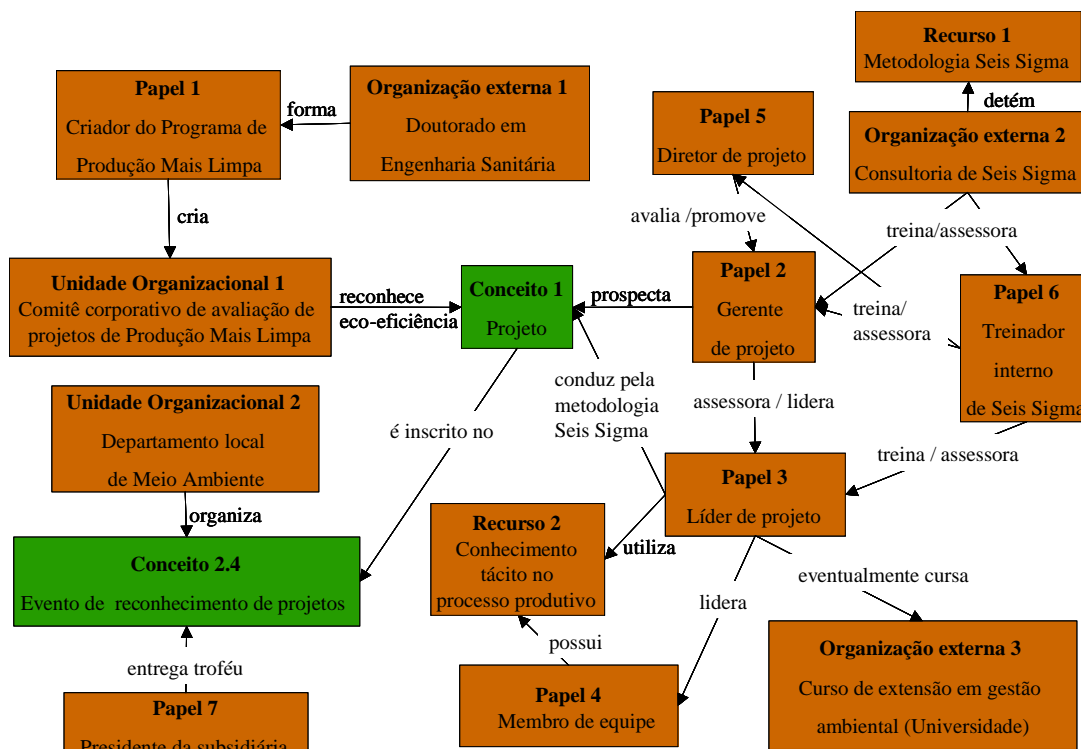


Figura 31: Modelo EKD de Atores e Recursos da Estrutura Matricial e o Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

No entanto, é necessário explicar a origem dos conhecimentos utilizados nos projetos para diminuir a poluição. Conforme ilustra a **Figura 32** dos Atores e Recursos não da estrutura matricial para projetos, mas das redes internas que geram e captam os conhecimentos utilizados pela estrutura matricial.

Os líderes de projeto e os especialistas que participam dos projetos como membros de equipe utilizam os conhecimentos que obtiveram de outros especialistas na subsidiária brasileira ou de especialistas corporativos da empresa globalmente, além de obter informações e conhecimentos compartilhados dentro dos diversos departamentos funcionais, divisões de negócio ou, até mesmo, de outras subsidiárias da empresa fora do Brasil.

Os meios para que, nos projetos específicos, os usuários do conhecimento o obtenham das diversas fontes de conhecimento na organização são os relacionamentos pessoais que ocorrem nas redes internas. Na empresa analisada, tais relacionamentos pessoais se iniciam ou se consolidam com o apoio de diversas modalidades de meios para a transmissão de conhecimento.

Os diretores e os gerentes de Seis Sigma organizam congressos internacionais de Seis Sigma e também sistematizam o aprendizado coletivo em intranets temáticas para

diferentes tipos de oportunidades para projetos. Além disso, os responsáveis pelo Seis Sigma organizam exposições presenciais de projetos de elevado potencial de replicação e visitas direcionadas (*tours*) aos locais onde foram implementados projetos de grande desempenho.

Os treinadores de Seis Sigma conduzem treinamentos a turmas compostas por um grande número de especialistas de diversas áreas de conhecimento, além de organizarem visitas direcionadas como meio didático para demonstrar como os conteúdos do treinamento são utilizados na prática.

As áreas técnicas também organizam fóruns técnicos, nos quais diversos especialistas se atualizam com novos conhecimentos teóricos e práticos.

Por fim, freqüentemente, as idéias utilizadas em projetos eficazes originam-se de contatos informais nas áreas de café, no refeitório, no clube da empresa, entre outros.

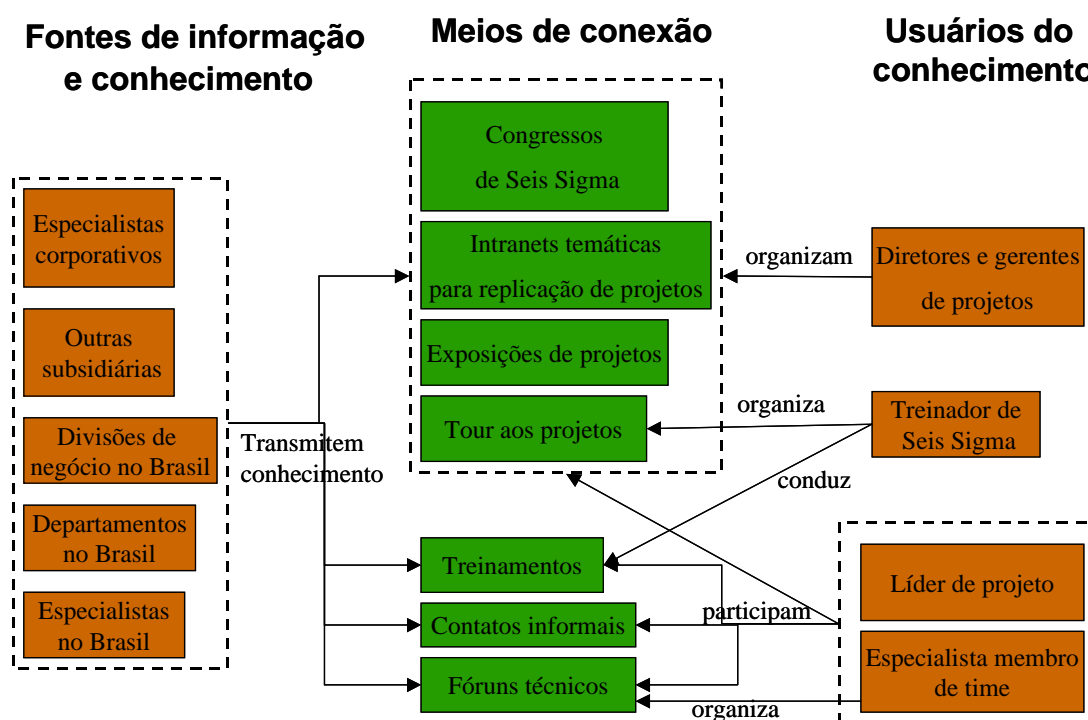


Figura 32: Modelo EKD de Atores e Recursos das Redes Internas de Conhecimento e o Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

8.6 Síntese do Modelo EKD do Programa de Produção Mais Limpa na Multinacional Inovadora

Com base nos Modelos de Objetivos, Regras de Negócio, Processos de Negócio e o Modelo de Atores e Recursos, é possível se fazer uma síntese dos principais

elementos que determinam o desempenho do Programa de Produção Mais Limpa (**Figura 33**).

O Programa da Multinacional Inovadora difunde a Produção Mais Limpa ao transformar idéias de projetos em poluentes e custos reduzidos. Esse processo ocorre de acordo com as avaliações do comitê corporativo responsável por reconhecer os projetos que atendem aos critérios do Programa de Produção Mais Limpa. Por sua vez, esses projetos são executados pelos líderes de projeto, de acordo com a metodologia Seis Sigma, que orienta uma estruturação lógica dos conhecimentos tácitos dos membros de equipe, para diagnosticar as causas de poluição e para solucionar na fonte os problemas que geram a poluição. No entanto os líderes de projeto são, por sua vez, assessorados e liderados por agentes de mudança internos que consolidam a competência na execução de projetos na organização. Além disso, os conhecimentos tácitos dos membros de equipe são gerados e captados pelos relacionamentos pessoais nas redes internas.

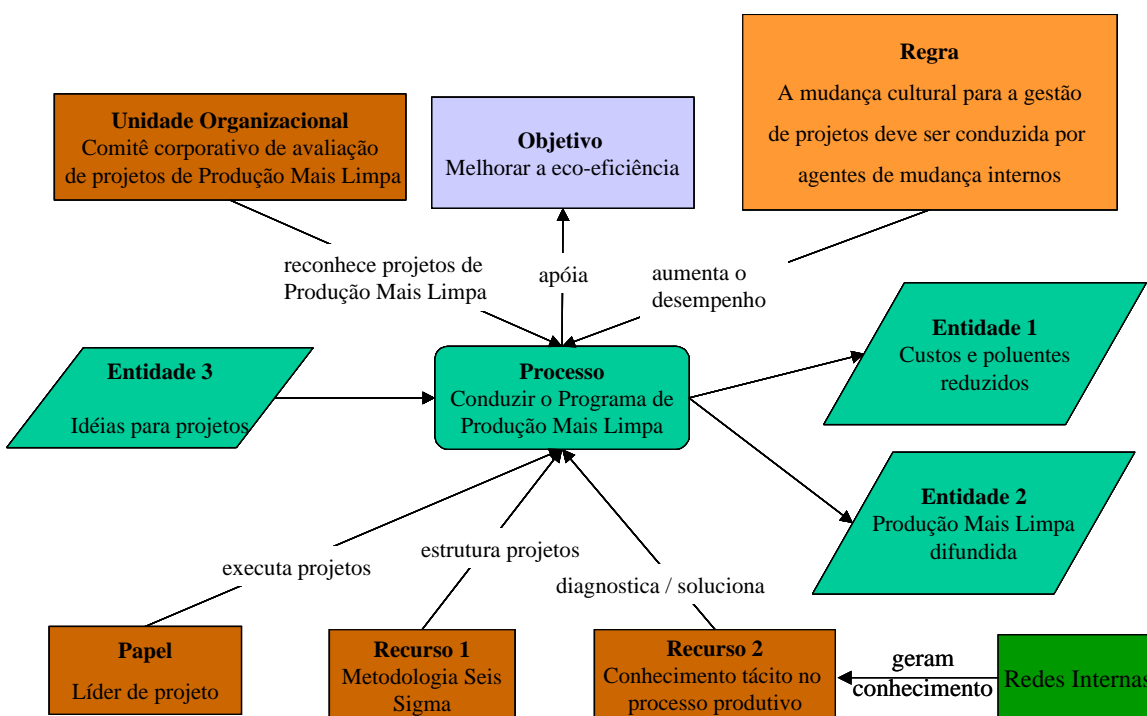


Figura 33: Síntese em EKD do Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora (Fonte: O autor).

8.7 Modelo Organizacional para a Difusão da Produção Mais Limpa

Para se obter o modelo de organizacional para a Difusão da Produção Mais Limpa (**Figura 34**), será necessário confrontar-se a síntese dos diagramas em EKD que

representam o Programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora por um lado, com os conceitos de organização em rede (ECCLES e NOLAN, 1993) por outro.

De acordo com o modelo proposto, tem-se que a difusão da Produção Mais Limpa é função:

- de uma infra-estrutura global (ECCLES e NOLAN, 1993) que define não só os parâmetros de um Programa de Produção Mais Limpa, mas também a instituição de uma cultura de gestão de projetos,
- de redes auto-projetadas (ECCLES e NOLAN, 1993) para executar os projetos que serão avaliados por este Programa de Produção Mais Limpa e
- das redes internas de conhecimento que intermediam os fluxos de conhecimento entre a infra-estrutura global e as redes auto-projetadas no âmbito local de cada projeto específico.

Conforme revelado pelos estudos de caso e pelos diagramas em EKD, no âmbito global da corporação, a infra-estrutura global deve definir:

- o objetivo do programa;
- um comitê corporativo para avaliar e reconhecer os projetos de Produção Mais Limpa;
- uma metodologia eficaz para a gestão de projetos;
- uma estrutura organizacional matricial para a condução de projetos;
- uma política de carreira que favoreça os agentes de mudança bem sucedidos a fim de que realmente se empenhem em liderar a implementação de uma cultura de projetos de melhorias e
- a alocação de desafiadoras metas de redução de poluição e de redução de custos para as unidades operacionais locais a fim de que se mantenham motivadas a executar projetos.

Já no âmbito local das subsidiárias da corporação, as redes auto-projetadas devem contar com:

- pessoas que assumam os papéis da estrutura organizacional para projetos, tais como o diretor de projetos, o gerente de projeto, os treinadores e os líderes de projetos;

- atores externos para prover as equipes de projeto com metodologias e tecnologias para reduzir poluição e custos
- os membros de equipe que disponibilizam o conhecimento tácito sobre os processos produtivos nos quais se estão implementando projetos de Produção Mais Limpa.

Por fim, um terceiro âmbito é representado pelas redes internas de conhecimento, conforme foram descritas na figura 29, as quais interligam os âmbitos da infra-estrutura global e das redes auto-projetadas por meio de seus fluxos de conhecimento. De fato, os conhecimentos inovadores gerados em projetos específicos no âmbito das redes auto-projetadas é captado pelas redes internas de conhecimento que, em seguida, integram e sintetizam os diversos conhecimentos nas intranets temáticas, nos congressos internacionais e nos especialistas corporativos. Por outro lado, as redes internas também captam os conhecimentos armazenados no âmbito da infra-estrutura global para disponibilizá-los ao âmbito das redes auto-projetadas para as replicações de projetos.

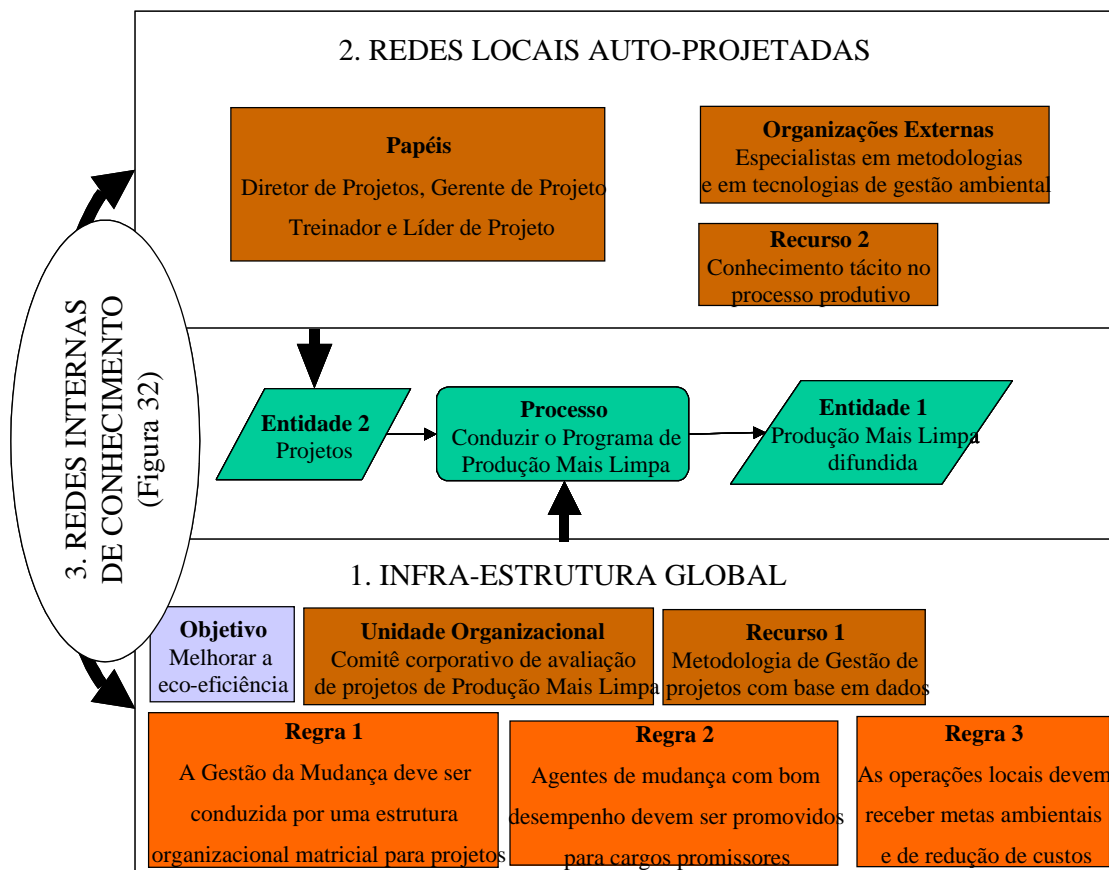


Figura 34: Modelo de Organização em Rede para a Difusão da Produção Mais Limpa (Fonte: O autor).

9.

CONCLUSÃO

A redução de poluição é uma necessidade inquestionável para se manter a qualidade das condições de vida no planeta e a preservação da saúde humana (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2005). Para diminuir a poluição nas empresas, foi criada a Produção Mais Limpa que tem demonstrado também contribuir para a redução de custos nas manufaturas (UNIDO, 2006, WBCSD, 2006 e PMAISL – Rede Brasileira de Produção Mais Limpa, 2004).

A fim de se difundir a Produção Mais Limpa, foram estruturadas redes de organizações em diversas regiões do mundo há mais de dez anos. Apesar dessas redes de Produção Mais Limpa documentarem resultados surpreendentes, na América Latina, ocorrem barreiras organizacionais que limitam consideravelmente a difusão da Produção Mais Limpa para aumentar o desempenho ambiental das empresas (WORLD BANK, 1998, CETESB e PNUMA, 2004 e MELLO e NASCIMENTO, 2005).

Um papel-chave cabe aos pesquisadores das universidades que poderiam melhor identificar os problemas e possíveis soluções para se aumentar a difusão da Produção Mais Limpa (BANCO MUNDIAL, 1998; ONU / UNEP, 2006).

Seria desejável a compreensão dos determinantes organizacionais do desempenho das grandes redes inter-organizacionais, ou seja, das redes externas compostas pelos relacionamentos entre as diferentes instituições que promovem e implementam a Produção Mais Limpa. No entanto, buscou-se realizar um primeiro passo de análise nas redes internas compostas pela trama de relacionamentos internos que geram conhecimentos e executam as ações em um programa de Produção Mais Limpa interno de uma grande corporação. De fato, este programa de Produção Mais Limpa foi bem sucedido na matriz da multinacional norte-americana analisada. No entanto, o mesmo programa não surtia efeito na subsidiária brasileira até que se implementou uma estrutura matricial a fim de se aumentar a capacitação da empresa para a gestão de projetos e a fim de se estimular os fluxos de conhecimento das redes organizacionais internas para a redução de custos e de poluição.

Nos estudos de caso, os conceitos de isomorfismo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) e de organização em rede (ECCLES e NOLAN, 1993) ajudaram a desvendar um aparente paradoxo de como a sistematização e a padronização de uma metodologia de gestão de projetos por meio de uma estrutura organizacional matricial puderam favorecer a inovação para a prevenção de poluição, por meio de redes internas que agregam competências e transmitem conhecimentos tácitos.

Na dimensão da infra-estrutura global (ECCLES e NOLAN, 1993) da empresa multinacional analisada, o Seis Sigma é uma metodologia corporativa que se difunde sob pressões isomórficas. O isomorfismo coercitivo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) estabelece uma diretriz obrigatória da matriz, o isomorfismo mimético (DIMAGGIO e POWELL, 2005) padroniza a forma de lidar com o desafio e com a incerteza de cada projeto e o isomorfismo normativo (DIMAGGIO e POWELL, 2005) condiciona o comportamento pelos treinamentos que formam uma classe interna de gerentes de projeto.

Por outro lado, na dimensão das redes auto-projetadas (ECCLES e NOLAN, 1993) para os projetos específicos de Produção Mais Limpa, as pressões isomórficas cedem espaço ao ímpeto inovador. De fato, os desafios e perspectivas de carreira dos gerentes e diretores de projeto os motivam a utilizar a metodologia Seis Sigma para definir metas de projetos fundamentadas por análises de dados e os mobilizam para estimular as redes internas que integram competências e conhecimentos tácitos dispersos para viabilizar as ações que reduzem custos e previnem a poluição.

Na parte quantitativa, foram confirmadas as duas hipóteses de pesquisa: a hipótese de que a estrutura matricial para projetos Seis Sigma melhora o desempenho da empresa na difusão da Produção Mais Limpa e a hipótese de que os Gerentes de Projeto (Faixa Preta) contribuem mais para a difusão da Produção Mais Limpa do que os funcionários funcionais (Faixa Verde).

A estrutura matricial Seis Sigma foi bem sucedida em instituir uma capacidade organizacional para a gestão de projetos que se expressou num grande aumento do número de projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa. Durante os cinco anos com a implementação da estrutura organizacional Seis Sigma aumentou a quantidade média mensal do número de projetos reconhecidos pelo programa de Produção Mais Limpa em 6,7 vezes, em relação aos cinco anos anteriores sem o Seis Sigma.

No entanto, esta capacidade organizacional em gestão de projetos também implicou em uma perceptível melhoria no desempenho do Programa de Produção Mais Limpa. Durante os cinco anos com a implementação da estrutura matricial para projetos Seis Sigma aumentou a quantidade média mensal de poluição prevenida em 2,7 vezes em relação aos cinco anos anteriores sem o Seis Sigma (excluindo-se os dados das manufaturas que processam minerais).

De fato, a capacidade de gerenciar um maior número de projetos se mostrou como um determinante estatisticamente significativo para o desempenho do Programa de Produção Mais Limpa. Para a corporação como um todo se chegou ao modelo linear para o desempenho mensal do programa de Produção Mais Limpa:

$\text{Log}_{10}(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) = 2,196 + 0,922 \text{Log}_{10}(\text{Número de Projetos}),$	Fase antes,
$\text{Log}_{10}(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) = 2,196 + 0,922 \text{Log}_{10}(\text{Número de Projetos}) - 0,381,$	Fase durante,
$\text{Log}_{10}(\text{Quantidade de Poluição Prevenida}) = 2,196 + 0,922 \text{Log}_{10}(\text{Número de Projetos}) - 0,223,$	Fase depois.

Já para a subsidiária brasileira se chegou a um segundo modelo linear para o desempenho mensal do programa de Produção Mais Limpa: (Quantidade de Poluição Prevenida _{subsidiária brasileira}) = 18,26 + 45,44 (Número de Projetos)

As análises estatísticas também foram conclusivas quanto aos tipos de habilidades gerenciais (KATZ, 1955) que mais contribuem para o desempenho do programa de Produção Mais Limpa na subsidiária brasileira. Isso fica claro no modelo que considera simultaneamente o número de projetos e o papel do líder de projeto na subsidiária brasileira para o desempenho mensal do programa de Produção Mais Limpa: (Quantidade de Poluição Prevenida _{subsidiária brasileira}) = -4,812 + 77,44 (Número de projetos com líder Faixa Preta) + 41,82 (Número de projetos com líder Faixa Verde).

Deste modo, em relação ao desempenho do programa de Produção Mais Limpa, o poder explicativo do número de projetos liderados por Faixa Preta é 85% maior do que o poder explicativo do número de projetos liderados por Faixa Verde. Como na empresa analisada, somente são selecionadas para o cargo de Faixa Preta pessoas com liderança, trabalho em equipe e interação com a alta gestão estratégica da empresa, conclui-se que um programa de Produção Mais Limpa de elevado desempenho não se restringe apenas

a habilidades técnicas, mas também é composto pelas habilidades gerenciais humanas e pelas habilidades gerenciais conceituais de uma liderança motivada para efetivamente conduzir a implementação da Produção Mais Limpa na empresa.

As descobertas dos estudos de caso e da análise quantitativa foram sintetizadas em uma modelagem do programa de Produção Mais Limpa de elevado desempenho pela metodologia EKD (*Enterprise Knowledge Development*). Nessa modelagem, os objetivos e as regras de negócio orientam a operação de um processo que transforma idéias de projetos para obter poluição prevenida e custos reduzidos, por meio da instituição de um programa de Produção Mais Limpa. No entanto a eficiência desse processo básico é aumentada consideravelmente ao se instituir uma cultura organizacional para projetos geridos com base em análises objetivas e sistemáticas de dados.

Se a implementação desta gestão de projetos é realizada pelos atores de uma estrutura matricial para projetos, por outro lado, os conhecimentos específicos para reduzir a poluição utilizados por essa estrutura matricial são gerados e captados pelos relacionamentos pessoais dos atores nas redes internas. Deste modo, a pesquisa obteve resultados semelhantes aos de Buchel e Raub (2002) ao analisarem 16 empresas participantes do Fórum de Conhecimento de Genebra e constatarem que a interação entre as redes internas e as estruturas organizacionais oficiais viabiliza o direcionamento dos fluxos de conhecimento para favorecer um eficiente compartilhamento de melhores práticas de negócio, ou seja, compartilhamento de conhecimento tácito.

Neste sentido, na empresa analisada, os diretores, gerentes e treinadores de Seis Sigma procuram estimular os relacionamentos pessoais que geram os fluxos de conhecimento ao organizarem congressos internacionais de Seis Sigma, intranets temáticas, treinamentos, fóruns técnicos, exposições presenciais e visitas direcionadas para favorecer a replicação de projetos.

Do ponto de vista teórico, esta é uma das principais contribuições: evidenciar a importância da sinergia entre as redes internas de relacionamentos pessoais por um lado e as estruturas matriciais formais para projetos, por outro lado, para o bom desempenho de um programa de Produção Mais Limpa. Como o papel central nesta interação da estrutura matricial com a rede interna cabe à iniciativa do gerente de projeto responsável pela mudança organizacional na empresa, fica implícita nesta

constatação, a importância da liderança para o bom desempenho de uma rede de difusão de Produção Mais Limpa.

O modelo em três âmbitos organizacionais para a Difusão da Produção Mais Limpa adaptou os conceitos de Eccles e Nolan (1993). O âmbito global da infraestrutura compartilhada define as metas de redução de custos e de redução de poluição, estabelece os critérios de reconhecimento de projetos, compõe um comitê de avaliação, detém as metodologias de gestão de projetos e a política de carreira para os gerentes de projeto. Por outro lado, o âmbito local das redes auto-projetadas (ECCLES e NOLAN, 1993) é onde, de fato, os projetos de Produção Mais Limpa são executados na medida em que o líder de projetos toma a iniciativa de utilizar os recursos da infra-estrutura global e utiliza o conhecimento tácito dos membros de equipe para diagnosticar as causas da poluição e para definir soluções que reduzam essa poluição na sua fonte geradora. Por sua vez, os fluxos dinâmicos de conhecimento que estimulam a formação deste conhecimento tácito dos membros de equipe interligam estes dois âmbitos. Tais fluxos de conhecimento ocorrem por meio de um terceiro âmbito representado pelas redes internas que captam os conhecimentos inovadores gerados em projetos específicos para integrar as diversas fontes de conhecimento na dimensão global dos especialistas corporativos, das intranets e dos congressos para, então, reativar estes conhecimentos novamente disponibilizando-os à dimensão local das redes auto-projetadas para as replicações de projetos.

A constatação do poder explicativo do conceito adaptado de organização em rede (ECCLES e NOLAN, 1993) para se diagnosticar o desempenho de um programa de Produção Mais Limpa nas manufaturas cumpre com o objetivo secundário (“Propor um modelo para se compreenderem os condicionantes do desempenho de redes internas dentro de corporações para difundir a Produção Mais Limpa, a fim de se melhorar a sustentabilidade ambiental das operações nas empresas”). O conceito de organização em rede (composta de uma infra-estrutura global e de redes auto-projetadas locais) é um conceito originário de pesquisas em setores econômicos de serviços com aplicação intensiva de conhecimento, como os bancos de investimento e as consultoria de alta gestão.

Deste modo, uma segunda contribuição teórica consiste em mostrar qualitativamente como o conceito de organização em rede composta de três âmbitos é útil para compreender de modo sistêmico o funcionamento de um programa de

Produção Mais Limpa de elevado desempenho, nos âmbitos da infra-estrutura compartilhada, das redes flexíveis auto-projetadas e dos ciclos dinâmicos de intermediação de conhecimento para captar o aprendizado gerado no âmbito local, direcioná-lo ao âmbito global e, então, disponibilizar diversos conhecimentos integrados no âmbito global para uso no âmbito local por meio dos relacionamentos pessoais que conectam a polaridade “global versus local”.

Deste modo, o objetivo de analisar a contribuição da estrutura matricial para projetos e das redes internas para a difusão da Produção Mais Limpa foi cumprido na medida em que:

- a) a análise quantitativa comprovou que 37,5% do desempenho mensal global e 50,9% do desempenho mensal da subsidiária brasileira no programa de Produção Mais Limpa são explicados pelo número de projetos de Produção Mais Limpa gerenciados por uma estrutura matricial com intensa liderança de gerentes de projeto;
- b) as análises qualitativas identificaram que as redes internas devem interagir sinergicamente com a estrutura matricial oficial para que os meios de encontro (congressos, intranets, treinamentos, visitas, exposições, entre outros) das redes internas efetivamente supram os atores da estrutura matricial com os conhecimentos necessários para cumprirem com os objetivos, as regras e os processos de negócio que levaram a Multinacional Inovadora a mais do que dobrar o desempenho de seu programa de Produção Mais Limpa e
- c) as análises qualitativas também constataram que o papel das redes internas é o papel de um terceiro âmbito da organização em rede que interliga a polaridade entre um âmbito global e um âmbito local, ao viabilizar o fluxo de conhecimento entre os recursos da infra-estrutura global e as ações específicas nos projetos conduzidos por estruturas organizacionais flexíveis e auto-projetadas.

As conclusões, no entanto, apresentam as seguintes limitações:

Métrica - A métrica utilizada para estimar a difusão da Produção Mais Limpa dentro de uma empresa foi a quantidade de poluentes prevenidos em toneladas, por ser esta a

métrica que o próprio programa de Produção Mais Limpa da Multinacional Inovadora utiliza desde o seu início em 1975. No entanto, é possível que futuras pesquisas cheguem à conclusão que existem métricas viáveis mais representativas para avaliar a difusão da Produção Mais Limpa tanto em termos organizacionais, quanto sob a ótica da sustentabilidade ambiental. Do ponto de vista ambiental, por exemplo, fica clara a limitação da métrica adotada pela empresa analisada, pois uma tonelada de um produto composto por materiais biodegradáveis e manufaturado a partir de energias renováveis não tem o mesmo impacto ambiental de uma tonelada de outro produto repleto de substâncias tóxicas e produzido às custas de maciças emissões de Gases do Efeito Estufa. Por isso, futuras pesquisas poderiam analisar a difusão da Produção Mais Limpa com métricas mais utilizadas para medir impacto ambiental como, por exemplo, as categorias de impacto ambiental das normas da família ISO 14000 que tratam da Análise de Ciclo de Vida dos Produtos (*Life Cycle Assessment*).

Poder explicativo – Embora a parte quantitativa tenha obtido um modelo com poder explicativo para a quantidade de toneladas prevenidas pelo programa de Produção Mais Limpa (37,5 % para a empresa globalmente e 50,9%, para as operações brasileiras) são necessárias pesquisas para validar as potenciais variáveis independentes adicionais (o tipo de materiais dos produtos que fazem parte do escopo de cada projeto, a disponibilidade ou não de investimento em novos equipamentos, as mudanças na legislação ambiental dos respectivos países, entre outras), além do número de projetos de Produção Mais Limpa realizados para aumentar o poder explicativo dos modelos e identificar quais destas outras variáveis são passíveis de controle pelos gestores dos programas de Produção Mais Limpa da empresa analisada. Além disso, o poder explicativo obtido não deve ser extrapolado para outras empresas multinacionais ou nacionais com características organizacionais muito diferentes das operações e negócios da empresa analisada. Por este motivo, seria interessante validar os resultados obtidos tanto no contexto interno de outras grandes organizações com características diferentes da Multinacional Inovadora (conglomerados enfocados em setores específicos como o setor de energia ou o setor de agro-negócios, por exemplo), quanto no contexto das redes entre diferentes organizações (a Rede Brasileira de Produção Mais Limpa, a rede ligada à CETESB ou a rede ligada ao SENAI-SP, por exemplo).

O papel das redes internas – A parte qualitativa da pesquisa identificou que as redes internas fazem parte do mérito do programa de Produção Mais Limpa de elevado desempenho por suprir os fluxos de conhecimentos necessários às estruturas matriciais para executarem os projetos e reduzirem a poluição. Futuras pesquisas podem quantificar o poder explicativo deste papel das redes internas para o desempenho e difusão do programa de Produção Mais Limpa. Por exemplo, próximas pesquisas poderiam usar técnicas estatísticas como a análise discriminante ou a regressão logística para identificar se “obtenção de conhecimentos a partir dos relacionamentos pessoais” é ou não um fator que distingue um grupo de projetos de elevado desempenho de um grupo de projetos de baixo desempenho em um mesmo programa de Produção Mais Limpa. Já a regressão múltipla poderia identificar o poder explicativo das diferentes variáveis de controle para o contexto das redes internas como as pressões isomórficas coercitivas, miméticas e normativas (DIMAGGIO e POWELL, 2005), assim como poderia identificar o poder explicativo dos diferentes construtos constitutivos das redes internas como, por exemplo, os relacionamentos fortes e relacionamentos fracos (GRANOVETTER, 1983), as modalidades de redes de confiança, redes de comunicação e redes de aconselhamento (KRACKHARDT e HANSON, 1993), o tamanho e o espectro (COLLINS e CLARK, 2003) das redes internas dos gerentes de projeto e o grau com que as diferentes redes internas fazem interface com a estrutura matricial oficial da empresa, ou seja, o grau com que as redes internas são auto-geridas ou estimuladas pelos gerentes de projeto (BUCHEL e RAUB, 2002).

O funcionamento das redes internas – Próximas pesquisas podem validar estatisticamente os meios para estimular a criação e a consolidação dos relacionamentos pessoais nas redes internas (congressos, especialista corporativo, exposições, treinamentos, visitas dirigidas, encontros informais, intranets, entre outros) que mais contribuem para o desempenho do Programa de Produção Mais Limpa.

A composição da organização em rede – De modo semelhante, pesquisas futuras podem validar quantitativamente se é pertinente a proposta da parte qualitativa de que a composição de uma organização em rede em dois âmbitos, a infra-estrutura global e as redes auto-projetadas locais (ECCLES e NOLAN, 1993), seja complementada com um terceiro âmbito representado pelas redes internas que interligam os dois pólos global-local pela intermediação dinâmica dos fluxos de conhecimento.

A implicação prática das conclusões aplica-se mais a grandes empresas, sobretudo às multinacionais que podem adotar o modelo organizacional proposto para diagnosticar se os seus programas de Produção Mais Limpa contam com as estruturas e processos característicos de um programa de elevado desempenho.

Para as redes inter-organizacionais de difusão da Produção Mais Limpa, sobretudo para as redes que enfocam a implementação da Produção Mais Limpa nas pequenas e médias empresas, essa pesquisa não tem uma aplicação direta até que as conclusões aqui obtidas sejam validadas nesses tipos de organizações. No entanto, enquanto tais validações não estão disponíveis, as conclusões podem auxiliar as redes de difusão da Produção Mais Limpa a realizarem os seguintes questionamentos:

- o foco dessa rede limita-se a competências em técnicas de gestão ambiental da Produção Mais Limpa ou a rede também conta com comprovada competência para a gestão de projetos?
- nos projetos de Produção Mais Limpa conduzidos por essa rede, estão presentes apenas as habilidades gerenciais técnicas, ou também está presente a liderança das habilidades gerenciais humanas e conceituais?
- quanto à transmissão de conhecimento nos programas de Produção Mais Limpa dessa rede, a ênfase limita-se à transmissão passiva de conhecimentos explícitos em treinamentos formais e apostilas ou existem mecanismos para a transmissão participativa de conhecimento tácito e prático entre os integrantes do projeto e entre integrantes de diferentes projetos?
- essa rede de difusão da Produção Mais Limpa adota estruturas de relacionamento favoráveis à criação de inovações necessárias para a solução das causas de poluição ou a rede restringe-se a estruturas de relacionamento que exercem constante resistência à mudança?

Recomenda-se que as redes de difusão da Produção Mais Limpa reestruturem as suas variáveis organizacionais que interligam a liderança de gerentes de projeto aos fluxos de conhecimento das redes internas para melhorar o desempenho ambiental de seus programas de Produção Mais Limpa e reduzir os danos ambientais gerados pelas operações de suas manufaturas.

REFERÊNCIAS

- AHUJA, G. (2000) *Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study*. Administrative Science Quarterly. Vol 45 p. 425-455.
- ALLEN, T. (1977) *Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and the Dissemination of Technological Information within the R&D Organization*, M.I.T., Cambridge.
- ANBARI, F.T., (2002), *Six Sigma Method and Its Applications in Project Management*. Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars and Symposium [CD], San Antonio, Texas. Oct 3–10, Project Management Institute, Newtown Square, PA.
- BARBIERI, J.C, (2004) *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. Saraiva, São Paulo.
- BARTLETT, C. A. e GHOSHAL, S. (1991) *Managing Across Borders: The Transnational Solution*. Boston, Harvard Business School Press.
- BEST, M.H., (1990) – *The New Competition: Institutions of Industrial Restructuring*. Polity Press.
- BUBENKO, PERSSON e STIRNA, (2001) *EKD User Guide*, Stockholm, Sweden.
- BUCHEL, B. e RAUB, S. (2002) *Building Knowledge-creating Value Networks*, European Management Journal, Vol. 20, No. 6, p587-596.
- CALIA, R. (2005) *Modelo de Redes de Inovação para uma Metodologia de Gestão: Implementações de Teoria das Restrições* (Dissertação de Mestrado). São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, USP.
- CAMAGNI, R. e CAPPELLO, R. (1997) *Innovation and performance of SMEs in Italy: The relevance of spatial aspects*, ESRC Working Paper Number 60, Cambridge: ESRC Center for Business Research.
- CANADIAN CENTRE FOR POLLUTION PREVENTION (2006), Disponível em: <<http://www.c2p2online.com/>>. Acesso em 9 março 2006.
- CEBDS (2006) *Eco-Eficiência*. Disponível em: <<http://www.wbcSD.org/templates/TemplateWBCSD5/layout.asp?type=p&MenuId=NzA&doOpen=1&ClickMenu=LeftMenu>> Acesso em 8 março de 2006.

- CETESB (2006) *Poluição*. Disponível em: <
http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/glossario/glossario_p.asp > Acesso em 8 março
de 2006.
- CETESB (2006) *Hierarquia de gerenciamento ambiental de resíduo*. Disponível em: <
<http://www.cetesb.sp.gov.br> > Acesso em 8 março de 2006.
- CETESB (2006) *O que é P+L*. Disponível em:
<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/o_que_e.asp> Acesso em 3 de
agosto de 2006.
- CETESB e PNUMA (ONU) (2006) *A produção mais limpa e o consumo sustentável na
América Latina e Caribe*, São Paulo, 2004.
- CLARK, K. B. e WHEELWRIGHT, S. C. (1992) *Organizing and Leading
“heavyweight” development teams*. California Management Review, pp. 9-27, Spring.
- CLEANER PRODUCTION CENTER AUSTRIA, (2006) *ÖKOPROFIT®- The idea*.
Disponível em: <http://www.cpc.at/oeko/oe_WasIst_e.htm> Acesso em 9 março de
2006.
- COLLINS, C. J. e CLARK, K. D. (2003) *Strategic human resource practices, top
management team social networks, and firm performance: The role of human resource
practices in creating organizational competitive advantage*. In: Academy of
Management Journal, 46: 740-751.
- COOPER, D. R. e SCHINDLER, P. S. (2003) *Métodos de Pesquisa em Administração*.
Porto Alegre, Bookman.
- CPPS, (2006) *Cleaner Production Centers (CPC) Programme* Disponível em: <
<http://www.cpplatform.ch/index1.htm> > Acesso em 9 de março de 2006.
- DIMAGGIO, P. J., POWELL, W. W. (2005) *A gaiola de ferro revisitada: isomorfismo
institucional e racionalidade coletiva nos campos organizacionais*. Revista de
Administração de Empresas (RAE), v.45, n.2, p.74-89
- DOW JONES SUSTAINABILITY, (2006) *Corporate Sustainability*. Disponível em: <
<http://www.sustainability-index.com/html/sustainability/corpsustainability.html>>
Acesso em 8 março de 2006.
- DRAPER, N. e SMITH, H. (1998) *Applied Regression Analysis*, New York, Wiley-
Interscience; 3 edition.

- DUTRA, J. S. (2002) *Gestão por competências: um modelo avançado para o gerenciamento de pessoas*. In *As pessoas na organização*, São Paulo, Editora Gente.
- ECCLES, R. G. e NOLAN, R. L. (1993) *A Framework for the Design of the Emerging Global Organizational Structure*. In BRADLEY, S. P., HAUSMAN, J. A. e NOLAN, R.L., *Globalization, technology, and competition: the fusion of computers and telecommunications in the 1990s*. The President and Fellows of Harvard College.
- ENVIROWISE, (2006) *Minimise Waste, maximise profit* Disponível em: <<http://www.envirowise.gov.uk/>> Acesso em 9 março de 2006.
- EUROPEAN COMUNITY, (2006) *Climate Change* Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/environment/climat/home_en.htm> Acesso em 7 março de 2006.
- FIGUEIREDO, B. R., CAPITANI, E. M. e GITAHY, L. M. C. (2004) *Exposição humana à contaminação por chumbo e arsênio no Vale do Ribeira (SP-PR)*. In: Segundo Encontro da ANPPAS, 2004, Indaiatuba. Papers CD-Rom. Campinas : ANPPAS.
- FISCHER, R. M., (2002) *Mudança e transformação organizacional*. In *As pessoas na organização*, São Paulo, Editora Gente.
- FLEURY, M. T. L. (2002) *A gestão de competência e a estratégia organizacional*. In *As pessoas na organização*, São Paulo, Editora Gente.
- FREEMAN, C., (1991) *Networks of innovators: A synthesis of research issues*, Research Policy, Volume 20, Issue 5, October, Pages 499-514.
- FREITAS, C. BREMNER, S. A., GOUVEIA, N., PEREIRA, L. A. A. e SALDIVA, P. H (2004) *Interações e órbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997* Rev. saúde pública;38(6):751-757, dez. 2004.
- FROST, B. e SCHOEN, S. (2004) *Viable Communities within Organizational Contexts: Creating and Sustaining Viability in Communities of practice at Siemens AG*.
- GARGIULO, M. e BENASSI, M. (2000) – *Trapped in Your own Net? Network Cohesion, Structural Holes, and the Adaptation of Social Capital*. Organizational Science. Vol. 11, No. 2, p. 183-196.
- GARVIN, D. (1998) *A. Gerenciando a qualidade*, Rio de Janeiro, Qualitymark.

GE, (2006) *What is Six Sigma?* Disponível em: < <http://www.ge.com/sixsigma/> > Acesso em 10 março de 2006.

GEMI, (2006), *Global Environmental Management Initiative*, < <http://www.gemi.org/index.htm>> Acesso em 10 agosto de 2006.

GRANOVETTER, M. (1983). *The strength of weak ties: A network theory revisited*. In P.V. Marsden & N. Lin (Eds.), *Social structure and network analysis*: 105– 130. Beverly Hills, CA: Sage.

GULATI, R.; GARGIULO, M. (1999). *Where do interorganizational networks come from?* *AJS*, n. 5, v. 104. pág 1439-1493.

HARGADON, A. (1997) *Technology Brokering and Innovation in a Product Development Firm*. *Administrative Science Quarterly*, 42. p. 716-749.

HOBSBAWM, E. J. , (1979) *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. Rio de Janeiro, Forense.

HUSTED, K. e VINTERGAARD, C. (2004) *Stimulating innovation through corporate venture bases*. *Journal of World Business* 39, pp. 296–306

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), (2006) *Climate change 2001: Synthesis Report – Summary for policymakers*. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/pub/un/syrenng/spm.pdf> > Acesso em 7 março de 2006.

KATZ, R. L., (1955) *Skills of an effective administrator*. *Harvard Business Review*, p. 33-42, Jan./Feb.

KOTTER, J., (2000) *Liderando a Mudança*. In: *Mudança*. Harvard Business Review. Campus.

KRACKHARDT, D. and HANSON, J.F., (1993) *Informal Networks: The Company Behind the Chart*. *Harvard Business Review*. P. 104-111.

KWAK, Y.H., ANBARI, F.T., (2006) *Benefits, obstacles, and future of six sigma approach*, *Technovation* Volume 26, Issues 5-6, May-June 2006, Pages 708-715.

LAWLER III, E. E. et al. *The phenomenon of large-scale organizational change*. apud FLEURY, M. T. L. (2002) *A gestão de competência e a estratégia organizacional*. In *As pessoas na organização*, São Paulo, Editora Gente.

LE BOTERF, G., (1995) *De la compétence – Essai sur un attacteur étrnge*. apud FLEURY, M. T. L. (2002) *A gestão de competência e a estratégia organizacional*. In *As pessoas na organização*, São Paulo, Editora Gente.

LEONARD-BARTON, D. (1992) – *Core Capabilities and Core Rigities: a paradox in managing new product development*. Strategic Management Journal, Vol. 13, p.111-125.

LIN, C. A., PEREIRA, L. A. A., P. A., SALDIVA, CONCEIÇÃO, G. M. S., KISHI, H. S, MILANI, R. BRAGA, L. F. e SALDIVA, P. H. (2003) *Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits* Environmental Research, Volume 92, Issue 1, May 2003, Pages 57-63.

LING, J. (2005) *Next Stop: Designing for Sustainability*. In: EPA (United States Environmental Protection Agency). *Pollution Prevention 1997: A National Progress Report*, 1997. Disponível em: < www.epa.gov/opptintr/p2_97/chap8.pdf >. Acesso em 08 de julho de 2005.

LIPNACK, J; STAMPS, J. (1994). *Rede de informações*. São Paulo: Makron Books.

LOVINS, A. B., LOVINS, L. H. e HAWKEN, P., (1999) *A Road Map for Natural Capitalism*, Harvard Business Review, May-June 1999.

MAXIMIANO, A. C. A., (2004) *Teoria Geral da Administração – Da revolução urbana à revolução digital*. Editora Atlas.

MELLO e NASCIMENTO, (2005) *O intangível da produção mais limpa: o mais que ainda é menos*, VIII ENGEMA, Rio de Janeiro.

MOHALLEMA, S.V., LOBO, D. J. A.,C. R. PESQUERO, C. R., ASSUÇÃO, J. V., ANDREA, P. A., SALDIVA, P. H. e DOLHNIKOFF, M. (2005) *Decreased fertility in mice exposed to environmental air pollution in the city of Sao Paulo*. Environmental Research. Volume 98, Issue 2, June 2005, Pages 196-202.

MORAES, R. P. ; FIGUEIREDO, B. R. ; LAFON, J. M. (2004). *Pb-Isotopic tracing of metal-pollution sources in the Ribeira Valley, southeastern Brazil*. Terrae, Brasil, v. 1, n. 1, p. 26-33.

MOTOROLA, (2006) *Six Things to Know About the History of Six Sigma* Disponível em: < <http://www.motorola.com/content/0,,3069,00.html#> >. Acesso em 10 de março de 2006.

MUNICH RE (2006) - Topics Geo – Annual review: Natural catastrophes 2005. Disponível em: <<http://www.munichre.com/>> . Acesso em Janeiro 2007.

NONAKA, I. e TAKEUCHI, H., (1997) *Criação de Conhecimento na Empresa*. Editora Campus.

OCDE (1997) *Oslo Manual: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data*. Paris: OCDE.

PANDE, P. S., NEUMAN, R.P. e CAVANAGH, R.R. (2001) – *Estratégia Seis Sigma, Qualitymark*, Rio de Janeiro

PIRES-NETO, R.C., LICHTENFELS, A. J., SOARES, S. R., MACCHIONE, M., SALDIVA, P. H. N. e DOLHNIKOFF, M. (2006) *Effects of São Paulo air pollution on the upper airways of mice*. Environmental Research, Volume 101, Issue 3, July 2006, Pages 356-361, 2006.

POLLUTION PREVENTION RESOURCE EXCHANGE. (2006) *What is P2Rx™*. Disponível em: < <http://www.p2rx.org/AboutUs/aboutp2rx.cfm> > Acesso em 3 de agosto de 2006.

PRAHALAD, C. K. e HAMEL, G. (1990) *The core competence of the corporation*. Harvard Business Review, v. 68, n. 3, May/Jun. 1990.

REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA (SEBRAE e CEBDS), (2004), *Relatório de atividades dos núcleos regionais*. Rio de Janeiro.

REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, (2006) *Quem somos* Disponível em: <<http://www.pmaisl.com.br/>> . Acesso em 3 de agosto de 2006.

RIFKIN, K. I., FINEMAN, M. e RUHNKE, C. H. (1999) *Developing Technical Managers – First you need a competency model*. Research-Technology Management, pp. 53-57, March-April.

RITTER e GEMÜNDEN (2003). *Network competence: Its impact on innovation success and its antecedents*. Journal of Business Research Vol. 56. Pp. 745– 755

ROBERT, K. H., (2002) *The Natural Step: A História de uma revolução silenciosa, Cultrix*.

RYCROFT, R.W. e KASH, D.E. (2004) *Self-organizing innovation networks: implications for globalization*. Technovation Vol. 24, pp. 187–197

SENAI-RS/UNIDO/UNEP. (2003) *Implementação de Programas de Produção mais Limpa*. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 42 p. il.

SOH, P. H. e ROBERTS, E. B. (2003) *Networks of innovators: a longitudinal perspective*. *Research Policy*, vol. 32 pp.1569–1588

SORENSEN, P. (2005) *Pollution prevention pioneer*. *Inventing Tomorrow*. Spring 1999. Institute of Technology of the University of Minnesota. Disponível em: <http://www.itdean.umn.edu/news/inventing/1999_Spring/ling.html>. Acesso em 8 de julho de 2005.

STONE, L. J. (2006) *Limitations of cleaner production programmes as organizational change agents I. Achieving commitment and on-going improvement*. *Journal of Cleaner Production*, Volume 14, Issue 1, 2006, Pages 1-14
 THE HEALTH AND ENVIRONMENT LINKAGES INITIATIVE (ONU) (2006) *Priority environment and health risks* Disponível em: <<http://www.who.int/heli/risks/en/>>. Acesso em 7 março de 2006.

THE NATURAL STEP, (2006) *Case Studies*. Disponível em: <http://www.ortns.org/resources_man.htm> Acesso em 8 março de 2006.

TSAI, W. (2000). *Social capital, strategic relatedness and the formation of intraorganizational linkages*. *Strategic Management Journal* **21**(9): 925-939

TSAI, W. (2001). *Knowledge transfer in intraorganizational networks: Effects of network position and absorptive capacity on business-unit innovation and performance*. *Academy of Management Journal*, 44: 996–1004

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, (2005) *Geo Year Book 2004/5 – An Overview of our Changing Environment*, UNEP.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, (2007) *Geo Year Book 2007 – An Overview of our Changing Environment*, UNEP.

UNEP (ONU). (2006) *How Can Educational Institutions Promote Cleaner Production?* Disponível em: <http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/other_cp_stakeholders.htm#2> Acesso em 7 março de 2006.

UNEP (ONU), (2006) *Understanding Cleaner Production*. Disponível em: <http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm> Acesso em 8 de março de 2006.

UNEP (ONU), (2006) *National Cleaner Production Centres*. Disponível em: <<http://www.uneptie.org/pc/cp/ncpc/home.htm>> Acesso em 3 de agosto de 2006.

UNEP (ONU), (2006) *Global Status 2002: Cleaner Production*. Disponível em: <http://www.uneptie.org/pc/cp/library/catalogue/regional_reports.htm> 2002. Acesso em 3 de agosto de 2006.

UNIDO (ONU), (2006) *Environmental Management: Success Stories*. Disponível em: <<http://www.unido.org/doc/4545>>. Acesso em 7 de março de 2006.

US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), (2006) *Global Warming*. Disponível em: <<http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/Climate.html>> Acesso em 7 de março de 2006.

US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), (2006) *Definitions*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/opptintr/p2home/p2policy/definitions.htm>> Acesso em 3 de agosto de 2006.

VASCONCELLOS, E. e HEMSLEY, J. R., (2003) *Estrutura das Organizações: estruturas tradicionais, estruturas para inovação, estrutura matricial* São Paulo, Pioneiro Thomson Learning.

WARD, LIKER, CRISTIANO e SOBEK (1995) – *The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster*. Sloan Management Review. p. 43-61.

WELCH, J. (2001) *Jack Definitivo: Segredos do Executivo do Século*. Campus.

WILKINSON, I; YOUNG, L. (2002). *On cooperating Firms, relations and networks*. Journal of Business Research, n. 55, p. 123-132.

WORLD BANK, (2006) *Implementing Cleaner Production*, 1998. Disponível em: <http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDS_IBank_Servlet?pcont=details&eid=000094946_99040905052283> Acesso em 7 de março de 2006.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD), (2006) *Eco-Efficiency: case studies*. Disponível em:

<<http://www.wbcsd.org/templates/TemplateWBCSD2/layout.asp?type=p&MenuId=MjM0&doOpen=1&ClickMenu=LeftMenu>>. Acesso em 7 de março de 2006.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, (1987) *Our Common Future*, Oxford Paperbacks.

YIN, R. K. (2005) *Estudo de Caso – Planejamento e Método*. Porto Alegre, Bookman.

ZARIFIAN, P. (1999) *Objectif compétence* apud FLEURY, M. T. L. (2002) *A gestão de competência e a estratégia organizacional*. In *As pessoas na organização*, São Paulo, Editora Gente.