



COPPE/UFRJ

O IMPACTO DO SURGIMENTO DE UM NOVO MODELO INDUSTRIAL NO
GERENCIAMENTO DE INSUMOS E RESÍDUOS EM UMA REDE DE ORGANIZAÇÕES
VIVAS.

Washington de Macedo Lemos

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador(es): Prof. Marcus Vinicius de Araújo Fonseca

Rio de Janeiro
Novembro de 2009

O IMPACTO DO SURGIMENTO DE UM NOVO MODELO INDUSTRIAL NO
GERENCIAMENTO DE INSUMOS E RESÍDUOS EM UMA REDE DE ORGANIZAÇÕES
VIVAS.

Washington de Macedo Lemos

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aprovada por:

Prof. Marcus Vinicius de Araújo Fonseca D.Sc.

Prof. Alexandre Torres D.Sc.

Prof. Marcos Cavalcanti, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

NOVEMBRO DE 2009

Lemos, Washington de Macedo

O impacto do surgimento de um novo modelo industrial no gerenciamento de insumos e resíduos em uma rede de organizações vivas / Washington de Macedo Lemos – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

Xii, 73 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Marcus Vinicius de Araújo
Fonseca

Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 65-68.

1. Eco-Eficiência. 2. Meio-Ambiente. 3. Autopoiese. I. Fonseca, Marcus Vinicius de Araújo Fonseca *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.)

O IMPACTO DO SURGIMENTO DE UM NOVO MODELO INDUSTRIAL NO GERENCIAMENTO DE INSUMOS E RESÍDUOS EM UMA REDE DE ORGANIZAÇÕES VIVAS.

Washington de Macedo Lemos

Novembro/2009

Orientador: Marcus Vinicius de Araújo Fonseca

Programa: Engenharia de Produção

Este trabalho partiu de uma redefinição do modo de se enfrentar os problemas inerentes ao modelo de produção industrial, rumando para um novo paradigma no qual a ecoeficiência, a inovação e a gestão do conhecimento se relacionam por meio do entendimento das organizações, instituições e empresas como organismos que habitam um ecossistema maior.

Esta nova visão mostrou-se consistente quando submetida a exames de duas situações práticas. Primeiro confirmou-se que, apesar de economicamente eficiente, uma organização pode vir a ser completamente ineficiente do ponto de vista da utilização de seus recursos naturais (ecoefficiência) e energéticos. Segundo, o modelo de agrupamentos ecológicos industriais, quando utilizados para analisar um cenário industrial, mostrou-se ferramenta importante para indicar soluções, de modo a tornar a atividade industrial mais harmoniosa como o meio ambiente e a sociedade que a circunda.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M. Sc.)

THE USE OF SOFTWARE KNOWLEDGE MANAGEMENT IN
MANAGEMENT OF SUPPLIES AND MATERIALS IN A NETWORK OF
ORGANIZATIONS LIVE.

Washington de Macedo Lemos

Novembrer/2009

Advisor: Marcus Vinicius de Araújo Fonseca

Department: Production Engineering

This work begins with a redefinition of the way to address the problems inherent to industrial production, towards a new paradigm in which eco-efficiency, innovation and knowledge management are related through the understanding of organizations, institutions and enterprises as organisms that inhabit a larger ecosystem.

This new vision proved to be consistent when subjected to tests in two practical situations. First, it was confirmed that although a cost-effective organization can become quite inefficient in terms of the natural resources (eco-efficiency) and energy use. Second, the ecological model of industrial clusters, when used to analyze an industrial setting, was an important tool to indicate solutions to make the industrial activity as much harmonious as the environment and the society that surrounds it.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMA, OBJETIVO, JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	1
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1	VISÃO MACRO	7
2.2	PERSPECTIVA BIOLÓGICA: VIDA, AUTOPOIESE E REDES	8
2.2.1	AUTOPOIESE	9
2.2.2	AS REDES E A VIDA	13
2.3	VIDA NAS ORGANIZAÇÕES, INSTITUIÇÕES E EMPRESAS (OIEs)	16
2.3.1	FLUXO DE CONHECIMENTO NAS ORGANIZAÇÕES VIVAS	17
2.4	GESTÃO DO CONHECIMENTO	19
2.5	CAPITALISMO NATURAL E RESÍDUOS	25
2.6	O PAPEL DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO DE UM NOVO PARADIGMA TÉCNICO-ECONÔMICO	33
2.7	ENTENDENDO A ATIVIDADE INDUSTRIAL COMO UM METABOLISMO	37
2.8	DA PERTINÊNCIA DA MUDANÇA DO PARADIGMA TÉCNICO-ECONÔMICO	41
2.9	IMPLEMENTAÇÃO E DIFUSÃO DE BIOSISTEMAS INTEGRADOS: UM EXEMPLO DE SUCESSO	45
3	REALIDADE DE UMA REGIÃO: O DIVÓRCIO DE UM MODELO DE REDE ANTIAUTOPOIÉTICA E INSUSTENTÁVEL	49
3.1	EFICIÊNCIA E ECOEFICIÊNCIA	49
4	REDE DE RESÍDUOS - A AUTOPOIESES SUSTENTÁVEL: UM EXEMPLO REAL DO POSSÍVEL PARA UMA REGIÃO TUPI-GUARANI	55
5	DISCUSSÃO... O QUE É? COMO DEVERIA SER?	60
6	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Polo Metal-Mecânico do Médio Paraíba Fluminense	1
Figura 2 – Investimentos Industriais do Médio Paraíba Fluminense	2
Figura 3 – Empresas Âncora	2
Figura 4 – Espiral do conhecimento	23
Figura 5 – Fluxo Industrial Clássico	31
Figura 6 – Fluxo Industrial Proposto	32
Figura 7 – Inovação e eficiência	35
Figura 8 – Relação entre resíduos e produtos acabados (EMPRESA A)	52
Figura 9 – Ecoineficiência	53
Figura 10 – Relação entre resíduos e produtos acabados (EMPRESA D)	54
Figura 11 – Empresas e a destinação dos resíduos	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 – Resíduos gerados pela EMPRESA A	51
Tabela 2 – Resíduos produzidos pelas empresas A, B e C	57

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Empresa e destinação dos resíduos	69
Anexo II – Carac. das empresas para as quais os resíduos são destinados	70

AGRADECIMENTOS

Ao colocar o ponto final nesta dissertação recordo o que me trouxe aqui. Se houve ausência neste período, não foi de obstáculos e percalços, mas do convívio de pessoas queridas.

Muitas mudanças de caminho impuseram-se e obstáculos aparentemente insuperáveis mostraram-se não tão inexoráveis como à primeira vista. Caos e flutuação foram ferramentas das quais este trabalho orgulha-se de não ter prescindido. E por isso, agradeço nominalmente ao Prof. Marcus Vinícius Fonseca, o grande responsável pelos pontos de inflexão e as mudanças de abordagens sofridas ao longo do trabalho e conseqüentemente na minha maneira de encarar o mundo. Seu bom humor frente ao irrefutável e sua seriedade e profissionalismo são referências para minha vida acadêmica, profissional e pessoal. O apoio incondicional e austero por ele demonstrado comove-me e sensibiliza-me.

Todos os méritos deste trabalho são dedicados (e advindos) de meus pais, que sempre apoiaram incondicionalmente a decisão de estudar e me proporcionaram um conforto material e afetivo capaz de me deixar à vontade em todas as minhas escolhas.

Agradeço a Deus pela oportunidade de poder demonstrar persistência e determinação além das oportunidades que se abriram durante (e devido) a execução deste trabalho.

In God we trust, all other bring data

W. Edward Deming

xi

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA, OBJETIVO, JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O arranjo produtivo local (APL) metal-mecânico do Médio Paraíba fluminense é constituído por empresas siderúrgicas e metalúrgicas. Grandes representantes multinacionais, bem como as maiores empresas de capital nacional que atuam em atividade metal-mecânicas estão presentes nesta área de grande crescimento econômico e industrial.

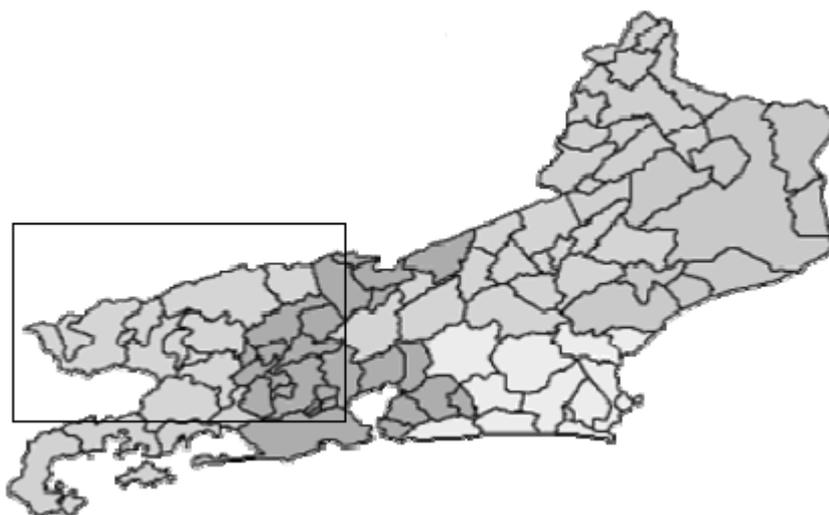


Figura 3: Localização do Polo Metal-Mecânico do Médio Paraíba Fluminense

Fonte: Serviço Brasileiro de Apoio às micro e pequenas Empresas (SEBRAE-RJ), 2006

A região destacada na figura 1 cobre uma área de 6.200 km² (cerca de 14% da área do estado do Rio de Janeiro), na qual habitam aproximadamente 785.000 pessoas. Do Produto Interno Bruto (PIB) desta região, 58,62% são gerados pela atividade industrial e representam 6,2% do PIB do Estado Fluminense. O APL no qual este estudo será centrado é o principal atrativo para os investimentos feitos na região (Figura 2).

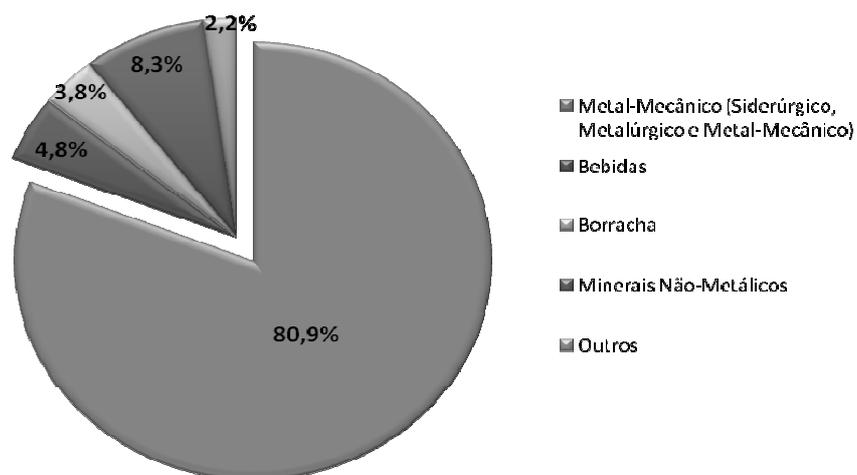


Figura 2: Investimentos Industriais do Médio Paraíba Fluminense

Fonte: Adaptado de SEBRAE-RJ, 2006

O setor industrial emprega 20% da população da região, distribuída entre as diversas empresas. As principais empregadoras e também âncoras do APL metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense são as indicadas na Figura 3: Xerox, Volkswagen Caminhões Ônibus, Peugeot, Votorantim, Saint-Gobain Canalização, CSN e Thyssenkrupp.



Figura 3 – Empresas-Âncora

Fonte: SEBRAE-RJ, 2006

Contudo, esta intensa atividade econômica não é sinônimo de prosperidade social, bem-estar e qualidade de vida. Contraditoriamente, manifesta-se cada vez mais na constatação de que o ambiente natural está gradualmente sendo desequilibrado. A mortandade de peixes no rio Paraíba do Sul tornou-se constante tal como os sucessivos incidentes de poluição atmosférica, liberando resíduos minerais ou químicos, com variados índices de toxicidade.

A contaminação do solo e lençóis freáticos e a intensificação do fluxo de insumos perigosos em zonas urbanas representam riscos silenciosos e nem sempre percebidos no cotidiano da população local.

A concentração das atividades industriais, orbitando grande parte delas no *bussines* metal-mecânico, potencializa os danos, uma vez que os resíduos gerados são acumulados em grandes volumes. Como consequência exigem soluções mais onerosas (financeiramente) à sociedade e às empresas, métodos mais robustos e, por conseguinte, de maiores interferências ambientais para seu processamento, de modo a fazer com que esses resíduos fiquem dentro dos limites de toxicidade tolerados pelas agências públicas do meio ambiente.

Além desses fatores ambientais, as condições sociais são igualmente perturbadas e alteradas. Inicialmente, destaca-se o fato de que a elevada dependência econômica da região, no que diz respeito às empresas deste APL, submete essa mesma região a oscilações na estabilidade econômica e índice de empregos. Como grande parte das empresas atua no mercado automobilístico ou no mercado de aço (é pertinente atentar que ambos os mercados se relacionam), é normal que alterações nas necessidades de demanda dos produtos causem transtornos sociais, afetando os níveis de desemprego e a atividade comercial.

Essa excessiva dependência econômica da sociedade a segmentos industriais específicos gera circunstâncias desfavoráveis ao desenvolvimento de outras atividades, cerceando o aprimoramento de diferentes habilidades, potenciais humanos, oportunidades de negócios e demais maneiras de evolução do conhecimento.

Ao confrontar-se com o cenário descrito nos parágrafos que até aqui precederam, a sociedade industrial deve ser levada a crer na emergência da busca de novas concepções de produção e organização; a bem da verdade, deve ser submetida a uma mudança de postura, desenvolvimento e percepção.

Estimular um pensamento crítico e delinear caminhos a serem trilhados em busca (ou em nome) desta “nova percepção” é o motivador deste trabalho. Neste escopo buscar-se-á descrever as premissas de um novo paradigma industrial que contemple uma visão “orgânica” dos processos fabris e arranjos produtivos, revelando abordagens conceituais capazes de estender os conceitos de vida, organização de biosistemas e autopoiese às atividades industriais. Com isso, espera-se lançar os fundamentos de modo a estimular a formação daquilo que Capra (2005) denomina agrupamentos ecológicos industriais e é descrito pela rede Paranaense de Projetos em Desenvolvimento Sustentável (grupo TELUS) como dos *Biosistemas Integrados* (TELUS, 2009).

Nesses agrupamentos ecológicos industriais, as empresas que os compõem atuam conjuntamente – de modo análogo a um ecossistema. Desta forma, toda decisão tomada no âmbito de cada empresa deve sempre considerar seus efeitos nas demais organizações – bem como as consequências para a rede como um todo. As eficiências que podem ser obtidas localmente devem ser contrapostas às possíveis ineficiências geradas no processo que engloba todas as empresas.

É com tal pensamento que o modelo produtivo será redefinido. Todo e qualquer resíduo ou insumo proveniente ou necessário ao processo produtivo – ou, de modo mais abrangente, toda matéria que circula no interior destes agrupamentos – deve ser gerado e consumido ininterrupta e cíclicamente, com força motriz advinda de energias limpas.

Empresas assim organizadas se preocupariam inicialmente com o tipo e a procedência de suas matérias-primas e demais insumos, de modo a optarem

sempre por elementos dos quais seja mais fácil extrair recursos – com o mínimo de energia e gerando o mínimo de resíduos.

Para se atingir este nível de organização, é condição necessária que o conceito de eficiência seja revisto ou redefinido e que o desperdício oculto sob o nome de *resíduo* seja contabilizado nas avaliações que as empresas fazem de seus processos. O conceito que será abordado de modo a contemplar esta afirmativa será o de *ecoeficiência*. Por meio dele é possível apreciar uma empresa além de seus demonstrativos convencionais de produtividade. Nele, a geração de resíduo e o modelo de destinação (reúso, reciclagem ou reprocessamento) afetam significativamente os resultados financeiros e gerenciais. Isso dará origem à capacidade de atribuir valores aos recursos naturais e energéticos disponíveis, bem como aos danos causados pelas empresas a estes mesmos recursos.

Outro aspecto é que os resíduos devem abastecer processos subsequentes, paralelos ou de outras empresas, de modo que sejam completamente reintegrados a novos ciclos produtivos ou à natureza – sem carregar em si um potencial de risco para o ambiente ou à presença humana.

Isto faria com que os problemas advindos da concentração física das empresas e a demasiada especialização das atividades industriais não mais existissem. As empresas, por necessariamente precisarem processar, ou garantir que sejam processados, seus resíduos, automaticamente e de maneira gradual, seriam induzidas a atuarem em segmentos diferentes, abrangendo diversas indústrias.

Esta diversificação atenuará também os empecilhos descritos sobre o fomento de conhecimento nas empresas. Uma vez que se diferentes empresas atuem em inúmeros segmentos industriais, é de se supor que as competências necessárias a cada atividade sejam conseqüentemente desenvolvidas. Outro ponto favorável é o acréscimo de troca de informações e conhecimento entre as empresas. Aquelas que atuam conjuntamente, que consomem materiais advindos de processos fabris de outras firmas necessitam, obrigatoriamente, ter um contato mais estreito, o que

facilita e incentiva a troca de experiências, o fluxo de pessoas e a superação das barreiras à circulação de ideias.

O modelo industrial proposto e discutido por este trabalho certamente tem a capacidade e o potencial de amortizar a constante pressão que as atividades econômicas têm feito sobre o meio ambiente, permitindo um convívio mais harmonioso entre desenvolvimento e natureza – sem contemplar privações materiais ou ascetismo.

É com este sentimento de urgência e com o objetivo de dar, ao menos, tímidos passos na direção desta nova percepção, que este trabalho foi desenvolvido. Por isso, ao longo do **capítulo 2** são analisadas as concepções de vida e é estudada a relação entre rede, auto-organização e vida no conceito de *autopoiese*. Em seguida, as organizações empresariais são estudadas com esta ótica *autopoiética*, o que leva a verificar a função do conhecimento nas redes de organizações e empresas. Feito isso, se tem base para entender os conceitos que relacionam a sociedade industrial e o ecossistema no qual se insere. A seguir, será visto como a visão de eficiência pode ser mudada. Para tal, no **capítulo 3**, serão analisados e listados os insumos gerados por uma empresa estudada mediante a confrontação com sua produção industrial. Ao descrever a tratativa atual para a destinação de resíduos, com auxílio de um *software* capaz de dinamizar essas redes *autopoiéticas* formadas pelas empresas, surgem as evidências das “ecoineficiências”. No **capítulo 4** analisa-se a intersecção dos resíduos gerados por um conjunto de empresas similares do APL e destacam-se as potencialidades de ganhos caso seja implementada uma visão sistêmica que utilize os conceitos estudados de agrupamentos ecológicos industriais. Os desdobramentos conceituais e possibilidades de reestruturação do modelo industrial são abordados no **capítulo 5**, sendo este (questionar o modelo industrial existente e demonstrar oportunidades de reformulação do mesmo) o principal motivador deste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 VISÃO MACRO

À medida que se defronta com problemas cotidianos, sejam pessoais ou relativos à cidade onde se habita, ao trânsito ou ao mundo corporativo, o pensamento conflui a um emaranhado de causas e efeitos: soma-se e confunde-se, alimentando uma cadeia de acontecimentos, ou melhor, uma rede de eventos inter-relacionados em circuitos retroativos e/ou contraditórios.

Ao buscar solucionar cada um desses problemas individualmente, de modo excludente e com medidas pontuais, estar-se-ia, na linguagem de Capra (2007), utilizando uma visão de mundo obsoleta, proveniente de uma verdadeira crise de percepção.

Uma profunda reforma de pensamento precisa ser feita a fim de possibilitar que os problemas contemporâneos sejam vistos não como eventos espasmódicos, mas sim como constituintes de uma ampla *rede* que afeta a vida humana e está intimamente relacionada a ela. Esta nova abordagem requer uma visão sistêmica, uma busca de soluções sustentáveis.

Ao se questionar a visão de mundo de sociedade industrial atual, as consequências sociais, econômicas e ecológicas¹ são instantâneas e estruturais. As organizações empresariais, a sociedade e o indivíduo precisam, neste novo enfoque, satisfazer suas necessidades, atingir suas metas sem, no entanto, colocar em risco a viabilidade de sobrevivência das gerações futuras. Ou seja, alcançar a sustentabilidade através da busca constante e obsessiva da eficiência (de produtos e de energia). Para isso, o primeiro passo a ser dado é entender a vida e suas singularidades.

¹ Entenda-se aqui “ecologia” como um conceito amplo, no qual está implícita a interdependência fundamental de todos os fenômenos, encaixados em processos cíclicos da natureza.

2.2 PERSPECTIVA BIOLÓGICA: VIDA, AUTOPOIESE E REDES

Inter-relacionamento, interferência mútua, interação, dinamismo, multiplicidade. A incongruência cada vez mais evidente de uma existência individual, isolada ou que se relacione segundo uma função unívoca com outra existência pode ser percebida pela relevância do estudo das diferentes formas de relacionamento que se fazem presentes nos novos equacionamentos que a ciência utiliza para descrever o universo.

É nesse sentido que a cibernética, segundo Magoroh Maruyama (1963), propõe a superação da casualidade linear, pois existiriam interações da causa e efeito em todos os fenômenos naturais. Ao mesmo tempo, a teoria do caos determinístico apregoa que pormenores insignificantes podem, em um futuro mais ou menos distante, desempenhar um papel significativo para todo o sistema (PRIGOGINE e STENGERS, 1992).

Esses são conceitos que compõem o que Capra (2004) denomina de *concepção sistêmica*. Para ele, o termo significa a formulação gradual de uma rede de conceitos e modelos interligados que ultrapassam as distinções disciplinares convencionais para descrever diferentes aspectos da estrutura inter-relacionada e de múltiplos níveis da realidade.

Nessa linha, embora seja possível discernir partes individuais em qualquer sistema, a natureza do todo será sempre diferente da mera soma das partes, pois cada vez que se analisa isoladamente um elemento, as propriedades sistêmicas serão destruídas. O pensamento sistêmico diz respeito ao processo; a forma torna-se associada ao processo, a inter-relação à interação, e os opostos são unificados através da oscilação. As relações são mais enfatizadas do que as entidades isoladas e inerentemente dinâmicas (CAPRA, 2004). Além de reconhecer os vínculos causais subjacentes, este enfoque também aponta meios de transformar os desafios em oportunidades, buscando resolver ou contornar os problemas com os quais se depara, de modo a solucionar muitos outros simultaneamente, (HAWKEN; LOVINS e LOVINS, 2007).

Esta visão, contudo, não é consenso acadêmico. Robert Lillienfeld *apud* Capra (2007) indica que não há evidências de que a teoria sistêmica tenha sido utilizada para se obter a solução de qualquer problema substancial. Para ele, esta teoria exhibe uma fascinação por definições vagamente moralizantes.

O avanço na compreensão dos seres vivos como sistemas termodinâmicos abertos energeticamente e organizacionalmente fechados, além dos modelos cibernéticos que descrevem processos neurais, fornece embasamento para que as afirmações de Robert Lillienfel sejam questionadas. Conforme assertiva de Capra (2005), é a partir da década iniciada em 1980 que o desenvolvimento matemático dos modelos sistêmicos ganha contornos de uma teoria consistente, com uma matemática apropriada, emergida do aumento da capacidade de processamento dos computadores.

Assim, percebendo a onipresença das redes nas diferentes configurações de relacionamento e expandindo o pensamento em rede para a biologia, Capra (2000) diz que “onde quer que encontremos sistemas vivos – organismos, partes de organismos ou comunidades de organismos – podemos observar que seus componentes estão arranjados à maneira em rede.”

Este arranjo em rede inerente ao mundo biológico possui uma série de peculiaridades, caracterizando aquilo que se define como *autopoiese*.

2.2.1 AUTOPOIESE

“É pela organização, e não pela matéria, que a vida se diferencia do mundo físico-químico” (MORIN, 2001). Com estas palavras, Edgar Morin defende que a complexidade de relações é o grande diferencial daquilo que se define como “vivo”. Foerster *apud* Nonaka e Takeuchi (1997) diz que sistemas auto-organizados podem aumentar sua habilidade de sobreviver, introduzindo propositalmente não linearidades dentro de si.

A ideia de estruturas vivas que se relacionam de modo complexo (consigo mesmas e com o ambiente) leva ao conceito de *autopoiese*. Segundo Bauer (1999), este conceito expressaria a capacidade autônoma da vida de conduzir sua própria preservação e desenvolvimento, além de se autoproduzir.

Vale ressaltar o que pensam os criadores da ideia da rede que se denomina *autopoiese*, Maturana e Varela (1997):

Um ser vivo ocorre e consiste na dinâmica de realização de uma rede de transformações e de produções moleculares, de maneira tal que todas as moléculas produzidas e transformadas no operar dessa rede fazem parte da rede.

[O ser vivo trata-se de] uma dinâmica molecular, um processo que acontece como unidade separada e singular como resultado do operar e no operar. Das diferentes classes de moléculas que o compõem, em um *interjogo* de interações e relações de proximidade, especificando-o como uma rede fechada de câmbios e sínteses moleculares, produzindo as mesmas classes de moléculas que a constituem, configurando uma dinâmica que especifica em cada instante seus limites e extensão (MATURANA e VARELA, 1997).

Para os citados autores o que é vivo gera a si mesmo, em um processo determinístico². Interessante notar que eles acreditam não haver limite natural para o sistema vivo³, sendo o sistema autônomo capaz de especificar sua própria normatividade e correspondentemente o que lhe é próprio. Contudo, autonomia aqui não se trata de liberdade absoluta⁴, mas sim, conforme cita Morin (2001), de algo que depende de seu meio ambiente (seja ele biológico, social ou cultural). A autonomia somente seria possível em termos relativos, pois o sistema necessita de energias externas tal quanto de informações.

² Entendendo determinismo como o pensamento segundo o qual todos os fenômenos estão ligados entre si de maneira rígida e permanente.

³ A "inexistência" de um limite físico para a "vida" está no centro daquilo que será chamado mais adiante de novo paradigma da sociedade industrial.

⁴ Em Capra (2004), vemos que do ponto de vista sistêmico, determinismo e liberdade são conceitos relativos. Na medida em que um sistema é autônomo em relação ao seu meio ambiente, ele é livre; na medida em que depender dele, através de interação contínua, sua atividade será modelada por influências ambientais. A relativa autonomia dos organismos geralmente aumenta com sua complexidade, e atinge o auge nos seres humanos.

A visão *autopoiética*, porém, não é unanimidade. Breidbach e Linke *apud* Mutschler (2008) divergem da *autopoiese* por considerar sua descrição incompreensível que formula uma tipologia, figurando uma generalidade, sem a concretizar. Na visão dos autores, a *autopoiese* seria concebida tão genericamente que poderia ser aplicada do modo trivial a tudo, sem nenhuma lei matemática que pudesse ser específica, tratando-se de metafísica disfarçada.

Contudo, uma descrição matemática da *autopoiese* somente se tornou possível nas últimas décadas, como consequência do avanço de conceitos e técnicas para se lidar com a enorme complexidade de relações. Esta nova matemática denomina-se *teoria dos sistemas dinâmicos* e permite modelar conceitos auto-organizados – apesar da interconexão não-linear característica das redes. Sendo tão qualitativa quanto quantitativa, a teoria dos sistemas dinâmicos incorpora a mudança de ênfase característica do pensamento sistêmico (CAPRA, 2000).

Alinhado à posição de Capra descrita anteriormente, este trabalho posiciona-se favoravelmente aos conceitos da *autopoiese* para entender e chegar a compreender⁵ as relações entre as organizações. Sendo assim, o primeiro tipo de organização *autopoiética* que pode ser descrito é aquele que caracteriza a vida. Capra (2004) descreve o organismo vivo desta perspectiva:

Um organismo vivo é um sistema auto-organizador, o que significa que sua ordem em estrutura e função não é imposta pelo meio ambiente, mas estabelecida pelo próprio sistema. Os sistemas auto-organizadores exibem um certo grau de autonomia; por exemplo, eles tendem a estabelecer seu tamanho de acordo com princípios internos de organização, independentemente de influências ambientais. Isso não significa que os sistemas vivos estejam isolados do seu meio ambiente; pelo contrário, interagem continuamente com ele, mas essa interação não determina sua organização. Os dois principais fenômenos dinâmicos da auto-organização são a auto-renovação — a capacidade dos sistemas vivos de renovar e

⁵ Talvez se faça necessário deixar claro aqui o que é, na visão do autor deste trabalho, “entender” e “compreender”. No conceito de Morin (2001), explicar é considerar o objeto do conhecimento apenas um objeto e aplicar-lhe todos meios de elucidação, tratando-se de conhecer a causalidade mecânica e/ou determinista. Compreender comporta um processo de identificação e de projeção de sujeito a sujeito, sendo sempre intersubjetiva.

reciclar continuamente seus componentes, sem deixar de manter a integridade de sua estrutura global — e a autotranscendência — a capacidade de se dirigir criativamente para além das fronteiras físicas e mentais nos processos de aprendizagem, desenvolvimento e evolução. (CAPRA, 2004)

A explicação anterior evidencia que “aquilo que é vivo” se apresenta como um sistema termodinâmico aberto, ou seja, faz uso de um fluxo contínuo de energia e matéria com o ambiente a fim de recompor e restaurar suas estruturas na mesma medida em que elas decaem. Na palavra de Lynn Margulis *apud* Capra (2005), tudo que é vivo tem uma relação automática com outro ser, deixando vaziar alguma coisa que será comido por outro ser⁶. Contudo, trata-se de um sistema aberto que se conserva longe do equilíbrio, porém estável no sentido que, apesar do fluxo e das mudanças constantes de seus componentes, a mesma estrutura global se conserva. A ordem surge, então, espontaneamente em pontos críticos e a isso denominamos **auto-organização**⁷.

Indo além, um aspecto adicional dos sistemas auto-organizados é a **autorrenovação**. Esta propriedade permite ao sistema substituir periodicamente os componentes a ele intrínsecos, que o constitui, porém de tal forma que o padrão geral do sistema seja preservado. A capacidade de autorrenovação persiste em uma grande variedade de circunstâncias, incluindo a mudança de condições ambientais e muitas espécies de interferência.

Outra importante característica dos sistemas vivos é indicada por Capra (2000) como o fato de sua organização *autopoiética* incluir obrigatoriamente a criação de uma **fronteira** que especifica o domínio das operações da rede e define o sistema como uma unidade.

⁶ É com base neste conceito/propriedade de que “tudo que é vivo” que este trabalho buscou demonstrar as inconsistências entre a ecoeficiência e eficiência no caso estudado da EMPRESA A.

⁷ Isso sempre ocorre em estruturas dissipativas, nas quais, quando um fluxo de energia aumenta, o sistema pode chegar a um ponto de instabilidade denominado ponto de bifurcação. É nesse ponto que surgem as novas formas de ordem. É este o sentido de auto-organização.

Convém aqui identificar essas **fronteiras** quando o objeto de estudo é uma empresa. As empresas alteram constantemente suas fronteiras e podem conquistar mercado através da ampliação das mesmas. As principais fronteiras são:

ESCALA - associada à capacidade de produção, sendo geralmente medida em termos de produção por unidade de tempo. É caracterizada pela consolidação horizontal e crescimento da empresa;

ESFERA – refere-se à variedade de produtos da empresa e é representada pela consolidação lateral e diversificação da empresa;

EXTENSÃO – diz respeito ao número de estágios verticais de produção, distribuição e marketing que são empreendidos pela empresa, associada à sequência de produção, consolidação vertical e integração vertical;

VELOCIDADE – Relaciona-se com o ritmo de inovação, consolidação dinâmica e inovação acelerada.

Independentemente de se fazer uma análise de um ser vivo ou de organizações, instituições e empresas (OIEs), estas três características (auto-organização, autorrenovação e fronteira) só adquirem sentido pleno quando estruturadas em um formato típico: redes. Portanto, uma **rede** de “indivíduos” **auto-organizados** e dotados de **autorrenovação** é capaz de manter uma identidade individual. Tal fenômeno deve-se a uma **fronteira** que diferencie **rede** de *ambiente* – contudo sem esquecer que a referida rede é profundamente integrada ao ambiente, por intermédio de troca de energia, matéria e informação – caracterizando-a como “viva”.

2.2.2 AS REDES E A VIDA

Segundo Capra (2000), o universo material pode ser visto como uma teia dinâmica de eventos inter-relacionados sendo que nenhuma de suas propriedades seria fundamental individualmente. Todas elas resultam das propriedades das outras

partes, no sentido de que a consistência destas inter-relações determina a estrutura de toda a teia.

Isso pode ser percebido pela dinâmica descrita por Lovelock *apud* CAPRA (2000), ao descobrir que o fato de todos os seres vivos extraírem do ambiente energia e matéria e descartarem para o meio externo produtos residuais é a mais geral das características da vida que ele pode identificar.

De modo complementar, Bauer (1999) afirma que, do ponto de vista *autopoiético*, ambiente e sistema forjam-se mutuamente. Desta forma, não seriam as organizações que evoluem, o que evoluiria seria o padrão de relacionamento nas redes.

Assim, chega-se a um conceito de rede bastante simples: um conjunto de nós interconectados (CASTELLS, 2000). As redes são estruturas abertas capazes de expandir de forma ilimitada, integrando sucessivamente novos nós desde que estes nós consigam comunicar-se dentro da rede (ou seja, compartilhem os mesmos códigos de comunicação como, signos, símbolos, valores ou objetivos de desempenho). Uma estrutura social com base em redes é um sistema aberto, altamente dinâmico e suscetível no qual é possível o surgimento de inovação sem que isso ameace seu equilíbrio.

O conceito de rede está no centro da dinâmica da vida, representando o entrelaçamento e a interdependência de todos os fenômenos que sustentam a vida. Utiliza-se modelos de redes em todos os níveis dos sistemas, considerando os organismos como redes de células e órgãos, assim como ecossistema é visto como uma rede de organismos individuais (CAPRA, 2000).

Na visão de Capra (2000), a concepção de sistemas vivos como redes fornece uma nova perspectiva sobre as chamadas hierarquias da natureza. Sob esta ótica, deve-se visualizar a teia da vida como sistemas vivos que interagem com outros sistemas (redes dentro de redes).

Em uma organização em rede, Capra (2004) vê que há uma dimensão ótima para cada estrutura, organização e instituição, e a maximização de qualquer variável (lucro, eficiência) destruirá inevitavelmente o sistema maior. Em segundo lugar, quanto mais uma economia se baseia na reciclagem contínua de seus recursos naturais, mais está em harmonia com a vida.

De acordo com a concepção sistêmica, uma organização, como qualquer sistema vivo, será saudável se estiver num estado de equilíbrio dinâmico, caracterizado por flutuações contínuas de suas variáveis. Para realizar e manter seu sistema econômico saudável, é crucial preservar a flexibilidade ecológica do meio ambiente natural, assim como criar a flexibilidade social necessária à adaptação a mudanças ambientais.

Como consequência da dinâmica das “redes dentro das redes” – e impulsionada pelo avanço nas tecnologias de informação e comunicação (TICs) – a própria sociedade contemporânea pode ser encarada como uma imensa rede. Para Castells (2000), a revolução da tecnologia da informação e a reestruturação da economia e do capitalismo introduziram uma nova forma de sociedade: a sociedade em rede.

É fácil perceber que dimensões básicas como tempo e espaço estão sendo desconstruídas, e a interação (seja ela local, regional ou global) descreve um mundo globalizado no qual todos os processos se somam, originando um todo complexo e interdependente que acontece em tempo real no planeta inteiro.

O sucessivo incremento de importância dado às redes no mundo pós-moderno questiona conceitos tradicionais e até então encarados como pilares da sociedade contemporânea – como o individualismo e as relações de poder. É com este pensamento que se buscou entender as empresas como entes vivos e com imensa potencialidade de atuarem em redes.

2.3 VIDA NAS ORGANIZAÇÕES, INSTITUIÇÕES E EMPRESAS (OIEs)

Maturana e Varela (2001) propõem que o conceito de *autopoiese* restrinja-se à aplicação em redes celulares. Em contrapartida, Luhmann *apud*. Capra (2005) afirma que a autopoiese pode ser aplicada a sistemas sociais. No centro da teoria de Luhmann encontra-se a comunicação. Para ele, as redes sociais **autopoéticas** utilizam a comunicação que cria pensamentos e significados que, por sua vez, dão origem a outra comunicação.

Caso se imagine que a sociedade como um todo tem se configurado, cada vez mais, em forma de rede, será possível perceber que a revolução da comunicação deu origem a uma nova economia e formas de relacionamento, baseadas na informação. Essas **redes sociais** emergiram tanto dentro quanto fora das organizações empresariais e são capazes de se reconstruírem periodicamente à medida que as pessoas que as formam assumem compromissos mútuos, rotinas comuns e conhecimentos e regras tácitas de conduta e comportamento⁸.

É no interior das redes (nas empresas) que fluem informação e conhecimento, e é dentro delas que os indivíduos estão aptos a integrar e potencializar suas ações. Cereja (2006) considera que as organizações do conhecimento se entendem como uma comunidade humana integrada, na qual o conhecimento coletivo representa vantagem competitiva. Para ele, é nas redes que se torna possível desenvolver tais competências e fomentar o surgimento de fluxos de informação.

Desta abordagem emerge a conclusão de que as organizações comportam-se como seres vivos: constituem-se internamente, desenvolvem suas fronteiras e comunicam-se com o ambiente por meio de trocas energéticas e informacionais.

Tal como um ser vivo, toda organização precisa efetuar trocas de insumos e informações com demais instituições externas a si. Desta maneira, a eficiência

⁸ Este tipo de rede social é específico. Trata-se de uma Comunidade de Prática (CP). Para Etienne Wenger, as CPs estão em toda parte, nos grupos familiares, escolares e nas organizações empresariais, sempre que participamos de um grupo com o qual dividimos atividades comuns, ideias e valores, integramos uma CP. (Wenger, 1999).

máxima de uma organização só tem sentido se vier acompanhada de similar eficiência no ambiente.

As organizações cada vez mais necessitam desenvolver competências que as tornem aptas a permanecerem “vivas” no mercado. Para tanto, a era industrial, tal como é atualmente concebida, vai ficando para trás e novas formas de gestão, organização e arranjo espacial fazem-se necessárias. Esta nova dinâmica pautar-se-á por aquilo que mantém as empresas vivas, ou seja, precisam focar sua autorrenovação, auto-organização e os fluxos de “alimentos” entre seu interior e o meio ambiente, ou seja, insumos materiais, energia e informação.

2.3.1 FLUXO DE CONHECIMENTO NAS ORGANIZAÇÕES VIVAS

Se para Luhmann *apud*. Capra (2005) a autopoiese pode ser aplicada a sistemas sociais, nos quais a comunicação assume o papel central, criando pensamentos, significados e, conseqüentemente conhecimento, torna-se conveniente abordar como este último é entendido nas organizações, instituições e empresas (OIEs).

As organizações tradicionais estão organizadas, tanto do ponto de vista organizacional como no que se refere à sua forma de gestão de competências, sob o égide do comando e controle. Esta forma administrativa foi herdada da hierarquia militar do século passado. Nesse tipo de empresa, escalões gerenciais inteiros existem somente para obter dados e controlá-los – e não para produzir conhecimento.

Nonaka e Takeuchi (1997) posicionam-se no sentido de ver toda organização criadora de conhecimento representada por um sistema autopoietico. Nas OIEs, tanto indivíduos autônomos quanto grupos estabelecem as fronteiras de suas atividades e tarefas por conta própria, a fim de buscar a meta definitiva expressa na mais elevada intenção da organização. Além disso, ao adotar uma atitude aberta em relação aos sinais do ambiente externo, podem explorar a ambigüidade, a redundância ou os ruídos destes sinais para aprimorar seu próprio sistema de

conhecimento, tornando-se mais eficiente e rápida as respostas aos estímulos vindos do ambiente, o que é fundamental para sua sobrevivência.

Nas organizações vivas, o conhecimento emerge como um agente transformador, a partir das redes de comunicação na sociedade. Sendo assim, requer estratégias, ferramentas e técnicas de gestão, entendendo gestão não apenas como controle – e sim, como a capacidade de administrar relações (CEREJA, 2006).

No que se refere à gestão, faz-se útil descrever como isso aconteceria em organizações baseadas em conhecimento, pois informação é dado investido de relevância e propósito (DRUCKER, 1988). Contudo, a maioria das organizações ainda utiliza a tecnologia de informação apenas para acelerar aquilo que sempre fizeram, sem romper suas metodologias, seus paradigmas estruturais. É importante que as empresas iniciem a transição de suas estruturas para colocar no cerne de suas ações o processo de análise e diagnóstico, isto é, geração de informação e conhecimento.

Tal como nos processos “vivos”, nas organizações baseadas em informações, o conhecimento se situará, sobretudo, na base, na mente dos especialistas que executam as várias tarefas e gerenciam-se a si próprios (DRUCKER, 1988). Os departamentos funcionarão mais como áreas de exportação de especialistas e de elaboração de normas do que como o local onde o trabalho é executado.

Para a eclosão desta nova visão das OIEs, é prioritário que as tecnologias de informação sejam utilizadas para medir o que está acontecendo e não apenas o que já aconteceu, pois os problemas não detectados e não resolvidos geram desperdícios⁹. Pensando assim, o próximo passo é dado rumo à inteligência distribuída, ou seja, aos sistemas auto-organizados de todo o tipo, que caracteriza o mundo natural, (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007).

⁹ Considera-se aqui (e ao longo deste trabalho) desperdício como sendo qualquer atividade humana que absorve recursos sem criar valor, sendo esta a definição de Taiichi Ohno, criador do sistema Toyota de produção.

O modelo industrial atual utiliza um sistema de comando e controle hierárquico, no qual há um chefe que diz a todos o que fazer e impõe o cumprimento dos comandos por intermédio de níveis de autoridade. Contrariamente, a inteligência distribuída (com base nos sistemas auto-organizados) faz uso de inúmeros “tomadores de decisão” descentralizados, que interpretam os fatos conforme regras anteriormente compartilhadas, colaboram e aprendem, influenciando o comportamento coletivo mediante a soma das diversas decisões locais¹⁰. Esta “inteligência distribuída” é consequência de um alto grau de gestão do conhecimento.

Está claro que o diferencial da empresa que se destaca pela criação de conhecimento é sua capacidade de gerenciar sistematicamente este processo. O próximo tópico inicia descrevendo os modelos de gestão de conhecimento e aprofunda-se naquele considerado o mais propício à sua criação.

2.4 GESTÃO DO CONHECIMENTO

Nos anos 1980 a indústria japonesa destacou-se ao seguir um caminho diferente daquele trilhado pela reengenharia ocidental, que orientava as organizações a centralizarem suas atenções ao posicionamento estratégico e controle de atividades. Alternativamente, as empresas nipônicas, segundo Nonaka e Takeuchi (1997), voltaram-se para a criação do conhecimento organizacional como forma de romper com o passado e ingressar em territórios de oportunidade novos e nunca antes testados.

Essas empresas preteriram a competição em preço e objetivaram a inovação como um diferencial competitivo, através do aperfeiçoamento e melhorias contínuas:

Primeiro penetraram no mercado externo com carros baratos, compactos e de boa qualidade e competiram com base nos baixos custos de mão-de-obra. No entanto, mesmo quando persistiam suas vantagens com o custo de mão-de-obra, as empresas japonesas estavam se aperfeiçoando.

¹⁰ Este mecanismo guarda profundas semelhanças com os princípios de regulação ecológicos e serão abordados adiante no item Entendendo a atividade industrial como um metabolismo.

Investiram maciçamente na construção de fábricas modernas para obter economias de escala. Depois, tornaram-se inovadoras em tecnologias de processos, pioneiras na produção just-in-time e diversas outras práticas da qualidade e produtividade. (PORTER *apud* NONAKA e TAKEUCHI,1997).

Para Nonaka e Takeuchi (1997), o modelo mais adequado à criação do conhecimento é radicalmente diferente dos modelos gerenciais tradicionais (*top-down* e *bottom-up*).

O modelo ***top-down*** é adequado para lidar com o conhecimento explícito¹¹ e está intimamente relacionado à tradição de administração científica de Taylor. Ele carrega uma premissa implícita de que apenas os altos gerentes são capazes de gerar conhecimento. Neste modelo, as informações simples e selecionadas sobem a pirâmide até os executivos, que as usam para gerar planos e ordens que descem a hierarquia até chegar à média gerência em forma de condições operacionais. Estas, por sua vez, serão traduzidas em tarefas e rotinas para os funcionários da linha-de-frente. Os conceitos gerados pela alta gerência são isentos de ambiguidade ou equívocos, sendo estritamente funcionais e pragmáticos.

O formato ***bottom-up*** é plano e horizontal e atua principalmente no conhecimento tácito. Em lugar da hierarquia e da divisão de trabalho, este modelo contempla a autonomia, a partir da qual o conhecimento é gerado principalmente na base da pirâmide. Os altos gerentes atuam como patrocinadores dos funcionários da linha-de-frente, dando poucas ordens e instruções. Estes funcionários atuam de modo independente e isolado, fazendo com que a autonomia, e não a interação, seja o princípio-chave operacional. O conhecimento é formado a partir de indivíduos – e não de grupos.

Nonaka e Takeuchi (1997) defendem que ambos os processos (*top-down* e *bottom-up*) não são eficientes na conversão do conhecimento. Isso se deve principalmente ao fato de que a criação do conhecimento organizacional é muito mais eficiente e

¹¹ Os conceitos de conhecimento explícito e tácito serão apresentados a seguir, mas pode-se adiantar como sendo um conhecimento visível, mensurável e estruturado (explícito) e um conhecimento pessoal ou cultural, velado e, ao mesmo tempo, sempre presente nas tomadas de decisões e ações (tácito).

produtiva quando intensiva em nível coletivo. Esta atividade coletiva é raridade na intensa hierarquia do modelo *top-down* – tal como na autonomia individual do *bottom-up*. Para contornar estes problemas, os autores propõem um processo que denominaram *middle-up-down*.

Tal processo coloca a média gerência no centro da gestão do conhecimento, vendo-a como a chave da inovação contínua, envolvendo tanto a alta gerência como os funcionários da linha-de-frente. Os gerentes de nível médio devem fornecer a seus subordinados a estrutura conceitual que os ajudará a conferir sentido às suas próprias experiências.

No modelo *middle-up-down* a alta gerência cria uma visão, ao passo que a gerência média desenvolve conceitos mais concretos que os funcionários da linha-de-frente possam implementar. Pode-se encontrá-lo no cerne das empresas criativas, preocupadas em gerenciar seus negócios como partes integrantes de uma economia cada vez mais comprometida com o custo dos conhecimentos envolvidos na produção de um determinado bem do que com seu o custo material.

Na mesma linha de pensamento, Peter Drucker (1994) inaugurou o termo *sociedade do conhecimento*, argumentando que o conhecimento não é apenas mais um recurso importante ao lado dos tradicionais fatores de produção (terra, trabalho e capital)¹², e sim o recurso mais significativo. É justamente este o fato que torna singular esta nova sociedade, a sociedade do conhecimento.

Vale atentar que a valorização do conhecimento como uma importante variável no setor produtivo e econômico nestas últimas décadas faz crer de que se trata de uma visão inédita. Porém, a ideia não é nova, pois Marshall (1982) já indicava que no século XIX o conhecimento representava o motor do progresso na economia. Contudo, foram Nonaka e Takeuchi (1997) que lançaram as bases teóricas do estudo da gestão do conhecimento e definiram esta nova visão como a responsável

¹² Esta dissertação, entretanto, prefere considerar o conhecimento não como um quarto fator de produção, mas sim como uma forma de manifestação do fator trabalho. Sendo assim, não basta o capital financeiro para que a organização assuma a postura de liderança em seu ambiente; é preciso competência em criar e gerir conhecimento, ou seja, capital de conhecimento.

pela capacidade de uma empresa de criar o novo, difundi-lo na organização como um todo e incorporá-lo a produtos, serviços e sistemas.

Nas palavras de Bukowitz e Williams (2002), gestão de conhecimento é o processo pelo qual a organização gera riqueza, a partir de seu capital intelectual, sendo este último definido como qualquer coisa que esteja contida nas pessoas, ou seja, derivada de processos, sistemas ou cultura organizacional.

O conhecimento é o acúmulo de experiências condensadas, valores, informações e *insight*, que Devenport e Prusak (1998) afirmam ter origem na mente dos “conhecedores”, sendo que, nas organizações, este conhecimento costuma estar embutido em documentos, rotinas, processos, práticas e normas organizacionais. Como as organizações são uma simbiose de “conhecedores” (funcionários, gerentes e parceiros) e os mesmos processos, rotinas etc. citados anteriormente, pode-se supor duas manifestações de conhecimento: um conhecimento visível, mensurável e estruturado (explícito) e um pessoal ou cultural, velado e, ao mesmo tempo, sempre presente nas tomadas de decisões e ações (tácito), (MICHAEL POLANYI *apud* NONAKA e TAKEUCHI 1997).

Esta classificação abrange certa dicotomia, uma vez que, simultaneamente, os conceitos de *tácito* e *explícito* se complementam e se opõem. Nonaka e Takeuchi (1997) criaram o modelo de espiral do conhecimento na qual o mecanismo de interdependência e complementaridade se elucida na Figura 4.

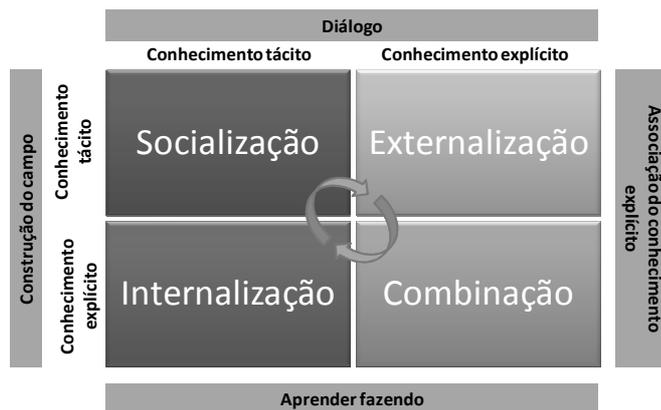


Figura 4 - Espiral do conhecimento

Fonte: adaptado de Nonaka e Takeuchi (1997)

Essa espiral retrata um modelo dinâmico, ancorado no pressuposto crítico de que o conhecimento humano é criado e expandido através da interação social entre o conhecimento tácito e o explícito (NONAKA e TAKEUCHI, 1997). Esta interação é denominada, ainda segundo os autores, como “conversão do conhecimento”, representada por um ciclo ininterrupto de transformação.

As etapas deste ciclo são:

- **Socialização** – Trata-se de um processo de compartilhamento de experiências, habilidades técnicas e modelos mentais. Ou seja, permite que estruturas de conhecimento sejam mantidas pelo grupo, a partir de uma fusão dos conhecimentos tácitos dos participantes. Para adquiri-los é imprescindível experiência, seja ela pessoal ou compartilhada (observada). Ou seja, é necessário algum tipo de treinamento prático, de modo a capturar o raciocínio de outro indivíduo. Este processo cria conhecimento compartilhado.
- **Externalização** – É a chave para a criação do conhecimento conceitual, uma vez que cria novos conceitos explícitos a partir do conhecimento tácito. Em outras palavras, é um processo de articulação do conhecimento tácito em explícito, geralmente expresso na forma de analogias, hipóteses, modelos, conceitos e metáforas, pois estas ferramentas permitem perceber ou entender

intuitivamente uma coisa imaginando outra simbolicamente. Depois de criados, estes conceitos devem ser modelados explicitamente, em linguagem sistemática e lógica coerente.

- **Combinação** – Envolve a combinação de conjuntos diferentes de conhecimento explícito, em um processo de sistematização de conceitos em um sistema de conhecimento. Ou seja, trata-se de um modo de combinar conceitos intermediários e os interligar a conceitos principais, a fim de gerar um novo significado para estes últimos, criando um conhecimento sistêmico¹³.
- **Internalização** – É o modo pelo qual o conhecimento explícito é incorporado ao tácito. Esta dinâmica se dá através de “revivenciar” as experiências passadas ou alheias, com utilização de documentos, manuais ou histórias orais, criando um modelo mental comum. Quando os membros de uma organização compartilham de tal modelo mental, o conhecimento tácito passa a fazer parte da cultura organizacional, reforçando e recriando o conhecimento operacional¹⁴. Este novo conhecimento internalizado precisará ser socializado com outros membros da organização, reiniciando assim o ciclo, em uma espiral de criação de conhecimento.

O fluxo da espiral inicia-se forçosamente na construção de um campo de interação onde as experiências e os modelos mentais são compartilhados. Em seguida, é utilizada a reflexão coletiva (diálogo) para *externalizar* o conhecimento tácito oculto, por meio de metáforas e analogias. O passo seguinte será provocar um modo de criação da combinação do conhecimento recém-criado com aquele já existente, proveniente de outras partes da organização. Finalmente, compartilhando experiências, o “aprender fazendo” acarretará na *internalização* do conhecimento.

¹³ É justamente este o conceito que se encontra por trás do experimento que ilustra esta dissertação. Ao se disponibilizar em uma rede os insumos e os produtos de cada empresa, estamos possibilitando que membros da rede utilizem conhecimentos pessoais ou restritos a cada organização para criar um novo conhecimento através da combinação.

¹⁴ A Internalização está intimamente ligada ao “learning by doing” na qual o aprendizado é fruto da experiência acumulada.

O grande desafio desta abordagem é justamente fazer com que o conhecimento seja continuamente criado e encontra respaldo no pensamento de Morin (2001). Este autor descreve que o conhecimento só pode ser considerado verdadeiramente conhecimento enquanto organizado, relacionado com as informações e inserido em um contexto. Ou seja, fazendo um paralelo com Nonaka e Takeuchi (1997), Morin faz alusão ao conhecimento sistêmico, retratado na etapa de **combinação** da espiral do conhecimento. Para ele (MORIN, 2001) a informação é a matéria-prima que precisa ser dominada pelo conhecimento, que, por sua vez, necessita ser revisado constantemente pelo pensamento, de modo que se configure no bem mais precioso do indivíduo e, conseqeentemente, da organização.

Alicerçado nos conceitos anteriores pode-se afirmar como sendo de extrema urgência que as empresas desenvolvam a capacidade de gerenciar suas competências de modo a captar/criar conhecimento. Para Nonaka e Takeuchi (1997), uma organização é mais propensa a ser flexível ao adquirir, interpretar e relacionar informações. Ser flexível neste contexto representa maior capacidade de adaptações às mudanças no ambiente, seja ele natural ou social. Esta assertiva faz-se ainda mais importante ao se constatar a necessidade iminente de uma reavaliação dos paradigmas da organização e entendimento da sociedade industrial, uma vez que as mudanças no ambiente parecem se acelerar pela própria atividade humana. É sobre os fundamentos desta nova forma de se encarar a relação entre OIEs e o ambiente que discorre o próximo capítulo.

2.5 CAPITALISMO NATURAL E RESÍDUOS

Como estudo-piloto, este trabalho propor-se-á a descrever as relações entre os resíduos e a produção de uma organização, bem como as interações existentes em um *pool* de empresas – causadas pelo fluxo de informação e conhecimento que há por entre suas fronteiras e o trânsito de material tal como em um imenso metabolismo.

Para isso é preciso entender as novas proposições que surgem com a singular situação alcançada pela sociedade industrial neste início de século. Pela primeira vez na história da sociedade industrial, os limites da prosperidade se devem à falta, não de recursos e engenhos criados pelo homem, mas de **Capital Natural**. À medida que este capital natural passa a ser um fator limitativo, a sociedade necessita não só conservar o estoque daquele que ainda existe como também aumentá-lo drasticamente, pois começa a perceber que as atividades econômicas outrora lucrativas não podem mais conduzir a um futuro próspero sem que seja revista sua maneira de lidar com esta nova forma de capital (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007).

A linha central desta abordagem guia-se pelos princípios descritos por Paul Hawken e o casal Lovins no livro *Natural Capitalism*. Este capital natural é resultado de milhares de anos de trabalho permanente – executado por milhares de espécies em complexa interação. Ele pode ser entendido como a soma de todos os sistemas ecológicos que sustentam a vida no planeta, diferenciando-se do capital feito pelo homem pela singularidade de não haver meios pelos quais o criar ou produzir ao longo da atividade humana, ou seja, é preciso que o próprio sistema no qual ele está contido se regenere, se auto-organize, pois este capital advém da vida, do ecossistema do planeta. Segundo estes autores, capitalismo natural pode ser descrito como uma nova forma de se entender e equacionar os dilemas econômicos e ambientais, com base em **quatro pilares**:

1. ***Aumento radical da produtividade dos recursos***

Acabando com o desperdício dos recursos humanos e naturais. Ou, nas palavras dos autores no prefácio do referido livro, “o elemento-chave desta teoria é a idéia de transferir a ênfase da produtividade humana para colocá-la sobre o aumento radical da produtividade dos recursos” (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007). Com esse uso mais efetivo dos recursos, grandes vantagens podem ser obtidas: desacelerar o esgotamento destes recursos e diminuir a poluição (uma vez que os *outputs* do processo são diretamente proporcionais aos *inputs*).

Nestes termos, aumentar a produtividade dos recursos representa obter de um mesmo produto/processo com o mesmo potencial (quantidade/utilidade/trabalho) – empregando menos material e/ou energia, ou seja, aumento de eficiência¹⁵. Conforme Schmidt-Bleek *et al.* (1997) *apud*. HAWKEN, LOVINS e LOVINS (2007), no espaço de uma geração, as nações podem decuplicar (multiplicar por 10) a eficiência com que empregam a energia, os recursos naturais e outros materiais.

Isso colaborará substancialmente para que a *rede* que envolve as OIEs e o meio exterior se beneficie, pois manifesta-se cada vez mais que a ineficiência maciça, causa da degradação do meio ambiente, quase sempre sai mais cara quando comparada às medidas capazes de revertê-la. Além disso, Ayres (1989) estima que a proporção de desperdício de produtos duráveis esteja em torno de 100 por 1, ou seja, apenas 1% do fluxo de material na produção destes bens resultem realmente em produtos destinados à atividade final.

2. ***Biomimetismo***

Busca eliminar a própria ideia de desperdício, por meio da redução do uso esbanjador de material. Isso pode ser obtido com o redesenho dos processos industriais em linhas biológicas, possibilitando a reciclagem constante de materiais que são continuamente reutilizados.

A sociedade industrial, além de ineficiente, como vimos no item anterior, organiza-se de modo que há necessidade de uma enorme quantidade de energia na forma de calor e funciona a altíssimas pressões, dependendo da indústria petroquímica e de intensificadores de material, além de grandes fluxos de produtos químicos tóxicos e perigosos. Tudo isso acaba por converter-se, ao final dos processos industriais, em poluição, chuva ácida,

¹⁵ Engenharia e economia possuem visões diferentes de “eficiência”. Assim, eficiência econômica refere-se ao modo pelo qual os mecanismos de mercado estão sendo controlados, a fim de minimizar o fator custo monetário total da produção, ou seja, é a relação do valor comercial de um produto e os custos de produção. Este trabalho adota definição diferente, oriunda da engenharia, na qual eficiência é a quantidade de *output* produzido por unidade de *input*.

efeito-estufa entre outros – que prejudicam o sistema ambiental, social e financeiro.

Para contornar este problema sugere-se pensar “metaindustrialmente”, visando construir parques industriais de “emissão zero”¹⁶, cujos inquilinos busquem formar um “ecossistema industrial” no qual uma empresa se alimenta dos resíduos não tóxicos e úteis de outra¹⁷.

3. ***Serviço e Fluxo***

Propõe um modelo no qual as empresas vendem a solução do problema e não os meios de se solucioná-lo, ou seja, em vez de uma economia de compra de bens, sugere-se uma economia de compra de serviços. Assim, quando o bem, que pertence sempre à empresa, deixa de cumprir a sua função, retorna à origem, sendo reprocessado para ser novamente utilizado, pois a meta da empresa seria vender resultados e não equipamentos.

Nessa perspectiva, uma empresa seria responsável por todo o ciclo de seu produto, o que forçaria a pensar nas possíveis formas de descartes do produto no momento de seu projeto. Assim como em um imenso metabolismo, as criações dos seres humanos, tal qual as da natureza, transformar-se-iam no “alimento” de sistemas interdependentes, retornando ao ciclo industrial ou biológico quando sua vida útil chegar ao fim.

4. ***Investimento no Capital Natural***

Consiste em não apenas reduzir o ritmo do consumo dos recursos ambientais, mas também em reinvestir na sua restauração. Este conceito não trata de ativismo ecológico gratuito e panfletário; justifica-se economicamente quando percebe-se que não é o abastecimento de petróleo ou cobre que começa a limitar nosso desenvolvimento, mas a própria vida. Exemplificando,

¹⁶Será introduzido mais adiante o conceito de *Emissions Research and Initiatives (ZERI)*

¹⁷ O projeto-piloto desta dissertação busca dar passos e contribuições nesta direção, aumentando o fluxo tanto de informação como de materiais entre os membros deste “condomínio ecológico”.

não é o número de pescadores que restringe a pesca e sim, a diminuição da quantidade de peixes (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007). Isso se justifica quando constata-se que, conforme estes autores, nos últimos trinta anos a humanidade consumiu um terço dos recursos da Terra.

Partindo-se da definição clássica de capital como a riqueza acumulada na forma de investimentos, fábricas, pessoas e equipamentos não é possível fazer funcionar uma indústria, pois faltam os insumos. Sendo assim, o sistema industrial utiliza estas formas de capital (humano, financeiro e manufaturado) para beneficiar um quarto tipo de capital, o capital natural. É este capital natural que será transformado nos bens a serem consumidos. Deste prisma, a humanidade é incapaz de “produzir bens”, restringindo-se tão somente a transformar capital natural em produtos.

Entretanto, caso se deseje planejar um sistema produtivo para que ele esteja apto e seja capaz de, em um futuro próximo, prover alimentação, transporte e demais insumos necessários ao bem-estar da humanidade, é essencial que sejam garantidos ao menos os níveis atuais de recursos *per capita*, o que equivale dizer ser imprescindível o aumento (em nível absoluto) do capital natural, tendo em vista as perspectivas de crescimento populacional projetado para a humanidade¹⁸.

Estes quatro princípios, quando atuam em conjunto, conduzem a um novo sistema industrial, com uma nova mentalidade exemplificada por:

- o meio ambiente não é um fator de produção¹⁹ como outro qualquer, mas sim aquele que abastece e sustenta o conjunto da economia;

¹⁸ Segundo o *Department of economic and social affairs* (ONU, 2008) (<http://esa.un.org/unpp>), a população do Brasil terá um acréscimo superior a 30% até 2050, se forem mantidas as atuais tendências das flutuações demográficas. Nos números relativos ao mundo, o aumento será superior a 40,5%, o que representará uma população de 9 bilhões de humanos espalhados pelo planeta.

¹⁹ Os fatores de produção clássicos são terra, trabalho e capital. Alguns novos autores advogam a adição do “conhecimento” como um quarto fator de produção, ao passo que outros preferem vê-lo como parte do capital (capital intelectual); contudo, certamente o capital natural deve ser contido no capital.

- os fatores limitadores do desenvolvimento econômico futuro são a indisponibilidade e a funcionalidade do capital natural, capital este que não possui substitutos;
- os sistemas de negócios e de crescimento mal projetados, bem como os padrões dissipadores de consumo, são as causas primárias da perda do capital natural;
- um dos caminhos para o emprego mais eficaz das pessoas, do dinheiro e do meio ambiente é o crescimento radical da **produtividade dos recursos**.

Esta nova mentalidade pode conduzir a conclusões que contradizem os paradigmas de medição e detecção de crescimento econômico. Uma vez que o capital natural é o fator gerador de transformações, como se pode definir, com base em índices como PIB²⁰, o grau de sucesso econômico? Segundo os princípios do capitalismo natural, é possível que uma localidade apresente forte atividade comercial e industrial, fazendo com que a economia clássica se mostre vigorosa – ao mesmo tempo em que seus recursos naturais se escasseiam, comprometendo sua sustentabilidade social e economia. No posicionamento de Abramovitz *apud* Hawken *et al.* (2007), um país pode esgotar seus recursos naturais, destruir todas suas florestas, erodir o solo, poluir os lençóis freáticos e exterminar os animais silvestres e, mesmo assim, sua renda nacional não ser afetada enquanto estes ativos estiverem desaparecendo – o que resulta em ganhos aparentes de renda e perdas permanentes de riquezas.

Isso leva a crer que a maximização do PIB não é um objetivo adequado da política, pois há uma enorme diferença entre a circulação de capital financeiro e a criação de bem-estar. Ao contrário do que argumentam alguns especialistas, é extremamente frágil a tese de que este mesmo crescimento econômico pode vir a encontrar soluções para os problemas por ele gerados (ROWE *apud*. HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007). Nas palavras de Halstead *et al.*,

²⁰ PIB (Produto Interno Bruto) é a soma de todos os serviços e bens produzidos em um período em uma determinada região. Expresso em valores monetários, ele visa ser um indicador da atividade econômica de uma região, representando o crescimento econômico. Contudo, vale ressaltar, seu cálculo não considera os insumos de produção. A fórmula para o cálculo do PIB de uma região é a seguinte: $PIB = C + I + G + X - M$, sendo C (consumo privado), I (investimentos totais feitos na região), G (gastos dos governos), X (exportações) e M (importações).

O PIB não passa de uma medida bruta da atividade do mercado, do dinheiro que troca de mãos. Ele não faz nenhuma diferença entre o desejável e o indesejável, entre despesas e ganhos. Ainda por cima, leva em conta apenas a porção da realidade que os economistas querem considerar: a parte envolvida nas transações monetárias. As funções econômicas decisivas realizadas nos setores domésticos e voluntário ficam totalmente excluídas. Em consequência, o PIB não só mascara o colapso da estrutura social e dos habitats naturais dos quais, em última instância, a economia – e a própria vida – dependem, como faz coisa pior: apresenta tal colapso como um ganho econômico (HALSTEAD, ROWE e COBB, 1995).

Neste modelo padrão industrial há a premissa de que a criação de valor baseia-se na sequência linear de extração, produção e distribuição. O fluxo teria a adição de matéria-prima à montante, sobre a qual o trabalho e a tecnologia processam a transformação, gerando resíduos e os “produtos” de interesse. Os resíduos, neste esquema, são destinados para algum lugar, e a este mesmo lugar serão destinados os “produtos” de interesse após seu uso.

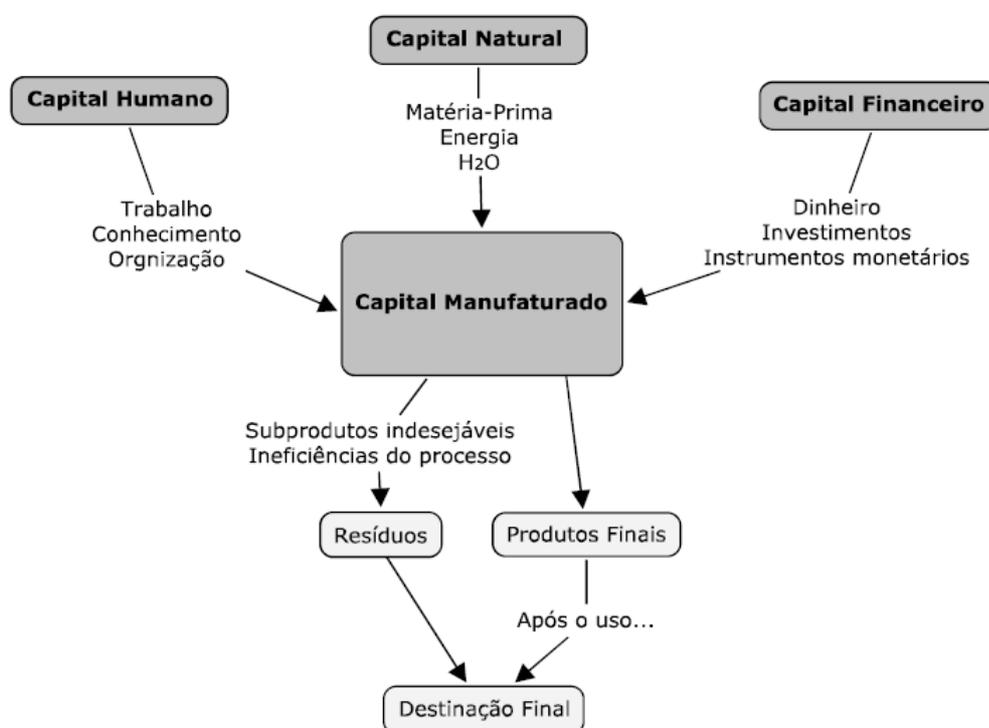


Figura 5 – Fluxo Industrial Clássico

Fonte: Elaboração Própria

A destinação final indicada na Figura 5 constantemente é ignorada pela economia clássica, pois o pensamento econômico clássico parte do pressuposto de que sempre haverá “algum lugar” para se destinar os rejeitos, contudo este posicionamento não se sustenta. Basta utilizar o raciocínio trivial de que toda a atividade econômica encontra-se circunscrita em um cenário específico, fixada em um determinado planeta. Se este planeta não cresce, independente de onde se encontre este “algum lugar”, ele se escasseará.

Em face dessa pressão exercida pelo modelo industrial atual sobre os sistemas vivos, este trabalho propõe uma mudança em sua forma de organização. Baseando-se no biomimetismo e nas premissas de que as OIEs podem ser consideradas vivas e inseridas em um dado ecossistema, sugere-se um redesenho do modelo industrial, de modo a aproximá-lo do *design* inerente a tudo aquilo que é vivo, ou seja, que este novo modelo se adapte de forma mais harmoniosa aos ciclos de materiais e energias já existentes no planeta há milhares de anos.

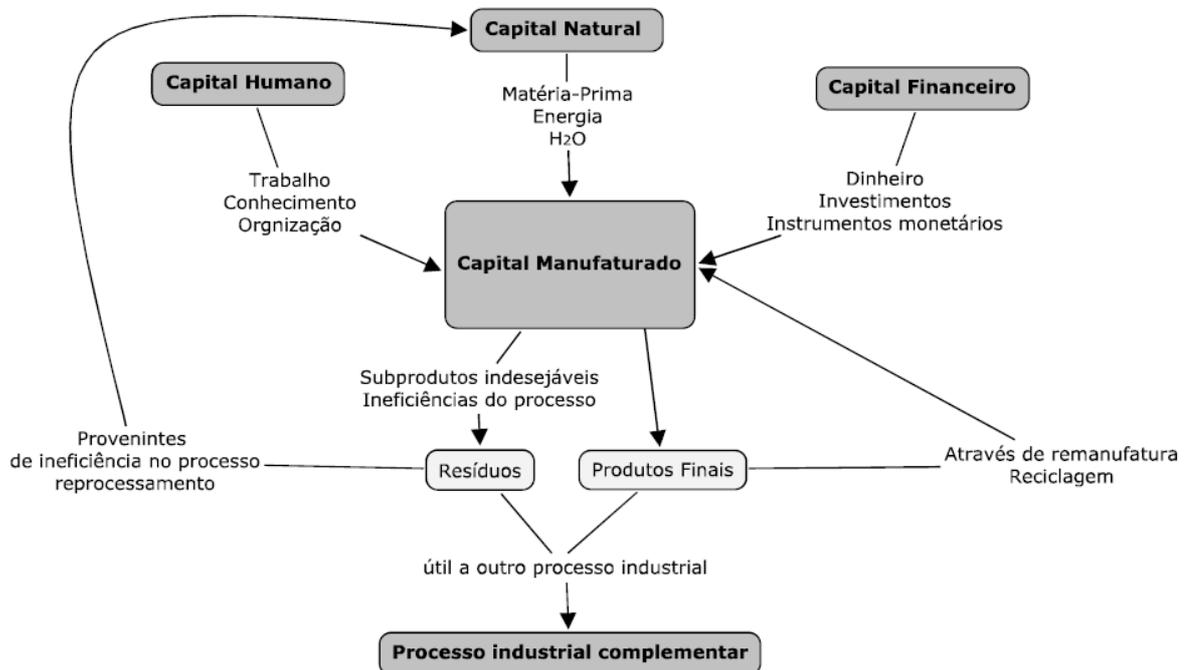


Figura 6 – Fluxo Industrial Proposto

Fonte: Elaboração Própria

O modelo indicado na Figura 6 busca envolver os conceitos do capitalismo natural ao passo que, após reduzir as ineficiências no processo (primeiro pilar), os resíduos

que ainda forem provenientes de “não processamento”, ou seja, insumos que por alguma falha não tenham sido transformados como previsto, devem ser destinados novamente ao início, configurando capital natural disponível. Em seguida, ainda assim alguns subprodutos inerentes ao processo serão produzidos. Estes itens indesejados devem ser de tal modo incorporados a outros processos industriais (endógeno ou exógenos à empresa que originalmente os produziu) que, por sua vez, os processará e destinará seus rejeitos a outros processos em um fluxo contínuo até que, de alguma forma, os rejeitos sejam incorporados ao ciclo industrial original ou reincorporados à natureza de maneira não danosa, de forma a ressarcir o capital natural (segundo pilar).

No caso de produtos finais, após o uso para o qual foi destinado, em algum momento perderá a capacidade de atender às necessidades de quem o adquiriu e deverá ser destinado ou a um processo de “desmontagem” no qual seus componentes separadamente serão avaliados e reutilizados ou seguirão o mesmo caminho dos rejeitos citados anteriormente (terceiro pilar). O único pilar ainda não abordado trata-se do investimento no capital natural, de modo a incrementá-lo. Isto será descrito em tópico subsequente.

2.6 O PAPEL DA INOVAÇÃO²¹ TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO DE UM NOVO PARADIGMA TÉCNICO-ECONÔMICO

A inovação tecnológica tem sido aclamada como a grande arma contra a escassez. Os críticos ao posicionamento apresentado nesta dissertação (de que é necessária uma mudança de concepção industrial) quase sempre invocam a inovação tecnológica como uma maneira eficaz de se contornar os problemas gerados pela escassez de matéria-prima e outros insumos. Argumentam que a primeira máquina térmica com fins industriais (máquina a vapor de Newcomen) possuía uma eficiência de 0,5%, um valor nada parecido com os 50% encontrados nos motores a diesel atualmente (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007). Freeman e Soete (1997) relatam

²¹ Entende-se ao longo deste trabalho inovação como sendo tudo aquilo que diferencie e crie valor a um produto/processo/serviço.

a emblemática mudança do preço de um determinado tecido de algodão. No início da revolução industrial, uma sucessão de inovações tecnológicas permitiu que o custo de produção dos tecidos baixasse rapidamente, fazendo com que seu preço (real) de venda baixasse cerca de 80% em duas décadas.

Contudo, a inovação não pode ser incumbida de resolver todos os problemas da sociedade industrial atual, pois ela (a inovação) não afeta aquilo que é o cerne da questão: o modelo econômico-industrial que não contabiliza a perda definitiva de alguns recursos naturais bem como se omite frente às consequências de seus resíduos, subprodutos e produtos no ambiente.

Apesar disso, partindo-se da afirmação marxista (MARX, 1975) de que o capitalismo é um processo essencialmente evolucionário, alimentado pelo progresso tecnológico e que este mesmo capitalismo não poderia existir sem revolucionar constantemente os meios de produção, pode-se encarar como força motriz desta “revolução nos meios de produção” a inovação tecnológica. Assim, esta última torna-se protagonista de importantes avanços na forma de se produzir mais eficientemente (Figura 7) e de maneira menos danosa ao capital natural. As tecnologias atualmente disponíveis, se comparadas com as de cinco anos atrás, são capazes de economizar aproximadamente duas vezes mais eletricidade a apenas um terço do custo real. Sempre que os limites práticos à inovação parecem estreitar-se, um novo meio de contorná-los ou de se definir o problema é elaborado.

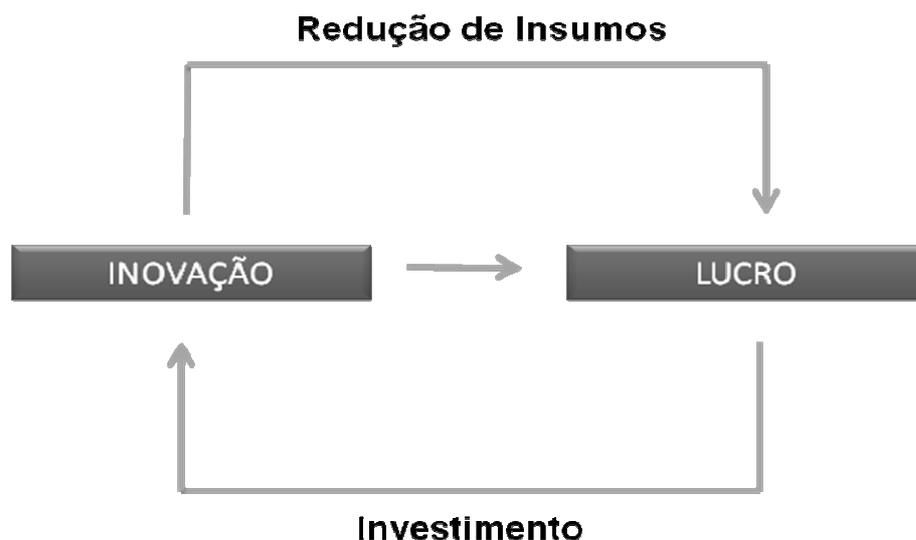


Figura 07 – Inovação e eficiência

Fonte: Elaboração Própria

É neste sentido que podem ser entendidas as palavras de Tigre (2006), segundo as quais a inovação tecnológica constitui uma ferramenta essencial para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações. Para ele, o desenvolvimento não deriva de um mero crescimento das atividades econômicas²², mas sim depende essencialmente de transformações que gerem empregos mais qualificados, criem novas formas de organização, atendam a novas necessidades dos clientes e melhorem a própria forma de viver.

Interessa dizer que as inovações, como agentes das transformações dos meios de produção, não possuem um “alinhamento moral”, ou seja, o progresso tecnológico não pode ser encarregado de fazer as escolhas dos bens sociais ou ambientais a serem tutelados. Por isso, uma mudança na forma de enfrentar os problemas inerentes à sociedade industrial atual conduzirá a inovações alinhadas a este novo pensamento. A tecnologia precisa de condições institucionais adequadas para se difundir, enquanto a ordem econômica e social influencia a direção assumida pelo desenvolvimento tecnológico (TIGRE, 2006).

²² Vale lembrar neste ponto a ressalva feita sobre a inconsistência do índice PIB para se aferir o desenvolvimento de uma comunidade.

As inovações tecnológicas têm o potencial de acelerar a obsolescência dos meios de produção, podendo estendê-la até mesmo aos próprios bens de consumo. Por conseguinte, uma vez iniciada uma mudança social, econômica e institucional, focando a redefinição dos valores relativos ao capital natural, é previsível que as inovações tecnológicas subsequentes assumirão nova trajetória de difusão²³. Neste cenário, os novos produtos/processos competem com os velhos, com a vantagem de serem mais eficientes. Assim, cedo ou tarde, a maior competitividade dos novos empreendimentos provocará a morte de determinadas tecnologias e das empresas mais tradicionais, que não souberam absorver as mudanças.

Esse desencadeamento está em perfeita harmonia com o que descreve Schumpeter (1961) no sétimo capítulo de sua obra *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Para ele, o impulso fundamental que põe e mantém em funcionamento a máquina capitalista procede dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista. Deste ponto de vista, uma vez criada a oportunidade de um novo negócio/meio produtivo, esta oportunidade será aproveitada por algumas OIEs.

Ao se inserirem nestas empreitadas, as OIEs que primeiro aderirem às mudanças serão beneficiadas por uma espécie de “monopólio temporário” das novas tecnologias, o que afeta positivamente sua competitividade frente às concorrentes (diretas ou indiretas). Este “monopólio temporário”, ou “oceano azul” – como define Kim e Mauborgne (2005) – representa espaços do mercado ainda não ocupados, com oportunidade de demanda e crescimento inexplorados onde não há competição, pois as regras do jogo ainda não estão definidas. Esta mudança tecnológica poderá constituir o motor de um novo desenvolvimento, revolucionando a estrutura econômica por dentro em um processo que *schumpeterianamente* denominaria *criação destruidora*.

²³ A difusão pode ser definida como o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais, no tempo entre os membros de um sistema social (ROGER e SCHOEMAKER, 1971 *apud*. TIGRE, 2006).

É a exploração destes espaços inexplorados do mercado, permitida pelas mudanças sociais, econômicas e institucionais que possibilitará que novas empresas e novas iniciativas propulsoras da inovação tecnológica desenvolvam-se, provendo a sociedade de instrumentos técnicos para efetivar o realinhamento dos valores do capital natural mediante uma abordagem sistêmica do modelo industrial.

O impacto da inovação no sistema industrial não se restringe às empresas que primeiro a desenvolveram. Uma vez implementada, a inovação se difundirá na rede industrial, ressaltando que é justamente esta difusão que se encontra no centro dos movimentos cíclicos da economia, pois a inovação só produz impactos econômicos abrangentes quando se difunde amplamente entre empresas, setores e regiões, desencadeando novos empreendimentos e criando mercados (TIGRE, 2006). A difusão da inovação acontecerá em um ambiente no qual possuem papel fundamental as instituições técnicas e científicas, os incentivos governamentais e financeiros e estratégias do setor privado. É neste ponto que políticas afirmativas – como redução de impostos ou financiamentos aos interessados na tecnologia – devem ser implementadas, visando estabelecer um novo paradigma técnico-econômico, que enfrente a sociedade industrial como parte de um todo chamado ecossistema, algo inerentemente vivo.

Reforçando este posicionamento, Tigre (2006) advoga que mudanças no paradigma técnico-econômico não envolvem somente inovações, mas também rupturas no tecido social-econômico. Tais mudanças não ocorrem com frequência, mas sua influência é generalizada e duradoura, afetando quase todos os ramos da economia. É justamente isso que é defendido neste trabalho: uma nova forma técnico-econômica de se defrontar com os problemas advindos do modelo industrial.

2.7 ENTENDENDO A ATIVIDADE INDUSTRIAL COMO UM METABOLISMO

Para que emergja um novo paradigma técnico-econômico completamente afim aos conceitos do capitalismo natural, é preciso que este modelo seja inspirado no ecossistema. Nesta nova abordagem, muitas pequenas partes se uniriam para criar

um todo altamente adaptativo no qual, como descreve Kelly (*apud.* HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007), os problemas são enfrentados à medida que os sistemas complexos se organizam e se adaptam em coevolução com os ambientes com os quais interagem, exatamente conforme a própria vida (ou seja, conforme a autopoiese). Wann (*apud.* HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007) indica que o mundo fabricado se parecerá cada vez mais com o mundo vivo, pois os artefatos técnicos começaram a ser organizados e controlados por mecanismos inspirados nas estruturas biológicas uma vez que estas últimas já desenvolveram *designs* mais bem-sucedidos ao longo de seus 3,5 bilhões de anos de evolução.

Os ecossistemas constituem uma entidade de conjunto auto-organizante e autorregulatório que forma a biosfera (PENA-VEGA, 2003). Neste sentido, Moran (1994) afirma que um ecossistema deveria englobar todos os organismos como parte dos sistemas ecológicos, inclusive (ou prioritariamente) a sociedade humana e sujeitos às mesmas leis da física. Segundo este autor, todas as populações de seres vivos passam por adaptações originárias da contínua interação com o ambiente. Estas adaptações podem ser genéticas ou não genéticas.

A adaptação genética envolve alteração nas frequências dos genes, que conferem uma vantagem reprodutiva à determinada população e um meio ambiente específico. Já a não genética refere-se às práticas, aos costumes e à organização social das populações naquele meio ambiente. É este último modo de manifestação da capacidade de adaptação da vida que carece ser promovido na sociedade industrial.

Em um ecossistema há o fluxo de três grandezas: energia, matéria e informação (MORAN, 1994). A energia entra nos sistema e é convertida em biomassa vegetal que, por sua vez, sustenta animais e o homem. A energia química possibilita transformar material inorgânico em orgânico e manter o ciclo dos nutrientes básicos. A informação faculta controlar a taxa de fluxo, mudanças na estrutura e na função do ecossistema, bem como a adaptabilidade geral tanto às condições externas como internas.

Ao interagir com o ambiente, é a sociedade humana que deve buscar se acomodar a situações extremamente específicas. Na natureza, problemas como desequilíbrio climático, baixa produtividade biológica e escassez de recursos naturais exigem ajustamentos por parte dos organismos que ocupam as áreas com tais restrições.

É com esse objetivo que o presente trabalho trilha na direção da sustentabilidade ecológica e no sentido de entender o processo industrial como um metabolismo²⁴ – a relação entre as empresas e o ambiente como um ecossistema. Advém daí a necessidade de caracterizar aquilo que Capra (2005) definiu como *agrupamento ecológico de indústrias*.

O arranjo produtivo, sobre o qual se sustenta a sociedade industrial, usa recursos naturais, transformando-os em resíduos e produtos. Tais produtos serão vendidos e, posteriormente, jogados fora, gerando mais resíduos²⁵. Para mensurar o desperdício nesta forma de produção vale ressaltar que apenas 20 a 25% da floresta derrubada converte-se em produto final, ao passo que as cervejarias só utilizam cerca de 8% dos nutrientes das cevadas (CAPRA, 2005).

Em contrapartida, na natureza, a matéria circula continuamente – o que faz o saldo total de resíduo gerado pelos ecossistemas naturais ser zero. Na natureza não há desperdício: o lixo de um organismo é alimento de outro (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007). Assim, o primeiro passo a ser dado para aproximar os sistemas industriais dos naturais é tentar transformar os processos lineares dos primeiros aos sistemas cíclicos dos ecossistemas, entendendo as matérias-primas criadas pelo homem como um material a ser reencarnado, por meio da reciclagem, em um novo ciclo de vida de produto.

Para isso, o primeiro princípio seria encarar os resíduos industriais à imagem e semelhança do papel desempenhado pelos alimentos nos ecossistemas. Conforme Capra (2005) significa dizer que todos os produtos e materiais fabricados pela

²⁴ Entende-se esta palavra conforme consta no dicionário Houaiss: “conjunto de transformações, num organismo vivo, pelas quais passam as substâncias que o constituem: reações de síntese (anabolismo) e reações de desassimilação (catabolismo) que liberam energia.”

²⁵ Como já explicado no item sobre Capitalismo Natural

indústria, bem como os subprodutos gerados no processo de manufatura devem, de algum modo, servir para nutrir algum outro processo. Uma empresa sustentável seria, deste modo, inserida em um *agrupamento ecológico de indústrias*, no qual os subprodutos de uma empresa seriam os recursos de outra. Em tal sistema industrial sustentável, a produção total de produtos e resíduos seria considerada como um conjunto de recursos que circulam dentro do sistema.

Capra (2005) descreve experiências bem-sucedidas neste sentido, as *Zero Emissions Research and Initiatives (ZERI)*²⁶, que tomam a natureza como modelo e mentora, esforçando-se para eliminar a própria ideia de desperdício. Essa concepção parte do reconhecimento de que os resíduos orgânicos jogados fora ou queimados pela indústria contêm uma abundância de recursos preciosos para outras indústrias. Assim, bastaria que as indústrias se organizassem em agrupamentos ecológicos, de modo que os resíduos e subprodutos de uma pudessem ser vendidos como recursos para outra, visando ao benefício de ambas. Como consequência, à semelhança dos ecossistemas, este agrupamento industrial usaria energia externa, porém não consumiria bem material sem depois reciclá-lo ou reutilizá-lo. Ou seja, dos três *features* que circulam em um ecossistema (energia, material e informação), ao menos dois deles estariam inseridos em um ciclo sustentável.

Outra característica desses agrupamentos é a produção em pequena escala, geralmente em locais próximos aos de consumo (reduzindo ao máximo o transporte) e de modo que nenhuma das unidades aumente ao máximo sua produção, pois isso provocaria um desequilíbrio no sistema. A meta, ao contrário, é aumentar a produtividade e a sustentabilidade ecológica, otimizando os processos de produção de cada um de seus componentes. Esta postura trata antes do abandono de uma ideia antiga do que da adesão a ideias novas. Otimizar os componentes isoladamente tende a prejudicar o sistema como um todo, para que isso ocorra basta não relacionar adequadamente os componentes entre si, pois se um não for projetado para funcionar com o outro, todos tenderão a funcionar uns contra os outros (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007).

²⁶ Pesquisas e iniciativas de emissão zero, entendendo o termo como sendo geração nula de resíduo e zero desperdício.

Quanto à viabilidade econômica de se instituir tais *agrupamentos ecológicos de indústrias* nos moldes descritos pelas ZERI transcreve-se a seguir:

[...] o conceito de ZERI equivale a um grande aumento de produtividade de recursos. Segundo a teoria econômica clássica, a produtividade resulta da combinação eficaz de três fontes de riqueza: recursos naturais, capital e trabalho²⁷. Na economia atual, os economistas e líderes empresariais concentram-se principalmente no capital e no trabalho para aumentar a produtividade, criando economias de escalas com desastrosas consequências sociais e ambientais. O conceito de ZERI implica uma mudança da produtividade do trabalho para a produtividade dos recursos, uma vez que os resíduos são transformados em novos recursos. O agrupamento ecológico aumenta extraordinariamente a produtividade e melhora a qualidade dos produtos, ao mesmo tempo em que gera empregos e diminui a poluição (CAPRA, 2005).

Além da reestruturação do arranjo industrial como um ecossistema, a ZERI consiste também em se instituir uma rede de pesquisa envolvendo diversos agentes. Isso se deve ao fato de que os estudiosos desempenham um papel fundamental neste modelo, uma vez que a organização dos agrupamentos ecológicos se baseia no conhecimento detalhado da biodiversidade e dos processos biológicos dos ecossistemas locais, pois em agrupamentos típicos da ZERI, as tecnologias são locais.

2.8 DA PERTINÊNCIA DA MUDANÇA DO PARADIGMA TÉCNICO-ECONÔMICO

Halstead *et. al* (1995) diz que desde o início da primeira Revolução Industrial, o capital manufaturado (dinheiro, fábricas e maquinaria) foi o principal fator de produção industrial, sendo o capital natural considerado apenas um insumo marginal, que raramente afeta a economia, a não ser em períodos de guerra ou fome. Contudo, este estado de escassez deixa cada vez mais de ser um evento

²⁷ Classicamente, os três fatores de produção são terra, capital e trabalho, sendo que Capra estendeu o sentido de terra para recursos naturais, o que é completamente compreensível, porém este trabalho considera Recursos Naturais contido em Capital

circunstancial e se torna uma propriedade inerente ao ambiente e à condição em que se encontram os níveis de recursos naturais planetários.

Hoje, a sociedade industrial retira do sistema (do ecossistema, mais precisamente) matéria concentrada e estruturada mais depressa do que ela pode ser repostada, ao mesmo tempo em que destrói os meios que a natureza tem para se reconstituir. Isso está gerando um problema fundamental na produção, no que se refere à obtenção de insumos materiais e energéticos (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2007).

A sociedade chegou a um ponto de inflexão, no que diz respeito a sua relação com o ambiente, de forma que são relevantes os pensamentos da *modernidade* no que diz respeito a seus paradigmas.

Segundo Bartholo (2002), isso significa que as pessoas começam a colocar novas perguntas e questionar as motivações de suas atitudes. Neste momento, o simples fato de que certos valores, atitudes e procedimentos tenham sido tradicionalmente afirmados não bastam como argumentos de autoridade para que se repitam no presente.

Atualmente, estes valores não possuem origem mítico-religiosa – como o fora no passado – e sim, provém de uma visão de mundo técnico-científica (BARTHOLO, 2002), que foi moldada ao longo dos últimos trezentos anos nos quais remodelamos o mundo, nossa forma de viver e nossa maneira de pensar (JONAS, 1974).

O homem recebeu como herança das eras industriais a concepção de que são quase ilimitadas as possibilidades de intervenção no curso da evolução natural do ambiente e dos seres vivos. Contudo, chega-se hoje ao reconhecimento de que as matérias-primas e insumos, indispensáveis à sociedade industrial, acabam, não duram para sempre e que a possibilidade de exploração/expropriação da natureza é limitada (CORTES, 2002).

Isso acarreta na singularidade da atual situação da sociedade. Ainda conforme a última obra referenciada, tem-se que até então nenhuma concepção de mundo

precisou considerar os riscos advindos da condição global da vida humana, sua interface com o meio e as incertezas quanto ao futuro das próximas gerações. Em outras palavras, nenhuma outra sociedade teve consciência de que suas ações colocam as condições necessárias para sua própria existência sob ameaça. Isso impõe desde já a exigência da formulação de uma nova concepção de direitos e deveres.

O novo pensamento que nasce da crise do meio ambiente ensina que o desenvolvimento tecnológico²⁸ da forma como acontece atualmente ameaça não somente destruir toda a vida nos ecossistemas locais, mas, sobretudo, degradar a biosfera – penalizando a vida de forma irrestrita (PENA-VEGA, 2003).

Nesta mesma linha, na concepção de Cortes (2002), o reconhecimento de que o alcance da intervenção das modernas tecnologias poderia desencadear efeitos indesejáveis e irreversíveis, fora de qualquer possibilidade de previsão e controles, ameaçando não só a geração presente como também as futuras, colocou em evidência a necessidade de regular o uso dos conhecimentos científicos produzidos pelo homem.

Este trabalho alinha-se com as premissas de Pena-Vega e Cortes, porém não com a conclusão deste último autor. A regulamentação pura e simples dos meios tecnológicos nada (ou pouco) altera a forma com que estas tecnologias se relacionam com o meio em que estão inseridas, seja o meio social, seja o ambiente natural. Mais que isso, é necessária, como se apregoa ao longo deste trabalho, uma mudança na maneira de estabelecer a relação da tecnologia (e, conseqüentemente, da sociedade industrial) com o ambiente. Trata-se de reverter a assertiva da melhoria contínua da tecnologia ao custo do bem-estar humano para a conquista do bem-estar humano com auxílio da tecnologia.

Os embasamentos para este pensamento podem ser fartamente encontrados em Colborn *et. al.* (2002), no qual os autores defendem que se vive em um mundo complexo que exigirá enfoques inovadores para a solução de problemas criados

²⁸ O autor refere-se especificamente ao termo tecnociência.

pela tecnologia. Para eles, os impactos advindos da visão na qual o ambiente é capaz de se renovar de forma indeterminada e incessante estão em toda parte. Contudo, é precioso pensar não apenas nos efeitos imediatos e óbvios da degradação do ambiente e contaminação de toda a rede da vida (incluindo os seres humanos), mas também nos estragos invisíveis sofridos por pequenos seres vivos, tecidos e células que podem comprometer a sobrevivência de todo o ecossistema.

A atividade industrial atual está destruindo os sistemas e as redes que tornam a vida possível. Não há mais lugar limpo e descontaminado no planeta, tal como não há ser humano que não tenha adquirido uma carga considerável de agentes químicos nocivos ou que mimetizem componentes orgânicos como hormônios e enzimas, desbalanceando as atividades metabólicas.

A pesquisa de Amanda Cristina Vieira Dias, aluna de doutorado do Programa de Engenharia Química da Coppe (PLANETA COPPE, 2009), retrata esta situação na região do Médio Paraíba Fluminense. Seu estudo indica que o índice de atividade biológica hormonal encontrado nas águas do rio Paraíba do Sul coloca em risco a saúde da população. O índice detectado nas amostras é suficiente para gerar distúrbios no sistema endócrino de seres humanos e provocar a feminização de peixes. Mesmo em baixa concentração, o estradiol aumenta o risco de doenças como câncer de próstata, mama e útero, e pode ocasionar infertilidade. A pesquisa adverte ainda que a tendência é que esse tipo de poluição aumente cada vez mais, pelo uso constante de remédios e produtos químicos.

Esses problemas são inerentes a uma sociedade industrial que não assume sua incapacidade de compreender a complexidade das relações que sustentam a vida. Assim, as certezas científicas são consideradas não como limites fronteiros do conhecimento humano (o que deveras são), mas sim como dogmas infalíveis e irrepreensíveis. Desta forma, após ser elevado a milagre tecnológico e uma maravilha industrial, o DDT²⁹ foi aplicado livremente em lavouras e matas infestadas de insetos causadores de doenças em todo o planeta. Porém, tempos depois,

²⁹ O DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) é um pesticida que pode causar, além de outros efeitos, câncer em seres humanos e se acumula ao longo da cadeia alimentar. Além disso, esta substância é capaz de mimetizar o estrogênio.

descobriu-se que o mesmo DDT trazia a morte. Em outro exemplo, o CFC³⁰ foi empregado amplamente por 50 anos – até ser descoberto o buraco na camada de ozônio e sua relação com este componente. Isto demonstra que a sociedade industrial atual está em pleno “voo cego”.

A situação a ser enfrentada atualmente não será contornada com receitas fáceis e respostas simples. Economia e civilização foram construídas sobre o alicerce de combustíveis fósseis e químicos sintéticos.

Durante toda a sua história, os seres humanos arriscaram-se rumo ao desconhecido, cortejando o sucesso e a catástrofe. Contudo, no momento atual da civilização, o que diferencia esta circunstância específica é a magnitude do erro. Hoje o que se coloca em risco é a vida do planeta. Por isso, mudar o paradigma industrial e tecnológico não é uma opção, mas sim uma imposição à sobrevivência da única espécie que evoluiu destruindo o ambiente em que habita.

É descrito, a seguir, um exemplo de como a simples mudança o modo de se abordar um sistema produtivo é capaz de reestruturá-lo, tornando-o mais sustentável à medida que se integra ao ambiente que o circunda. O caminho indicado é pensar o processo e na as etapas.

2.9 IMPLEMENTAÇÃO E DIFUSÃO DE BIOSISTEMAS INTEGRADOS: UM EXEMPLO DE SUCESSO

A rede Paranaense de Projetos em Desenvolvimento Sustentável (TELUS) pode ser vista como um exemplo bem-sucedido, que conseguiu organizar um processo produtivo de modo que os resíduos totais produzidos pela rede seja zero.

Para este trabalho, foi entrevistado ALEXANDRE TAKAMATSU, do Instituto de Tecnologia do Paraná (Tecpar-CIC) e coordenador da Rede TELUS. Segundo ele, essa rede não possui projetos iminentes que abordem o conceito de emissão zero

³⁰ Clorofluorcarbono (CFC) foi aplicado principalmente em gases para refrigeração e propelentes em extintores de incêndio e aerossóis.

para setores industriais. Contudo, apesar de se concentrar em uma atividade não fabril, o exemplo disponibilizado pela TELUS é didaticamente interessante:

Segundo o *site* da rede (<http://www.tecpar.br/telus>):

A Rede Paranaense de Projetos em Desenvolvimento Sustentável (TELUS) desenvolve o projeto de Biosistemas Integrados aplicado à suinocultura. Este projeto é um bom exemplo da aplicação do pensamento sistêmico na solução de problemas. As soluções baseadas em modelos mentais tradicionais (lineares) nem sempre atingem os resultados esperados porque os objetivos são parciais e monofocados. Considera-se que a realidade é compartimentalizada em áreas estáticas do conhecimento. Neste modelo os prejuízos e perdas são inevitáveis.

(TELUS, 2009)

Para ilustrar, descreve-se o exemplo da suinocultura desenvolvida pela TELUS. Neste caso, o foco é tão somente a produção de carne. Durante a atividade, há uma grande geração de resíduos com prejuízo ao ecossistema. Ao pensar tal atividade de forma sistêmica, conclui-se que é impossível mantê-la de uma forma sustentável no modelo econômico vigente. A solução sistêmica baseia-se na integração de atividades que já existem em uma propriedade rural. Deixa-se de lado o foco único para atuar na diversificação, ou seja, passam a coexistir várias atividades econômicas concomitantemente, com a geração de diferentes produtos paralelos, transformando sempre os resíduos de uma atividade em insumos para a atividade subsequente. Em uma realidade na qual os produtos agrícolas são *commodities*, ou seja, estão sujeitos às variações de preço segundo interesses do mercado internacional, a não especialização da produção, isto é, as atividades econômicas diversificadas representam menor instabilidade financeira no que se refere às variações dos preços dos produtos na economia.

Para alcançar seu objetivo, uma das alternativas sugeridas para um manejo adequado destes dejetos é a implementação de *biosistemas integrados*. A Rede Paranaense de Projetos em Desenvolvimento Sustentável implementou em uma propriedade privada e em uma escola agrícola de uma dada região um biosistema

integrado para que as pessoas da região tivessem conhecimento de suas vantagens.

Com a utilização desse biossistema integrado, pode-se agregar valor aos dejetos por meio da transformação dos nutrientes neles presentes. Este conceito, aplicado à suinocultura é a integração de várias atividades rurais que podem ser desenvolvidas numa mesma propriedade ou localidade e que se complementam, aproveitando totalmente todos os produtos gerados.

Na suinocultura é comum, além da criação de suínos, também a de aves e peixes numa mesma propriedade. No modelo de produção convencional, estas atividades ocorrem sem nenhuma relação entre si, gerando resíduos altamente impactantes ao ambiente. Com a introdução do biossistema integrado, há uma agregação de valor e sinergia entre vários cultivos e o tratamento dos dejetos é uma consequência natural.

Os dejetos de suínos e aves são tratados num biodigestor (sistema fechado sem a presença de oxigênio) e são digeridos por bactérias, diminuindo em até 60% a sua carga poluente. Do biodigestor saem dois “resíduos” com uso potencial. O biogás, que pode ter várias utilidades como fonte energética, aproveitado na própria localidade produtiva, e o material sólido que sai do biodigestor, que pode ser utilizado como um bom fertilizante, pois se encontra em uma forma facilmente assimilável pelas plantas, não apresentando cheiro ou bactérias nocivas.

A parte líquida que sai do biodigestor vai para um tanque onde ocorre o desenvolvimento de pequenas algas. Estas proporcionam o aumento da quantidade de oxigênio dissolvido na água e crescem a partir dos nutrientes disponibilizados no biodigestor. Assim, ocorre nova diminuição da carga poluente em aproximadamente 30%. Estas algas, juntamente com a água, irão para um tanque, onde servirão de alimento para os peixes, dispensando o uso de ração. Neste mesmo tanque pode ser feita a hidroponia (uma técnica de produção de plantas que, para seu crescimento, utilizam os nutrientes existentes na água).

Todo este ciclo em cascata de resíduos e de geração de receita entrou em um circuito de retroalimentação – em um sistema que é denominado dentro do conceito ZERI, de biosistema integrado.

Isto significa que é possível aumentar a renda da comunidade local, com poucos investimentos adicionais, diversificando e incrementando a produção de alimentos e energia, promovendo empregos, com pouquíssima matéria-prima extra e sem gerar resíduo.

Ou seja, a rede implementada pela TELUS representa um sistema que se aproxima de um sistema autopiético, capaz de se manter energeticamente e retroalimentar em insumos e informação.

É pertinente agora introduzir como situa-se, nesta abordagem, o processo produtivo do APL metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense. Poderá ser percebido o quão distante esta região está de uma organização produtiva que subordine as etapas individualizadas ao processo como um todo.

3 REALIDADE DE UMA REGIÃO: O DIVÓRCIO DE UM MODELO DE REDE ANTIAUTOPOIÉTICA E INSUSTENTÁVEL

Qualquer mudança do *modus operandi* da produção industrial, no *status quo* do pensamento político/empresarial não acontecerá sem demonstrações extensivas de sua necessidade e descrições detalhadas de sua forma de realização. Este trabalho, nas análises e dados apresentados a seguir, vai ao encontro deste propósito visando contribuir para tornar público e assimilável os posicionamentos assumidos ao longo de seu desenvolvimento.

3.1 EFICIÊNCIA E ECOEFICIÊNCIA

O primeiro ponto que se decidiu averiguar foi quanto à pertinência de se abordar o processo industrial atual como ineficiente do ponto de vista do uso de seus recursos naturais e de informação. O caminho escolhido foi analisar profundamente o índice de conversão dos insumos em produto final. Para tal, foi comparada a quantidade de resíduos gerados em relação à produção total de uma empresa tipicamente industrial.

Hawken, Lovins e Lovins (2007) constataram que em toda a sociedade industrial, $\frac{1}{4}$ da força de trabalho dedica-se à fabricação de matérias-primas básicas (aço, vidro, cimento e resinas) para as demais atividades fabris e empresariais. Também consideraram que, no momento em que se conclui o *design* de um artefato humano, mesmo antes que tenham sido efetivamente construídos, de oitenta a noventa por cento dos custos econômicos e ecológicos de seu ciclo de vida já se tornaram inevitáveis. Sendo assim, é inconteste o quão importantes são estes setores para os impactos ecológicos e de produtividade ao longo da rede produtiva de toda a sociedade industrial.

Outra proposição que surgiu ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi concentrar-se geograficamente no Estado do Rio de Janeiro, tendo como centro de

atenção o arranjo produtivo local (APL) metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense.

Atendendo a estas condições, destacou-se a EMPRESA A: uma multinacional do ramo de siderurgia, que utiliza o processo de produção integrado³¹ em sua planta. Ela possui capacidade instalada em seus Altos Fornos para gerar 13.000 toneladas de aço/mês utilizado para produzir tubos e conexões em ferro dúctil para sistemas de água bruta, água tratada e irrigação. Do ponto de vista de eficiência do modelo industrial atual, esta empresa é extremamente eficiente, tendo fechado o ano de 2008 com 1.232 funcionários e um resultado industrial de 67 milhões de reais – com oscilação positiva de 5,3% de suas ações no primeiro trimestre de 2009.

A pesquisa de campo, para esta etapa, consistiu em se aferir sua ecoeficiência, ou seja, até que ponto esta OIE insere-se no ecossistema que a envolve conforme as características das organizações vivas. Para isso, listou-se, ao longo de quatro meses (janeiro, fevereiro, março e abril) do ano de 2009, todos os resíduos gerados nas atividades da empresa. Esta listagem foi extensiva, no sentido de que abrange todas as atividades desenvolvidas e, de alguma maneira, envolvidas no processo comercial. O resultado pode ser visto na Tabela 1.

³¹ Usinas siderúrgicas definidas como sendo de processo integrado são aquelas nas quais o meio de produção é através de Altos Fornos movidos a carvão visando obter aço diretamente do minério de ferro (PINHO & LOPES, 2003).

Tabela 1: Resíduos gerados pela EMPRESA A

CONTROLE DE RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO (ano 2009)					
DESCRIÇÃO	GERAÇÃO / Kg				
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Acumulado Ano
TOTAL GERAÇÃO DE RESÍDUO (Kg)	6.624.438	9.456.578	10.883.490	9.530.977	36.495.483
ESCORIFICAÇÃO	1.473.140	2.307.740	2.378.530	2.436.500	8.595.910
PO MINERIO	566.770	996.210	1.292.810	1.096.230	3.952.020
ARGAMASSA	637.840	931.790	1.108.043	994.010	3.671.683
MOINHA CARVÃO VEGETAL	644.880	824.950	900.100	656.860	3.026.790
TUBO CACO	439.888	628.040	703.640	824.319	2.595.887
LIMPEZA	611.050	642.680	922.700	406.250	2.582.680
SUCATA	417.155	552.451	628.585	556.650	2.154.841
LAMA ETE	356.770	595.700	501.970	492.800	1.947.240
LAMA ETA	362.080	388.258	460.084	346.170	1.556.592
AREIA	165.180	198.080	221.480	186.980	771.720
LINGOTAMENTO	132.220	192.210	228.230	199.500	752.160
PO GASOMETRO	137.930	168.897	231.650	210.050	748.527
LIMPEZA PANELA	104.320	139.860	244.460	228.940	717.580
LIMPEZA POÇO MISTURADOR	49.980	140.950	239.350	123.710	553.990
PO DESEMPOEIRAMENTO	45.760	170.211	107.590	121.620	445.181
PO SUCATA	61.870	102.030	127.150	140.780	431.830
BAGUETE	80.490	116.110	121.560	113.490	431.650
ANEIS	66.690	44.500	56.770	54.090	222.050
CANAL	46.280	59.370	55.020	57.940	218.610
PO CALCARIO	22.610	35.710	62.930	58.580	179.830
MADEIRA	28.240	24.930	30.360	38.580	122.110
SUCATA AÇO	35.500	36.500	11.430	34.620	118.050
RESPINGO	10.290	21.690	27.760	37.010	96.750
PELOTA	24.380	24.950	20.700	22.770	92.800
PO ZINCO	10.510	19.840	22.710	22.720	75.780
PO SINTER	0	0	75.110	0	75.110
REFUGO	9.760	13.920	24.690	12.320	60.690
LIMALHA	8.360	20.380	14.190	4.960	47.890
TINTA BETUMINOSA	16.670	5.980	8.600	10.710	41.960
LIXO VARRIÇÃO	9.360	8.580	8.020	5.710	31.670
AGUA AR COMPRIMIDO	6.600	5.260	5.910	5.050	22.820
REFRATARIO	300	10.540	7.650	2.870	21.360
OXIDO MAGNÉSIO	3.390	2.940	6.505	2.990	15.825
LATA USADA&TAMBOR DANIFICADOS	3.650	2.690	4.530	4.330	15.200
TAMBOR	2.500	8.140	1.630	1.710	13.980
AREIA COM OLEO	12.340	0	0	0	12.340
OLEO USADO	9.055	0	1.810	1.295	12.160
OXIDO ALUMINIO	0	3.900	1.570	3.290	8.760
PLASTICO	1.683	1.752	2.486	2.103	8.024
PAPEL&PAPELÃO	2.015	1.374	1.742	2.053	7.184
FINOS AREIA	0	2.060	4.950	0	7.010
RESTOS OBRAS CIVIS	0	0	2.800	1.225	4.025
GRANALHA AÇO	0	0	0	3.630	3.630
EQUIP. ELETRÔNICOS/ELÉTRICOS DIV.	1.330	1.440	530	315	3.615
EPI	779	744	1.032	1.020	3.575
BORRACHA	1.120	550	250	980	2.900
REBOLO&DISCO CORTE	150	1.060	360	800	2.370
RESIDUO LAVADOR	0	1.020	1.250	0	2.270
SUCATA CABO ELÉTRICO	981	0	310	759	2.050
PNEUS USADOS	0	20	780	860	1.660
RAFIA&TECIDOS EM GERAL	1.002	185	0	450	1.637
FITAS AÇO	630	215	453	100	1.398
PO MISTURADO	760	0	0	0	760
LIMALHA DE MAGNÉSIO	0	0	560	140	700
BATERIAS&PILHAS	81	120	0	90	291
LAMPADA	99	0	0	45	144
RESINA E CATALIZADOR	0	0	90	0	90
PINCEIS&SIMILARES USADOS	0	0	70	0	70
VIDROS	0	50	0	0	50
RESIDUO AMBULATORIAL	0	1	0	3	4

Fonte: Elaboração Própria

Ao cruzar as informações dos resíduos gerados com a produção industrial, pode-se aferir a relação existente entre estas grandezas e visualizar o grau de ecoeficiência do processo. Obtém-se assim a Figura 8.

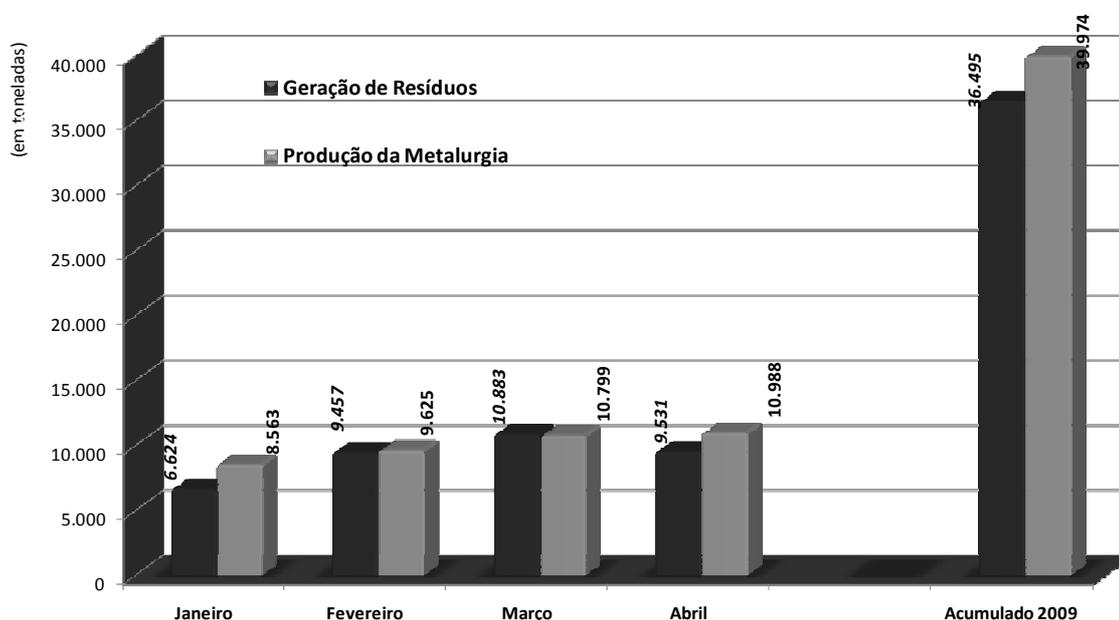


Figura 8 – Relação entre resíduos e produtos acabados (EMPRESA A)

Fonte: Elaboração Própria

Vale atentar que nesta contabilização não consideramos os resíduos na forma de emissão gasosa, no qual toneladas de carbono (entre outros componentes) são despejadas na atmosfera. Assim, fica evidente que, caso seja utilizado o conceito de ecoeficiência, no qual as tecnologias, as inovações e o conhecimento da empresa devem ser direcionados para reduzir os *inputs* do processo, a EMPRESA A é extremamente ecoineficiente (BLEISCHWITZ, 2002).

Pelos dados, chega-se à constatação de que, ao que respeita a relação entre “produtos não desejáveis” (rejeitos) e produtos comercialmente desejáveis, a EMPRESA A apresenta um índice de quase 1 por 1, ou seja, para cada cem unidades de massa (kg) do produto para o qual a empresa é projetada para gerar, 91 unidades de massa de rejeito industrial (desperdício de recursos) são geradas. Conforme a Figura 9, 48 % do capital natural que entra no processo da EMPRESA A são convertidos em desperdício.

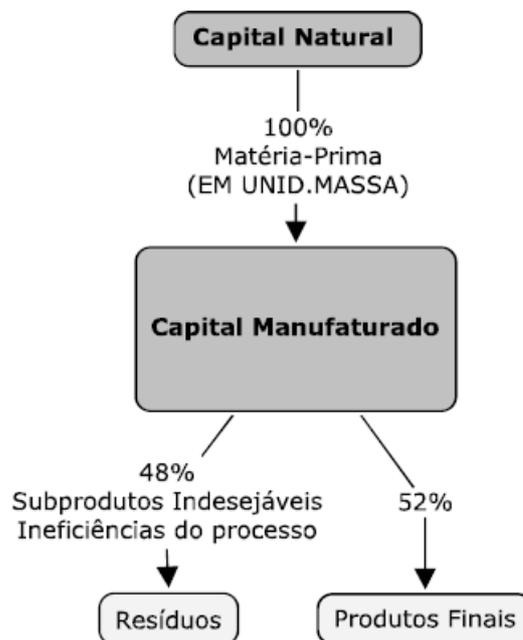


Figura 9: Ecoineficiência
Fonte: Elaboração Própria

Ainda atendendo às condições de localização no arranjo produtivo local (APL) metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense encontra-se a EMPRESA B, de capital nacional, e que está entre as três maiores produtoras de aços longos do país.

Possui capacidade de produção de 750 mil toneladas de vergalhões para concreto armado, arames, cantoneiras, perfis, telas, treliças e fio-máquina de aço carbono destinado à trefilação e laminação a frio. Utiliza sucata de aço como principal matéria-prima, além do ferro-gusa. Seus produtos são destinados tanto ao setor de construção civil quanto de construção mecânica.

Ela emprega hoje 1.967 funcionários, sendo que sua receita líquida, em 2008, foi de R\$ 8,64 bilhões – com a produção mensal média de 125 mil toneladas/mês de aços longos.

Por uma questão de política de informação, esta empresa não disponibilizou os dados relativos aos resíduos produzidos de modo detalhado, como a EMPRESA A.

Contudo, foram obtidos os valores totais mensais dos meses de fevereiro, março, abril e maio de 2009.

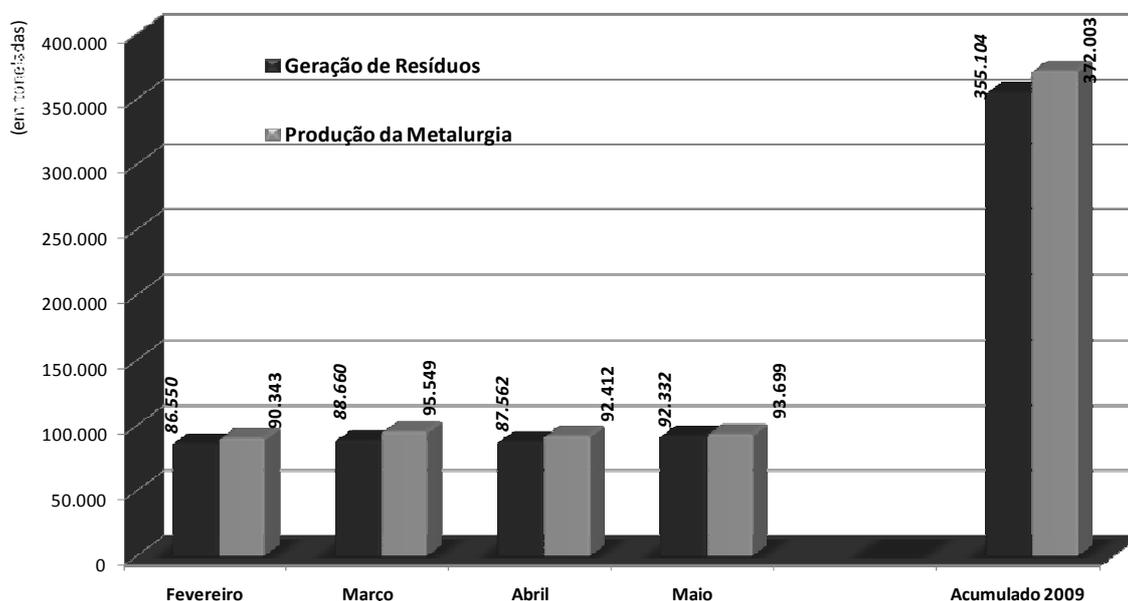


Figura 10: Relação entre resíduos e produtos acabados (EMPRESA B)

Fonte: Elaboração Própria

A exemplo do que foi dito a respeito da EMPRESA A, pode-se observar na Figura 10 que, na EMPRESA B, a relação entre “produtos não desejáveis” (rejeitos) e produtos comercialmente desejáveis, é de 95%. O que equivale dizer que 49% do capital natural que entra no processo da EMPRESA B são convertidos em desperdício.

Estes dois exemplos deixam evidentes as ineficiências provenientes do modelo de produção industrial que forma a base do paradigma técnico-econômico. Retratam a urgência em se buscar meios que possibilitem o divórcio de um modelo de rede antiautopoiética e insustentável.

4 REDE DE RESÍDUOS - A AUTOPOIESES SUSTENTÁVEL: UM EXEMPLO REAL DO POSSÍVEL PARA UMA REGIÃO TUPI-GUARANI

A ecoineficiência descrita nos exemplos de casos apresentados no tópico anterior advém do modelo de gestão que ignora os quatro pilares do capitalismo natural (já descritos neste trabalho: aumento da produtividade dos recursos, biomimetismo, serviço & fluxo e investimento no capital natural). Tal concepção presume que os meios de produção são o foco gerencial quando, na verdade eles fazem parte de um encadeamento fabril maior, que extrapola as fronteiras das unidades manufaturadas e o poder de gestão individual de cada organização, instituição ou empresa.

Perceber que o fluxo produtivo não inicia na aquisição de matéria-prima e não termina na produção final e (periféricamente) descarte dos resíduos é um passo assertivo na direção de soluções que alcancem o aumento da ecoeficiência.

Por tudo isso, um arranjo autopoietico das OIEs permitiria criar as situações necessárias e suficientes para a redução do desperdício de energia e material, a fim de aproximar ao máximo a rede de envolvidos no condomínio industrial de um sistema termodinâmico fechado, no qual haja o mínimo de energia/material dissipado para fora da rede.

Neste sentido, Tigre (2006) descreve as tecnologias da informação e da comunicação (TIC) como ferramenta para abrir caminho às inovações nos processos industriais, bem como na maneira de organização do processo produtivo. Assim, os modelos de gestão mais intensivos em informação e conhecimento são favorecidos. Isso se deve à possibilidade de integrar redes de suprimentos, aproximar fornecedores e usuários e acessar informações em tempo real em multimídia, onde quer que elas estejam armazenadas. As TIC constituem o núcleo dinâmico daquilo que pode vir a ser o novo modelo industrial.

As TIC são caminhos de se fomentar o fluxo de informação entre as OIEs e o ambiente, possibilitando tanto que as OIEs tenham mais informações sobre o meio

no qual habitam como gerenciarem suas próprias estruturas de maneira mais rápida e criativa.

Este trabalho fez uso dessas TIC na forma de mapas conceituais. Os mapas conceituais nada mais são do que representações das linhas de pensamento e raciocínio de quem os cria. Nesses mapas os conceitos principais figuram na forma de nós que se relacionam através de *links* entre eles. Seu uso mais indicado, ou no qual se mostra mais útil, refere-se a atividades desenvolvidas em grupo, nas quais há a necessidade de se construir um conhecimento coletivo em conjunto. Sua análise também proporciona a detecção de padrões e incongruências em sistemas em que a inter-relação dos componentes é uma variável de interesse.

Sendo assim, utilizou-se um mapa conceitual produzido com o programa Cmap desenvolvido pelo *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC)³² para se relacionar as informações colhidas de três empresas participantes do APL metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense.

O interesse inicial deste trabalho era que cada empresa fornecesse as informações de quantidade produzida de cada resíduo gerado, bem como os valores envolvidos (de sua venda ou processamento) e sua destinação. Contudo, somente a **EMPRESA A** disponibilizou todas essas informações. As demais empresas aceitaram colaborar com esta pesquisa, porém com a condição de não indicarem valores e quantidades produzidas.

Visando contornar esta situação foi solicitada uma lista de rejeitos industriais não estratégicos para as empresas envolvidas. Desta forma foi possível estabelecer produtos comuns entre as listas e com base nesses produtos traçar uma rede de relacionamento entre as empresas. Os produtos podem ser vistos na Tabela 2.

³² Disponível em <http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>

Nesta etapa envolvemos uma terceira empresa (**EMPRESA C**). Com capital nacional e oito mil empregados, sua capacidade produtiva anual é de 5,8 milhões de toneladas de aço e o faturamento de 2008 fechou em 14 bilhões de reais.

Tabela 2 – Resíduos produzidos pelas Empresas A, B e C.

IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO	
EPI	
Resíduo de telha de amianto	
Resíduo de borracha	
Resíduo de lâmpadas fluorescentes e similares queimadas	
Resíduos de rafia e tecidos em geral	
Entulho	
Borracha e Pneu	
Resíduo de fossa séptica e caixa gordura	
Finos do sistema de limpeza do gás	

Fonte: Elaboração Própria

O passo seguinte foi focar a realidade de cada uma das empresas em relação a estes 10 resíduos, o que pode ser visto na Figura 11. Uma versão ampliada desta figura consta no anexo I. A caracterização das empresas citadas pode ser vista no anexo II.

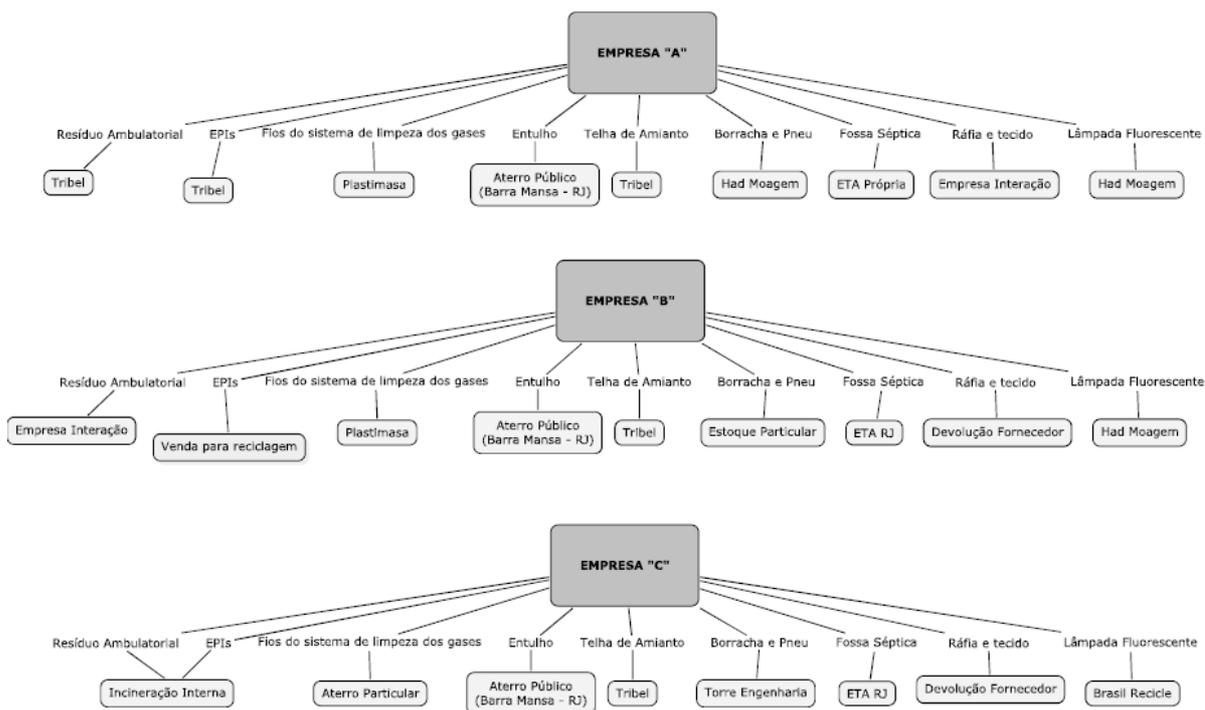


Figura 11 – Empresas e a destinação dos resíduos
 Fonte: Elaboração Própria

A análise dos mapas de cada empresa, quando feita em conjunto, revela algumas incongruências em seus modelos e opções de tratar os resíduos, o que pode abrir brechas para oportunidade de ganhos.

O primeiro ponto é em relação à tratativa dada pela EMPRESA B aos equipamentos de proteção individual (EPI). Esta empresa é a única que conseguiu fazer com que a destinação desse material gerasse receita e não despesa. Segundo informações posteriores à confecção deste mapa, tal empresa encontrou no mercado uma outra capaz de reciclar EPI usados para posterior venda. Como fruto desta troca de informação, as EMPRESAS A e C foram avisadas e reavaliaram suas políticas de destinação final. Isto representou uma redução em seus custos, bem como evitou o descarte de milhares de equipamentos contaminados com óleo e outros produtos tóxicos em aterros industriais.

Outra questão que emerge da análise dos mapas é em relação à destinação dada pelas empresas aos resíduos oriundos de fossas sépticas. A EMPRESA A processa seus próprios resíduos em uma estação de tratamento de esgoto e água (ETE/ETA).

Sua capacidade, apurada posteriormente, é de 350 mil litros/ano – o que representa uma ociosidade de cerca de 24.000 litros/ano. Um cenário possível seria negociar o tratamento de parte do resíduo das outras empresas. Isso evitaria o deslocamento de material tóxico por 200km de estrada federal (distância até a capital do Estado do Rio de Janeiro), renderia divisas à EMPRESA A, e poderia reduzir os custos de transporte (e consequente emissão de gases) para as empresas B e C. Outro cenário é estudar a viabilidade de se expandir, com auxílio financeiro das três empresas, a capacidade das instalações da EMPRESA A, uma vez demonstrada sua capacidade de obter um custo competitivo nesta operação.

5 DISCUSSÃO... O QUE É? COMO DEVERIA SER?

O sistema industrial encontrado especialmente no centro de atenção deste estudo, o APL metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense alicerça-se na concepção de que o cerne da produtividade, eficiência e gestão está no processo produtivo circunscrito em cada empresa. Nesta visão de mundo, ganha força a concepção de que a eficiência do processo produtivo de cada empresa encontra-se nas eficiências parciais das demais etapas distribuídas pelos inúmeros sub-processos da empresa.

É assim que cada atividade organizacional é pensada como sendo um fim em si mesma, com razões particulares e específicas de existência. A inferência imediata será que, desde que seja alcançada a eficiência pontual, os resíduos gerados em cada atividade, bem como sua consequência ao longo da cadeia produtiva (seja aquém ou além das fronteiras da empresa), não serão considerados para o cálculo desta mesma eficiência, nem mesmo contabilizados adequadamente nos balanços financeiros. Em outras palavras, na concepção que norteia o paradigma industrial atual, a busca da eficiência local é mais importante que a eficiência da rede industrial como um todo.

Isso se desvirtua completamente da visão de agrupamentos ecológicos industriais descrita por Capra (2005) ou dos biossistemas integrados (TELUS). Aqui encontra-se uma característica antagônica ao processo usual, que é o fato de que nenhuma das unidades de produção procura maximizar sua produção, pois isso provocaria um desequilíbrio no sistema como um todo. O objetivo maior é sempre elevar ao máximo a produtividade da rede, bem como garantir sua sustentabilidade ecológica.

Esta nova concepção representa a mudança da produtividade do trabalho para a produtividade dos recursos. Assim, ainda que mais longo, o processo precisa sempre complementar-se de modo a possibilitar o pós-processamento dos resíduos nele gerados. À semelhança dos ecossistemas naturais, um processo industrial sustentável não consumiria nenhum material sem depois reciclá-lo.

Ou seja, os sistemas industriais que atualmente compõem o modelo produtivo são elaborados de modo linear. Em contrapartida, os processos de uma rede autopoietica sustentável que componha um agrupamento ecológico industrial deve se constituir de processos cíclicos. Todos os produtos e materiais advindos da atividade industrial precisam, em algum momento, servir para nutrir outra atividade subsequente ou paralela. Isso gera um ganho produtivo a partir do momento em que se constata que os resíduos orgânicos atualmente queimados ou jogados fora representam uma abundância de recursos para outras empresas e processos.

Nessa nova abordagem, todo problema ou bifurcação encontrada nas OIEs seria analisado de modo sistêmico, pensando em seu impacto não naquela etapa produtiva, não restrita àquela empresa, mas na rede, pois o valor gerado pelo todo é sempre maior que a soma dos valores que seriam gerados pelos processos quando funcionando separadamente (CAPRA, 2005).

Ainda hoje, os processos são vistos de forma individualizada e buscam a eficiência de cada empresa separadamente como resultado. As empresas que atuam em um mesmo segmento industrial concentram-se em um dado local (criação de um *pool* industrial). Isso decorre de circunstâncias variadas. Entre elas, os ganhos logísticos ao se adquirir insumos e distribuir produção, a mão-de-obra já especializada nas atividades envolvidas e existência de uma infraestrutura institucional e governamental para suportar aquele segmento produtivo. Tudo isso representa uma tentativa constante de usar o “todo” para garantir e aumentar a eficiência “das partes”, de cada empresa especificamente. Este procedimento causa sérios desbalanceamentos produtivos na rede, como a geração de resíduos potencializada pela concentração muito além dos limites que o ambiente consiga absorver de maneira sustentável.

Outro ponto negativo que surge nesta concentração industrial é precarizar o conhecimento local, uma vez que temas alheios àqueles envolvidos no processo produtivo da atividade central seriam pouco valorizados. Assim, as habilidades dos funcionários das empresas e a mão-de-obra em geral daquela localidade tornam-se demasiadamente especializadas. Caso haja mudanças – tecnológica, nos preços de

mercado dos produtos manufaturados, ou ainda uma alteração repentina nas preferências dos consumidores (muitos deles geralmente localizados em outros países/regiões) – põe-se em risco simultaneamente a empregabilidade e a subsistência da grande maioria daqueles funcionários, além da própria viabilidade socioeconômica daquela região.

Pelos motivos expostos, não é aconselhável buscar instituir, em um dado local, um *pool* industrial, uma concentração de empresas com processos similares ou análogos, que atuem em um mesmo segmento de mercado. Ou seja, desta perspectiva deve ser colocada em dúvida a pertinência da própria existência do APL metal-mecânico estudado. As três empresas envolvidas ao longo desta dissertação atuam no mesmo seguimento (siderúrgico) e possuem processos produtivos similares. Isso leva à superprodução de resíduos em quantidade muito além daquela que a região, na qual o APL está inserido, é capaz de processar (seja naturalmente, seja por meio de atividades industriais complementares).

As consequências desta constatação extrapolam o âmbito industrial particular de cada empresa. Envolvem interesses de toda a comunidade que devem ser debatidos e discutidos nas mais diversas maneiras de representações sociais. Fazem com que outros procedimentos corriqueiros adotados pela sociedade sejam igualmente repensados. É neste sentido que o modelo de subsídios e incentivos concedidos pela administração pública a setores empresariais deve ser reconsiderado e reestruturado. A administração pública deve ser o grande mobilizador social e empresarial de modo que suas ações como fomentador do empreendedorismo conduzam a um arranjo sustentável e rentável das perspectiva de um capitalismo natural.

Deve-se criar uma rede de organizações, instituições ou empresas (OIEs) que constituam agrupamentos ecológicos industriais formados por empresas e indústrias que atuem em atividades complementares (subsequentes e/ou paralelas) em mercados diversificados.

As empresas devem se organizar de modo que grande parte de seus insumos sejam provenientes de atividades locais, bem como tenham uma aplicabilidade nos processos produtivos encontrados nas OIEs circunvizinhas. Neste modelo, a eficiência da rede atinge seu ápice e as ecoeficiências locais são maximizadas (o que garante a sustentabilidade do sistema produtivo global).

Assim, em um local com concentração de siderúrgicas (como o APL metal-mecânico do Médio Paraíba Fluminense), é interessante o estabelecimento de indústrias capazes de regenerar os variados rejeitos industriais (como descrito anteriormente na Tabela 1). Essas empresas químicas, por sua vez, irão gerar outros resíduos, e o ideal seria transformá-los, por meio de processamentos químicos e biológicos em insumos capazes de serem utilizados em atividades menos danosas.

A aplicação deste raciocínio exige um estudo detalhado dos processos que podem se “encaixar” neste imenso “quebra-cabeças”, de modo a minimizar os impactos ambientais e sociais, aumentando a produtividade e a eficiência global. Além disso, é preciso aproximar os processos industriais atuais dos modelos produtivos da natureza. Nestes últimos, os processos ocorrem à baixa temperatura, com reduzida geração de resíduos – se comparados às condições extremas encontradas no modelo industrial em uso atualmente.

A busca incessante por inovações tecnológicas ou produtivas que permitam mimetizar a natureza, em suas eficiências e ecoeficiências exige uma grande atenção para os processos de pesquisa e desenvolvimento. O conhecimento organizacional deve ser mensurado e incrementado ininterruptamente, tanto no ambiente circunscrito a cada empresa, tal como de modo mais colaborativo, regionalmente e com medidas metaorganizacionais.

A valorização do conhecimento, sua transformação em diferenciais produtivos e inovações, a troca sistêmica de informação e a estruturação do processo produtivo como uma rede farão o modelo industrial se aproximar do mundo vivo, tanto em seus processos produtivos como no que se refere ao modo pelo qual interage com o

ambiente. Instituir uma rede autopoietica (característica intrínseca de tudo que é vivo) é uma condição necessária e suficiente para se alcançar este objetivo.

6 CONCLUSÃO

Mais do que pertinente, faz-se preponderante a iminente mudança na forma de conceber os problemas referentes à sociedade industrial e seus modelos de produção e arranjo físico.

Neste novo modelo a eficiência clássica cederia espaço à ecoeficiência e a viabilidade de uma organização deslocaria do pilar exclusivamente financeiro para alicerçar-se na sustentabilidade energética e de material. Visto como organizações vivas, as empresas que seguissem este novo paradigma industrial somente teriam razão de ser e aprovação social quando se inserissem harmoniosamente ao *pool* de empresas locais, contribuindo para que toda a rede encontre a sustentabilidade e caminhe em direção à poluição zero.

Todas as criaturas, inevitavelmente, transformam o que está a seu redor. Tal ação faz parte da mecânica da vida (COLBORN *et al.*, 2002). Contudo, a sociedade humana já ultrapassou o ponto de inflexão a partir do qual as modificações no ambiente colocam a própria existência humana em risco. Ao longo deste trabalho, foram apresentados e discutidos pontos de vista que divergem do modelo atual de conceber e entender a ação humana (e, conseqüentemente, a industrial) sobre o ambiente, a sociedade e o planeta como um todo.

Os casos focalizados corroboram com a visão de mundo que provém de uma abordagem sistêmica e biológica da sociedade. É fundamental entendermos que as atitudes e as decisões de cada OIE impactam no o bem-estar da sociedade e (ainda mais crítico) na sustentabilidade das condições que permitem a existência da vida humana sobre o planeta. Isso leva a crer que é preciso reformular a visão de gestão, de modo que sejam considerados nos resultados gerenciais os “custos” naturais dessas atitudes.

Para que a ecoineficiência aferida seja reduzida, é preciso ir muito além da criação de uma modesta rede para buscar soluções conjuntas dos problemas. A gestão do conhecimento, as relações *autopoiéticas* das OIEs vivas e a constante busca de

inovações afins à concepção de mundo que emana de um novo capitalismo – o capitalismo natural – são as maneiras mais acertadas de se caminhar rumo a uma sociedade industrial ecoeficiente e sustentável.

As propostas descritas norteiam o caminho a ser trilhado para alcançar um modelo industrial que se integre de modo mais do que harmônico: complementar ao ambiente no qual se insere. A aproximação dos processos fabris aos naturais deve se constituir uma constante nos focos de atenção durante o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações.

Este trabalho abre novas perspectivas de estudo. O desdobramento natural é buscar descrever exatamente um APL que condense estas características de ecoeficiência e sustentabilidade. Quais seriam as atividades industriais que se complementariam? Quais seriam as eficiências clássicas e o desempenho econômico destas empresas organizadas segundo o padrão metabólico?

Somente assim o desenvolvimento industrial, e da sociedade humana em geral, atingirão um grau de sustentabilidade capaz de garantir as condições necessárias para que a vida humana não seja consumida ou deteriorada como insumo industrial.

Referências Bibliográficas

AYRES, R. **Technology and Environment**. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1989. p. 23-49

BAUER, R. **Gestão da mudança: caos e complexidade nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1999.

BARTHOLO, R. **Breves notas sobre ética e modernidade**. In: BARTHOLO, R.; RIBEIRO, H.; BITTENCOURT, J. (Org.). **Ética e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda., 2002.

BLEISCHWITZ, R. **Cognitive and institutional perspectives of eco-efficiency**, n. 123, p. 2-26, Germany: Wuppertal Papers, June, 2002.

BUKOWITZ, W.; WILLIAMS, R. **Manual de gestão do conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 2000.

_____. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Cultrix, 2004.

_____. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2005.

CASTELLS, M. **The rise of the network society**. Vol. 1. Malden: BlackWell Publishing, 2000.

CEREJA, J. R. S. **Das redes informais às comunidades de prática: um método de apoio à gestão do conhecimento**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - COPPE Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2006.

COLBORN, T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J. **O futuro roubado**. Porto Alegre:L&MP, 2002.

CORTES, B. A. **A ética da responsabilidade**: um desafio as relações entre conhecimento, poder e ética. In: BARTHOLO, R.; RIBEIRO, H.; BITTENCOURT, J. (Org.). **Ética e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais LTDA, 2002.

DEVENPORT, T.H.; PRUSAK, L. **Working Knowledge**. Boston: Harvard Business School Press, 1998

DRUCKER, P. F. **O advento da nova organização**. 1988 In: Gestão do conhecimento. Harvard Bussiness Review; Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

_____. **Sociedade pós-capitalista**. São Paulo: Pioneira, 1994.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. New York: Routledge, 1997.

HALSTEAD, T.; ROWE, J.; COBB, C. **If the GDP is up, why is America down?** The Atlantic Monthly, 1995.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L.H. **Capitalismo natural**: criando a próxima revolução industrial. São Paulo: Cultrix, 2007.

JONAS, H. **Philosophical Essays**: from ancient creed to technological man. Chicago: The University Chicago Press, 1974

KIM, W. C.; MAUBORGNE, R. **La estrategia del océano azul**. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 2005.

MARSHALL, A. **Princípios da Economia**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

MARUYAMA, M. **The second cybernetics**: deviation-amplifying mutual causal processes. American Scientist, v.51, nº2, Junho 1963.

MATURANA-ROMESÍN, H.; VARELA-GARCIA, F. J. **De máquinas e seres vivos**: autopoiesis – a organização do vivo. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

_____. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas da compreensão humana. São Paulo: Palas Athenas, 2001.

MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. São Paulo: Civilização Brasileira, 1975.

MORAN, E. F. **Adaptabilidade humana**: uma introdução à antropologia ecológica. São Paulo: EdUSP, 1994.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MUTSCHLER, H-D. **Introdução à filosofia da natureza**. São Paulo: Edições Loyola, 2008.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa**: Como empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

PENA-VEGA, A. **O despertar ecológico**: Edgar Morin e a ecologia complexa. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2008 Revision**. Disponível em: < <http://esa.un.org/unpp> > Acesso em: 08/06/09

PLANETA COPPE. **Pesquisa detecta hormônios nas águas dos rios Paraíba do Sul e Guandu**. Rio de Janeiro, 21 de julho de 2009. Disponível em: <<http://www.planeta.coppe.ufrj.br/artigo.php?artigo=1104>> . Acesso em: 23/09/09.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **Entre o tempo e a eternidade**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura S.A. 1961.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (Sebrae). **Melhoramento de Clusters**: Experiência da Ásia e da América Latina. Rio

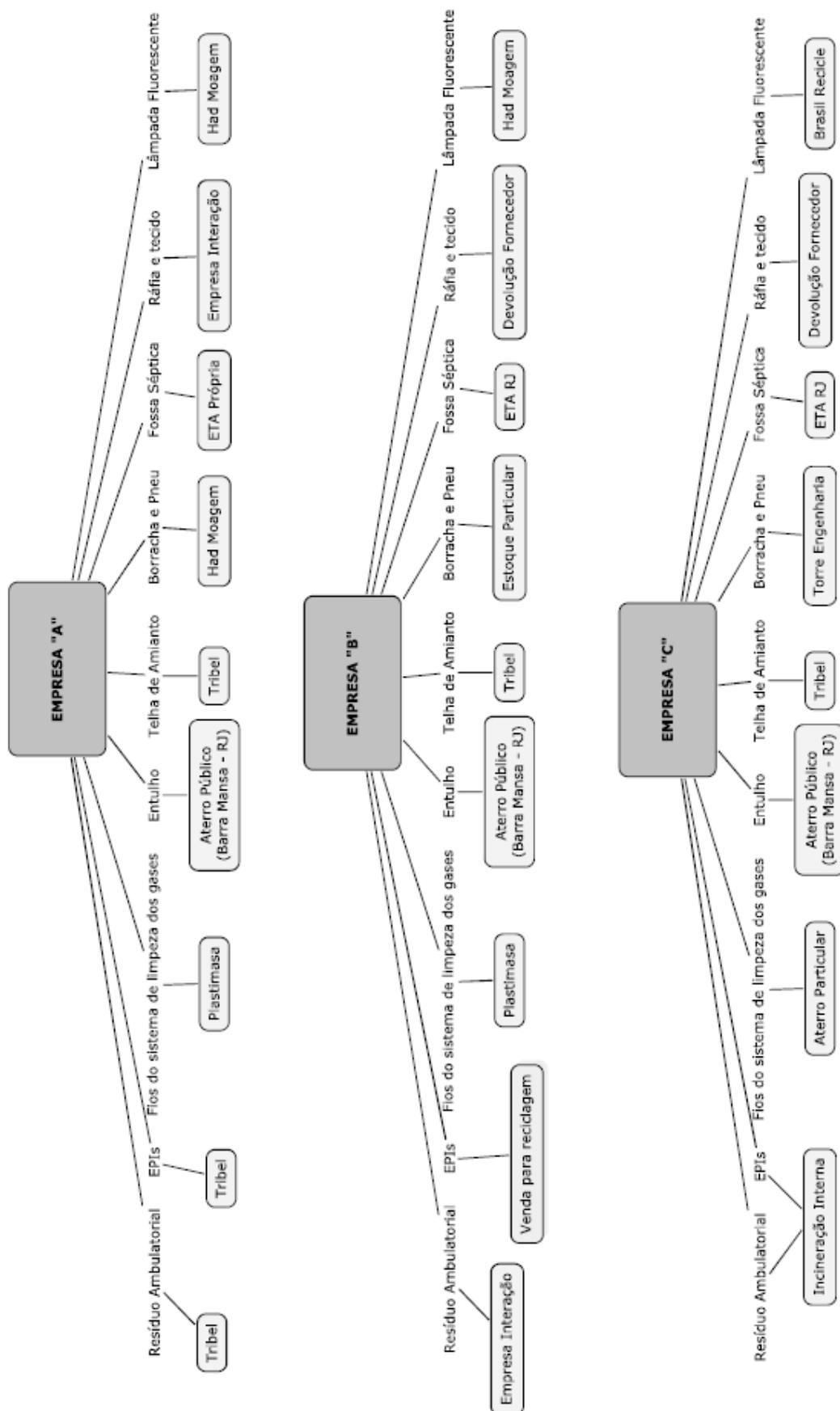
de Janeiro: FGV, Seminário de 24 e 25 de Agosto de 2006. Disponível em: <http://www.ebape.fgv.br/novidades/pdf/rep545_artigo005.pdf> Acesso em: 05/09/2009

TELUS - Rede Paranaense de Projetos em Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.tecpar.br/telus>> Acesso em: 10/10/2009

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

WENGER, E. **Communities of Practice**: learning, meaning and identity. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

ANEXO I: EMPRESAS E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS



ANEXO II: CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS PARA AS QUAIS OS RESÍDUOS SÃO DESTINADOS

CTR PLASTIMASSA

Com foco no tratamento, estocagem e preparação de resíduos industriais classe I, IIA e IIB, a CTR Plastimassa se localiza no distrito de Santo Aleixo, em Magé, e executa blendagem sólida, líquida e pastosa para co-processamento em fornos de cimento e, também, pré-tratamento e qualificação de líquidos.

TRIBEL

No município de Belford Roxo (RJ), a Tribel atua na área de incineração, coprocessamento, análises laboratoriais de resíduos e logística de resíduos. Sendo uma *joint-venture* entre o Grupo Bayer e a Tredi do Brasil, a empresa é certificada de acordo com as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, oferecendo as mais modernas e eficientes alternativas para o tratamento de resíduos.

HAD MOAGEM E RECICLAGEM

Localizada no município de Volta Redonda (RJ), esta empresa compra e vende equipamentos e máquinas industriais usadas e semi-novas. Licenciada para reciclar resíduos tipo II.

INTERAÇÃO AMBIENTAL

Instalada na capital do estado do RJ, atua gerenciando e dando destinação final a resíduos classificados como perigosos pela norma ABNT NBR 10004. Garante as etapas de segregação, acondicionamento, transporte e destinação dos resíduos sendo realizado com segurança e cumprindo todas as exigências legais.

TORRE ENGENHARIA

A Torre Engenharia e Pesquisa Tecnológica está localizada na cidade de Mauá (SP), E presta serviços de reciclagem e fabricação de cola para pneus, possibilitando que seus clientes dêem fim ambientalmente correto aos seus pneus por meio de reciclagem.

BRASIL RECICLE

Atua na área de coleta, transporte, descontaminação e destino final de lâmpadas especiais e que busca a melhoria de seus processos e de seus compromissos internos frente à natureza. Os componentes das lâmpadas, tratadas pelo processo de descontaminação, podem ser reaproveitados como materiais recicláveis. Esta empresa está fixada em Indaial (SC).